

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

**INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**“Sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada con una harina de plantas nativas  
en Mazatenango, Suchitepéquez”**

Presentado por:

**Elvira Annabella Cano Paiz**

**Carné: 200946278**

Asesor:

**Ing. Qco. Aldo De León**

**Mazatenango, Suchitepéquez, Abril 2019**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.Sc. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

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

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

**REPRESENTANTES DE PROFESORES**

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Ángel Estuardo López Mejía

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM. Y TAE. Rony Roderico Alonzo Solis

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Luis Felipe Arias Barrios  
Coordinador Académico

MSc. Rafael Armando Fonseca Ralda  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. René Humberto López Cotí  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Héctor Rodolfo Fernández Cardona  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

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

Lic. Marco Vinicio Salazar Gordillo  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales  
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez  
Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lic. Heinrich Herman León  
Coordinador Carrera Periodista Profesional y  
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **Dios**

Que has sido la fuente de mi sabiduría para derribar cada desafío generado en mi vida, gracias por darme la vida y por todo tu amor que vive dentro de mí.

### **Mis padres y hermano**

Me han enseñado qué significa familia y lo que se debe de hacer para cumplir con cada objetivo propuesto, es por su calidad humana, que no solo he logrado ser una profesional, sino he aprendido a ser una mejor persona, gracias por todo lo que me dan día a día y es por ustedes, por quienes lucho para ser mejor y para darles todo lo que justamente se merecen, los amo con todo mi corazón, ustedes son el núcleo de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A**

### **Jesucristo**

Por la bendición de permitirme lograr cada uno de mis objetivos, darme la sabiduría para derribar cada obstáculo y su inmenso amor hacia mí, inspirándome a seguir en el buen camino hasta el final de mis días.

### **Mis padres**

Héctor Antonio Cano Cózar, por todo su esfuerzo para darme lo primordial en la vida, desde su amor incondicional como toda herramienta académica, por ser un gran ejemplo de cómo lograr los sueños y el ejemplo de ser un profesional íntegro y de calidad.

Berta Elisa Annabella Paiz Mazariegos, por ser una madre ejemplar, quien me educó desde la niñez, por darme todo su amor y disposición, además de inspirarme a ser mejor mujer y por enseñarme a amar las pequeñas situaciones de la vida.

### **Mi hermano**

Javier Alejandro Cano Paiz, por todo su apoyo, por ser mi acompañante a lo largo de este recorrido, ser mi mejor amigo y por quien lucharé para verlo victorioso en todo lo que emprenda, eres mi inspiración y deseo ser el mejor ejemplo para ti.

### **Mi Familia**

Tío Luis Alfredo Paiz Mazariegos, por ser como un segundo padre quien me inspira a siempre estar sonriente, Mamá Elvira Mazariegos de Paiz, por ser un ejemplo de una mujer luchadora y tener una fortaleza admirable, Tía Annabella Molina por ser una mujer amorosa y dulce quien siempre ha demostrado todo su amor hacia mí.

### **Mi pareja**

Sergio Antonio Gracias Tello, eres el amor de mi vida y agradezco todo el esfuerzo, apoyo y acompañamiento a lo largo de este gran proyecto, gracias por tu solidaridad incondicional hacia mí, te amo.

### **Mi asesor**

Ing. Qco. Aldo De León, por su valiosa orientación a lo largo de la carrera y durante la elaboración de mi Trabajo de Graduación.

### **Mis Catedráticos**

Inga. Silvia Guzmán, Inga. Liliana Esquit, Inga. Astrid Argueta, Inga. Carolina Estrada, Q.B. Gladys Calderón, Ing. Carlos Hernández, Ing. Aldo De León, Dr. Edgar del Cid, Ph.D. Marco Antonio Del Cid, Ing. Ángel Alfonso Solórzano e Ing. Víctor Nájera por todos sus conocimientos impartidos durante mi carrera profesional.

### **Mis amigos**

Víctor Alberto Hernández por ser mi mejor amigo quien siempre me ha apoyado en las buenas y en las malas, eres un hermano para mí, Estefany Rennief Calderón Monge por ser mi cómplice en cada ocurrencia a lo largo de la carrera, siempre serás mi mejor acompañante, Elisa María Salguero Quiñónez por ser esa amiga en quien siempre podré confiar, a Gerson Herrera, María Larios y Jorge Contreras, por su amistad y comprensión.

### **Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que me formó como profesional, emprendedora y persona consiente de nuestra realidad social y por inspirarme a través de esta hermosa carrera “Ingeniería en Alimentos”, a seguir en la lucha para promover un cambio en la sociedad guatemalteca.

## ÍNDICE

1. RESUMEN -----	1
2. ABSTRACT -----	2
3. INTRODUCCIÓN -----	3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	5
5. JUSTIFICACIÓN -----	6
6. MARCO TEÓRICO -----	8
5.1. Seguridad alimentaria y nutricional -----	8
5.2. Patrón alimentario de Guatemala -----	9
5.3. Situación nutricional de Guatemala: deficiencia de hierro y zinc en niños -----	10
5.3.1. Desnutrición crónica -----	11
5.3.2. Deficiencia de micronutrientes -----	12
5.3.3. Hambre oculta -----	12
5.3.4. Factores antinutricionales -----	13
5.3.6. Zinc -----	19
5.4. Fortificación alimentaria -----	24
5.4.1. Productos alimenticios fortificados en Guatemala -----	25
5.5. Tortilla de maíz -----	27
5.5.1. Proceso de elaboración -----	27
5.5.2. Composición y cambios químicos del nixtamal y tortillas de maíz -----	28
5.5.3. Consumo de tortillas de maíz en Guatemala -----	30
5.6. Harina -----	31
5.6.1. Harina a partir de semillas de amaranto -----	31
5.6.2. Harina a partir de hierbas -----	36
5.7. Bledo ( <i>Amaranthus cruentus</i> L. y <i>Amaranthus hybridus</i> L.) -----	40
5.7.1. Descripción de la planta -----	41
5.7.2. Composición química y nutricional -----	42
5.8. Chaya ( <i>Cnidoscolus aconitifolius</i> (Mill) I.M. Johnst.) -----	44
5.8.1. Descripción de la planta -----	45
5.8.2. Composición química y nutricional -----	45
5.9. Quilete ( <i>Lycianthes synanthera</i> (Sendtn.) Bitter) -----	48
5.9.1. Descripción de la planta -----	49

5.9.2. Composición química y nutricional -----	49
5.9.3. Componentes tóxicos y antinutricionales -----	50
5.10. Evaluación sensorial -----	51
5.10.1. Pruebas orientadas al consumidor -----	51
5.10.2. Tamaño de la muestra -----	53
5.10.3. Análisis estadístico -----	54
6. OBJETIVOS -----	56
6.1. General -----	56
6.2. Específicos -----	56
7. HIPÓTESIS -----	57
8. RECURSOS -----	58
8.1. Institucionales -----	58
8.2. Humanos -----	58
8.3. Económicos -----	58
9. DISEÑO ESTADÍSTICO -----	59
9.1. Diseño estadístico de análisis químicos -----	59
9.1.1. Media Aritmética (x) -----	59
9.1.3. Desviación estándar (S) -----	60
9.1.4. Coeficiente de Variación (CV) -----	60
9.2. Diseño estadístico de análisis sensorial -----	60
10. MARCO OPERATIVO -----	65
10.1. Fase 1 -----	65
10.1.1. Materiales e insumos. -----	65
10.1.2. Instrumentos y equipo. -----	65
10.2. Fase II -----	70
10.3. Fase III -----	70
10.3.1. Materiales e insumos. -----	71
10.3.2. Instrumentos y equipos. -----	71
10.3.3. Metodología de evaluación sensorial -----	71
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS -----	74
11.1. Estandarización del proceso de elaboración de harina de plantas nativas. -----	74
11.1.1. Colecta botánica -----	74

11.1.2. Preparación de materia prima-----	74
11.1.4. Molienda y tamizado -----	75
11.1.5. Empaque y almacenamiento -----	75
11.1.6. Harina -----	75
11.1.7. Elaboración de tortillas de maíz. -----	76
11.2. Formulaciones -----	77
11.3. Análisis de hierro y zinc -----	77
11.4. Análisis de oxalatos.-----	84
11.5. Estudio piloto. -----	85
11.6. Estudio de consumidores -----	91
12. CONCLUSIONES -----	93
13. RECOMENDACIONES -----	95
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	96
15. ANEXOS-----	105
15.1. Anexo 1. Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) -----	105
15.2. Anexo 2. Nivel de fortificación de harina de maíz nixtamalizada -----	106
15.3. Anexo 3. Boleta para prueba hedónica de 9 puntos -----	107
15.4. Anexo 4. Distribución de F tabulado. Nivel de Significancia de 5% -----	108
15.5. Anexo 5. Cuartiles de Distribución de Tukey, $\alpha = 0,05$ -----	110
15.6. Anexo 6. Números aleatorios -----	112
15.7. Anexo 7. Resultados de hierro y zinc en harina de plantas -----	113
15.8. Anexo 8. Resultado de oxalatos -----	116
16. APÉNDICES -----	117
16.1. Apéndice 1. Diagrama de proceso de harina de amaranto -----	117
16.2. Apéndice 2. Diagrama de proceso de elaboración de tortillas de maíz. -----	118
16.3. Apéndice 3. Boleta de evaluación para panel piloto -----	119
16.4. Apéndice 4. Boleta de evaluación para panel de consumidores -----	120
16.5. Apéndice 5. Tabulación de resultados de S y CV de hierro y zinc en harinas-----	121
16.6. Apéndice 6. Tabulación de resultados de S y CV de hierro y zinc en mezcla -----	122
16.7. Apéndice 7. Tabulación de resultados de S y CV de hierro y zinc en tortillas -----	123
16.8. Apéndice 8. Análisis de Varianza de resultados de hierro en tortillas fortificadas-----	124
16.9. Apéndice 9. Análisis de diferencias medias por prueba de Tukey de hierro-----	124

16.10. Apéndice 10. Análisis de Varianza de resultados de zinc en tortillas fortificadas ---	124
16.11. Apéndice 11. Análisis de diferencias medias por prueba de Tukey de hierro -----	125
16.12. Apéndice 12. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de color -----	125
16.13. Apéndice 13. Análisis de varianza atributo de color. -----	126
16.14. Apéndice 14. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de olor -----	126
16.15. Apéndice 15. Análisis de varianza atributo de olor -----	127
16.16. Apéndice 16. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de sabor-----	127
16.17. Apéndice 17. Análisis de varianza atributo de sabor -----	128
16.18. Apéndice 18. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de textura -----	128
16.19. Apéndice 19. Análisis de varianza atributo de textura -----	128
17. GLOSARIO-----	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) de hierro para niños de 0 a 6 años.....	17
Tabla 2. Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) de zinc para niños de 0 a 6 años .....	22
Tabla 3. Composición nutricional de tortillas de maíz por cada 100 g .....	29
Tabla 4. Composición nutricional de amaranto y bleo (cada 100 g de producto) .....	43
Tabla 5. Composición nutricional de chaya por cada 100 g de producto.....	47
Tabla 6. Composición nutricional de quilete por cada 100 g de producto .....	50
Tabla 7. Niveles de confiabilidad respecto a $Z^2c0$ .....	54
Tabla 8. Modelo de tabulación de datos respecto a panelistas y muestras .....	61
Tabla 9. Modelo de análisis de varianza (ANOVA).....	63
Tabla 10. Análisis de diferencias medias de prueba de Tukey .....	64
Tabla 11. Fórmulas de tortillas de maíz.....	70
Tabla 12. Valores de prueba hedónica de siete puntos.....	72
Tabla 13. Codificación de las fórmulas de cada muestra .....	72
Tabla 14. Características del secado.....	75
Tabla 15. Harina verde .....	76
Tabla 16. Concentración de hierro y zinc en cada harina de plantas nativas .....	78
Tabla 17. Concentración de hierro y zinc en cada mezcla de harinas .....	79
Tabla 18. Concentración de hierro y zinc en cada tortilla .....	80
Tabla 19. Cuantificación de oxalatos .....	84
Tabla 20. Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Color .....	86
Tabla 21. Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Olor .....	86
Tabla 22. Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Sabor .....	87
Tabla 23. Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Textura.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala facial de intervalo .....	53
Figura 2. Gráfico de barras de atributo Color.....	88
Figura 3. Gráfico de barras de atributo Olor .....	88
Figura 4. Gráfico de barras de atributo Sabor .....	89
Figura 5. Gráfico de barras de atributo Textura .....	90
Figura 6. Gráfico circular de Suma de Atributos.....	90
Figura 7. Gráfico circular de aceptabilidad .....	92
Figura 8. Resultados de hierro y zinc de harina de plantas .....	113
Figura 9. Resultados de hierro y zinc en mezcla de harinas.....	114
Figura 10. Resultados de hierro y zinc en tortilla simple y tortillas fortificadas.....	115
Figura 11. Resultados de oxalatos en tortilla simple, harina II y tortilla II .....	116
Figura 12. Diagrama de proceso de harina de amaranto ( <i>A. cruentus</i> ), bledo ( <i>A. hybridus</i> ), chaya ( <i>C. aconitifolius</i> ) y quilete ( <i>L. synanthera</i> ) .....	117
Figura 13. Diagrama de proceso tortillas de maíz.....	118

## 1. RESUMEN

El proyecto de investigación fue una harina elaborada a partir de plantas guatemaltecas: amaranto (*Amaranthus cruentus*), bledo (*Amaranthus hybridus*), chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) y quilete (*Lycianthes synanthera*), para la sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada con la finalidad de fortalecer la calidad nutricional con los minerales hierro y zinc a tortillas de maíz convencionales. Para ello se requirió la aplicación de diversas operaciones unitarias como desinfección y lavado del material vegetal, secado, molienda, tamizaje, mezclado, empaclado y almacenado, obteniéndose así y 121,37 mesh de granulometría en la mezcla de harinas.

Se desarrollaron tres formulaciones de harinas, por medio de balances de materia, de tal forma que al agregarlas en un 20% a masa de maíz, se cubriera un 10% de las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) de hierro y zinc en niños de 1 a 6 años de edad, lo cual fue logrado ya que al analizar las tortillas de maíz fortificadas, se obtuvo que la Tortilla I cubre el 22,12% de hierro y 20% de zinc, Tortilla II cubre el 33,89% de hierro y 17% de zinc, donde tanto la Tortilla I y II superaron el valor planteado, por lo tanto, se acepta la hipótesis y pregunta de investigación.

Luego de los análisis de minerales se procedió a realizar un panel piloto y un panel de consumidores donde sobresalió la Tortilla con la formulación III, y luego la Tortilla II, sin embargo, al tomar en cuenta el tema nutricional, la Tortilla III quedó muy por debajo respecto a los niveles de hierro, por lo tanto, debido a la importancia del tema nutricional se seleccionó Tortilla II. Luego se realizó el panel de consumidores para evaluar a la muestra seleccionada, se encontró mayor aceptación en atributo de color y luego de sabor, además, se obtuvo aceptación en el 65,30%, ante un 31,05% rechazo. También se analizaron los niveles de oxalatos presentes en la harina y tortilla de mayor riqueza nutricional, aceptación y mejor en costos, donde se obtuvo: Harina II 29,9 mg/100g, en la Tortilla Simple 18,7 mg/100g y en la Tortilla II 14,9 mg/100g, datos que se consideraron bajos debido a que no llega al porcentaje máximo por porción, exceptuando la harina II. En conclusión, la harina fue efectiva para fortificar tortillas de maíz, obteniéndose datos favorables de hierro y zinc y bajos niveles de oxalatos, además, fue aceptada en 65,30% respecto a color, olor y sabor por parte del grupo de consumidores seleccionados.

## 2. ABSTRACT

The research project was a flour made from Guatemalan plants: Amaranth (*Amaranthus cruentus*), Bledo (*Amaranthus hybridus*), Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) and Quilete (*Lycianthes synanthera*), for the partial substitution of nixtamalized corn for the purpose to strengthen the nutritional quality with the minerals iron and zinc to conventional corn tortillas. This required the application of various unit operations such as disinfection and washing of plant material, drying, milling, screening, mixing, packing and storage, obtaining 121.37 mesh of granulometry in the mixture of flours.

Three formulations of flours were developed, by means of material balances, so that when added to a mass of corn by 20%, 10% of the Daily Dietary Recommendations (RDD) of iron and zinc would be covered in children of 1 to 6 years of age, which was achieved because when analyzing fortified corn tortillas, it was obtained that Tortilla I covers 22.12% of iron and 20% of zinc, Tortilla II covers 33.89% of iron and 17% zinc, where both Tortilla I and II exceeded the proposed value, therefore, the hypothesis and research question is accepted.

After the mineral analysis, a pilot panel and a panel of consumers where the Tortilla with formulation III, and then Tortilla II, stood out, however, taking into account the nutritional issue, Tortilla III was very much in below with respect to iron levels, therefore, due to the importance of the nutritional issue, Tortilla II was selected. Then the consumer panel was made to evaluate the selected sample, it was found greater acceptance in attribute of color and then taste, in addition, acceptance was obtained in 65.30%, before a rejection of 31.05%. The levels of oxalates present in the flour and tortilla of greater nutritional richness, acceptance and better in costs were also analyzed, where it was obtained: Flour II 29.9 mg / 100g, in the Tortilla Simple 18.7 mg / 100g and in the Tortilla II 14.9 mg / 100g, data that were considered low because it does not reach the maximum percentage per portion, except flour II. In conclusion, the flour was effective to fortify corn tortillas, obtaining favorable data of iron and zinc and low levels of oxalates, in addition, it was accepted in 65.30% regarding color, smell and taste by the group of selected consumers.

### 3. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país con alto nivel de pobreza, analfabetismo e inseguridad alimentaria; estos y otros factores contribuyen a un menor índice de desarrollo humano en la población, por lo tanto, se ve afectado el desarrollo como país. Los altos porcentajes de desnutrición crónica, la prevalencia de anemia y el retraso de crecimiento asociado a deficiencia de zinc y otros micronutrientes en niños menores de cinco años, conducen a problemas graves en este sector de la población, con una creciente morbilidad impidiendo el pleno desarrollo físico, cognitivo, psicomotor, y en casos fatales la muerte. El hierro y zinc son minerales de vital importancia para el buen desarrollo fetal y de la niñez mediante la alimentación complementaria, los cuales, son posibles de suministrar con los alimentos adecuados. Es por ello que han aumentado los programas de suplementación de micronutrientes y también el caso de la “fortificación”, en donde se ha reglamentado la fortificación de alimentos como harinas de cereales, azúcar, y la harina nixtamalizada de maíz.

Por otro lado, Guatemala posee una gran riqueza de flora; entre ella se encuentra una variedad de plantas con alta densidad nutricional, plantas que a lo largo de los años han sido subutilizadas y sustituidas por alimentos industrializados, de menor riqueza biológica. Entre estas plantas se encuentran: las semillas de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), hojas de bledo (*Amaranthus hybridus* L.), hojas de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill) I.M. Johnston) y hojas de quilete (*Lycianthes synanthera* (Sendtn.) Bitter), plantas utilizadas desde la cultura maya que fueron destituidas y que actualmente retoman una alternativa de beneficiar nutricionalmente a la población, además de coadyuvar a la salud en general del consumidor.

Por lo tanto, este proyecto de investigación buscó el aprovechamiento de estas plantas nativas en la alimentación de la población guatemalteca y a su vez aportar micronutrientes como el hierro y zinc, que disminuirían la brecha en pro a la seguridad alimentaria y nutricional en Guatemala.

Se elaboró una harina a partir de semillas de amaranto con hojas de bledo, chaya y quilete para fortificar tortillas de maíz, por ser uno de los alimentos más consumidos en la población guatemalteca. Esta fortificación contribuye con varios nutrientes, sin embargo, los micronutrientes de mayor interés son el hierro y zinc.

Para ello se elaboraron tres formulaciones, y se analizaron por triplicado los niveles de hierro y zinc en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas, de la Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos (UVIGER), de la Facultad de Agronomía de Universidad de San Carlos de

Guatemala, a las tortillas de maíz simples, a la harina de plantas nativas y a las tortillas de maíz fortificadas, comparando qué tanto aporte existe entre cada muestra. También se midió la concentración de oxalatos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT) para establecer el nivel de antinutricionales tanto en la formulación de harina de plantas nativas ganadora, como en la tortilla de maíz simple y la tortilla de maíz ganadora fortificada.

Además se realizaron dos paneles de aceptabilidad; primero se realizó un panel piloto en el laboratorio de análisis sensorial dentro de las instalaciones de la planta piloto del Centro Universitario de Sur Occidente, donde se presentaron las tres fórmulas planteadas y se evaluaron mediante una prueba hedónica de 7 puntos, donde se aplicó el análisis estadístico de varianza (ANOVA), y según los resultados estadísticos obtenidos se seleccionó la muestra aceptable; una vez seleccionada la muestra se realizó un panel de consumidores mediante una prueba hedónica facial de 3 puntos, al interior de instalaciones de la escuela de Párvulos No.1, Mazatenango. Esta prueba contó con un tamaño de muestra significativo para que fuese confiable el cálculo del porcentaje de aceptabilidad en la muestra seleccionada.

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala los niños de 0 a 6 años presentan los índices más elevados de desnutrición crónica en Latinoamérica con mayor incidencia en niños menores de cinco años, 46,5% (Mazariegos et al., 2016).

Los principales problemas de nutrición en la región mesoamericana son el retardo en talla (desnutrición crónica), anemia en niños menores y anemia en mujeres embarazadas y en edad reproductiva. La anemia es un indicador indirecto de la deficiencia de hierro y de otros micronutrientes como la vitamina A, vitamina B12 y ácido fólico (Rivera et al., 2011).

Por otro lado, el retardo de talla en niños mayores de 5 años es un indicador de dieta inadecuada, generalmente deficiente en micronutrientes relacionada con patrones de crecimiento deficiente que se dan durante los dos primeros años de vida y sus irreversibles consecuencias para el desarrollo del capital humano (Rivera et al., 2011).

El zinc es importante para fomentar el crecimiento físico, desarrollo mental, sexual, para la prevención de infecciones asociadas con diarrea y enfermedades respiratorias en la niñez.

La prevalencia de retardo en talla es elevada en la región mesoamericana afectando aproximadamente a 2,5 millones de niños menores de 5 años, de los aproximadamente el 50% viven en Guatemala, principalmente en las regiones Altiplano, Norte y Centro y en las categorías de menor ingresos. La información acerca de indicadores bioquímicos e ingesta alimentaria disponible señalan que los principales problemas son las deficiencias de hierro y zinc. Los pueblos indígenas, las áreas rurales y los hogares en condiciones de pobreza son más vulnerables a los problemas nutricionales, principalmente al retardo en crecimiento (Rivera et al., 2011).

La deficiencia de micronutrientes provoca serios daños en el desarrollo de los niños en edades menores de 0 a 6 años que pueden ser irreversibles y fatales aumentando la morbilidad y mortalidad de ellos habiendo mayor incidencia en áreas de pobreza, por lo tanto, se realizó fortificación a tortillas de maíz, al ser el producto más disponible en la canasta básica de la población guatemalteca; con ello surgió el cuestionamiento ¿Aportarán 100 g diarios de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, bleo, chaya y quilete, un 10% de las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) de hierro y zinc en niños de 1 a 6 años?

## 5. JUSTIFICACIÓN

En la época prehispánica Guatemala consumía plantas como el quilete, el chipilín, la jícama y el bledo; sin embargo, durante la conquista, los españoles introdujeron la espinaca, la lechuga y el brócoli. “Esto hizo que las hierbas nativas de cultivo silvestre cayeran en desuso, y en algunos casos en el desdén y el olvido”, indica en una entrevista a prensa libre el Ing. Agr. Martínez. Además, el Dr. Armando Cáceres incluye varias hierbas nativas ricas en nutrientes tales como el apazote, la chaya, el güisquil y quixtán. Y respecto al grupo de las flores y semillas se encuentran la pacaya, el izote, madrecaao, palo de pito, morro, chan y güicoy (González, 2013).

Las generaciones actuales deben retomar los antiguos hábitos alimenticios debido a la disponibilidad, bajo costo, producción eficiente de biomasa y alto valor nutricional de hierbas nativas como el bledo, chaya y quilete que aportan en conjunto macro y micronutrientes en cantidades significativas siendo indispensables para la calidad de vida de mujeres en edad fértil, embarazo y etapa de lactancia, niños, adultos y ancianos. Asimismo, las semillas de amaranto que son un pseudocereal de gran calidad nutricional, destacan por su alto nivel de proteínas donde destacan varios aminoácidos esenciales, y también minerales como calcio, hierro, fósforo y zinc (Flores, 2014). El amaranto es un excelente complemento a los cereales como maíz, sorgo, arroz y trigo, indica Bressani en el libro de Biología, química y tecnología del amaranto (Paredes-Lopez, 1994).

A pesar de ser un país de ingresos medios, Guatemala es el sexto lugar en el mundo donde los índices de desnutrición son más elevados, ya que un 46,5% aproximadamente, de los niños y niñas menores de 5 años sufren desnutrición crónica o retraso del crecimiento. “La comida por sí sola no es garantía de estar bien alimentado”, afirma Lake, director ejecutivo de Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef). La buena nutrición es la base del progreso, medidas simples y rentables como la lactancia materna, los micronutrientes, lavado de manos pueden liberar el potencial de los niños y niñas para aprender, ganar y contribuir al éxito de una nación (Unicef, 2013). La deficiencia de hierro se da particularmente en poblaciones en donde la dieta es a base de maíz, arroz, frijol y consumo bajo de productos de origen animal, por lo que la fortificación de la harina de trigo con hierro es una práctica que se ha extendido a través del mundo y a partir de 1992 se presentan productos alimenticios como harinas fortificados con hierro en Guatemala; sin embargo aún existe la prevalencia de anemia en la población (Unicef, 2010).

Apenas cinco productos son consumidos por más del 75% de los hogares guatemaltecos: tortilla de maíz (tortilla preparada o maíz en grano), frijol, huevos, tomate y pan dulce (Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional [Sesan], 2008), por lo tanto, se fortificaron tortillas de maíz al ser el mayor producto disponible en la canasta básica de toda la población. Se produjo una harina de semillas de amaranto con hojas de bledo, chaya y quilete que contribuyera con el 10% de hierro y de zinc de los Requerimientos Dietéticos Diarios (RDD) de niños en edades de 1 a 6 años, considerando las pérdidas de estos micronutrientes durante el procesamiento tanto de la harina como en la elaboración de las tortillas de maíz y su cocción.

## **6. MARCO TEÓRICO**

Guatemala es un país pluricultural, abundante en flora, fauna, microclimas, suelos y riquezas minerales; es un país con la oportunidad de destacar económicamente con la agricultura, turismo y demás, sin embargo, por varias razones también es un país donde la carencia de educación, trabajo, salud, alimentación, entre otros, prevalecen en sobremanera, situación que conduce a los altos niveles de pobreza y bajo desarrollo humano de la población.

### **5.1. Seguridad alimentaria y nutricional**

Seguridad alimentaria y nutricional se refiere a “un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo” (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [Incap], 1999).

En los años de 2011-2014 Guatemala sufría de inseguridad alimentaria, hecho que, dado en cuatro de cada cinco hogares, correspondiente al 40% de los hogares viviendo en inseguridad alimentaria leve, el 25% de los hogares viviendo en inseguridad alimentaria moderada y el 12% de los hogares viviendo en inseguridad alimentaria severa, estos hogares ya experimentan el hambre y pasan hasta un día sin poder comer (FAO, 2016). En general, no se cubren las necesidades alimentarias requeridas para la población guatemalteca debido a diversas razones:

**5.1.1.** Los altos índices de pobreza que vive el país.

**5.1.2.** La desigualdad de los ingresos en la población.

**5.1.3.** La insuficiente inversión del estado para cubrir los derechos de niños, adolescentes y ancianos en condición vulnerable.

**5.1.4.** Falta de ejecución de políticas que incentiven la producción de alimentos y al modelo agrario orientado a la exportación.

**5.1.5.** Efectos del cambio climático que constituyen un severo problema en la disponibilidad de alimentos por la pérdida de cosechas y en consecuencia el desaparecimiento de vegetales nativos ligados a los ecosistemas.

**5.1.6.** Por último, la falta de educación alimentaria y nutricional, situación que conlleva a cambios en los patrones de consumo de la población, reduciendo el consumo de alimentos de calidad nutritiva e inocuos; la mala alimentación en la población guatemalteca se caracteriza por el

consumo excesivo de carbohidratos pobres en valor nutritivo, además de un creciente abuso del consumo de alimentos procesados y la disminución de dietas ricas en frutas, verduras y plantas nativas; de tal forma que se reduce la disposición de micronutrientes en la dieta del guatemalteco (Cáceres, 2015; FAO, 2017).

## **5.2. Patrón alimentario de Guatemala**

La dieta del guatemalteco se caracteriza por el alto consumo de cereales, pobre consumo de alimentos de origen animal y poco consumo de frutas y vegetales. Por lo tanto, la principal fuente de carbohidratos proviene de un 50% de cereales y el 10% de azúcares, la contribución de estos alimentos es mayor en el área rural, principalmente en el grupo más pobre; asimismo la principal fuente de proteína también son los cereales, dependiendo del grupo socioeconómico se encuentra de 36 a 50%, siendo más alto en los más pobres, la proteína de origen animal contribuye de 15 a 36%, siendo más alto en los grupos no pobres. Por su parte el consumo de grasas es relativamente bajo en la población. En cuanto a vitaminas y minerales gran parte de la población no tiene acceso a fuentes con alto contenido de micronutrientes, especialmente minerales, tales como hierro y zinc, o vitamina B12, cuyas fuentes principales lo constituyen los alimentos de origen animal (Mazariegos et al., 2016; Menchú & Méndez, 2011).

Respecto a los principales alimentos en la dieta del guatemalteco destaca el consumo de maíz en forma de tortilla de maíz nixtamalizado y derivados, este cubre hasta el 60% de las calorías en las dietas de las familias que viven en pobreza extrema (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS], Programa Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas no Transmisibles y Cáncer [PNECNTyC], Departamento de Regulación de los Programas de Atención a las Personas [DRPAP], Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá [Incap], Organización Mundial de la Salud [OMS] & Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2012). Cabe destacar que el consumo de tortilla es mayor en los hogares más pobres. El frijol negro también es consumido comúnmente, independiente de la región de consumo y el nivel de pobreza. En general los alimentos que conforman el patrón de consumo en Guatemala son los huevos, pollo, frijoles, arroz, tortilla de maíz, pan dulce, pan francés, pastas, azúcar, tomate cebolla, papas, güisquil, bananos, café, gaseosas, sal y aceite, sin embargo este patrón es más diversificado en las regiones Metropolitana, Central y Suroccidental y menos diversificado en la región Norte; algunos de estos alimentos son menos consumidos en las regiones con mayor nivel de pobreza los cuales son huevos, pollo, arroz, pan, azúcar y aceite (Menchú & Méndez, 2011).

Es importante señalar los cambios en los patrones alimentarios de la población con el tiempo, donde hay una prevalencia en el consumo de cereales y leguminosas, una disminución de alimentos tradicionales y aumento del consumo de alimentos procesados como las sodas y refrescos, que va del 11 al 30%. Además, al comparar la ingesta de macronutrientes de los años 50s-60s, demuestra menores ingestas de energía, grasas y azúcares en esos años que en los actuales, esto también sugiere un cambio con la ingesta de proteína y micronutrientes, con ello una tendencia hacia patrones dietéticos asociados a las enfermedades crónicas no transmisibles (Bermudez, Hernandez, Mazariegos, & Solomons, 2008; Mazariegos et al., 2016; MSPAS et al., 2012).

### **5.3. Situación nutricional de Guatemala: deficiencia de hierro y zinc en niños**

El panorama nutricional en Guatemala se ha visto vulnerable desde décadas atrás, debido a los altos porcentajes de desnutrición crónica, anemia y retraso de crecimiento asociado a deficiencia de zinc, en niños menores de 5 años, que conduce a la mortalidad infantil por malnutrición del 45%; mientras que por otro lado también está la creciente malnutrición asociada al sobrepeso y obesidad en adultos, provocando riesgo de diabetes y complicaciones cardiovasculares (Fischer, 2015; OMS, 2016).

El ciclo de la desnutrición crónica y la deficiencia de micronutrientes, inicia desde el estado nutricional de la mujer en edad fértil y por ende en el embarazo y lactancia, ya que influye directamente en la salud del neonatal y del posible desarrollo del niño hasta su adultez.

Guatemala, la salud nutricional de las mujeres en edad fértil no embarazadas evidencia una prevalencia de sobrepeso y obesidad del 52%, lo cual se refleja en 20,7% de prevalencia de la doble carga de la malnutrición a nivel de los hogares en los cuales existe un niño con talla baja y una madre con sobrepeso y obesidad, afirma; asimismo hay un 14% de mujeres en edad fértil (15 a 49 años) con anemia, lo cual indica una mala alimentación y subalimentación debido a la prevalencia de pobreza en los hogares guatemaltecos, en donde no hay mayor disposición de alimentos. La mala condición nutricional de la mujer se agrava durante el embarazo y lactancia ya que es requerida la ingesta de alimentos de calidad nutricional que no son suplidos, provocando retardo de crecimiento intrauterino, bajas reservas de hierro en el recién nacido, posible mortalidad neonatal y materna, talla baja al nacer y desnutrición crónica en el niño (Mazariegos et al., 2016; MSPAS, Instituto Nacional de Estadística [INE], Secretaría de Planificación & Programación de la Presidencia [Segeplán], 2015; MSPAS, INE & Segeplán, 2017). En el período de lactancia, según la Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil (ENSMI) 2014-2015, existe un 53,2% de

prácticas inadecuadas, incluyendo la frecuencia de lactancia durante el día, el abandono de la práctica de lactancia antes del tiempo mínimo recomendado que es 6 meses de edad y la ausencia de alimentación complementaria del niño, desde los 6 meses de edad (Mazariegos et al., 2016; MSPAS et al., 2015).

**5.3.1. Desnutrición crónica.** La desnutrición crónica en niños menores de 5 años es un tema prevalente en Guatemala; es una condición dada por el déficit proteico-calórico, la falta de vitaminas esenciales y micronutrientes importantes como hierro, yodo y zinc, entre otros y está estimada a partir de baja talla para la edad. Los niveles de desnutrición crónica representan retardo en el crecimiento según la estatura con respecto a la edad, y se determina al comparar la estatura del niño o niña con la esperada para su edad y sexo; los niveles de desnutrición crónica en niños y niñas próximos a cumplir los cinco años, son un indicador de los efectos acumulativos del retraso en el crecimiento (MSPAS et al., 2015).

Guatemala es de los países con mayores problemas referente a la desnutrición crónica, ocupando el sexto lugar a nivel mundial, presentando la mayor prevalencia en América Latina (Cáceres, 2015; Fischer, 2015).

La desnutrición crónica infantil refleja una prevalencia del 46,5% en menores de 5 años, donde hay mayor vulnerabilidad en los hogares indígenas correspondiendo al 58%, el 67% de niños sin educación, el 66% Quintil inferior de riqueza, y el 53% de hogares del área rural (Mazariegos et al., 2016; MSPAS et al., 2017; Woldt, Fischer, & Mazariegos, 2016).

La desnutrición crónica presenta un gran riesgo para el desarrollo cognitivo, tanto que llega a comprometer el desarrollo cerebral, también afecta comportamiento paulatinamente, perjudicando al niño en sus actividades diarias, también de aprendizaje y por ende se da un bajo desarrollo a largo plazo. Adicionalmente, la desnutrición crónica es una de las razones por la cual la niñez sufre retraso de crecimiento que no solo limita el desarrollo de capacidades y habilidades en la infancia, sino además es un factor de riesgo de obesidad, síndrome metabólico y cardiopatías en la edad adulta; además el retraso de crecimiento como consecuencia incide negativamente en la economía del país y en su capital humano (Galván & Amigo, 2007; Paredes-Arturo, 2015).

Conforme han pasado los años el porcentaje de desnutrición crónica en Guatemala ha ido disminuyendo lentamente, de apenas 3 puntos porcentuales entre ENSMI 2008-2009 y ENSMI 2014-2015 (MSPAS et al., 2017) y con ello se busca facilitar oportunidades para mejorar la calidad de vida de los niños guatemaltecos, la suplementación y la fortificación de alimentos mayormente

consumidos con los nutrientes menos disponibles en la dieta son las alternativas más utilizadas actualmente, sin embargo se sigue indagando acerca de otras alternativas para erradicar esta complicada condición.

**5.3.2. Deficiencia de micronutrientes.** La desnutrición crónica es propiciada por el déficit de diferentes nutrientes esenciales para el cuerpo humano, entre ellos se encuentran los micronutrientes, llamados también microelementos, estos son las vitaminas y los minerales que se consumen en cantidades relativamente menores y ocupa por lo menos el 0,01% del peso corporal, pero son imprescindibles para las funciones orgánicas en el cuerpo; los micronutrientes forman parte de los grupos enzimáticos y otros grupos necesarios para las funciones metabólicas, estructurales y reproductivas en los mamíferos. La deficiencia de micronutrientes es un problema universal que afecta aproximadamente a más de seis billones de personas en el mundo, principalmente a mujeres y niños de familias de escasos recursos; este grupo de personas son comúnmente deficientes en vitaminas como el ácido fólico, vitamina A y la vitamina B12, mientras que los elementos minerales frecuentemente deficientes son hierro, zinc, cobre, calcio, yodo, magnesio y selenio. Se estima que un 60% de la población mundial tiene deficiencias de hierro, 30% de zinc y yodo, y 15% de selenio (Cáceres, 2015; White & Broadley, 2009).

La carencia temprana de micronutrientes puede perjudicar aspectos físicos, mentales y sociales en la salud de los niños. Los efectos sobre la salud física en niños incluyen bajo peso, atrofia del crecimiento, menor inmunidad y mayor mortalidad, también se ha vinculado a un funcionamiento cognitivo más deficiente. Llevar a cabo intervenciones como la suplementación de zinc o vitamina A durante la lactancia podría prevenir la muerte de niños menores de 5 años; asimismo, la diversificación de la dieta, la fortificación y biofortificación de alimentos ya sea con micronutrientes en polvo o micronutrientes provenientes de material biológico a los niños durante los primeros 1000 días (desde el embarazo hasta que el niño cumple 2 años), representa una ventana de oportunidad para prevenir la desnutrición crónica, el hambre oculta y por ende el retardo de crecimiento (Cáceres, 2015; Fischer, 2015; Grandy, Weisstaub, & López, 2010).

La deficiencia de micronutrientes no solo conduce a la desnutrición crónica, y otra serie de problemas, también conduce al término hambre oculta:

**5.3.3. Hambre oculta.** Término que describe la desnutrición de micronutrientes inherente en las dietas humanas, que, si bien son adecuadas en calorías, tienen deficiencias en vitaminas y/o

elementos minerales; también se define como el conjunto de deficiencias de micronutrientes en el organismo (Cáceres, 2015; MSPAS et al., 2012).

El hambre oculta se presenta sin signos clínicos evidentes, lo cual la hace difícil de detectar tanto para quienes la padecen como para los profesionales de salud y quienes toman decisiones. A pesar de ello, el hambre oculta ataca profundamente a la salud provocando pérdidas del potencial humano; sus consecuencias son contundentes para la calidad de vida, donde se incrementan las alteraciones en el crecimiento, desarrollo mental, productividad, longevidad, enfermedad y muerte de los seres humanos, y siendo un mal generalizado, presenta terribles amenazas tanto para la salud como para la educación, el crecimiento económico y la dignidad humana en los países en desarrollo. Asimismo, en términos de crecimiento y desarrollo mental, el hambre oculta impide que los niños y niñas alcancen un pleno desarrollo de su potencial físico, intelectual y social; sin embargo, estudios científicos realizados en distintas regiones del mundo han demostrado que las deficiencias se pueden controlar, e incluso erradicar, implementando intervenciones de bajo costo y poca complejidad, si existe la disponibilidad y apoyo en los países (Cáceres, 2015; FAO, 2002; MSPAS et al., 2012).

Guatemala ha sido pionero en el desarrollo tecnológico e implementación de programas para la fortificación de alimentos y otras medidas para combatir las deficiencias por micronutrientes debido a que en la actualidad es uno de los países con mayor prevalencia de anemia, complicaciones por deficiencias de yodo y zinc, folatos y vitamina B12, micronutrientes que juegan un papel fundamental en la salud y productividad de la población, dichos micronutrientes permiten que los niños menores de 5 años tengan la oportunidad de sobrevivir, prosperar, aprender y permanecer en la escuela, para convertirse en un adulto productivo, sin ellos todo su potencial se perdería (Fischer, 2015; Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2011; MSPAS et al., 2012).

**5.3.4. Factores antinutricionales.** Los factores antinutricionales son aquellas sustancias que se generan por el metabolismo secundario de las plantas para protegerse de depredadores. Esto provoca interferencia en los procesos digestivos relacionado con la utilización de los alimentos y puede llegar a representar comprometer sobre la salud del consumidor. Existen varios tipos de factores antinutricionales: compuestos fenólicos como taninos y cumarinas, toxinas nitrogenadas como alcaloides, inhibidores de proteasas, lactosas, lectinas, saponinas, entre otros, también destacan los hidrocarburos, fitatos (ácido fítico) y oxalatos (ácido oxálico) (Instituto de

Investigaciones Porcinas, 2006). Estudios previos en hierbas guatemaltecas indican que los principales factores antinutricionales son los oxalatos.

Los oxalatos son sustancias orgánicas presente en diversos alimentos, principalmente en leguminosas y vegetales de hoja verde; un alto nivel de oxalatos indica actividad antinutricional (Cáceres, 2015) estas sustancias son secuestrantes o quelantes de minerales como calcio, hierro, magnesio, cobre y zinc, formando complejos insolubles que impiden su absorción a nivel intestinal. Un nivel alto de oxalatos corresponde más de 10 mg por ración de consumo, por lo cual más de 100 mg de oxalato por día se considera un elevado aporte del mismo (Bacallao, Mañalich, Caldevilla, & Badell, 2015). Es una sustancia termolábil, por lo cual es posible reducir su concentración por medio de procedimientos térmicos, disminuyendo la interferencia de la absorción de minerales (Urrutia, 2005).

Siendo el hierro y zinc de los minerales menos disponibles en la dieta guatemalteca y afectando principalmente a niños menores de 5 años, se tomará especial énfasis en ellos debido a lo determinantes que son desde el desarrollo integral de los niños hasta su desenvolvimiento en la etapa adulta e influyendo directamente al desarrollo del país.

**5.3.5. Hierro.** Es un elemento mineral imprescindible para la formación de la sangre, es necesario para transportar y almacenar el oxígeno en la sangre, médula ósea y músculos (Cáceres, 2015).

**5.3.5.1. Función e importancia.** El hierro participa en varios de procesos metabólicos que incluyen el transporte de oxígeno, la síntesis de ADN lo que lo hace participar directamente en actividades de crecimiento, cicatrización, reproducción y defensa, también participa en el transporte de electrones en las reacciones mitocondriales y otras reacciones celulares. Además, es utilizado por las enzimas involucradas en la síntesis de colágeno, hormonas y moléculas neurotransmisoras. El hierro forma parte del cuerpo humano, esta toma el nombre de hierro hemínico o hierro hemo y el 70% de este se encuentra en hemoglobina eritrocitaria, otro 25% se encuentra como reserva (ferritina y hemosiderina), un 4% se encuentra en la mioglobina muscular y 1% unido a la transferrina. De igual forma gran parte de las reservas de hierro se encuentran en el hígado en la médula ósea, en el bazo y en los músculos (Cáceres, 2015; Grandy et al., 2010; Mazariegos et al., 2016).

**5.3.5.2. Fuentes alimenticias, disponibilidad y absorción.** Es absorbido dentro del intestino delgado, exactamente duodeno; el enterocito regula su absorción según las necesidades del organismo: altos niveles corporales de hierro bloquean su absorción y bajos niveles la incrementan. Las personas con carencia de hierro tienden a absorberlo más eficientemente que las personas normales, por ejemplo, una persona sana normalmente absorbe del 5 al 10% del hierro de sus alimentos, mientras que una persona con carencia de hierro puede absorber el doble de esa cantidad. La absorción de hierro casi siempre aumenta durante el crecimiento y el embarazo, después de una hemorragia y en otras condiciones en las que la demanda de hierro es mayor (Grandy et al., 2010; Lathan, 2002). En general, el hierro se encuentra disponible en diversidad de alimentos tanto de procedencia animal como vegetal; en el caso de alimentos de origen animal este mineral se encuentra en huevos, en carnes rojas y blancas. En el caso de alimentos de origen vegetal ricos en hierro están las legumbres como variedad de guisantes, frijoles, arvejas y garbanzo, hortalizas de hoja verde como acelgas, espinacas, bledo, entre otros; también se encuentra en los granos de cereales, como maíz, arroz, avena y trigo, pero éstos contienen cantidades moderadas de hierro (Lathan, 2002).

En Guatemala, los alimentos que más contribuyen a la disponibilidad de hierro son los cereales, carnes y leguminosas, sobre todo el frijol negro. En caso de los cereales, el consumo de equivalentes de harina de trigo fortificado es del doble en el área urbana con respecto al área rural, también el consumo de productos derivados de trigo es mucho más escaso en el estrato más pobre. El bajo consumo de hierro proveniente de productos elaborados a base de harina de trigo fortificada representa solamente de un 2 a 3% de los requerimientos de la mujer que pertenece al estrato más pobre. Además, al aumentar el nivel socioeconómico, la contribución del pan y la carne se hace mayor (Mazariegos et al., 2016).

Mientras que en hogares no pobres se encuentra mayor consumo de pan a base de harinas fortificadas y carnes, lo que conduce mayor aporte de hierro, en los hogares que viven extrema pobreza, el frijol es el que aporta la mayor proporción de hierro en la dieta el cual aporta alrededor del 35%, comparado con el 15% en el grupo no pobre. Adicionalmente, en los hogares muy pobres, la tortilla de maíz, por su alto consumo, se considera la principal fuente de hierro para esta población, lo cual concuerda con la afirmación: “el maíz es la principal fuente de hierro en la dieta del guatemalteco”. Este patrón de consumo indica que un 80% de las mujeres en el área rural y un 55% en el área urbana no cubren sus necesidades de hierro mediante la dieta (Mazariegos et al.,

2016; MSPAS et al., 2012). Por otro lado, del 80 al 90% de hogares pobres y muy pobres en Guatemala no cubren los requerimientos de hierro de la mujer adulta, y tampoco de niños de 2 a 4 años.

El patrón alimenticio de los niños de 9 meses a dos años en los departamentos de Quiché y Huehuetenango se basa en tortillas de maíz nixtamalizado y azúcar fortificado con vitamina A y hierro, estos alimentos son la principal fuente de hierro; sin embargo, este patrón de consumo no hace posible llenar los requerimientos nutricionales a menos que estos niños consuman cereales fortificados (Mazariegos et al., 2016; Woldt et al., 2016).

La disponibilidad de hierro en la dieta varía ampliamente en los alimentos; en la dieta, se encuentra químicamente como hierro hemínico o hemo y hierro no hemínico o no hemo. El hierro hemo se encuentra en alimentos de origen animal, la absorción de este tipo de hierro por lo general es alta (capacidad de absorción estimado de 30% al 60%). Pocos factores interfieren en la absorción de este tipo de hierro, las proteínas de origen animal la favorecen, mientras el calcio disminuye su absorción. El hierro no hemo por su lado, se encuentra en alimentos de origen vegetal y algunos alimentos de origen animal como la leche y huevos, generalmente estos alimentos poseen altas cantidades de hierro, sin embargo, este se absorbe pobremente (estimado de menos del 1% hasta un 20%), cabe resaltar que el único alimento con hierro no hemínico que tiene un porcentaje de absorción de 50% es la leche materna. Como se mencionó anteriormente, los alimentos de origen vegetal generalmente contienen altas cantidades de hierro, sin embargo, el porcentaje que el cuerpo puede absorber es bajo, esto se debe a ciertos componentes en la dieta que pueden aumentar o disminuir la eficiencia con la cual es solubilizado y/o reducido por el pH gástrico, afectando el metabolismo de dicho mineral (Gaitán et al., 2006; González, 2005; Grandy et al., 2010).

Los componentes que disminuyen e inhiben la absorción de hierro no hemo proveniente de la dieta son los táranos, los fosfatos, la fibra alimentaria, la caseína, los fitatos y oxalatos. De igual forma la absorción de hierro no hemo es influenciada positivamente por varios componentes como la vitamina C contenida en frutas y verduras, los betacarotenos y vitamina A, los cuales aumentan la biodisponibilidad de hierro en los cereales; el consumo de azúcares como fructosa y lactosa y las proteínas provenientes de la carne también colaboran a la absorción de este mineral, por lo tanto es señalado que: “con una pequeña cantidad de hierro hemo que se ingiera con una comida

donde la mayor parte del hierro es no hemínico, aumentará la absorción de todo el hierro” (Gaitán, Olivares, Arredondo, & Pizarro, 2006; González, 2005; Lathan, 2002).

**5.3.5.3. Requerimientos de hierro.** Las necesidades dietéticas de hierro son casi diez veces los requerimientos fisiológicos corporales. Las mujeres durante el embarazo requieren un promedio de casi 1,5 mg de hierro diarios para el desarrollo del feto, sus tejidos de apoyo y para expandir el suministro sanguíneo materno; las mujeres lactantes utilizan el hierro para suministrar los 2 mg aproximados de hierro por litro de la leche materna. Los niños recién nacidos no requieren aporte extra de hierro debido a sus altos niveles de hemoglobina en la sangre y el aporte de hierro proveniente de la leche materna, sin embargo, a partir de los 6 meses se hace necesario el suministro de hierro proveniente de otros alimentos. Los bebés prematuros y los niños con bajo peso al nacer llegan a tener menores reservas de hierro y se encuentran en mayor riesgo que otros (Lathan, 2002).

Los niños son de los grupos más vulnerables a sufrir deficiencia de hierro, por lo cual es necesario conocer los requerimientos de dicho mineral (ver tabla original en Anexo 1 p. 116):

Tabla 1  
*Recomendaciones dietéticas diarias (RDD) de hierro para niños de 0 a 6 años*

Edad	Biodisponibilidad (mg/día)		
	Alta	Media	Baja
<b>0-6 meses</b>	b/	b/	b/
<b>7-12 meses</b>	6,0	9,0	-
<b>1-3 años</b>	4,7	7,0	14,0
<b>4-6 años</b>	7,5	11,3	22,6

Los datos descritos en esta tabla indican las necesidades diarias de hierro para niños de 0 a 6 años según la biodisponibilidad de dicho mineral en el tipo de dieta que el niño consuma, cita Menchú et al. (2012). El símbolo “b/” significa que las necesidades de hierro son satisfechas por la disminución fisiológica de la hemoglobina y la movilización de reservas corporales de hierro. Adaptado de Mazariegos et al. (2016).

**5.3.5.4. Deficiencia.** Es clara la importancia de este oligoelemento para la correcta función del cuerpo humano, por lo tanto, su carencia presenta serias consecuencias para la salud. La

deficiencia de hierro es la deficiencia nutricional más prevalente y la principal causa de anemia a escala mundial, a esta se le denomina anemia ferropénica y se estima que cerca del 50% de las anemias son de este origen. El otro 50% de las anemias pueden ser causadas por otras deficiencias de folatos o vitamina B12. La deficiencia de hierro es más común en niños pequeños, en mujeres en edad fértil y en personas con pérdida sanguínea crónica que viven en países en vías de desarrollo (Lathan, 2002; Mazariegos et al., 2016; Unicef, Ministerio de Salud de Panamá & OPS, 2006).

Guatemala es uno de los países con mayor prevalencia de anemia por carencia de micronutrientes en el mundo, las mujeres y niños son el grupo más afectado por esta condición. Respecto a las mujeres el 11% sufre de anemia, comprendida por el 8% de mujeres con anemia leve, el 2% sufre anemia moderada y menos del 1% que presenta anemia severa (MSPAS et al., 2015). Dentro del porcentaje de mujeres que sufre anemia está incluida la deficiencia de hierro, donde el 16,7% corresponde a mujeres embarazadas y 9,9% corresponde a mujeres no embarazadas, asimismo son las mujeres indígenas y del área rural las que sufren mayor deficiencia de hierro. En cuanto a niños de 0 a 5 años, el 25% sufre algún grado de anemia (MSPAS et al., 2015; Woldt et al., 2016), este porcentaje incluye 17% de niños que sufren de anemia leve, 8% que sufre anemia moderada y menos del 1% que presenta anemia severa. Cabe resaltar que la prevalencia de anemia disminuye con la edad, lo que concuerda con el máximo de 64% de anemia entre los niños y niñas de edad 6-11 meses al mínimo de 9% entre los niños y niñas en edad de 48-59 meses. Concerniente a la deficiencia de hierro, el 8,9% de niños de 0 a 5 años muestra deficiencia, y son los niños de 6 a 11 y los de 12 a 23 meses quienes presentan los porcentajes más altos, con 16,9% y 21,8%, respectivamente; de igual forma también está el 7,8% de niños de 24-35 meses que presentan deficiencia de hierro, también el 1,9% de 36-47 meses y por último el 1,1% en la edades de 48-59, evidenciando la disminución de deficiencia de hierro conforme los años; también destaca que la carencia de hierro en los niños guatemalteco posee tiene mayor incidencia en los hogares indígenas y del área rural (Mazariegos et al., 2016; MSPAS et al., 2015).

La deficiencia de hierro y anemia provoca serias consecuencias; la anemia durante el embarazo está asociada con efectos adversos en la madre y el hijo, tales como mayor riesgo de sepsis, mortalidad materna y perinatal y es una de las mayores causas del bajo peso al nacer. Los niños con bajo peso al nacer tienen una probabilidad de morir durante el primer mes de vida cinco veces más altos que los bebés con un peso normal al nacer (Katz et al., 2013; Mazariegos et al., 2016). La anemia y deficiencia de hierro en niños pequeños afecta el desarrollo psicomotor y cognitivo,

por lo que reduce la capacidad de aprendizaje, habla y de desenvolverse socialmente, limitando así sus logros en la escuela; además se presentan efectos negativos en la inmunidad del niño por lo que hay mayor susceptibilidad a infecciones, principalmente de tracto respiratorio y en el peor de los casos esta deficiencia incrementa la mortalidad infantil. A largo plazo la anemia por deficiencia de hierro reduce la capacidad de trabajo y productividad en la etapa adulta, afectando la producción agrícola e industrial y retrasando el desarrollo nacional (Fischer, 2015; Grandy et al., 2010; Mazariegos et al., 2016).

**5.3.6. Zinc.** Es uno de los oligoelementos esenciales y, como tal, miembro de uno de los principales subgrupos de los micronutrientes que han alcanzado tal importancia en la nutrición humana y la salud (Hambidge, 2000).

**5.3.6.1. Función e importancia.** Cumple con diferentes funciones en el organismo donde del 85% de este mineral se encuentra en el músculo esquelético y hueso (Cáceres, 2015). El zinc es indispensable para el funcionamiento normal de más de 300 enzimas catalíticas, estructurales y de regulación, también está involucrado en sistemas enzimáticos que participan en la expresión genética como el metabolismo de ADN y ARN, síntesis de proteínas y en la unión de algunas hormonas a sus receptores; ligado a estas reacciones, el zinc está relacionado con funciones del crecimiento, desarrollo y para el adecuado funcionamiento del sistema inmune, es un micronutriente clave para las mujeres embarazadas, el feto y el niño en sus primeras etapas de crecimiento y desarrollo. Este mineral es fundamental para mantener la estructura de las proteínas, maduración sexual, fertilidad, metabolismo de vitamina A, metabolismo de hormonas, cicatrización de heridas, sentido del gusto y del apetito (Grandy et al., 2010; Mazariegos et al., 2016).

**5.3.6.2. Fuentes alimenticias, disponibilidad y absorción.** El zinc es absorbido a través de la dieta en el intestino delgado y el yeyuno es donde se produce la mayor velocidad de su transporte. La biodisponibilidad del zinc para su absorción depende de diversos factores dietarios tales como el estado nutricional de este mineral, cantidad de inhibidores y favorecedores dietarios para su absorción. Los fitatos y la fibra inhiben su absorción, mientras que la histidina, metionina y cisteína la favorecen (Grandy et al., 2010).

El zinc se encuentra disponible en diversidad de fuentes alimentarias, sin embargo, los alimentos de origen animal son los que contienen mayor biodisponibilidad de este micronutriente, particularmente en carne de res, de cerdo, aves, pescados, mariscos, también en los huevos y lácteos. Mientras que los alimentos de origen vegetal con mayor contenido de zinc son las legumbres como frijoles, soya, garbanzos, habas y lentejas, también se encuentra en frutos secos como nueces semilla de calabaza, además se encuentra en cereales sin refinar y en menor cantidad se encuentra en hierbas y especias aromáticas como tomillo, mostaza, comino, cúrcuma, entre otros (MSPAS et al., 2012; López, Castillo, & Diazgranados, 2010).

Como se mencionó anteriormente, la biodisponibilidad del zinc para su absorción es favorecida o afectada por varios componentes en la dieta, como en el caso de la ingesta de productos de origen animal, principalmente carnes, poseen una mayor biodisponibilidad de zinc y mejoran su absorción, por el contrario, la absorción de este micronutriente en alimentos de origen vegetal se ve afectado por antinutrientes llamados fitatos, que son potentes inhibidores de zinc y otros micronutrientes. Los fitatos se encuentran en forma de ácido fítico principalmente en granos integrales y legumbres, también en pequeña cantidad en ciertos vegetales de hoja verde; el mecanismo de acción de los fitatos es fijar o quelar minerales y dado a que este compuesto no puede ser absorbido ni digerido por el cuerpo humano, éste junto a los minerales quelados pasan por el tracto gastrointestinal sin ser absorbidos. Además de los fitatos, hay minerales que pueden interferir con la absorción de zinc, sin embargo, los niveles que se encuentran en la dieta típica no son lo suficientemente altos para afectar su absorción; por ejemplo, la interferencia del calcio en la absorción de zinc ha sido estudiada y no se ha comprobado con exactitud si este mineral inhibe por si solo la absorción de zinc. Sin embargo, la elevada ingesta de calcio dentro de la dieta podría afectar negativamente a la absorción de zinc, máximo en condiciones donde se ingieren comidas ricas en fitatos, debido a que ello conduce a la formación de complejos entre calcio, fitato y zinc altamente insoluble.

Por otro lado, otros minerales como el cobre y hierro tienen el potencial de interferir con la absorción de zinc, sin embargo, esto podría suceder solamente si dichos minerales se consumen en grandes cantidades. Asimismo, las proteínas alimentarias reducen los efectos negativos de los fitatos, mejorando así su absorción, tal como las proteínas animales que son las más beneficiosas

para mejorarla; sin embargo, algunas dietas basadas en legumbres son casi tan efectivas como las proteínas animales para mejorar la absorción del zinc (FAO & OMS, 1998; López et al., 2010).

Existe poca información acerca de los alimentos que aportan zinc en la población guatemalteca, sin embargo, este mineral ha cobrado suma importancia debido a que es considerado un micronutriente problema en la población, por la deficiencia del mismo en menores, y la falta de fuentes disponibles de este mineral en la dieta local (Food and Nutrition Technical Assistance [FANTA], 2013; Mazariegos et al. 2016). Según estudios realizados por Bermudez y colaboradores (2008) el maíz es la principal fuente por excelencia de zinc, sin embargo existe cierta duda acerca de esta afirmación ya que el maíz posee alto contenido de fitatos y tal como se menciona anteriormente este compuesto interfiere con la absorción de este micronutriente; por su parte el frijol también aporta cierto porcentaje de zinc en la población, al igual que Incaparina pero esta última es considerada costosa por los grupos considerados pobres, por otro lado, los alimentos de origen animal son alimentos poco consumidos por una gran parte de la población debido a su alto costo. Dado al poco consumo de alimentos ricos en zinc es recomendada la suplementación del mismo, alimentos complementarios fortificados y la fortificación en general (Mazariegos et al., 2016).

**5.3.6.3. Requerimientos de zinc.** Las necesidades de zinc en el cuerpo humano dependen de persona a persona, tal como la edad, sexo y situación fisiológica (embarazo o lactancia). Las personas que más requerimientos de zinc necesitan son las mujeres durante el embarazo y lactancia, los neonatales y lactantes (Rubio et al., 2007). Análisis realizados por ENCOVI 2006 indican que la cantidad de zinc disponible en los hogares guatemaltecos oscila entre 5,9 a 8,6 mg por día, dichos datos no cubren las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD).

En más del 60% de los hogares la dieta no alcanza a cubrir el 70% de las RDD de zinc (Menchú, Méndez & Dary, 2013; Mazariegos et al., 2016).

Según programas como la dieta dada por el software Optifood, que elabora una optimización matemática para identificar la combinación de menor costo de alimentos locales que cumpla o se acerque lo más posible a cumplir las necesidades de grupos objetivo específicos, indica que los alimentos que proveen más del 5% de zinc en la dieta del guatemalteco son las tortillas y derivados de maíz, incaparina, frijoles negros, hojas de amaranto (bledo), y fruto del güisquil, lamentablemente no todos estos alimentos son alcanzables ya sea porque son considerados caros

o por falta de conocimiento de la calidad de dichos alimentos ya que son subvalorados por la población tal es el caso de las hojas de bledo (FANTA, 2013).

A continuación se presentan los datos dados por el Incap acerca de los RDD de zinc, en este caso se toma especial énfasis en niños debido a que es el grupo con mayores necesidades de este micronutriente, (ver tabla original en Anexo 1 p. 116):

Tabla 2  
*Recomendaciones dietéticas diarias (RDD) de zinc para niños de 0 a 6 años*

Edad	Biodisponibilidad (mg/día)	
	Alta	Baja
<b>0-6 meses</b>	d/	d/
<b>7-12 meses</b>	3,1	6,3
<b>1-3 años</b>	2,3	4,6
<b>4-6 años</b>	4,0	7,9

Los datos descritos en la tabla 2 expresan las necesidades diarias de zinc para niños de 0 a 6 años según la biodisponibilidad de dicho mineral en el tipo de dieta que el niño lleve, realizada por Menchú et al. (2012).

La letra “d/” indica que la leche materna es suficiente para cubrir las necesidades de zinc. Adaptado de Mazariegos et al. (2016).

**5.3.6.4. Deficiencia.** Es un mineral esencial para el funcionamiento del organismo humano, actualmente ha acogido interés debido a que la deficiencia de este micronutriente es un grave problema de salud mundial afectando a países desarrollados y en vías de desarrollo, afirma Salguero y colaboradores (1999) (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2011). Se estima que aproximadamente un tercio de la población mundial vive en países identificados por tener un alto riesgo de deficiencia de zinc, siendo los bebés y niños los grupos más afectados por esta deficiencia (López et al., 2010).

Por otro lado, para estimar el estado nutricional de zinc a nivel poblacional se deben de tomar en cuenta tres indicadores, afirma el Grupo Consultivo Internacional de Zinc [IZINCG] (2007): la

determinación de zinc en plasma, la ingesta baja de zinc en la dieta usual y la prevalencia de talla baja como indicador de desnutrición crónica. Estos indicadores han sido utilizados para establecer la deficiencia de zinc en la población guatemalteca, principalmente en niños menores de 5 años. El primer indicador, según la Encuesta Nacional de Micronutrientes (ENMICRON) 2009-2010, que es la única fuente oficial de la situación de zinc en la población, indica 34,9% de zinc plasmático en niños menores de 5 años, éste se considera un bajo nivel de zinc en el organismo, sin embargo, este dato es superior al >20% que es el punto de corte para considerar problema de salud pública (Mazariegos et al., 2016).

Asimismo, Incap (2015) también reporta una deficiencia de zinc del 34,9% en niños menores de 5 años. El segundo indicador que es ingesta de zinc en la dieta, los RDD de zinc en la dieta no son cubiertos. Por último el tercer indicador, señala el 46,5% de prevalencia de talla baja infantil, reportada por ENSMI 2014-2015, citado en MSPAS et al. (2015) este porcentaje supera el punto de corte del 20% para que la situación se considere como un problema de salud pública; de igual forma una serie de programas y organizaciones han realizado la estimación del porcentaje de talla baja infantil en Guatemala y todos los resultados exceden dicho punto de corte, considerándose un problema severo de salud pública. Al conjugar los tres indicadores mencionados se puede afirmar que en Guatemala existe una alta probabilidad de deficiencia de zinc llegando a ser un problema de salud pública, afirma IZINCG (2007), esta deficiencia está presente en todo el país, pero es mayor en la región del altiplano noroccidental y en la región suroriental (Mazariegos et al., 2016).

La deficiencia de zinc provoca severos daños en la salud desde la etapa de embarazo, restringiendo el crecimiento fetal, provocando la muerte del feto, parto prematuro, bajo peso al nacer y mortalidad neonatal (Hess & King, 2009). De igual manera, el zinc forma parte importante de procesos biológicos como el crecimiento, por lo que la deficiencia moderada de este micronutriente presenta retraso en el crecimiento o fallo temprano de crecimiento infantil, además afecta la maduración sexual y ósea; al presentar retardo de crecimiento, los niños aprenden a sentarse, pararse, y a caminar más tarde, es decir, un menor desarrollo psicomotor, también presentan menor capacidad cognitiva, con lo cual demuestran un menor rendimiento en la escuela, teniendo más probabilidades de repetir grados y son más susceptibles a abandonar los estudios que los niños que gozan de un buen estado nutricional (Darnton-Hill, 2013; FAO & OMS, 1998; Grandy et al., 2010; Mazariegos et al., 2016).

Adicionalmente, la deficiencia de zinc provoca una disminución de la respuesta inmune y con ello aumenta el riesgo, recurrencia y severidad de infecciones, principalmente respiratorias y digestivas; además provoca el aumento de enfermedades de la piel como dermatitis, lesiones y también disminuye la cicatrización. Igualmente, la deficiencia de este micronutriente produce un efecto negativo en la capacidad para detectar el sabor de los alimentos, por lo que se asocia a una disminución del apetito. Todas estas complicaciones contribuyen directamente a la morbilidad y mortalidad en niños pequeños, disminuyendo su pleno desarrollo hasta la etapa adulta, considerándose un problema relevante en los países en desarrollo, ya que contribuye a perpetuar al círculo vicioso de desnutrición, subdesarrollo y pobreza (Black et al., 2013; Darnton-Hill, 2013; FAO & OMS, 1998; Fischer, 2015; Grandy et al., 2010; Mazariegos et al., 2016).

Guatemala se encuentra en la constante búsqueda de soluciones para erradicar la deficiencia de micronutrientes en niños, sin embargo, hay poco presupuesto y acciones para esta causa por parte del estado, a pesar de ello se han desarrollado una serie de programas para este fin. Claro está que el hierro y zinc son de los micronutrientes menos disponibles en la dieta del niño guatemalteco, por lo que para aumentar la disponibilidad de estos micronutrientes existen varias medidas como la suplementación durante los primeros 1.000 días de vida del neonatal, óptima técnica de lactancia, diversificación de la dieta a través de la alimentación complementaria, y la fortificación de los alimentos más consumidos por la población (Cáceres, 2015; Mazariegos et al., 2016).

La fortificación alimentaria en Guatemala ha tomado gran relevancia para prevenir y erradicar tanto la desnutrición como la deficiencia de micronutrientes importantes; la adición de estos micronutrientes generalmente es en polvo o por medio de semillas biofortificadas tales como maíz, arroz, frijol, yuca y camote (Instituto de Ciencia y Tecnología [Icta], 2016).

Asimismo, otra alternativa es el aprovechamiento de los recursos minerales provenientes de vegetales nativos debido a su practicidad, bajo costo y alta densidad nutritiva, a pesar de lo subvaluado de estos alimentos, podría ser una excelente opción para mejorar la mala condición nutricional de la población.

#### **5.4. Fortificación alimentaria**

“Fortificación o enriquecimiento es la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento, tanto si está como si no está contenido normalmente en el alimento, con el fin de prevenir o corregir

una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población” (Comisión del Codex Alimentarius, 2013).

La fortificación puede ser el procedimiento más fácil, económico y útil para reducir un problema de deficiencia, pero se necesita cuidado y también evitar su excesiva promoción como panacea general en el control de las carencias de nutrientes, evaluando los pros y contras de la fortificación en cada circunstancia (Lathan, 2002).

**5.4.1. Productos alimenticios fortificados en Guatemala.** Fortificación o equiparación de los alimentos es de los mecanismos más eficaces para la lucha contra de las deficiencias nutricionales que afecta a los grupos más vulnerables (Comisión Nacional para la Fortificación, Enriquecimiento y/o Equiparación de Alimentos [Conafor], 2010).

El Congreso de la República de Guatemala emitió Ley General de Enriquecimiento de Alimentos en 1992; a partir de esta se han emitido los reglamentos para la fortificación de tres alimentos básicos, consumidos por la mayoría de la población (Conafor, 2010): sal, que se fortifica con yodo y flúor; azúcar, que se fortifica con vitamina A, harina de trigo fortificada con hierro, tiamina, niacina, riboflavina y ácido fólico.

Sabiendo que la sal, el azúcar y la harina de trigo son los tres alimentos básicos fortificados, también se da a conocer en 2016 un cuarto alimento que por ley debe de ser fortificado el cual es la harina de maíz nixtamalizado ya que con este producto se elaboran tortillas de maíz que son consideradas el alimento más consumido en la dieta de la población guatemalteca.

**5.4.1.1. Harina de maíz nixtamalizado.** A finales del año 2015 fue aprobado y publicado el Acuerdo Gubernativo Número 298-2015 llamado Reglamento para la fortificación con micronutrientes de la harina de maíz nixtamalizado basado en la Ley General de Enriquecimiento de Alimentos de Guatemala tal como los alimentos fortificados actualmente.

El propósito de este reglamento es suplir la ausencia o deficiencia de nutrientes en la población guatemalteca y mejorar su salud y desarrollo; este reglamento establece las proporciones mínimas de tiamina, niacina, riboflavina, vitamina B12, ácido fólico, hierro, zinc y ácido málico a agregar (Anexo 2 p. 117). El reglamento también establece límites, intervalos de tolerancia, análisis respecto a la harina de maíz nixtamalizado, entre otros. La fortificación de esta harina es obligatoria en todo el país, tanto para consumo humano directo como utilizado para la industria alimentaria (Incap, 2016). Es de resaltar que el uso de zinc para fortificación alimentaria, es

reglamentado hasta los últimos años y únicamente a la harina de maíz nixtamalizado a pesar de la gran importancia que este micronutriente tiene en el desarrollo de la niñez y salud en general.

Son solamente cuatro alimentos que por ley se deben de fortificar con los micronutrientes menos disponibles en la dieta del guatemalteco, sin embargo, son varias las organizaciones, entidades, industrias, entre otros que por iniciativa propia buscan la mejora de los alimentos más consumidos en Guatemala, estos alimentos son:

**5.4.1.2. Alimentos fortificados con hierro y zinc voluntariamente.** Es clara la importancia de los micronutrientes para el completo desarrollo humano desde su nacimiento. Es por ello que algunas industrias alimenticias, Organizaciones no Gubernamentales, entes del estado de Guatemala, entre otros, han incorporado voluntariamente los micronutrientes menos disponibles en la dieta del guatemalteco o como bien se definen micronutrientes problema.

5.4.1.2.1. La industria azucarera lanzó en 2008 una marca principalmente para el área del altiplano y la costa sur, cuya azúcar está doblemente fortificada con vitamina A y hierro aminoquelado. Según el patrón de consumo de azúcar en la población guatemalteca, el aporte extra sería aproximadamente del 1-2% de los requerimientos de una mujer adulta o de un niño de 2-5 años (Menchú et al., 2013). Por lo tanto, el sector azucarero ha iniciado de forma voluntaria la fortificación del azúcar con hierro en otras regiones del país (Mazariegos et al., 2016).

5.4.1.2.2. En la industria de cereales se han realizado formulaciones y mezclas de harinas fortificadas en programas sociales gubernamentales y también por medio de Organizaciones No Gubernamentales (ONG) o simplemente en industrias alimenticias de mercado abierto:

- Vitacereal: elaborado a partir de una mezcla de harina de maíz blanco local y harina de soya, fortificados con micronutrientes, especialmente formulado para niños pequeños y en presentación de papilla (Programa Mundial de Alimentos [PMA], 2009).
- Mi Comidita: incluye en su composición leche como fuente de proteína animal, aceite de soya que aporta ácidos grasos omega 6 y omega 3 y azúcar, está fortificado con vitaminas y minerales, este producto es fácil de preparar como papilla (PMA, 2014).
- Chipuditos: alimento complementario fortificado que se consume como atol, elaborado a base de harina de maíz y soya; este producto contiene 21 vitaminas y minerales (Palacios, Villanueva, Castellanos, & Reinhart, 2017).

- Mani+: es un alimento complementario, listo para consumir a base de pasta de semillasoleaginosas (maní) y leche fortificados con micronutrientes, cubriendo el 60% de las necesidades nutricionales infantiles (Incap, 2013).
- Incaparina: producto que consiste en la mezcla a base de harina de maíz y harina de soya fortificados con vitamina A, hierro, vitaminas del complejo B, zinc, ácido fólico, entre otros (Tartanac, 2000).

Las formulaciones de mezclas de harina fortificada aportan cifras importantes de hierro y zinc. Según el Proyecto FANTA, realizado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), a través del Incap y otros socios, establecieron que las formulaciones de mezclas de harina fortificada contribuyen a los requerimientos nutricionales de hierro, tanto de niños de 6 a 24 meses, como de mujeres embarazadas y lactantes, sin embargo, en niños de 6 a 11 meses y mujeres embarazadas no se cubren completamente las necesidades de hierro, por los altos requerimientos de este mineral. Por otro lado, las intervenciones con mezclas de harinas fortificadas, incluyendo productos como Vitacereal, Mi Comidita, Chispuditos contienen cantidades importantes de zinc. Ahora bien, respecto a la fortificación voluntaria de zinc en alimentos del mercado abierto, la Incaparina, aporta altos niveles, sin embargo, estos productos poseen un uso predominante en los estratos socioeconómicos no pobres y urbanos, el cual no es alcanzable para los grupos pobres (Mazariegos et al., 2016).

## 5.5. Tortilla de maíz

Tortilla es una torta de forma redonda y aplanada generalmente hecha de maíz transformado a una masa. Bressani (1983) afirma que: “Habitualmente la masa de maíz se mezcla con hojas tiernas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*), flores de loroco (*Fernaldia pandurata*) o frijoles cocidos, lo que mejora la calidad nutritiva del producto y su sabor” (FAO, 1993).

**5.5.1. Proceso de elaboración.** La transformación del maíz en tortillas requiere un proceso que consiste en tres operaciones principales: cocción con hidróxido de calcio (cal) o nixtamalización, molienda y horneado. Los procesos de nixtamalización modernos utilizan los mismos principios que el proceso tradicional utilizado por las civilizaciones antiguas de Mesoamérica, sin embargo, el equipo y los procedimientos han sido industrializados para mejorar la eficiencia y la producción de tortillas de maíz; esa operación es considerada la parte más importante del proceso, debido a

que afecta la funcionalidad, las características de la tortilla final y el valor nutricional de la misma (Serna-Saldivar, 2016).

El proceso de nixtamalización se refiere a la cocción húmeda de los granos de maíz con hidróxido de calcio en relación de 1 parte maíz, 3 partes agua y 1,0 a 1,2% de cal respecto al peso del maíz, el pH de esta mezcla puede aumentar hasta 9,5; el tiempo de cocción varía entre 50 a 75 min dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, sin embargo, también dependerá del sistema de cocción y cantidad de grano a nixtamalizar. Después de la cocción, el maíz cocido se deja reposar de 12 a 14 hr para luego lavarlo con agua varias veces, con esta operación se elimina la cáscara del grano, la cal no disuelta y los sólidos solubles del grano de maíz. La pérdida de sólidos varía entre 8 a 20% del peso inicial de maíz. El grano cocido y limpio conocido como “nixtamal” se muele para dar origen a la masa de la cual se preparan manual o mecánicamente las tortillas y otros productos de masa de maíz como tamalitos, atoles, entre otros. Para la elaboración de tortilla se toma entre 50 a 60 g de masa para transformarla en una torta delgada que se coloca sobre una superficie caliente (comal), a temperaturas de 180 a 220°C la cual se cocina alrededor de 3 min por lado (Bressani, 1995; Bressani et al., 1999).

**5.5.2. Composición y cambios químicos del nixtamal y tortillas de maíz.** El agua, calor y cal utilizada en el proceso de nixtamalización influyen en la composición química del maíz elaborado, dando lugar a modificaciones en su contenido de nutrientes. Los cambios se deben a las pérdidas materiales de grano y a las pérdidas químicas, que pueden derivar de la destrucción de algunos nutrientes y de la transformación química de otros (FAO, 1993).

Los macronutrientes no son eliminados completamente: la proteína pierde solubilidad y ocurren pequeñas pérdidas en aminoácidos esenciales como lisina y triptófano, además a se pierde una porción de grasa cruda, pero el patrón de ácidos grasos del aceite de la masa no difiere al patrón de la grasa del maíz crudo; por otro lado, también hay pérdida de fibra cruda.

Respecto a micronutrientes, el nixtamal contiene niacina biodisponible, pero presenta pérdidas de vitaminas del complejo B. También, el contenido de minerales presenta cambios, como el aumento sustancial de calcio completamente biodisponible, mas, el exceso de este mineral puede llegar a inhibir la bioutilización de hierro (Bressani et al., 1999; Bressani, de Ruiz, de Palomo & Gudiel, 2005).

Por otro lado, la tortilla de maíz lista para su consumo, es una importante fuente de energía proporcionada principalmente por su alto contenido en almidones, además contiene un

considerable nivel de proteínas, fibra dietética y calcio. Sin embargo, al igual que el contenido de humedad, las tortillas contienen menor fibra dietética y energética que el grano de maíz; esto sucede por la pérdida de pericarpio y tejidos del germen durante la nixtamalización, no obstante, tanto los granos como las tortillas de maíz contienen cantidades similares de almidón y proteínas (Serna-Saldivar, 2016).

Tabla 3

*Composición nutricional de tortillas de maíz por cada 100 g*

Nutriente	Composición
Humedad, g	41,9
Calorías totales, kcal	238
Proteínas, g	6,5
Grasa, g	2,50
Fibra dietética total, g	7,4
Carbohidratos, g	44,9
Calcio, mg	93
Fósforo, mg	314
Magnesio, mg	70
Potasio, mg	205
Sodio, mg	13
Hierro, mg	2,5
Zinc, mg	2,5
Cobre, mg	0,07
Tiamina, mg	0,11
Riboflavina, mg	0,07
Niacina, mg	1,50
Piridoxina, mg	0,22
Ácido Fólico, mcg	183

Se visualiza el contenido nutricional de la tortilla de maíz, particularmente el contenido de hierro es relativamente bajo y el contenido de zinc considerable. Adaptado de Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA] (2014) y Serna (2010) (Serna-Saldivar, 2016).

**5.5.3. Consumo de tortillas de maíz en Guatemala.** El maíz en Guatemala es un alimento primordial desde tiempos inmemorables, el cultivo de maíz es uno de los más diversos alrededor de todo el país. Tan emblemático es que cada 13 de agosto se conmemora el Día Nacional del Maíz, según el Decreto 13-2014 del Congreso de la República, que declara al maíz (*Zea mays* L.) como Patrimonio Cultural Intangible de la Nación, ya que es uno de los símbolos más valiosos arraigados de la naturaleza y cultura guatemalteca (Salvatierra, 2014; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA], 2016).

Según la Red Internacional de Género y Comercio, el maíz representa hasta el 70% del consumo diario. Además, el maíz es la fuente principal de energía, proteínas, grasas, carbohidratos, calcio y hierro, cubriendo hasta el 60% de las calorías en las dietas de las familias que viven en pobreza extrema en Guatemala (MSPAS et al., 2012). Además, se estima que, en el territorio guatemalteco, se consumen 220 kg de maíz por cada habitante al año. Mientras tanto en años recientes, la producción de este grano básico se ha incrementado y por ende el MAGA estima que para la cosecha de 2015-2016 se obtuvo una producción de 4 millones 089 mil 100 t, y un 2.2% más de la cosecha anterior (MAGA, 2016).

Las tortillas de maíz son un alimento esencial para acompañar cada platillo servido en los hogares guatemaltecos, tanto en área rural como urbana, sin embargo, en los hogares de escasos recursos hay un mayor consumo de tortilla, acompañándola tan solo con sal o con frijol si se encuentra disponible; con ello se confirma lo señalado por el Incap: “Cuando mayor es el nivel de pobreza, mayor es la cantidad usada de tortillas” (Menchú et al., 2011).

Tal es la importancia del consumo de tortillas de maíz en la población guatemalteca que actualmente está reglamentada la fortificación de harina de maíz nixtamalizada, descrita en el inciso 4.3.1.1. Harina de maíz nixtamalizada con los micronutrientes poco disponibles.

Para darle un valor agregado a la tortilla de maíz se elaborará una harina a base de alimentos nativos de Guatemala, los cuales son semillas de amaranto (*A. cruentus*), y tres hierbas de alta densidad nutricional: hojas de bledo (*A. hybridus*), chaya (*C. aconitifolius*) y quilete (*L. synanthera*); la selección de estos alimentos se debe a su buena disponibilidad en la región

guatemalteca, su bajo costo y el alto aporte nutricional que estas proveen, donde se presenta considerable concentración de hierro y zinc. Este producto va dirigido a niños, pero eso no excluye a la población de cualquier edad. Para ello es importante conocer en qué consisten las harinas, su elaboración y parámetros a cumplir:

## **5.6. Harina**

Según la Real Academia Española (RAE), harina es “Polvo menudo a que se reducen algunas materias sólidas”. La harina es un producto alimenticio obtenido de la molturación y cernido de los granos de cereales, especialmente de trigo, maíz, centeno, avena, cebada, arroz, de pseudocereales como amaranto, sin embargo, también se elabora a partir de semillas de diversas leguminosas como frijoles, soya habas, de tubérculos como papas, yuca, camote e incluso de carnes, pescado, entre otros (Gispert, Gay, Vidal, & Guisán, 1998).

**5.6.1. Harina a partir de semillas de amaranto.** El amaranto es una planta nativa de Mesoamérica, su semilla es un pseudocereal utilizado para diversos fines y como sucedáneo de harina de trigo o conjuntamente. Las semillas de amaranto son procesadas para la elaboración de una amplia gama de productos, por ejemplo, la harina de este pseudocereal promueve la elaboración de subproductos de panadería, atoles, nachos, tortillas, entre otros; asimismo, Carpio (2009) afirma que, en general, niveles de 25 a 30% de harina de grano de amaranto en 70 a 75% de alguna harina de cereal como trigo, arroz, maíz y maicillo aumenta notablemente su calidad nutricional.

La elaboración de harina de amaranto consiste en la limpieza y selección del grano, luego va hacia un pretratamiento o acondicionamiento del grano, posteriormente se suelen aplicar distintos procedimientos de térmicos como: cocción húmeda, nixtamalización (cocción alcalina), laminación, extrusión, malteado (germinado), expansión (reventado), fermentación sumergida y combinación de procesos; luego los granos se muelen y dependiendo si es molienda húmeda o seca, la masa va hacia secado, por último la harina se empaca herméticamente y se almacena en las condiciones requeridas (Bressani & Rodas, 2006).

**5.6.1.1. Acondicionamiento del grano.** Procedimiento que consiste en preparar el grano previo a procesamiento. Es común añadir agua al cereal y a continuación dejarlo reposar durante 24 hr, el tiempo depende del tipo de grano (Dendy & Dobraszczyk, 2004).

Las razones por las que se acondicionan los cereales son:

- Refuerza la fibra, evitando que se rompa en multitud de fragmentos pequeños, muy difíciles de separar.
- Favorece la humedad del endospermo, lo que permite obtener una harina con un 14-15% de humedad.
- Facilita la molienda al emblanecer el endospermo.

Un método sencillo para el acondicionamiento del grano de amaranto, citado por Bressani & Rodas (2006), consiste en lavar el grano crudo con una solución de bicarbonato de sodio al 0,5%, luego de ello se aclara con agua; y posteriormente se elimina la humedad superficial del mismo secándolo por medio de un horno por convección u otro tipo de secador. De esta manera se produce un ablandamiento de las capas exteriores del producto, lo que facilita la salida del agua durante el secado (Vázquez, Camacho, Fernández, & Fernández, 1997). Sin embargo, cabe resaltar que la temperatura es clave para evitar la pérdida de nutrientes importantes del grano, por lo cual Nellist (1986) enfatiza que la temperatura máxima que puede soportar un grano es de 67°C, por lo tanto, se debe secar cuidadosamente el grano de amaranto (de Dios, 1996).

**5.6.1.2. Procedimientos térmicos.** Son varios los tratamientos térmicos aplicables para los granos de amaranto, estos procedimientos facilitan la transformación del grano y mejoran su digestibilidad. El procedimiento más utilizado es el proceso de expansión que es consumido como tal, con miel o como harina (Bressani, 1994; Carpio, 2009).

Los procesos térmicos más utilizados son:

**5.6.1.2.1. Cocción húmeda.** Procedimiento que consiste en cocer los granos de amaranto en agua a ebullición durante 20-35 min, luego el grano cocido y drenado se somete a deshidratación en un horno con aire a 65°C (Bressani & Rodas, 2006).

**5.6.1.2.2. Nixtamalización (cocción húmeda alcalina).** Este proceso consiste en la cocción de los granos de amaranto en agua a ebullición con hidróxido de calcio o cal durante 15 min aproximadamente, este método posee el mismo principio que la nixtamalización de maíz. La solución de cal utilizada varía de 0,4 a 1,3%, pero idealmente 0,6% de solución. El producto cocido es lavado hasta eliminar los residuos de cal, luego los granos de amarantos son secados y molidos, afirman Bressani y Estrada (1994). Durante el proceso de nixtamalización se produce un desprendimiento de la cáscara del grano. Por otro lado, Martínez (1988), se mejora la calidad del

grano y la textura de la masa, además la digestibilidad aumenta 75 a 80%, aumenta el contenido de calcio y grasa, lo que genera así un aumento nutricional (Bressani & Rodas, 2006; Carpio, 2009).

5.6.1.2.3. *Laminado*. Procedimiento que consiste en expandir el grano de amaranto tal y como el inciso 4.5.1.2.6., luego se hace pasar por un laminador obteniendo un producto final en forma de hojuelas (Bressani & Rodas, 2006).

5.6.1.2.4. *Extrusión*. Proceso por el cual el alimento es forzado a correr bajo una o más condiciones de mezclado, calor y deslizamiento a través de un conducto diseñado para formar y/o secar el “extrusado”. El proceso de extrusión en los granos de amaranto mejora su valor nutritivo, y aumenta la funcionalidad del mismo (Bressani, 1994; Carpio, 2009).

5.6.1.2.5. *Malteado (germinado)*. Es un proceso antiguo que ofrece una alternativa para incrementar la calidad nutritiva del grano. El amaranto se deja en remojo durante 12 hr, posteriormente se germina por no más de 24 hr a temperaturas de 25-30°C. Al aparecer el brote de germinación el grano hornea con aire a temperatura de 60, 75 y 95°C durante 1 hr por cada temperatura hasta obtener el producto seco. Martínez (1988) afirma que este proceso preserva un mayor contenido de proteínas comparado con otros procesamientos, el amaranto germinado se incorpora mejor en mezclas de harinas (Bressani & Rodas 2006; Carpio, 2009).

5.6.1.2.6. *Expansión (reventado)*. Es el proceso térmico más utilizado para los granos de amaranto, principalmente en producción a nivel artesanal y pequeña industria (Mujica, Díaz & Izquierdo, 1997). Este proceso es utilizado para mejorar las características organolépticas del amaranto adquiriendo un sabor, color y aroma más agradable, asimismo se aumenta la digestibilidad del producto, cambia sus cualidades fisicoquímicas, alterando así la configuración proteínica, convirtiéndolas más digeribles; sin embargo, la expansión se debe de realizar cuidadosamente ya que llega a inducir reacciones de algunos aminoácidos la lisina con los carbohidratos presentes en el alimento, ocasionando reducciones que van hasta un 30% en la lisina reactiva respecto al amaranto crudo, de igual forma si el tratamiento térmico es muy severo se pueden racemizar aminoácidos como alanina, ácido aspártico, ácido glutámico y fenilalanina (Carpio, 2009; Iriarte, 2005).

Existen varias formas de expandir los granos de amaranto, por ejemplo, según Bressani y Rodas (2006): “el grano se expande colocándolo en una superficie caliente o comal a 120°C durante 20-30 seg como máximo. Una vez expandido, el grano se somete a molienda para producir harinas de 80 mesh”. Por otro lado, experimentalmente se ha determinado que para el tostado del amaranto se deben utilizar porciones de 5 g, a temperaturas de 100-160°C, durante 18 seg (Mujica, Díaz & Izquierdo, 1997). Asimismo, Carpio (2009) resalta que, el grano de amaranto está en contacto directo con la superficie caliente durante 5 o 10 seg, hasta que la mayor parte de los granos haya tomado un color blanco o estén expandidos, además, no se debe escuchar más el sonido del reventado.

Los granos de amaranto se expanden de 5 a 6 veces su volumen, este incremento de volumen se atribuye al tamaño de los gránulos de almidón, a su forma esférica, a su bajo contenido de amilasa, bajo poder de hinchazón, gran capacidad de retención de agua y un alto rango de temperatura de gelatinización (Bressani & Rodas 2006; Carpio, 2009).

**5.6.1.3. Molienda del grano.** Es la operación unitaria básica de reducción de tamaño del grano y por ende la transformación a harinas. Antiguamente era utilizado un molino de mano para moler infinidad de alimentos, sin embargo, actualmente hay una variedad de equipos para llevar a cabo esta operación. Los molinos más utilizados para cereales y los más efectivos para los granos de amaranto son: molino de martillo, molino de rodillo, y molino de discos; estos transforman el producto en un rango de reducción de tamaño intermedio y fino (Carpio, 2009; Montalvo & Guzmán, 2015).

**5.6.1.4. Tamizaje.** Operación unitaria que consiste en la separación de partículas de diferente tamaño entre sí sobre un producto determinado, por medio de esta operación es posible homogenizar la granulometría deseada, en donde se pasa un producto fino (harinas) por tamices individuales o bien industrialmente se utilizan cribas. Las cribas son colocadas en serie por conjuntos de forma que permiten clasificar por tamaños el resultado de la molienda, por medio de movimientos vibratorios.

A través del tamizado es posible determinar la granulometría de diferentes productos y con ello cumplir las normativas vigentes para la elaboración de harinas de origen vegetal de alto valor nutritivo, como de cereales y tubérculos. Por ejemplo, la Comisión Guatemalteca de Normas

(Coguanor) NGO 34 083:91 correspondiente a Harina de trigo, enriquecida, especifica que: “el 98% de la harina de trigo debe de pasar por un tamiz Coguanor No. 70 (212  $\mu\text{m}$ )” (Coguanor, 1991). De igual forma, la norma Coguanor NGO 34 190 correspondiente a Harina de maíz para la elaboración de tortillas, indica que “el 100% de la harina deberá pasar a través de un tamiz Coguanor No. 40 (425  $\mu\text{m}$ ) y por lo menos el 80% del producto deberá pasar a través de un tamiz Coguanor No. 50 (300  $\mu\text{m}$ )” (Coguanor, 1986).

Respecto a la granulometría de la harina de amaranto, Bressani y Rodas (2006) indican un tamaño de partículas de 80 mesh, es decir 177  $\mu\text{m}$ ; dato similar al citado por Carpio (2009) indicando un tamaño de partícula de 172  $\mu\text{m}$ .

**5.6.1.5. Envasado y almacenamiento.** Una vez se obtiene la harina de amaranto se debe medir la humedad debido a que este es un factor fundamental para garantizar la calidad, vida útil e integridad de la harina.

Los normativos guatemaltecos indican la humedad máxima de diferentes tipos de harina: la norma Coguanor NGO 34 214 correspondiente a mezclas de Harinas vegetales, de alto valor nutritivo, señala que: “la humedad máxima permitida es del 12%” (Coguanor, 1985); mientras que la norma Coguanor NGO 34 190 correspondiente a Harina de maíz para la elaboración de tortillas, señala que “la humedad máxima permitida es del 14,5%” (Coguanor, 1986); y la norma Coguanor NGO 34 083:91 correspondiente a Harina de trigo, enriquecida, indica que “la humedad máxima permitida es del 15%” (Coguanor, 1991).

Por otro lado, Bressani y Rodas (2006) sugieren una humedad del 10% previo a la molienda de los granos de amaranto, por lo tanto, se debe de contar con sumo cuidado para alcanzar humedades entre 10-15%.

En adición, al verificar la humedad del producto seco, se debe envasar inmediatamente, esta operación se realiza con el objeto de proteger el producto de riesgos como ataques de insectos y roedores, asimismo evitar la ganancia de humedad la cual provoca la proliferación de microorganismos como mohos y levaduras; para ello se utilizan materiales con poca permeabilidad al vapor de agua tales como polietileno o celofán (Vázquez et al., 1997).

Respecto al almacenamiento del producto envasado, éste debe resguardarse en locales frescos secos y preferentemente oscuros, afirma Vázquez y colaboradores (1997), adjunto a ello es señalada una buena ventilación, y protección del producto de ataques de insectos, roedores u otros

animales, asimismo en condiciones de temperatura no mayor de 25°C y humedad relativa no mayor de 65% (Coguanor, 1991).

**5.6.2. Harina a partir de hierbas.** Las hierbas ancestrales son alimentos ampliamente aprovechables y subvaluados por gran parte de la población guatemalteca, sin embargo, debido a sus grandes riquezas nutritivas existen iniciativas que promueven el cultivo de hierbas nativas en huertos familiares facilitando así su consumo.

Existen diversas formas de consumo de hierbas: en sopas, guisadas, al vapor, en tamales, entre otros; sin embargo, para preservar su vida útil, prolongar su uso y aplicación a otros productos alimenticios es posible secarlas y pulverizarlas en forma de polvo fino o harina.

Para la obtención de una harina de calidad es fundamental la operación de secado, esta operación unitaria es uno de los métodos más antiguos de conservación, con esta práctica se asegura la disponibilidad de variedad de productos alimenticios durante todo el año. En épocas antiguas se secaban alimentos directamente al sol, tales como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados, esta práctica se llevaba a cabo de forma empírica; aún existen regiones en todo el mundo donde se continúa secando alimentos a través de luz solar.

Actualmente, el secado de alimentos no solo posee función de autoabastecimiento como en los tiempos antiguos, a cambio ofrece alternativas productivas y comerciales, convirtiendo alimentos frescos a deshidratados, añadiendo valor agregado a la materia prima utilizada, bajando costos de transporte, distribución y almacenaje por la reducción de peso y volumen del producto obtenido; además, la eliminación de humedad del alimento también previene el crecimiento y la reproducción de los microorganismos causantes de la pudrición (Almada, Cáceres, Machalín-Singer & Pulfer, 2005; de Michelis & Ohaco, 2015; Valdés, 2008).

Para obtener un producto seco de calidad es importante conocer los siguientes puntos críticos para correcto secado de alimentos:

**5.6.2.1. Pretratamiento del producto.** Es el procedimiento físico o químico realizado previo a la operación de secado con la finalidad de preservar las características organolépticas del alimento en cuestión, reducir el deterioro del mismo durante su procesamiento y de algún modo asegurar la calidad del mismo; los procedimientos más conocidos son: blanqueado/ escaldado, sulfitado,

pelado, agrietado, salado, almibarado, tratamiento con ácidos orgánicos e inmersión en bicarbonato de sodio (Almada et al., 2005; Vázquez et al., 1997).

El pretratamiento a elección dependerá del tipo de alimento que desee deshidratarse, en el caso de hortalizas y hongos, el más utilizado es el escaldado (de Michelis & Ohaco, 2015).

Escaldado es el procedimiento físico que consiste en someter el alimento a temperaturas altas durante corto tiempo, esto dependerá de la especie, grado de madurez, tamaño y grosor del vegetal; asimismo la forma de calor utilizada podrá ser vapor, agua caliente o microondas (Moya, 2013; Vázquez et al., 1997).

Los principales objetivos por los que se realiza el proceso de escaldado, según Moya (2013) y Vázquez et al. (1997) son:

- La inactivación de enzimas indeseables presentes en la hortaliza y por lo tanto inhibir reacciones enzimáticas indeseables, de esta forma se reducen coloraciones, sabores y olores extraños, asimismo se retiene un alto porcentaje de vitamina C presente en el alimento.
- Estabiliza el color verde de los vegetales por activación de las clorofilas, por lo que se fija y acentúa el color natural.
- Ablandamiento del alimento, e incremento de la textura de algunas verduras.
- Limpieza del producto y reducción de la carga microbiana presente en él.
- Eliminación parcial del contenido de agua en los tejidos.
- Reducción de residuos químicos, lixiviación de antinutrientes como nitratos, nitritos y oxalatos presentes en algunas hortalizas.

**5.6.2.2. Escaldado.** El procedimiento general de escaldado consiste en elevar la temperatura (95°C) del alimento exponiéndolo a un medio calórico húmedo, mantener dicha temperatura por un tiempo determinado (2-4 min) y luego enfriar el producto rápidamente a una temperatura cercana a la ambiental o menor, para así evitar que el producto alcance la pre-cocción y en algunos casos la cocción. Sin embargo, existen algunos métodos específicos para escaldar productos vegetales:

**5.6.2.2.1. Escaldado por inmersión en agua.** Consiste en la inmersión del vegetal en agua a temperatura de 80 a 100°C, durante 2 o 3 min, no obstante, Valdés (2008) afirma que la temperatura del agua debe de estar idealmente de 85 a 95°C; luego de ello se sumerge el producto en agua fría. Sin, embargo al existir contacto directo del medio de escaldado con el producto, se

llegan a perder algunos nutrientes por una doble lixiviación del producto al ser expuestos al agua de calentamiento y luego a la de enfriamiento, pese a dicha pérdida, este procedimiento retiene mejor antioxidantes, y otros componentes importantes en los alimentos como la chaya, afirma Moya (2013).

*5.6.2.2.2. Escaldado al vapor.* Método que se ha convertido en una alternativa frente al agua caliente para el escaldado de diversos vegetales. El vapor es rápido, según Lazar y colaboradores (1971), Lund y colaboradores (1972) y Ress y colaboradores (1993) causa menos pérdidas por lixiviación de nutrientes (Moya, 2013). Sin embargo, los beneficios ganados por el vapor pueden perderse por la excesiva cantidad de agua usada para el enfriamiento; por lo tanto, nutricionalmente hay pocas ventajas del vapor sobre el agua para escaldar, cita Dietrich y colaboradores (1970). A su vez consume una gran cantidad de energía y la limpieza del alimento está limitada por lo que requieren limpiadores adicionales (Moya, 2013).

*5.6.2.2.3. Escaldado por microondas.* Método donde se emplea energía electromagnética.

Este método reduce el tiempo de procesamiento, se obtiene un producto con propiedades físicas estables, con las características de textura y color similares a las que se obtendrían con un escaldado convencional y retiene una mayor cantidad de vitaminas solubles (Moya, 2013).

**5.6.2.3. Humedad del alimento y su medición.** Es uno de los factores más importantes al momento de realizar el secado, el cual no debe superar los valores establecidos a cada tipo de alimento. Es el porcentaje de masa de agua sobre la masa total del producto, cuando se seca el alimento, el contenido de humedad final no debe ser cero, sino el valor máximo que permite su conservación (Vázquez et al. 1997).

El contenido de humedad de un alimento fresco según se divide en:

- Muy alto: > 80%, incluye frutas, hortalizas, entre otros.
- Alto: 60 - 80%, incluye café, mandioca, entre otros.
- Intermedio: 35 - 60%, por ejemplo, cacao, maní, entre otros.
- Bajo: 15 - 35%, incluye cereales, oleaginosas, entre otros.

De igual forma, Almada y colaboradores (2005) indican una humedad inicial de las hortalizas de hoja del 80%, mientras que la humedad máxima del producto seco debe de ser del 10%.

**5.6.2.4. Tamaño de producto.** Las dimensiones y grosor del producto alimenticio cumplen especial importancia en el proceso de secado, por lo tanto, es necesario trocear uniformemente el alimento para que la eliminación de humedad sea homogénea en el lote a procesar (Vázquez et al., 1997).

**5.6.2.5. Temperatura de secado.** La temperatura adecuada de secado es primordial para reducir el porcentaje de humedad deseado y al mismo tiempo conservar los nutrientes y características organolépticas del alimento. En caso contrario, Valdés (2008) afirma que, si al inicio del secado la temperatura es muy baja, pueden llegar a desarrollarse microorganismos y resulta un producto seco contaminado; en cambio si la temperatura desde el inicio de secado es muy elevada y la humedad muy baja, la superficie del producto endurece, pero la humedad interna aún permanece en el mismo por lo que su vida útil es baja, es decir que en ambos casos el producto final no es el esperado. Por lo tanto, durante el secado de alimentos es fundamental controlar la temperatura máxima, que no es más que el valor más alto de temperatura que puede soportar un alimento sin pérdidas significativas en sus principios activos o componentes nutricionales característicos y sus propiedades organolépticas (Vázquez et al., 1997).

La temperatura idónea para deshidratar alimentos (frutas u hortalizas) es de 50 a 60°C, cifras que no se deben de exceder ya que a temperaturas más altas inicia el proceso de cocción, mientras que la temperatura máxima para conservar los componentes nutricionales y pigmentos naturales de las hortalizas de hoja es de 50°C (Almada et al., 2005; de Michelis & Ohaco, 2015; Valdés, 2008; Vázquez et al., 1997).

Tal es la importancia de los puntos críticos durante el proceso de secado, como el método de secado a elección, asimismo dependiendo el tipo deshidratador y la temperatura aplicada será el tiempo de secado del alimento. Seguido de la operación de secado y como último peldaño en su proceso, es importante determinar cuáles son las condiciones idóneas de envasado y almacenaje del producto deshidratado.

**5.6.2.6. Envasado y almacenamiento.** El envasado de hortalizas de hoja es similar al de cereales como el descrito anteriormente. El envase debe ser hermético, inodoro, atóxico, permeable y resistente, por lo tanto, debe de evitar la rehidratación del producto seco. Los materiales comúnmente utilizados son celofán, polietileno y propilpropileno, los cuales deben de contar con una sola abertura que se sella al calor (Almada et al., 2005; Vázquez et al., 1997). Adicionalmente,

el producto envasado debe de almacenarse en un sitio fresco, seco, ventilado y preferentemente oscuro, cita Vázquez y colaboradores (1997).

Las plantas nativas actualmente han sido subutilizadas por gran parte de la población guatemalteca desconociendo la importancia de ellas para la alimentación y salud. A continuación, se describe detalladamente cada planta nativa seleccionada que proporciona un valor agregado a las clásicas tortillas de maíz.

### **5.7. Bledo (*Amaranthus cruentus* L. y *Amaranthus hybridus* L.)**

Plantas pertenecientes a la familia Amaranthaceae. Las especies seleccionadas son: *Amaranthus cruentus* L. y *A. hybridus* L. de sinonimias: *A. dussii* Sprenger, *A. flavus* L., *A. hybridus* var. *paniculatus* (L.) Thell., *A. paniculatus* L., *A. parisiensis* Schkuhr, *A. sanguineus* L., *A. speciosus* Sims, *Falliaria patula* Bunbani y *A. chlorostachys* Willd, respectivamente (Cáceres, 2016).

La familia Amaranthaceae comprende más de 60 géneros y 800 especies de plantas herbáceas anuales y perennes. Es una planta nativa de Mesoamérica y es uno de los cultivos alimentarios más antiguos en el mundo, con la evidencia de su cultivo remontada desde 6.700 aC. Su cultivo está extendido en diversos climas y regiones tropicales, se cree que su cultivo y aprovechamiento remonta desde la cultura maya y azteca. Además, se cree que los primeros en utilizar el bledo fueron los Mayas y los Aztecas, sin embargo, con la llegada de la conquista hubo una caída sustancial de su producción y utilización a pesar riqueza nutricional (Bressani & Rodas 2006; Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2010).

En Guatemala se conoce como amaranto, bledo, ses y tzets, en El Salvador como chichimeca, en México como joy, en Perú como kiwicha, achita achis, coyo y camayo, en Bolivia como millmi, coimi, inca y pachaqui y en Ecuador como sangorache, ataco y quinua de castilla; en inglés recibe el nombre de pingweed y cockscomb (Cáceres, 2016).

Generalmente las semillas de esta planta son llamadas amaranto, mientras que a su follaje (hojas) son llamadas bledo. Plantas de este género están ampliamente distribuidas en el mundo desde Centroamérica, México, Ecuador, Perú y Bolivia, hasta India y Nepal (Cáceres, 2016; Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2010).

En Guatemala hay poco hábito de consumo de semillas de amaranto, mientras que las especies habitualmente consumidas son las que producen abundante follaje y hojas grandes, sin embargo, cabe mencionar, que las propiedades agronómicas, funcionales y nutricionales del grano de

amaranto hacen que aumente el interés por este grano, por lo que su buena calidad nutritiva ayudaría en gran medida a resolver problemas de mala nutrición en la población infantil del país (Bressani & Rodas, 2006).

En la población de San Martín Jilotepeque del departamento de Chimaltenango, se elaboran los dulces llamados “niguas” que son un tipo de alboroto elaborado con semillas de color blanco producidas por la especie: *A. hybridus*. Además, en lugares como Totonicapán, San Marcos, Sololá, Rabinal, entre otros, expanden el uso de estas semillas y su transformación a harinas para atoles, pan y galletas, entre otros. En Huehuetenango, es frecuente encontrar amaranto en asocio con maíz y cucurbitáceas. Está catalogada como un cultivo multinutricional por ser integralmente aprovechable para diversos fines y propósitos (Orellana, 2012).

Las comunidades rurales consumen las hojas provenientes de poblaciones que crecen bajo condiciones de maleza o como ruderales. Asimismo, se consume bleado en varias áreas del país: por los kekchíes, también en Quetzaltenango, San Marcos, Sololá Totonicapán, entre otros. Las hojas de bleado son consumidas en caldo, al vapor, fritas o solo cocidas con tortilla (Cáceres, 2015; Orellana, 2012).

**5.7.1. Descripción de la planta.** Se han seleccionado dos especies de amaranto para procesar, por su producción de semillas y por su producción de follaje respectivamente:

**5.7.1.1. *A. cruentus*.** Es una hierba erecta anual de 1-2 m de alto. Tallo verde con tonalidades rojizas, esparcidamente lanoso en el eje principal, simple o muy ramificado, con estrías longitudinales que le dan aspecto a canalado, posee hojas ovado-lanceoladas, color verde claro o con tonalidades rojizas, las semillas que esta planta produce miden de 1-1,5 mm de diámetro, redondas, lenticulares en sección transversal, oscuras o blancas, opacas, 1 g se semillas equivalen a 1000-3000 semillas (Cáceres, 2016; Orellana, 2012).

**5.7.1.2. *A. hybridus*.** Espinosa y colaboradores (1997) y Standley y colaboradores (1946) describen a la especie como una planta monoica, anual, erguida, glabra o pubescente; hasta 2 m de alto, tallo con rayas longitudinales, a veces rojizo, muy ramificado. Hojas ampliamente lanceoladas a ovadas, 3-15 cm de largo, 1-7 cm de ancho, ápice redondeado a agudo, base atenuada, predominantes venas en el envés. Posee inflorescencia de flores numerosas, flores

pequeñas, en conjuntos espinosos. Fruto sub-globoso con una sola semilla, comprimida, color café-rojizo a negro (Cáceres, 2015).

**5.7.2. Composición química y nutricional.** Actualmente el amaranto ha cobrado gran importancia para investigadores e industria alimentaria debido a su alto contenido de nutrientes, además esta diminuta semilla permite su inclusión en diferentes productos alimenticios, como sustituto de ciertos cereales como el trigo y para la creación de nuevos productos, siendo un alimento muy funcional. Las semillas de *A. cruentus* contienen un importante porcentaje de proteínas, generalmente oscila entre 14 a 17%, informándose hasta un 22%, siendo más alto comparado con el contenido de proteínas de otros cereales. El amaranto contiene aminoácidos esenciales como lisina, treonina, metionina, cistina, valina, isoleucina, fenilalanina, tirosina, triptófano, histidina y arginina; asimismo el amaranto contiene un alto contenido de grasa, calorías (Bressani & Rodas 2006). El carbohidrato más abundante contenido en los granos de amaranto es el almidón, encontrándose en una concentración de un 62% del peso total del grano. La composición de almidón, influye en sus propiedades físico químicas, asimismo se reportan concentraciones de sacarosa que como azúcar libre es mayor que otros granos (Carpio, 2009). Con relación a minerales se considera un importante contenido de calcio, fósforo, hierro y zinc, y también de vitaminas A, C y folatos (Cáceres, 2016).

Respecto a las hojas de *A. hybridus* o bledo, a pesar de encontrarse ampliamente distribuido en Guatemala y ser relativamente conocido, es un alimento subutilizado y en ocasiones llega ser menospreciado, más lo que no se conoce es la alta actividad biológica que posee esta planta. Las hojas de bledo contienen apreciable cantidad de proteínas, grasa, fibra, hidratos de carbono y calorías, además de elementos minerales, vitaminas, aminoácidos y generalmente bajo nivel de sustancias tóxicas (Akubugko, Obasi, Chinyere, & Ugbogu, 2007).

En un estudio realizado por Cáceres (2015) se comparan distintas especies de hierbas nativas con dos hierbas control de origen extranjero muy populares en el mundo: espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y moringa (*Moringa oleifera* Lam.); con esta investigación se confirma la alta densidad nutricional en las hojas de bledo y de otras hierbas nativas; donde se presentaron diferentes hallazgos como la similitud del contenido de fósforo, potasio y magnesio. Asimismo, también es señalado que el bledo contiene mayor concentración de magnesio y manganeso que las hierbas control en diferentes muestras (hierba cruda, cocida y caldo); referente a los

micronutrientes de interés, se destaca el alto nivel de hierro biodisponible, mientras tanto, el contenido de zinc es importante y al mismo nivel que las hierbas control.

Por otro lado, químicamente, las hojas de bleo contienen fitoquímicos (flavonoides y bajo nivel de alcaloides) y antioxidantes (Cáceres, 2015). Además, contienen componentes heterocíclicos de nitrógeno no alcaloides (amarantina e isoamarantina), carotenoides, y resinas (Akubugko et al., 2007; Omoregie, Osagie, & Iruolaje, 2011).

Tabla 4

*Composición nutricional de amaranto y bleo (cada 100 g de producto)*

Componente	<i>A. cruentus</i> <sup>1</sup>	<i>A. hybridus</i> <sup>2</sup>
Humedad	9,70	83-86
Calorías	405	268-284
Proteína (g)	17,0	17-24
Grasa (g)	6,51	3,8-4,6
Carbohidratos (g)	67,40	42-52
Fibra cruda (g)	3,40	8,6-14,9
Ceniza* (g) (%)	3,50	13-17
Vitamina A (mg)	-	3,29
Tiamina (mg)	0,08	0,68-2,75
Riboflavina (mg)	0,21	2,24-4,24
Niacina (mg)	1,29	1,2-7,4
Vitamina B6 (mg)	0,22	2,33
Vitamina C (mg)	4	65
Calcio (mg)	153	130-170
Fósforo (mg)	455	28-36
Potasio (mg)	366	19-54
Sodio (mg)	21	17-95
Hierro (mg)	7,59	9-24*
Zinc (mg)	3,18	7-8*
Magnesio (mg)	266	110-231

En la actual tabla se observa los componentes nutricionales de dos productos: <sup>1</sup>*A. cruentus* que corresponde al amaranto, mientras que <sup>2</sup>*A. hybridus* corresponde a las hojas de bleo. El contenido de hierro y zinc corresponden a la hierba cruda seca\*. Adaptado de Bressani & Rodas (2006); Cáceres (2015; 2016); Incap (2012).

**5.7.3. Componentes tóxicos y antinutricionales.** Las semillas de *A. cruentus* contienen algunos componentes antinutricionales que producen actividad antitriptica la cual disminuye

aproximadamente 80% en la semilla tostada, además estos inhibidores de tripsina no representan una cantidad significativa respecto a las unidades toleradas por el cuerpo humano. El amaranto también contiene fitatos que posiblemente interfieren con la biodensidad del hierro, contiene hemaglutininas en el grano crudo sin embargo en el grano tostado y en harina cocida desaparecen, además presenta taninos que son eliminados por tratamientos térmicos, por último, contiene bajo nivel de oxalatos que son eliminados por medio del calor (Carpio, 2009). No existe información acerca de componentes tóxicos en las semillas de amaranto.

Con relación a componentes antinutricionales en las hojas de bledo (*A. hybridus*) se evidencia la presencia de saponinas, taninos (quelan hierro y zinc); también contiene oxalatos los cuales quelan minerales como calcio, hierro, magnesio, cobre y zinc, con los que forma complejos insolubles, les hace precipitar y como consecuencia impide su absorción, estos se encuentran en una concentración aproximada de 36,21 mg/g de planta seca de bledo. Es recomendable, someter a procedimiento térmico este alimento para eliminar la mayor parte de estos factores antinutricionales (Cáceres, 2015).

#### **5.8. Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill) I.M. Johnst.)**

La chaya es una planta perteneciente a la familia de Euphorbiaceae, del género *Cnidoscolus*, compuesto de 50 especies, donde un colectivo importante (*C. chaya* Lundell, *C. chayamansa* McVaugh, *C. tenuilobus* Lundell, *Jatropha aconitifolia* Mill, *J. palmata* Willd., *J. papaya* Medic., *J. urens* ‘inermis’ Calvino y otros) pertenece al taxón *C. aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst. ssp. *aconitifolius*, citado por Breckon en 1975 (Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002). Se cree que esta planta fue un importante alimento para la cultura maya en tiempos precolombinos, afirma Landa (1982) y es una planta nativa mesoamericana (Cáceres, 2016; Pérez, Gutiérrez-Rebolledo, & Jiménez, 2016). La chaya es conocida por distintos nombres: chicasquil fino (Costa Rica), caya, chayo, copapayo, chichicaste y shatate (Guatemala), chaidra, chaira y papayillo (El Salvador), papayuelo, lechugón, árnica y panamá en Colombia (Cáceres, 2016).

Por otro lado, las hojas jóvenes y tiernas son comúnmente cocinadas y consumidas como espinaca en Yucatán, Guatemala y Florida. Mientras tanto en México, Ghana y Gran Bretaña se están utilizando las hojas como una fuente apropiada de proteína de engorde de aves de corral, así como sustituto parcial en el crecimiento de tilapia nilótica y en la cría de camarón azul (Cáceres, 2015; Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002).

Las hojas de chaya son consumidas por la población kekchí de Alta Verapaz y las poblaciones rurales de Petén y Suchitepéquez quienes la siembran en huertos familiares para conservación y seguridad alimentaria (Booth, Bressani, & Johns, 2004; Cáceres, 2015; Corzo Márquez & Schwartz, 2008; Fernández, 2007). Es consumida una vez por semana en Petén y en el sureste del país mientras que en otras regiones el consumo es de una vez al mes o menor (Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002).

**5.8.1. Descripción de la planta.** Arbusto perenne que puede crecer hasta 5-6 m, productora de gran cantidad de hojas y cogollos. Está adaptada para crecer en ambientes húmedos y secos, desde el nivel del mar hasta una altura de aproximadamente 1.500 m sobre el nivel del mar (Cifuentes, Pöll, Bressani & Yurrita, 2010). Posee hojas grandes de hasta 32 cm de largo y 30 cm de ancho, alternados, palmadamente lobulados, con pecíolos hasta de 28 cm de largo y caen en tiempo de mucha sequía. Las hojas cumplen un papel primordial para diferenciar los 4 tipos de chaya más agrupados: chaya mansa (redonda), estrella, picuda y plegada; estas formas influyen principalmente en la constitución agronómica de la chaya, además que algunos tipos presentan pelos urticales, sin embargo, química y nutricionalmente son parecidas. Posee flores pequeñas, de color blanco y se encuentran en ramificaciones dicótomas; su floración es más común en los meses de verano, se puede encontrar durante todo el año. La chaya picuda y silvestre presentan semillas, mientras chayamansa muy rara vez las produce (Cáceres, 2016; Cifuentes & Porres, 2014; Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002). No es común la producción de frutos en chaya estrella y plegada, mientras que la chayamansa o redonda presenta pocos frutos y la chaya picuda produce frutos todo el año (Cifuentes et al., 2010).

**5.8.2. Composición química y nutricional.** Es un alimento que podría coadyuvar a la salud integral de la población. Se considera una buena fuente de proteínas. Fagbohun, Egbebi y Lawal (2012) afirman que aporta más del 12% calórico correspondiente a este macronutriente, también presenta un contenido de proteína cruda de hasta el 30% (citado por Cáceres, 2016).

Además, estudios realizados por Cifuentes y colaboradores (2010) indican que la calidad de estas proteínas es alta sugiriendo un buen contenido de aminoácidos esenciales como alanina, arginina, cistina, glicina, ácido glutámico y ácido aspártico. Es una buena fuente de carbohidratos cuando es consumida ya que cubre los Requerimientos Diarios Recomendados (RDA) en Estados Unidos,

aportando el 40% a niños, 40% adultos, 30% mujeres embarazadas y 25% mujeres lactantes (Fagbohun, Egbebi & Lawal, 2012).

Asimismo, la chaya presenta un elevado contenido de fibra, que incide en el sabor y textura de la misma (Spell & Bressani, 2011); sus hojas frescas contienen menos humedad que otros vegetales verdes como lo son espinaca o lechuga, lo que sugiere un menor crecimiento microbiano y actividad enzimática, además que podría aportar mayor materia seca por unidad de peso seco (Fagbohun et al., 2012; Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002).

Respecto a grasa, las hojas de chaya ofrecen valores sumamente interesantes, entre 7 y 8,8%, los cuales son altos para un tejido vegetativo como es la hoja. Estos aceites están formados por un atrayente contenido de ácidos grasos como ácido oleico (omega 9) y ácido linoleico (omega 6), los cuales son aceites de calidad y convierte esta planta en un atractivo para los diferentes programas de seguridad alimentaria-nutricional que se impulsan en el país (Cifuentes et al., 2010). Adicionalmente el buen porcentaje de cenizas en esta planta, indica un importante contenido nutricional de minerales, cita Fagbohun y colaboradores (2012), lo cual va acorde con la afirmación de: “el contenido de minerales en la chaya puede superar a hortalizas verdes más conocidas como alfalfa, espinaca y acelga” (Brush, 2006). Las hojas de chaya contienen calcio, fósforo, sodio, potasio, manganeso, cobre, estos últimos sugieren que la planta podría ser un importante modulador de las funciones celulares, jugando un rol vital en el control de diabetes, señalan Fagbohun y colaboradores (2012); además presenta valores relativamente altos de hierro y zinc, sin embargo, es necesario establecer la biodisponibilidad de los mismos, afirma Cifuentes y colaboradores (2010). Según un estudio realizado por Cáceres (2015), la biodisponibilidad de hierro en las hojas de chaya es media, lo cual podría estar influenciado por la presencia de antinutrientes; posee alto contenido de vitamina A y C (Brush, 2006).

Referente a la composición química, *C. aconitifolius* es una rica fuente de antioxidantes naturales especialmente en las hojas crudas, tal como flavonoides (camferol y quercetina-3-O-glucósido) (Orozco, 2013) y compuestos fenólicos, además contiene alcaloides, taninos, saponinas y antraquinonas (Cáceres, 2016). Asimismo, Ekeleme, Nwachukwu, Ogodo, Nnandi, Onuabuchi y Osuocha (2013), afirman que estos agentes bioactivos pueden contribuir a la eficacia médica de la planta, las bacterias Gram positivo no poseen ningún mecanismo de resistencia ante estos agentes comparado a los antibióticos actuales convencionales.

Tabla 5

*Composición nutricional de chaya por cada 100 g de producto*

Componente	<i>C. aconitifolius</i>
Humedad	79,80
Calorías	64
Proteína (g)	6,20
Grasa (g)	1,30
Carbohidratos (g)	10,70
Fibra cruda (g)	2
Ceniza (g)	2
Vitamina A (µg)	946
Tiamina (mg)	0,20
Riboflavina (mg)	0,40
Niacina (mg)	1,60
Vitamina B6 (mg)	0,22
Vitamina C	194
Calcio (mg)	234
Fósforo (mg)	76
Potasio (mg)	100-196
Sodio (mg)	10-70
Hierro (mg)	7.5-18.5*
Zinc (mg)	4-4.5*
Magnesio (mg)	30-40

En la Tabla 5 se observa cada componente nutricional de *C. aconitifolius*. La cifra de hierro y zinc corresponden a la hierba cruda seca\*. Adaptado de Cáceres (2015); Incap (2012).

**5.8.3. Componentes tóxicos y antinutricionales.** Los factores antinutricionales más importantes en las hojas de chaya son los taninos. También son destacables los oxalatos que se presentan en un nivel moderado a una concentración de 13,79 mg/g de producto seco (Cáceres, 2015). Por otro lado, algunos tipos de chaya presentan vellos urticales los cuales son eliminados por medio de cocción. Además, esta planta contiene glucósidos cianogénicos, compuestos que al hidrolizarse forman ácido cianhídrico (HCN), siendo responsable de varios casos de cianosis crónica, siendo un compuesto tóxico para personas y animales (Cáceres, 2016; Kuti & Konoru, 2006; González-Laredo, Flores, Quintero-Ramos & Karchesy, 2003). El glucósido cianogénico predominante en los tejidos de las hojas de chaya es linamarina, conteniendo un aproximado de  $2,47 \pm 0,4$  µg HCN equivalentes/g de peso fresco, esta cifra indica que el contenido de glucósidos cianogénicos en las

hojas frescas es notablemente menor que el establecido (10 mg HCN/g de producto) (FAO, OMS y Codex Alimentarius, 2009; Kuti & Konoru, 2006).

Adicionalmente, por medio de cocción es posible disminuir e incluso eliminar los HCN, este método permite disminuirlos por debajo de los niveles permisibles establecidos para frijoles secos, guisantes y nueces (0,025 mg HCN/g) y con ello no hay HCN residual en el agua de cocción, señala Molina-Cruz y colaboradores (1997). El tiempo de cocción establecido para disminuir estos tóxicos a niveles seguros a punto de ebullición es alrededor de 15 min, correspondiendo a los tiempos de cocción tradicionales, según afirma Molina-Cruz y colaboradores (1997) (citado por Ross-Ibarra & Molina-Cruz, 2002). No obstante, un estudio realizado en Cuba por Moya (2013), acerca de la potencialidad de las hojas de *C. aconitifolius* como alimento evidencia que las hojas escaldadas durante un minuto en agua a ebullición, evaluado por prueba cualitativa, resulta negativo de este tóxico coincidiendo con Stephens (2009) que planteó lo siguiente: “con un minuto en agua hirviendo se eliminaban la mayor concentración de glucósidos”; además, en este estudio también se deshidrataron las hojas de chaya y se evaluó nuevamente presentando resultados negativos, lo cual demuestra la garantía que brinda el proceso de escaldado dado que durante el proceso de deshidratación los componentes de las hojas se concentran y si aún existía presencia de HCN, éstos hubiesen sido detectados.

### **5.9. Quilete (*Lycianthes synanthera* (Sendtn.) Bitter)**

Es una planta comestible perteneciente a la familia de las Solanáceas y crece naturalmente en Guatemala, en malezas o bosques húmedos, a una altitud de 900 m sobre el nivel del mar, raramente se localiza en altitudes mayores. Comúnmente se le conoce como “chomté, tiuk (en kekchí), quilete o quilete dulce (Cáceres, 2015; Salazar , Velásquez, Quesada, Piccinelli, & Rastrelli, 2006). Es de origen mesoamericano, distribuido en bosques y matorrales, de clima cálido, húmedo y asociado a vegetación dañada y bosques tropicales caducifolios. La planta de quilete es común del sur de México a Colombia (Croat , 1978). En Guatemala se reportan plantas de quilete en los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Izabal, Quetzaltenango, Huehuetenango, Retalhuleu, Escuintla y Santa Rosa (Gentry & Standley, 1974). Sin embargo, dada su importancia como especie alimenticia, ésta se puede encontrar en los huertos mixtos de todo el país (Azurdia, 2016).

Es una planta poco conocida en Guatemala y en varias ocasiones mal llamada hierba mora o macuy (*Solanum americanum* Mill. y *Solanum nigrescens* M. Martens & Galeotti), no obstante en

el departamento de Alta Verapaz, las personas de etnia kekchí consumen esta planta habitualmente, ellos cortan los brotes tiernos y separan las hojas, las cuales son cocidas, drenadas y exprimidas, debido a su sabor amargo; luego hacen un chirmol al que le agrega las hojas de quilete cocidas, este platillo tradicional es llamado chirmol de chomté (Salazar et al., 2006), se sabe que solo en Mesoamérica es utilizada para alimentación afirma Azurdia (2016).

**5.9.1. Descripción de la planta.** Arbusto usualmente hemiepífito de 1-3,5 m de altura con hojas solitarias irregulares, de 13-30 cm de longitud y 4,5-15 cm de ancho, peciolos de 1-7 cm de longitud, son hojas con pubescencias en su venación y el haz (envez); inflorescencia de 4-12 flores y el cáliz es acampanado que mide 2-3 mm de longitud, la corola blanca o lavanda, filamentos de 1.5-2.0 mm de largo, estambres de color rojo o naranja. Fruto en baya rojo o naranja, subgloboso de 7 mm de largo. Esta planta florece de mayo a septiembre y las frutas maduran de junio a octubre (Azurdia, 2016; Cáceres, 2014; Croat, 1978).

**5.9.2. Composición química y nutricional.** Es un alimento escasamente estudiado, sin embargo, los hallazgos realizados por algunos investigadores son resaltables y confieren un nuevo enfoque a esta planta, un enfoque de alimento funcional.

Las hojas son una fuente apreciable de proteína cruda, al compararlas con los vegetales de hoja verde comunes, tal como lechuga, espinaca y endivia (Lenter, 1983), lo cual hace de esta planta, suplemento en dietas basadas en cereales (Salazar, Velásquez, Quesada, Piccinelli & Rastrelli, 2006).

También, el contenido de carbohidratos y de fibra de las hojas es alto al compararlas con los vegetales de hoja comunes. Respecto al contenido de grasa, esta planta es equiparable a los otros vegetales de hoja. El contenido de cenizas es significativo, indicando un sustancioso porcentaje de minerales (Salazar et al., 2006). Las hojas de *L. synanthera* poseen un alto contenido de calcio y potasio, además de ser una buena fuente de hierro, magnesio, manganeso, zinc y cobre. El contenido de cobre es incluso más alto que varias hierbas nativas y también que la espinaca y moringa (Cáceres, 2015).

Por otro lado, la biodisponibilidad de hierro de esta planta es buena. Asimismo, la alta concentración de magnesio, zinc y cobre en el quilete indica que esta planta podría contribuir a la prevención de efectos adversos por deficiencia de micronutrientes. Referente a vitaminas, esta planta contiene un alto porcentaje de vitamina C (250 a 270 g/día de este vegetal es suficiente para

cumplir los requerimientos diarios de personas saludables de esta vitamina), además, contiene alta concentración de riboflavina, también contiene alfa y beta carotenos (Cáceres, 2015; Salazar et al., 2006).

Respecto a composición química, las hojas presentan una buena actividad antioxidante por medio de diversos métodos. Esta planta contiene glicósidos flavónicos, tres oligoglicósidos de esteroides de furostanol, triterpenos y flavonoides (Salazar et al., 2006).

Tabla 6

*Composición nutricional de quilete por cada 100 g de producto*

Componente	<i>L. synanthera</i>
Humedad	82,50
Calorías	54
Proteína (g)	6,30
Grasa (g)	0,40
Carbohidratos (g)	6,30
Fibra cruda (g)	2,80
Ceniza (g)	1,70
Vitamina A (µg)	1883
Tiamina (mg)	0,20
Rivoflavina (mg)	0,35-0,56
Niacina (mg)	0,97
Vitamina C	22-92
Calcio (mg)	130-180
Fósforo (mg)	19-20
Potasio (mg)	360-440
Sodio (mg)	6-11
Hierro (mg)	7,5-14*
Zinc (mg)	3-4,5*
Magnesio (mg)	40-60

En la Tabla 6 se observa cada componente nutricional de *L. synanthera*. La cifra de hierro y zinc corresponden a la hierba cruda seca\*. Adaptado de Cáceres (2015); Salazar et al. (2006).

**5.9.3. Componentes tóxicos y antinutricionales.** No presenta componentes tóxicos, sin embargo, sí presenta factores antinutricionales en su composición. Las hojas frescas contienen un nivel moderado de enzimas inhibidoras de tripsina y contienen un bajo nivel de inhibidores de alfa amilasa, éstos son eliminados por cocción (Cáceres, 2015; Salazar et al., 2006).

Además, esta planta posee el contenido más alto de taninos entre las hierbas nativas a procesar, y también presenta mayor contenido de oxalatos comparada con las mismas, a concentraciones entre 44,74 a 67,93 mg/g de planta seca (Cáceres, 2015; Salazar et al., 2006).

### **5.10. Evaluación sensorial**

Para evaluar la aceptabilidad de las características organolépticas de las tortillas de maíz con el valor agregado de plantas nativas, se estableció qué métodos sensoriales son los adecuados. Consiste en el análisis de un alimento o material a través de los sentidos. Asimismo, también es la caracterización y el análisis de la aceptación o rechazo de un alimento por parte del panelista entrenado o usuario. Las percepciones sensoriales dependen del individuo, del espacio y tiempo, consisten en los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y auditivo (Hernandez, 2005).

Los análisis sensoriales son aplicados a diversos sectores de desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos, además, todo análisis que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos, asegurando la obtención de resultados correctos (Watts, Ylimaki, Jeffery, & Elías, 1992).

Existen dos tipos de pruebas que abarcan diferentes métodos de evaluación sensorial: pruebas orientadas al consumidor o método de respuesta subjetiva, que consiste en las preferencias y la aceptabilidad por parte de personas representativas de la población como posibles consumidores; por lo tanto, los panelistas deben de ser usuarios del producto, y pruebas orientadas al producto o métodos de respuesta objetiva, consistente en realizar pequeños paneles con personas entrenadas, con el objeto de identificar diferencias entre productos similares o para medir la intensidad de características organolépticas (Watts et al., 1992).

Las pruebas destinadas para la evaluación de las tortillas de maíz fueron los métodos de respuesta subjetiva:

**5.10.1. Pruebas orientadas al consumidor.** Pruebas que miden la preferencia y aceptación de un producto alimenticio, es posible la comparación de varias muestras simultáneamente o de forma individual (Watts et al., 1992).

Entre estas pruebas destacan:

**5.10.1.1. Pruebas de preferencia.** Son pruebas de fácil realización y aplicada a personas de todas las edades. Este tipo de pruebas es utilizado para indicar la preferencia de dos o más fuerza. La prueba más conocida en esta categoría es:

**5.10.1.1.1. Prueba de preferencia pareada.** Es la más antigua de esta categoría, consiste en comparar dos pruebas aleatoriamente y codificadas e indicar cuál es la de mayor agrado, es decir A o B (Ramírez-Navas, 2012).

**5.10.1.2. Pruebas de aceptabilidad.** Con el uso de estas pruebas se determina el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores, indicando también cuanto agrada o desagrade el mismo. Estas pruebas son conocidas como nivel de agrado o hedónicas. (Ramírez-Navas, 2012). Los tipos de prueba de aceptabilidad son:

**5.10.1.2.1. Pruebas de aceptabilidad por ordenamiento.** Prueba que consiste ordenar tres a más muestras codificadas aleatorias, según su aceptabilidad. Las muestras se presentan simultáneamente y es posible saborear varias veces las muestras (Ramírez-Navas, 2012).

**5.10.1.2.2. Prueba hedónica.** Prueba que mide el agrado o desagrado de un producto, es decir el grado de satisfacción del mismo. La escala más utilizada es la de 9 puntos, sin embargo, es posible rebajarla a 7, 5 o 3 puntos, además es posible utilizar la escala gráfica de cara sonriente utilizada para niños. Esta prueba es ampliamente recomendada para aplicar en estudios o proyectos, en donde los panelistas evalúan muestras codificadas (tres números) y aleatorizadas de uno o varios productos, indicando el nivel de agrado de cada muestra, las categorías contempladas van desde “me gusta extremadamente” hasta “me disgusta extremadamente”, respecto a calificativos de olor, sabor, textura, entre otros. Como se menciona anteriormente la prueba hedónica puede ser presentada gráfica, numérica o textualmente (Ramírez-Navas, 2012). En Anexo 3 p. 118 se presenta un ejemplo de una boleta de la prueba hedónica de 9 puntos.

Por otro lado, se encuentran las escalas de intervalo, las cuales son posible de aplicar como “escalas hedónicas”, y a continuación se describe en que consiste:

5.10.1.2.3. *Escalas de intervalo.* Las escalas de intervalos son aplicadas con el objetivo de ordenar muestras de acuerdo a la magnitud de una sola característica del producto o de acuerdo a la aceptabilidad o preferencia, además indican el grado de diferencia entre muestras. (Watts et al., 1992) En la Figura 1 pueden observarse algunos ejemplos de escalas de intervalo:

Figura 1



Figura 1. Escala facial de intervalo. Se presenta un ejemplo de escala facial de 3 puntos (Ramírez-Navas, 2012).

**5.10.2. Tamaño de la muestra.** La determinación del tamaño de la muestra es sumamente importante al momento de emplear diseños experimentales de investigación en donde se pretende obtener la viabilidad de un producto o proyecto en una población determinada a cierto nivel de confianza; con este dato es posible obtener parámetros o contrastar. En este caso se determinó el tamaño de la muestra para obtener el número de panelistas que compondrán la aceptabilidad de la tortilla de maíz fortificada.

Es importante fijar la precisión con la que se trabajará, es decir, el nivel de confiabilidad respecto a Zeta crítico ( $Z_c$ ).

Tabla 7

*Niveles de confiabilidad respecto a  $Z^2c$  obtenido de la tabla de distribución normal*

$Z^2c$	Nivel de confianza
1,15	75%
1,28	80%
1,44	85%
1,65	90%
1,96	95%
2,00	95,5%
2,58	99%

Esta tabla indica varios niveles de confianza, sin embargo, los más utilizados son de 90%, 95% y 99%. (Feedback Networks Technologies, 2013).

Con base a ello, la fórmula para la determinación de tamaño de muestra en una población infinita o mayor a 100.000 personas, según González (2008) es:

$$n = \frac{Z^2c \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Donde:

n: es el tamaño de la muestra

$Z^2c$ : es Zeta crítico (90% de confiabilidad)

p: proporción de elementos que presentan una determinada característica a ser investigada; generalmente este dato es desconocido por lo que se supone un valor de 50.

q: es la proporción que no presenta las características a ser investigadas, o bien, q-p.

$e^2$ : error máximo permisible (10%).

**5.10.3. Análisis estadístico.** El análisis de datos obtenidos por los panelistas es fundamental para determinar la viabilidad del producto evaluado, así como la aceptación o negación de hipótesis propuestas, por lo que es necesario contar con un método según el tipo de prueba sensorial se haya aplicado.

En el caso de la prueba hedónica y escalas de intervalo es común utilizar el análisis de varianza (ANOVA), con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. Watts y colaboradores (1992) afirman que este análisis, la varianza total se divide en varianza asignada a diferentes fuentes específicas y la varianza de las medias entre muestras se compara con la varianza dentro de la muestra o también llamado “error experimental” (Ramírez-Navas, 2012).

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. General**

**6.1.1.** Sustituir parcialmente la masa de maíz nixtamalizada con una harina elaborada con semilla de amaranto, hojas de bledo, chaya y quilete para fortificar con hierro y zinc a formulaciones de tortillas de maíz.

### **6.2. Específicos**

**6.2.1.** Elaborar tres formulaciones de harinas a partir de mezclas de las plantas nativas de amaranto, bledo, chaya y quilete.

**6.2.2.** Elaborar una tortilla de maíz que contenga el 20% de harina de plantas nativas en la masa de maíz durante su producción.

**6.2.3.** Cuantificar el contenido de hierro, zinc en las tres formulaciones de las harinas de plantas nativas por separado, a las mezclas de harinas, en tortilla simple y en las tortillas fortificadas; así como cuantificar el nivel de oxalatos en tortilla simple, en harina de plantas nativas y tortilla fortificada ganadoras.

**6.2.4.** Establecer el porcentaje de hierro y zinc presente en las tortillas fortificadas y el porcentaje de aporte de acuerdo a las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) del Incap.

**6.2.5.** Evaluar la aceptabilidad de las características organolépticas de las tortillas de maíz fortificadas por medio de paneles sensoriales.

## **7. HIPÓTESIS**

**7.1.** 100 g por día de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, bleo, chaya y quilete, que corresponde a 2 unidades de tortilla, cubrirán al menos el 10% de las Recomendaciones Dietéticas Diarias de hierro y zinc en niños de 1 a 6 años de edad.

## **8. RECURSOS**

### **8.1. Institucionales**

**8.1.1.** Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas en Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos (UVIGER), de la Facultad de Agronomía del campus central de Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

**8.1.2.** Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias del campus central de Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

**8.1.3.** Laboratorio de Evaluación Sensorial y Planta Piloto de la carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario de Sur Occidente (CUNSUROC), Mazatenango, Suchitepéquez.

**8.1.4.** Escuela de Párvulos No. 1, Mazatenango.

### **8.2. Humanos**

**8.2.1.** T.U. Elvira Annabella Cano Paiz.

**8.2.2.** Ing. Qco. Aldo de León (Asesor).

**8.2.3.** Dr. Armando Cáceres (Asesor Técnico).

### **8.3. Económicos**

**8.3.1.** Gastos del proyecto cubiertos por el estudiante.

## 9. DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico se realizó en dos fases: como primer punto se realizó análisis estadístico a los resultados obtenidos de la determinación de hierro y zinc en las muestras planteadas; consistió en calcular la precisión de los valores obtenidos, por medio de Desviación Estándar (S) y Coeficiente de Variación (CV), estableciéndose el grado de dispersión entre cada resultado muestral. Como segundo punto en el ámbito sensorial, se determinó diferencias entre las muestras formuladas de las tortillas, además de establecer qué características organolépticas fueron las predominantes respecto a la aceptabilidad, lo que llevó a establecer qué formulación fue la más aceptada por los panelistas seleccionados y por el grupo de consumidores.

### 9.1. Diseño estadístico de análisis químicos

Este diseño se basó en la determinación de la precisión de cada muestra analizada respecto a la variabilidad analítica, por lo tanto, se realizó ensayos repetitivos, en triplicado, para calcular la S o error de muestreo; además se calculó el CV, que permitió cuantificar, por medio de porcentaje y de una mejor manera la precisión de cada resultado muestral obtenido. A continuación, se presentan los cálculos estadísticos necesarios:

#### 9.1.1. Media Aritmética ( $\bar{x}$ )

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i}{n}$$

Donde:

x = resultados muestrales obtenidos.

n = número de resultados.

#### 9.1.2. Varianza ( $S^2$ )

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

Donde:

$x_i$  = son los resultados muestrales obtenidos.

n = número de resultados.

### 9.1.3. Desviación estándar (S)

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

### 9.1.4. Coeficiente de Variación (CV)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

## 9.2. Diseño estadístico de análisis sensorial

Se llevó a cabo una prueba hedónica, ésta es una prueba paramétrica, por lo que se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) por medio de la interpretación Fisher (F).

El análisis de varianza contempló dos hipótesis:

**9.2.1. Hipótesis nula.** Indica que no se detectan diferencias significativas entre medias (muestras). Esta hipótesis se tomará como base de la evaluación.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_n$$

**9.2.2. Hipótesis alterna.** Indica que existen diferencias significativas entre medias (muestras).

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Asimismo, las hipótesis se deben interpretar acorde a los siguientes criterios:

**9.2.3.** Si el F calculado  $\leq$  F tabulado no existen diferencias estadísticas en las muestras, es decir que se acepta la hipótesis nula.

**9.2.4.** Si el F calculado  $\geq$  F tabulado, existen diferencias estadísticas entre las muestras, es decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Si se acepta la hipótesis alterna se debió realizar pruebas de comparación múltiple para determinar cuáles medias difieren entre sí, en este caso fue la prueba de Tukey.

En primera instancia, dentro del análisis de varianza (ANOVA) se tabuló los datos numéricos obtenidos en cada boleta evaluada por los panelistas y se procedió a calcular las medias aritméticas de los mismos, tal y como se ejemplifica a continuación.

Tabla 8

*Modelo de tabulación de datos respecto a panelistas y muestras*

Panelistas	<u>Muestras</u>				$\sum$ de panelistas	$\bar{x}$ de panelistas
	A	B	C	...K		
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-	-
$\sum$ de tratamientos	-	-	-	-	-	-
				Total	-	-
$\bar{x}$ de tratamientos	-	-	-	-	-	-

En esta tabla se ejemplifica el orden de datos de las diferentes muestras respecto al número de panelistas, además del cálculo de medias aritméticas de cada sumatoria numérica. Adaptado de Watts (1992).

Posteriormente se procederá a aplicar las siguientes fórmulas:

### 9.2.5. Factor de corrección

$$FC = \frac{(\text{Total})^2}{N}$$

Donde:

N = es el número de muestras individuales.

### 9.2.6. Suma total de cuadrados

$$SC(T) = \sum (C/\text{Respuesta individual}^2) - FC$$

### 9.2.7. Suma de cuadrados de los tratamientos

$$SC(Tr) = - \frac{[\sum(\text{total de c/tratamiento}^2)]}{[n \text{ de respuesta/tratamiento}]} - FC$$

### 9.2.8. Suma de cuadrados de panelistas

$$SC(P) = - \frac{[\sum(\text{total de c/panelista}^2)]}{[n \text{ de respuesta/panelista}]} - FC$$

### 9.2.9. Suma de cuadrados el error

$$SC(E) = SC(T) - SC(Tr) - SC(P)$$

Además, para determinar los cuadrados medios se deben conocer los grados de libertad:

### 9.2.10. Grado de libertad

$$gl = N - 1$$

Donde:

N = es el número total de respuestas [gl(T)], de tratamientos [gl(Tr)] o de panelistas [gl(P)].

### 9.2.11. Grado de libertad de errores

$$gl(E) = gl(T) - gl(Tr) - gl(P)$$

### 9.2.12. Promedio de cuadrados medios de tratamientos, panelistas y error

$$CM(Tr) = \frac{SC(Tr)}{gl(Tr)} \quad CM(P) = \frac{SC(P)}{gl(P)} \quad CM(E) = \frac{SC(E)}{gl(E)}$$

### 9.2.13. F calculado de tratamientos y panelistas

$$F(Tr) = \frac{CM(Tr)}{CM(E)} \quad F(P) = \frac{CM(P)}{CM(E)}$$

F tabulado se busca en las tablas estadísticas de distribución a varios niveles de significancia (ver Anexo 4 p. 119-120), a través de los grados de libertad calculado.

Tabla 9  
*Modelo de análisis de varianza (ANOVA)*

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Total (T)	-	-	-		
Tratamiento (Tr)	-	-	-	-	-
Panelistas (P)	-	-	-	-	-
Error	-	-	-		

En la actual tabla se ejemplifica el orden de los datos que deben calcularse para el análisis de varianza. Adaptado de Watts et al. (1992).

En caso que exista diferencia significativa entre medias, se aplica la prueba de Diferencia Significativa Honesta (DHS) Tukey. Para ello se realiza una diferencia de medias por medio de la siguiente ecuación.

#### 9.2.14. Diferencia Significativa Honesta (DHS)

$$DHS = q(t, glee, \alpha) \cdot \frac{\sqrt{\mu C \text{ dentro}}}{N}$$

Donde:

$q(t, glee, \alpha)$  = valores de tabla de Tukey al 0,05 (ver Anexo 5), respecto a grado de libertad del error experimental (glee) y al número de medias o tratamientos (t), en este caso el número de panelistas.

$\mu C$  = media de cuadrados dentro o cuadrados medios de error [CM(E)]

N = número de muestras

A partir de DHS se elabora una tabla donde se ingresan las medias aritméticas de las muestras (de la Tabla 8), en orden de última a primera muestra como se muestra a continuación:

Tabla 10

*Análisis de diferencias medias de prueba de Tukey*

Código	000	000	000	000	000
$\bar{X}$ muestras	Xn	X4	X3	X2	X1
Xn	0	-	-	-	-
X4		0	-	-	-
X3			0	-	-
X2				0	-
X1					0

En esta tabla se presenta un ejemplo de las diferencias medias de las muestras codificadas evaluadas, éstas se van restando conforme se va descendiendo entre cada fila, hasta llegar a “0”. La interpretación de esta tabla es hallar si las medias son mayores que DHS para ubicar y de esa forma establecer la diferencia entre muestras; véase Anexo 5 Cuartiles de Distribución de Tukey,  $\alpha = 0,05$ , p. 121-122. Adaptado de López (2012).

## 10. MARCO OPERATIVO

La ejecución del proyecto de investigación se dividió en tres fases: la Fase 1 consistió en establecer las formulaciones respecto al contenido de hierro y zinc, la estandarización del proceso para la harina de plantas nativas y la elaboración de las tortillas de maíz. La Fase 2 consistió en la determinación de hierro y zinc, en la tortilla de maíz sin fortificar, de la harina de plantas nativas y de la tortilla de maíz fortificada; además se determinó el nivel de oxalatos en la harina de hierbas con mayor nivel de hierro y zinc al igual que en la tortilla de maíz fortificada ganadora y la tortilla de maíz simple. La Fase 3 consistió en realizar los diferentes paneles sensoriales, tanto panel piloto como panel de consumidores.

### 10.1. Fase 1

Para la elaboración de la harina de hierbas nativas y las tortillas de maíz, es importante conocer los materiales, insumos y equipos necesarios:

#### 10.1.1. Materiales e insumos.

- Semillas de amaranto (*A. cruentus*)
- Hojas de bleado (*A. hybridus*)
- Hojas de chaya (*C. aconitifolius*)
- Hojas de quilete (*L. synanthera*)
- Granos de maíz (*Z. mays*)
- Bicarbonato de sodio
- Hidróxido de calcio o cal
- Agua
- Gas propano

#### 10.1.2. Instrumentos y equipo.

- Deshidratador de alimentos
- Horno común
- Balanza analítica
- Balanza tipo reloj
- Termómetro digital
- Termohigrómetro

- Temporizador
- Plancha de cocción (comal)
- Pinzas de parrilla
- Estufa
- Molino de discos manual
- Molino de discos o de nixtamal
- Tamiz
- Escurridor
- Marmita
- Bolsas de celofán y polietileno

**10.1.3. Metodología.** Las plantas nativas procesadas expresan diferencias entre sí, por lo tanto, se describe la metodología de las semillas de amaranto, por un lado, y de las hierbas nativas por otro, además de la elaboración de tortillas de maíz. Para observar las secuencias de los procesos descritos a continuación, ver los diagramas de proceso en Apéndices 1 y 2 de p. 128 y 129. Además, se describen las formulaciones respectivas para las tortillas de maíz fortificadas.

**10.1.3.1. Elaboración de harina de semillas de amaranto.** El procesamiento del amaranto abarcó las siguientes operaciones:

*Recepción de materia prima y selección.* La materia prima entró a área de proceso y en primera instancia se inspeccionó la ausencia de materiales extraños, granos dañados, suciedad entre otros.

*Acondicionamiento.* Operación que consistió en lavar las semillas de amaranto en una solución de 0,5% de bicarbonato de sodio y luego se lavó con abundante agua. Luego se dejó escurrir el exceso de agua, para someter el producto a calefacción a baja temperatura (40 °C) en un horno para eliminar la humedad superficial del mismo.

*Tratamiento térmico.* Una vez el amaranto seco, se sometió a la operación de expandido, colocando las semillas de amaranto en una plancha de cocción a una temperatura de 120 °C durante  $25 \pm 5$  segundos, removiendo con unas pinzas y corroborando que todo el producto o en su mayoría adquiriera un color blanco.

*Molienda y tamizaje.* Se molieron los granos expandidos en un molino de discos manual hasta obtener la harina fina y de inmediato se procedió tamizar el producto en malla estándar (3 mesh), para luego mezclarlo con la harina de bleado, chaya y quilete. Posteriormente se llevó la harina al proceso de tamizaje en donde se hizo pasar el producto en una serie de tamices Norma ASTM E 8 (2,36 mm), 12 (1,70 mm), 14 (1,40 mm), 18 (1,00 mm), 25 (0,710 mm), 30 (0,600 mm) y 45 (0,355 mm). La granulometría de la harina de plantas nativas debe ser como mínimo de 210 micras. Nota: la humedad de la harina debe ser del 10% máximo.

*Envasado y almacenamiento.* Se envasó la harina de plantas nativas en bolsas de polietileno o en su defecto en bolsas de celofán selladas al calor herméticamente. Se almacenó el producto terminado en un sitio fresco y seco.

**10.1.3.2. Elaboración de harina de bleado, chaya y quilete.** Se definió la metodología para procesar las hierbas nativas, donde se realizaron las siguientes operaciones:

*Selección y colecta.* Se recolectaron las hojas en diferentes huertos, donde se seleccionó el material vegetal de óptimas condiciones, es decir, libre de manchas que indiquen enfermedad, plagas, cortes, entre otros. Las hojas de chaya fueron relativamente jóvenes de color verde intenso, mientras que las hojas de bleado y quilete fueron relativamente jóvenes, pero denotaron un color verde musgo. Mientras se recolectó el material vegetal se fue almacenando en una hielera para mantener la cadena fría durante el transporte hacia el área de procesamiento.

*Limpieza e inspección.* El producto se lavó con agua a presión y a su vez se inspeccionó nuevamente corroborando la ausencia de insectos, materias extrañas, manchas, daños físicos, entre otros. Seguidamente se oreó el producto a temperatura ambiente en un secador solar durante 18 horas aproximadamente.

*Reducción de tamaño y pesaje.* En la planta de procesamiento, se troceó la materia prima láminas de 5x10 cm aproximadamente, solamente si la hoja contaba con proporciones de 20x20 cm o mayores. Luego se procedió a pesar el producto y se tomó nota de cada uno.

*Pretratamiento del producto.* Previo al secado, se aplicó un pretratamiento a la materia prima fue “escaldado húmedo”. Se calentó agua en una marmita hasta la temperatura de  $90 \pm 2$  °C (midiendo constantemente con un termómetro digital), a su vez, se programó el temporizador para 2 minutos y se tendrá preparada agua fría en otro recipiente a una temperatura de  $4 \pm 3$  °C. Alcanzada la temperatura deseada para el escaldado, se sumergió el producto durante 2 minutos, cumplido el tiempo inmediatamente se eliminó el agua del producto y se sumergió en el agua fría

durante aproximadamente 5 minutos o hasta que enfriara. Posteriormente se dejó drenar el agua del producto en un filtro de malla estándar durante 10 minutos máximo. Nota: cada materia prima fue pre-tratada por separado. Dato a resaltar: a través de pruebas piloto previas al desarrollo de campo como tal, se determinó que el pretratamiento de las hierbas resultaba innecesario para un secado eficaz de las mismas, por lo cual no se realizó ésta operación.

*Secado.* Luego de la reducción de tamaño, se procedió a colocar inmediatamente cada materia prima en sus respectivas bandejas de secado, guardando el orden, la integridad de cada una y se formaron camas de un centímetro en toda la bandeja. El equipo utilizado fue un deshidratador de alimentos de bandejas, el cual se graduó hasta una temperatura máxima de 45 °C. Durante esta operación se rotaron constantemente las bandejas de secado para la obtención de un secado homogéneo. El tiempo de secado fue de 12 horas aproximadamente. En la etapa final de esta operación se extrajo cada bandeja y se permitió que producto alcance temperatura ambiente, durante 10 minutos aproximadamente, para pasar a la próxima operación correspondiente. La humedad máxima alcanzada para las hortalizas de hoja debe de 10%, por lo que se midió la humedad de la misma en una balanza de humedad.

*Molienda y tamizaje.* Transcurrido el tiempo enfriado, se molió cada materia prima por separado en un molino de discos manual; al obtener el producto molido se procedió a tamizar el mismo para homogenizarlo. Posteriormente se procedió a combinar cada harina obtenida incluyendo la harina de amaranto, según la formulación propuesta y se produjo la harina verde.

*Envasado y almacenamiento.* Se envasó de inmediato el producto en bolsas de polietileno o en su defecto bolsas de celofán, y se selló por medio de calor, buscando un empaque hermético. Por otro lado, el almacenamiento del producto fue envasado en un sitio seco y fresco.

### ***10.1.3.3. Elaboración de tortillas de maíz y su fortificación.***

*Recepción de materia prima, limpieza y selección.* Se recibió maíz de color blanco y desgranado, se limpió con suficiente agua a presión, simultáneamente se inspeccionó la calidad de los granos, además se seleccionó la materia prima libre de cualquier oscurecimiento, agujeros, grietas entre otros. Por último, se pesó el producto en una balanza tipo reloj y se tomó nota del dato.

*Cocción.* Se llevó a cabo el método de cocción llamado “nixtamalización”, el que consistió en la cocción húmeda ( $\geq 100$  °C) en una solución del 1,0 a 1,2% de hidróxido de calcio con relación al peso del maíz, y en proporciones de 1:3 de maíz respecto a agua. El tiempo de cocción fue de  $45 \pm 5$  minutos, inspeccionando una cocción homogénea y la justa suavidad de los granos de maíz. Finalizada la cocción, el maíz nixtamalizado se dejó reposar entre 12 a 14 horas en la misma agua de cocción.

*Enjuague.* Al momento de cumplir las horas de reposo se procedió a lavar varias veces el maíz con abundante agua eliminando los restos de hidróxido de calcio además de la eliminación del pericarpio del grano hasta obtener un producto limpio.

*Molienda.* Obtenido el grano limpio y cocido, se procedió a moler el nixtamal en un molino de discos, hasta obtener una masa fina.

*Figurado.* Con la masa obtenida se formaron las tortillas de maíz, éste fue el punto clave dentro del proceso de fortificación. Una parte de la masa total se utilizó para formar tortillas de maíz simples, se tomó 50 g de la misma y se figuró hasta obtener una torta plana de 12 cm de diámetro aproximadamente y  $2 \pm 0,5$  mm de espesor. Mientras tanto a la otra parte de masa se adicionó la harina de hierbas nativas con base a las formulaciones propuestas en la Tabla 11 y se mezcló hasta conseguir una masa homogénea; luego se tomaron los 50 g de la masa y se siguió el mismo procedimiento de figurado descrito para las tortillas de maíz simples.

*Cocción.* Luego del figurado de las tortillas se colocaron sobre una plancha caliente a temperatura de 180 a 220 °C, las tortillas se cocieron un aproximado de 3 minutos por cada lado. Nota: la vida útil de las tortillas de maíz es corta, con lo cual, si es necesario su almacenamiento, debe ser en refrigeración, durante una semana máximo.

**10.1.3.4. Formulaciones de tortillas de maíz.** Las formulaciones de la harina constan de tres mezclas en distintas proporciones de harinas de amaranto, bleado, chaya y quilete; dichas formulaciones están dadas con base a los niveles de hierro y zinc teórico de cada una:

Tabla 11

*Fórmulas de tortillas de maíz*

Harina verde			
Materia prima	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Amaranto	50%	40%	40%
Bledo	25%	35%	35%
Chaya	15%	15%	10%
Quilete	10%	10%	15%
Total	100%	100%	100%
Harina verde y masa de maíz			
Materia prima	Formulación		
Harina verde	20%		
Masa de maíz	80%		
Total	100%		

En esta tabla se presentan 3 fórmulas donde se involucra mezclas de harina de amaranto, bleado, chaya y quilete para agregar la masa de maíz para elaborar las tortillas, por otro lado. Elaboración propia.

## 10.2. Fase II

Se analizaron las muestras de tortillas de maíz sin fortificar, las tres fórmulas de la harina verde y también las tres fórmulas de las tortillas de maíz fortificadas en Laboratorio de análisis de suelos, aguas y plantas (UVIGER), por triplicado para analizar la concentración de hierro y zinc presente en cada una. Al obtener los resultados se aplicó el análisis estadístico correspondiente para establecer la veracidad de los análisis realizados.

Se analizó el nivel de oxalatos presentes en la harina de hierbas nativas, así como en las tortillas de maíz fortificadas, para establecer si el procesamiento reduce este antinutriente. Dicho análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Recursos Naturales (LIPRONAT).

## 10.3. Fase III

Esta fase consistió en evaluar las características organolépticas de las tortillas de maíz fortificadas con plantas nativas, donde se requirió de:

### **10.3.1. Materiales e insumos.**

- Tortillas fortificadas
- Boletas de evaluación
- Lapiceros
- Vasos desechables
- Platos desechables
- Agua purificada
- Servilletas
- Cuchillos
- Bolsas para desechos
- Manzana verde

### **10.3.2. Instrumentos y equipos.**

- Estufa eléctrica
- Plancha de cocción
- Balanza analítica

**10.3.3. Metodología de evaluación sensorial.** Se realizaron dos paneles sensoriales: un estudio piloto y un estudio de consumidores, los cuales son descritos a continuación:

**10.3.3.1. Estudio piloto.** Para la ejecución del panel piloto se seleccionó el tipo de prueba a utilizar, en este caso fue una prueba de aceptabilidad, es decir, de respuesta subjetiva, llamada prueba hedónica de siete puntos, ponderación descrita en Tabla 12, y se trabajó con codificaciones aleatorias para cada formulación a evaluar. Asimismo, esta prueba se presentó a 15 panelistas concedores de evaluación sensorial; esto se desarrolló en el laboratorio de evaluación de la planta piloto dentro de las instalaciones del Centro Universitario de Sur Occidente (CUNSUROC).

Tabla 12

*Valores de prueba hedónica de siete puntos*

Puntaje	Categoría
1	me disgusta mucho
2	me disgusta moderadamente
3	me disgusta levemente
4	no me gusta ni me disgusta
5	me gusta levemente
6	me gusta moderadamente
7	me gusta mucho

En esta tabla se presentan los puntajes respecto a las percepciones del panelista para evaluar cada muestra que se va a evaluar. Adaptado de Ramírez (2017)

*Boletas de evaluación.* Con el uso de las boletas, se evaluaron las 3 fórmulas de tortillas de maíz fortificadas, las características evaluadas fueron: color, olor, sabor y textura, las boletas de evaluación pueden observarse en el Apéndice 3 de p. 130. Al obtener todas las respuestas, se procedió a aplicar los métodos estadísticos respectivos y la muestra con la mejor ponderación en cada característica se seleccionó para evaluar en el panel de consumidores.

*Preparación de la muestra.* Cada muestra debió codificarse identificadas con tres dígitos conforme los códigos aleatorios descritos en el Anexo 6 p. 123. Se prepararon muestras de 25-30 g, a temperatura de 30-40 °C, por ser un producto que se consume levemente caliente. Cada muestra codificada se sirvió en un plato de divisiones, color blanco, junto a un vaso con agua, la boleta, lapicero, servilletas y una bolsa de descarte, también se sirvieron trozos de manzana verde para eliminar los sabores residuales de cada muestra.

Tabla 13

*Codificación de las fórmulas de cada muestra*

Código	Fórmula
806	1
390	2
518	3

Se buscó códigos totalmente distintos entre sí para y sin orden aparente para que no haya sesgo entre cada muestra evaluada, debida a jerarquías entre cada una. Elaboración propia

**10.3.3.2. Estudio de consumidores.** Este estudio consistió en evaluar por medio de la prueba de aceptabilidad, “escala hedónica facial”, a niños de edades entre 3 a 6 años de edad, en la escuela de Párvulos No. 1. El número de niños evaluados fue dado según la fórmula de tamaño de la muestra descrita en el ítem 4.10.2. Tamaño de la muestra, de la página 56. Se evaluó una sola fórmula conforme a la interpretación obtenida en el estudio piloto; se presentaron muestras de 10 g, y se sirvió a una temperatura de  $25 \pm 5 \text{ C}^\circ$ , en platos desechables, junto con un vaso de agua. La boleta utilizada en esta evaluación se encuentra en Apéndice 4 de p. 131, además las categorías evaluadas fueron: sabor, olor y color.

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La etapa experimental de este proyecto de investigación fue organizada acorde a los objetivos planteados, respetando la metodología propuesta en el marco operativo.

El objetivo general fue desarrollar la harina de plantas nativas para su posterior adición a masa de maíz nixtamalizada, produciendo tortillas de maíz. Para ello se estandarizó el proceso de elaboración de las harinas de cada planta y de la elaboración de las tortillas de maíz:

### 11.1. Estandarización del proceso de elaboración de harina de plantas nativas.

**11.1.1. Colecta botánica.** Como parte estandarización del proceso, se definió la necesidad de realizar la colecta de cada planta nativa requerida, personalmente o en su defecto por entidades dedicadas al cultivo específico de las mismas con motivo de asegurar la procedencia de las mismas, además de confirmar la especie de cada materia prima.

La procedencia de cada planta procesada es:

- Amaranto. Colectado en San Lucas Tolimán, Sololá por el Instituto Mesoamericano de Permacultura (IMAP).
- Bledo. Colectado en Rabinal, Baja Verapaz por la Asociación Qachuu Aloom “Madre Tierra”.
- Chaya y Quilete. Colectados en Finca el Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez por tesista Elvira Cano.

Cabe mencionar que se realizó colecta por especie en diferente fecha, por lo tanto, el procesamiento de cada materia prima se realizó individualmente.

**11.1.2. Preparación de materia prima.** Durante esta actividad se justifica la ausencia del pretratamiento de las hortalizas de hoja debido a que se supone una operación innecesaria al momento de deshidratar hojas, estas fueron oreadas, por lo tanto, se produjo un ablandamiento de las mismas y de este modo se ahorró tiempo, cocción, derroche de agua y se evitó la pérdida o desnaturalización de nutrientes importantes.

**11.1.3. Secado.** Dicha operación fue realizada a las hierbas nativas, en un deshidratador de bandejas con flujo horizontal, además se requirió un deshidratador de alimentos convencional para finalizar con el secado de cada lote. La temperatura de secado fue de 40°C a un máximo de 45°C; tomándose a consideración la temperatura máxima de secado (50°C) sugerida teóricamente para

hortalizas de hoja. Respecto a las semillas de amaranto, solamente se eliminó la humedad superficial en un deshidratador de alimentos convencional a 65°C.

A continuación, se presentan las características del secado en cada materia prima procesada:

Tabla 14  
*Características del secado*

Materia prima	Fecha	Tiempo (h)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Rendimiento
Amaranto	04-05-2018	2	357	-	-
Bledo	17-04-2018	9,50	3,405	354,30	10,40%
Chaya	21-02-2018	27	2,951	728,50	24,69%
Quilete	14-02-2018	12	2,724	572,20	21,01%

En la presente tabla se encuentra descrita cada particularidad en los diferentes productos a partir de su fecha de ingreso al área de proceso. El símbolo “-” en las casillas de amaranto indican que tales características no aplican debido a que se realizó solamente un secado superficial del mismo. Elaboración propia.

Tal como se observa en la Tabla 14, el tiempo de secado de las hierbas fue variable, a causa de la etapa de maduración de cada una; las hojas de chaya fueron las que se secaron por mayor tiempo y obtuvieron el mejor rendimiento, esto debido a que son hojas más fibrosa, lo que concuerda con Spell y Bressani (2011), indicando la incidencia del alto contenido de fibra con la textura de las hojas de chaya, además, fueron colectadas sazanas, mientras que las otras hortalizas de hojas son más delgadas y tiernas, principalmente las hojas de bledo.

**11.1.4. Molienda y tamizado.** Para esta operación fue necesario el uso de un molino de disco manual ajustado a la mayor cercanía entre discos para mayor finura, sin embargo, fue necesario reprocesar luego del tamizaje de cada lote, para obtener la mínima granulometría.

**11.1.5. Empaque y almacenamiento.** Se empacó cada harina en bolsas de polietileno y de celofán, para almacenar fue necesario el uso de un desecador de alimentos para preservar la frescura y humedad de las harinas.

**11.1.6. Harina.** Se realizaron las mezclas de harinas en función a las tres formulaciones planteadas. La harina final de cada producto y la harina final de mezcla obtuvo las siguientes características:

Tabla 15  
*Harina verde*

Harina	Peso (g)	Humedad (%)	Granulometría ( $\mu\text{m}$ )
Amaranto	273,7	8,12	
Bledo	300,8	8,65	
Chaya	669,6	8,43	
Quilete	554,8	7,28	
Mezcla	100	8,67	126,43

La actual tabla presenta cada característica elemental en una harina vegetal, la granulometría y microorganismos se presentan de forma general, mientras que las humedades y pesos varían entre cada harina. Elaboración propia.

En la Tabla 15 es posible observar las características inherentes en una harina; la humedad es fundamental para la conservación de un producto alimenticio seco. Según la teoría citada de Bressani y Rodas (2006) y Coguanor (1985), (1986) y (1991) indican humedades de 10-15% en harina de mezcla vegetal, trigo y amaranto, al comparar los datos teóricos con los obtenidos, se alcanzó humedades aún menores a las propuestas (máximo del 10%). Con relación a la granulometría se propuso 60 mesh, es decir 250 micras, tomándose en cuenta la granulometría teórica según normas Coguanor para harina de trigo, harina de maíz nixtamalizada y según Bessanni & Rodas (2006), sin embargo, como es posible observar se obtuvo una harina 126,43 micras (121,37 mesh) lo cual resulta favorable puesto es un tamaño notablemente menor que el teórico.

**11.1.7. Elaboración de tortillas de maíz.** El proceso de elaboración de las tortillas de maíz fortificadas con harina verde se llevó a cabo según el procedimiento planteado en el marco operativo, para ello hubo pocas complicaciones que es de importancia comparar respecto a tortillas de maíz simple. Durante la etapa de mezcla entre el nixtamal y la harina verde fue necesario ocupar más tiempo de homogenización que en tortilla simple, además se agregó mayor cantidad de agua para evitar la resequedad de la masa y de esa forma facilitar su manipulación; la textura de la masa fue ideal para tortear, sin embargo, para someterla a cocción fue importante aplicar alta temperatura para que la tortilla no se pegara, además el tiempo de cocción de la tortilla fue de 4

minutos por lado, comparada a la tortilla normal que es de 3 minutos por lado. Con relación al producto final, la tortilla verde adquirió una textura poco más arenosa que la tortilla convencional, además el aroma y sus demás características organolépticas difieren en gran medida, resultando una tortilla verde de aroma herbal.

Al momento de tostar, la tortilla verde adquirió una textura crocante similar a la tortilla convencional, sin embargo, el tiempo de tueste se duplicó. Por último, la vida útil de la tortilla verde es parecida a la tortilla convencional, siendo de 5 días aproximadamente.

El primer y segundo objetivo específico, indicó la elaboración de las formulaciones de harinas las cuales se realizaron con base a los siguientes criterios:

**11.2. Formulaciones.** Se plantearon tres formulaciones de harina para incorporar en un 20% a la masa de maíz. Estas formulaciones fueron propuestas a través de la conjugación de diferentes aspectos: diversos balances de materia con el uso de los datos teóricos de las concentraciones de hierro y zinc en las materias primas a procesar, estos datos fueron relacionados, por medio de porcentajes, con las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) de hierro y zinc en niños de 1 a 6 años de edad a baja biodisponibilidad, donde se determinó el 10% de aporte teórico de ambos minerales por cada 100 g de tortilla fortificada.

Por otro lado, solamente se contempló una formulación de tortilla fortificada para que fuese posible paralelamente el aporte de los minerales estudiados por parte de las tres harinas formuladas, además de reducir tema de costos por análisis.

La siguiente fase consistió en cumplir el tercer y cuarto objetivo específico donde se cuantificaron los niveles de hierro y zinc a cada planta nativa, a las tres mezclas de harina, a la tortilla simple y a las tres tortillas fortificadas, por triplicado aplicando análisis estadísticos de ambos, además de obtener el porcentaje de aporte de cada mineral comparando con las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) dadas por el Incap en niños entre 1 a 6 años de edad; y se realizó análisis de oxalatos en la harina y tortilla con mayor riqueza nutricional.

**11.3. Análisis de hierro y zinc.** Los resultados generales de los análisis de hierro y zinc se encuentran detallados en Figura 8, 9 y 10 de Anexo 7 p. 124-126, asimismo, la tabulación de resultados de Desviación Estándar (S) y Coeficiente de Variación (CV) se encuentra en el Apéndice 5 p. 132, los cuales se describen de forma resumida a continuación:

Tabla 16

*Concentración de hierro y zinc en cada harina de plantas nativas*

Planta	Fe (mg/100g)	Zn (mg/100g)	CV de Fe (%)	CV de Zn (%)
Amaranto	3-8,50	5-5,50	57%	5%
Bledo	22-25,50	3	8%	0%
Chaya	25-27,50	6	5%	0%
Quilete	18,50-21,50	3	8%	0%

En la presente tabla es posible visualizar cada planta nativa y su respectiva concentración de hierro y de zinc por cada 100 g de producto, además, se presenta el Coeficiente de Variación (CV) en porcentaje de los resultados por triplicado. Elaboración propia.

La tabla 16 expone los niveles de hierro y zinc en las plantas nativas procesadas, la importancia de analizarlas de forma individual consistió en dar a conocer cuál de los cuatro productos aportó el mayor nivel de micronutrientes.

En primera instancia, relacionado al hierro, las semillas de amaranto presentan un rango de concentración de 3-8,50 mg/100g, cercano al 7,59 mg/100g citado por Incap (2012), asimismo, fue el de menor aporte de todas las plantas estudiadas; respecto a la concentración de hierro en bledo: 22-22,50 mg/100g, fue mayor a la citada por Cáceres (2015) 9-24 mg/100g en hierba cruda desecada. De las cuatro plantas estudiadas el bledo fue el segundo en mayor concentración de este mineral.

Respecto al 25-27,50 mg/100g de hierro en las hojas de chaya, superó los datos teóricos citados por Cáceres (2015): 7,5-18,5 mg/100g en hierba cruda desecada y fue la planta con mayor aporte de este mineral. La concentración de hierro en quilete (18,5-21,5 mg/100g) también sobrepasó los datos teóricos de Cáceres (2015) 7,5-14 mg/100g de hierba cruda desecada, el aporte del quilete se encuentra por delante del amaranto, pero por debajo del bledo y chaya, sin embargo, está sumamente cercano a los mismos.

Con relación al Coeficiente de Variación o CV de los resultados analíticos, se resume en que las semillas de amaranto poseen un CV de 0,57 o 57%; las hojas de bledo poseen un CV 0,08 u 8%; respecto a las hojas de chaya se obtuvo un CV de 0,05 o 5%; por último, el CV en los

resultados de hojas de quilete se encuentra en 0,08 u 8%. Todos los porcentajes de CV se encuentran debajo de 1, por lo tanto, fueron resultados confiables, es decir, con poca dispersión.

Por otro lado, acerca de la concentración de zinc en las cuatro plantas estudiadas; las semillas de amaranto presentaron 5-5,55 mg/100g, resultados superando datos teóricos de Incap (2012): 3,18 mg/100g. Respecto al bleo, fue de los menores contribuyentes de zinc 3 mg/100g, por debajo de los niveles citados por Cáceres (2015) 7-8 mg/100g en hierba cruda desecada. Por otra parte, las hojas de chaya presentaron un interesante nivel de zinc (6 mg/100g), superando los datos teóricos citados por Cáceres (2015) 4-4,5 mg/100g en hierba cruda desecada, además fue la planta de mayor aporte de dicho micronutriente. Por último, las hojas de quilete representaron la menor concentración de zinc en conjunto a las hojas de bleo (3 mg/100g), sin embargo, estos resultados igualaron los datos teóricos citados por Cáceres (2015) 3-4,5 mg/100g en hierba cruda desecada.

Respecto al CV de los resultados analíticos obtenidos, las semillas de amaranto presentaron un porcentaje del 5%, mientras tanto el CV en resultados de bleo, chaya y quilete fueron de 0%, todos los resultados fueron confiables al encontrarse menor al valor 1.

El motivo por el cual las harinas estudiadas presentaron datos mayores que los citados teóricamente fue cada técnica aplicada, en el caso de las semillas de amaranto se aplicó el método de expansión, aplicando alta temperatura (100-160°C) por poco tiempo (18 segundos) sugerido por Mujica, Díaz e Izquierdo (1997) de tal forma que disminuyen pérdidas de nutrientes importantes, mientras que a las plantas se aplicó baja temperatura (40°C) de forma constante sin exceder los 50°C, evitando pérdidas de sus principios activos indicado por Vázquez y colaboradores (1997), de esa logrando la máxima concentración de hierro y de zinc.

Tabla 17

*Concentración de hierro y zinc en cada mezcla de harinas*

Mezcla	Fe (mg/100g)	Zn (mg/100g)	CV de Fe (%)	CV de Zn (%)
Mezcla I	14,50-19,50	4,50-5,50	17%	6%
Mezcla II	12,50-17	4,50	15%	0%
Mezcla III	14-18,50	4,50	15%	0%

En la tabla se encuentran los resultados de hierro y zinc por cada 100 g mezcla de harina verde formulada, también es posible observar el Coeficiente de Variación (CV) en porcentaje los resultados analizados por triplicado. Elaboración propia.

En la tabla 17 se encuentran descritas las concentraciones de hierro y zinc de cada mezcla de harina formulada, a simple vista es posible determinar que la Mezcla I es la de mayor concentración de hierro y zinc (14,50-19,50 mg/100g), seguida por la Mezcla III (14-18,50 mg/100g), además, cabe destacar que la Mezcla II (12,50-17 mg/100g) y III son notablemente parecidas, asimismo, no fue necesario aplicar algún tipo de análisis estadístico para determinar la diferencia entre las tres formulaciones, pues es clara la diferencia respecto a la harina sobresaliente (Mezcla I).

Como un dato comparativo, la norma Coguanor NGO 34 214 titulada: “Mezclas de harinas vegetales, de alto valor nutritivo”, indica una concentración de hierro de 11mg/100g de producto (Coguanor, 1985), cifra superada por las tres formulaciones evaluadas, lo cual es importante de resaltar debido a la importancia de este micronutriente en la alimentación, por otro lado, en dicha norma no existe una especificación en concentración de zinc de harina vegetal, tampoco hay especificación en normas Coguanor acerca de harina de trigo enriquecida o harina de maíz.

Relacionado con el CV de los resultados obtenidos, es posible observar que Mezcla I presenta un porcentaje de 17% o 0,17 respecto a hierro, y 6% es decir 0,06 respecto a zinc; relacionado a Mezcla II y III poseen el mismo CV de 15% o 0,15 en de hierro y 0 en resultados de zinc. Todos los resultados se encuentran debajo de 1, por lo tanto, hay confiabilidad y poca dispersión entre cada repetición obtenida.

Tabla 18

*Concentración de hierro y zinc en cada tortilla*

Tortilla	Fe (mg/100g)	Zn (mg/100g)	CV de Fe (%)	CV de Zn (%)
Tortilla simple	7,50-8	2-2,50	4%	12%
Tortilla I	12-13	3,50	5%	0%
Tortilla II	12,50-20	3-3,50	27%	9%
Tortilla III	7-10	3-3,50	20%	9%

En la actual tabla se presentan concentraciones de hierro y zinc tanto en la tortilla simple como en las tortillas fortificadas con el 20% de cada mezcla de harina verde, asimismo se presenta el Coeficiente de Variación (CV) en porcentaje de cada resultado en triplicado. Elaboración propia.

La tabla 18 es clave para dilucidar qué formulación de harina fue más efectiva al momento de fortificar las tortillas de maíz, en una relación del 80% masa de nixtamal por 20% de harina verde, con ello fue posible realizar comparaciones entre cada tortilla (incluyendo tortilla simple) respecto

a sus concentraciones de hierro y zinc, donde se obtuvo mayor solidez entre las diferencias de cada formulación, aplicando el método estadístico de análisis de varianza y posteriormente se realizó un análisis de diferencias medias por prueba de Tukey, además también se evaluó la confiabilidad de los resultados obtenidos por lo que se calculó el CV de los mismos, he ahí la importancia de los análisis por triplicado. Por otro lado, fue necesario realizar comparaciones de cada resultado analítico respecto a las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) en niños de 1 a 6 años para hierro y zinc (tomando como base a niños con biodisponibilidad baja), con el fin de obtener el porcentaje máximo de aporte de estos minerales estudiados por parte de cada tortilla fortificada, y de esta forma comprobar si las tortillas cubren el 10% de las RDD.

Principiando con los resultados analíticos de hierro, es posible observar que los niveles de este mineral en la tortilla de maíz simple aumentó hasta un máximo de 5,5 mg/100 g al ser fortificada; otro punto destacable es que la concentración de hierro en la tortilla de maíz simple supera la cifra teórica citada por Serna-Saldivar (2016), esto no dispone una razón aparente más que la calidad nutricional del grano de maíz utilizado y el buen manejo de las condiciones de nixtamalización, molienda y elaboración de las tortillas de maíz.

A simple inspección se observa que las Tortillas I y II fueron las que obtuvieron mayor concentración de hierro 12-13 mg/100g y 12,50-20 mg/100g respectivamente, siendo mejor la Tortilla II; mientras tanto, la Tortilla III 7-10 mg/100g presentó una cifra muy por debajo del resto de tortillas equiparándose a la Tortilla simple, tomando en cuenta que la formulación de harina utilizada fue la Mezcla III que como se describió anteriormente fue destacable tanto en concentración de hierro como de zinc; a pesar que el proceso de elaboración de tortillas fue estándar y en las mismas condiciones, lo que pudo generar tan baja concentración de hierro en la Tortilla III fue una sobre cocción en tiempo y temperatura, afectando así las características nutritivas de la misma, tal como afirma FAO (1993), el agua, calor y cal utilizada a lo largo del proceso influye en la composición química del maíz, lo cual se traslada a la tortilla final.

Acerca del CV de los resultados analíticos por triplicado de cada tortilla, como se observa en la Tabla 20 todos los porcentajes indican valores menores a 1, por lo tanto, los análisis son confiables, es decir, poca dispersión entre datos.

Respecto al porcentaje de hierro y zinc en las tortillas fortificadas: la Tortilla I contiene 0,013% de hierro y 0,004% de zinc; la Tortilla II contiene 0,015% de hierro y 0,033% de zinc; Tortilla III contiene 0,008% de hierro y 0,033% de zinc; se observan datos mínimos, sin embargo, son

porcentajes suficientes para contribuir con el aporte de estos minerales a personas de diversas edades, en especial niños en etapa de crecimiento.

Con relación a la contribución de las tortillas fortificadas a las RDD para niños con baja biodisponibilidad de hierro en edades de 1 a 6 años propuestas por el Incap y citadas por Mazariegos et al. (2016), la Tortilla I cubre poco más del 20% (22,12%) de las RDD sobrepasando el 10% de aporte contemplado en este proyecto; por su parte, la Tortilla II cubre hasta el 33,89% de las RDD también sobrepasando el 10% planteado; por último la Tortilla III no llega siquiera al 10% de aporte, contribuyendo apenas con el 1,46% de las RDD.

Un dato representativo, es que las concentraciones de hierro de Tortillas I y II superan el Nivel de fortificación de la harina de maíz nixtamalizado, fortificada con micronutrientes, proporcionados por MSPAS (2015), el cual es de 1,7 mg/100g, mientras que la concentración máxima alcanzada por dichas tortillas es de 5,5 mg/100 g, por lo tanto, es posible indicar que la fortificación de tortillas de maíz con una harina de plantas nativas en una relación de 80% : 20% podría equiparar en incluso mejorar las cualidades nutricionales de la misma y a su vez podría incorporarse a la harina de maíz nixtamalizada como tal.

Como se observa en la Tabla 20, es de importancia destacar que la concentración de zinc de la tortilla simple equipara el dato citado por Serna-Saldivar (2016), que es 2,5 mg/100g.

Respecto a la concentración de zinc en las tortillas fortificadas, fue incrementada en un máximo de 1,17 mg/100g de tortilla. La concentración de zinc de cada tortilla fortificada, presentó datos similares entre sí, sin embargo, la más destacada fue Tortilla I: 3,50 mg/100g con una pequeña diferencia de 0,5 mg/100 g respecto a las demás, mientras que la Tortilla II y III resultaron idénticas con concentraciones de 3-3,50 mg/100g.

En cuanto al CV de los resultados analíticos obtenidos en cada repetición es posible afirmar la confiabilidad de los mismos debido a que todos los datos obtenidos fueron menores de 1, indicando poca dispersión entre datos.

Respecto al nivel de contribución de las tortillas a las RDD de zinc en niños de 1 a 6 años con baja biodisponibilidad, propuestas por Incap y citadas por Mazariegos et al. (2016), la Tortilla I contribuye hasta el 20% de las RDD duplicando el 10% planteado en este proyecto; por su parte, tanto la Tortilla II como la Tortilla III cubren el 17% de las RDD superando de esa forma el 10 % planteado.

Es preciso señalar que las tres tortillas fortificadas cubren un importante porcentaje del Nivel de fortificación de la harina de maíz nixtamalizado, fortificada con micronutrientes, proporcionados por MSPAS (2015), el cual es de 1,5 mg/100g comparado con la cifra más alta alcanzada (en Tortilla I), se llega a cubrir hasta el 78% del mismo, con ello es posible afirmar que con el uso de harina de plantas nativas se cubre un alto porcentaje de los niveles de fortificación decretados e incluso podría llegar igualarse aumentando el porcentaje de harina a la masa para tortillas de maíz.

Respecto al porcentaje de hierro y zinc en las tortillas fortificadas: la Tortilla I contiene 0,013% de hierro y 0,004% de zinc; la Tortilla II contiene 0,015% de hierro y 0,033% de zinc; Tortilla III contiene 0,008% de hierro y 0,033% de zinc; se observan datos mínimos, sin embargo, son porcentajes suficientes para contribuir con el aporte de estos minerales a personas de diversas edades, en especial niños en etapa de crecimiento.

Finalmente, para establecer qué formulación de tortilla fortificada es la mejor respecto a sus concentraciones de hierro y zinc fue necesario aplicar un análisis de varianza, el cual se presenta en Apéndice 8 p. 135. Según el análisis de varianza de hierro, la F calculada fue menor que F Tabulada, por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa entre cada tortilla fortificada, no obstante, se buscó obtener cuál de las tres tortillas destaca por lo que se realizó un Análisis de Diferencias Medias (DHS) por prueba de Tukey que puede observarse en Apéndice 9 p. 135, donde se puntualiza que tanto la Tortilla I como la II son superadas por el DHS lo cual indica que no hay diferencia entre muestras, sin embargo la Tortilla II destaca ligeramente frente a Tortilla I. Correspondiente al análisis de varianza de zinc, la F calculada fue menor que F Tabulada, por lo tanto, tampoco existe diferencia estadística significativa entre cada tortilla fortificada, en este caso también se buscó obtener cuál de las tres tortillas sobresalió por lo que se realizó un Análisis de Diferencias Medias (DHS) por prueba de Tukey (véase Apéndice 11, p. 136), donde es posible observar que el DHS es más alto que las medias evaluadas, sin embargo, la formulación que ligeramente sobresale es la Tortilla I.

Ambas tortillas (Tortilla I y II) podrían utilizarse indistintamente, sin embargo, por el tema de costos es de preferencia la formulación de Harina y Tortilla II, obteniendo ambos atributos: nutricionales y económicos.

#### 11.4. Análisis de oxalatos.

Se cuantificó por duplicado los niveles de oxalatos, donde se definió analizar oxalatos solamente a la harina y tortilla que poseyera mejor calidad nutricional, mejores características organolépticas según el panel piloto y un menor costo productivo, y se analizó finalmente la formulación de Harina II y Tortilla II. El método de cuantificación de oxalatos se encuentra descrita en Figura 11 de Anexo 8 p. 127, adjunto a los resultados analíticos y una tabla comparativa de oxalatos con otros productos alimenticios.

Tabla 19

*Cuantificación de oxalatos*

Producto	Promedio de oxalato (mg/100g)
Harina II	29,9
Tortilla Simple	18,7
Tortilla II	14,9

En la actual tabla es presentado el contenido promediado de oxalatos por cada 100 g de: harina ganadora, tortilla simple y tortilla fortificada ganadora. Elaboración propia.

En función a los resultados presentados en Tabla 19, es posible visualizar que la harina de plantas nativas y la tortilla simple fueron las que obtuvieron mayores concentraciones de oxalatos, al contrario de la tortilla fortificada, esta última presentó menores niveles de oxalato debido al tiempo de cocción de la misma (un minuto más) ya que este antinutriente es termolábil, tal como indica Urrutia (2005). No obstante, es de importancia tomar a consideración que los valores en la harina de plantas nativas se encuentran contemplados por cada 100 g de producto total, por lo tanto, la harina al adicionarse en un 20% representaría 5,98 mg de oxalato, con tal dato podría afirmarse un nivel significativamente bajo comparado con la base teórica que indica: un nivel alto de oxalatos corresponde más de 10 mg por ración de consumo, además, más de 100 mg de oxalato por día se considera un elevado aporte del mismo (Bacallao, Mañalich, Caldevilla, & Badell, 2015), por lo tanto, aun consumiendo 100 g de harina no se llegaría a los niveles máximos por día establecidos por la teoría, lo que indica un buen procesamiento de cada planta formulada en la harina. Respecto a la tortilla simple y a la tortilla fortificada, se expresa la misma afirmación,

siendo la tortilla fortificada con plantas nativas, un producto bajo en el antinutricional más representativo en la alimentación de la población guatemalteca.

Cabe destacar, que las concentraciones teóricas de oxalatos en las plantas utilizadas son: amaranto (nivel ínfimo), bleado 36,21 mg/g, chaya 13,79 mg/g, quilete 44,74 a 67,93 mg/g, según Cáceres (2015), datos significativamente mayores a los obtenidos en la harina de estas mezclas, reafirmando un buen procesamiento (secado continuo a 40°C/12 h) de cada materia prima.

Como dato representativo, se comparó la concentración de oxalatos de la harina y tortilla fortificada respecto a la tabla comparativa presentada en Anexo 8 de p. 127, donde tanto la harina como la tortilla fortificada se encuentran en menor nivel a alimentos ricos en oxalatos tales como: café en polvo (53 mg/100g), perejil (100mg/100 g), frutos secos (187mg/100g), pimienta (419mg/100g), entre otros.

El último peldaño del proyecto conformó un lugar crucial para caracterizar las tortillas de maíz fortificadas con harina de plantas nativas y consistió en evaluar sus características organolépticas. Dicha etapa se dividió en dos partes, la primera se basó en realizar un estudio piloto con panelistas de conocimientos básicos en evaluación sensorial, con el objetivo de seleccionar qué tortilla fortificada es la más aceptada; la segunda parte consistió en realizar un estudio con niños de 3 a 6 años para evaluar la tortilla más aceptada.

**11.5. Estudio piloto.** Para realizar este estudio se programó el uso de las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Sensorial dentro de la planta piloto de Cunsuroc. Se presentó una muestra codificada por cada tortilla formulada a 15 panelistas, siguiendo las indicaciones metodológicas propuestas, a 30°C, conservando dicha temperatura a través de empaque hermético y con la ayuda de una estufa eléctrica, además se utilizó manzana verde y agua para aclarar el paladar. La evaluación se basó en una prueba de respuesta subjetiva llamada prueba hedónica de 7 puntos, evaluando los atributos de color, olor, sabor y textura, por lo tanto, cada panelista llenó la boleta descrita en Apéndice 3 p. 130. Seguidamente, se tabuló cada cifra obtenida para aplicar el análisis estadístico de varianza (ANOVA), el cual indicó la existencia de diferencias significativas de cada atributo entre las diferentes formulaciones evaluadas:

Nota: la tabulación de datos por atributo y análisis de varianza se encuentra en Apéndices 12, 14, 16 y 18, en p. 137-140.

Tabla 20

*Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Color*

Fuente de variación	F calculada	F tabulada
Total (T)		
Mezcla (M)	0.41	3.34
Panelista (P)	2.68	2.07
Error (E)		

En la actual tabla es posible observar F calculada y F tabulada correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 65). Elaboración propia.

Según el análisis de varianza, es necesario el manejo de dos hipótesis: nula y alterna, en ello incide la importancia del cálculo de F calculada, la cual es el resultado final de todas las fórmulas aplicadas a partir de los datos tabulados correspondientes a la respuesta de cada panelista. En esta ocasión se está evaluando diferencias estadísticas significativas entre formulaciones, por lo tanto, la fila de importancia es Mezcla (M) (Tabla 20); como consecuencia, en esa sección es posible afirmar que la F calculada es  $<$  que F tabulada y de esta forma se acepta la hipótesis nula, lo cual significa que no existe diferencia estadística significativa entre las tres formulaciones de tortilla fortificada en el atributo de color.

Tabla 21

*Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Olor*

Fuente de variación	F calculada	F tabulada
Total (T)		
Mezcla (M)	0.48	3.34
Panelista (P)	1.25	2.07
Error (E)		

En la actual tabla es posible observar F calculada y F tabulada correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 65). Elaboración propia.

En la Tabla 21 se tomaron los datos de la fila Mezcla (M), donde se afirma que la F calculada es  $<$  que F tabulada, de esta forma se acepta la hipótesis nula, lo cual significa que no existe diferencia estadística significativa entre las tres formulaciones de tortilla fortificada.

Tabla 22  
*Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Sabor*

Fuente de variación	F calculada	F tabulada
Total (T)		
Mezcla (M)	1.33	3.34
Panelista (P)	2.34	2.07
Error (E)		

En la actual tabla es posible observar F calculada y F tabulada correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 65). Elaboración propia.

Tal como se observa en la fila Mezcla (M) de la Tabla 23, y al analizar la columna de F calculada y tabulada, es posible afirmar que la F calculada es  $<$  que F tabulada, de tal forma que se acepta la hipótesis nula, lo cual significa que no existe diferencia estadística significativa entre las tres formulaciones de tortilla fortificada en el atributo de sabor.

Tabla 23  
*Resumen de análisis de varianza (ANOVA) de Textura*

Fuente de variación	F calculada	F tabulada
Total (T)		
Mezcla (M)	0.21	3.34
Panelista (P)	4.09	2.07
Error (E)		

En la actual tabla es posible observar F calculada y F tabulada correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 65). Elaboración propia.

Respecto a la sección Mezcla (M) de la presente tabla, es posible observar las columnas F calculada y tabulada donde se confirma que la F calculada es  $<$  que F tabulada, de tal forma que se acepta la hipótesis nula, lo cual significa que no existe diferencia estadística significativa entre las tres formulaciones de tortilla fortificada en el atributo de textura.

A pesar de la casi nula diferencia estadística, fue de importancia determinar cuál formulación destacó en cada atributo, por lo tanto, se realizaron gráficos de barra provistos de los porcentajes promediados de los resultados obtenidos de los panelistas.

Figura 2

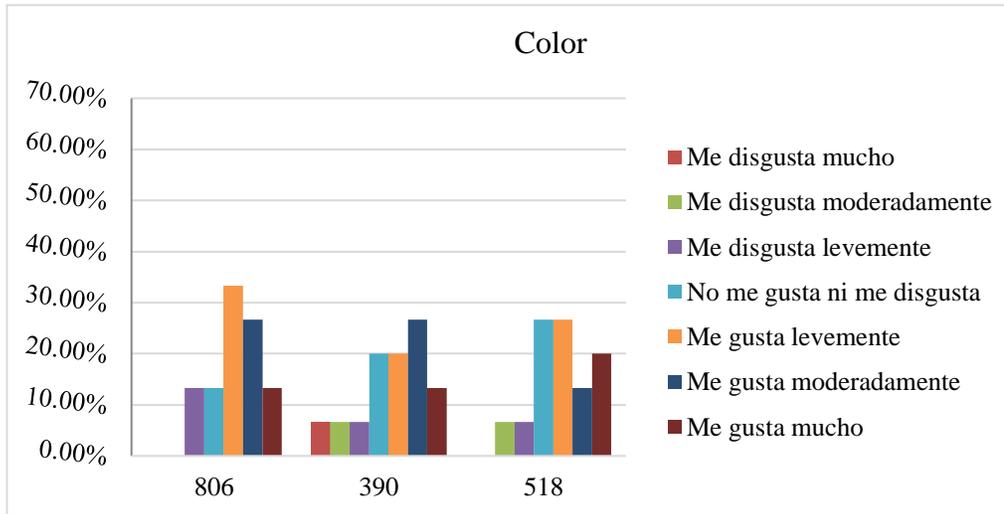


Figura 2. Gráfico de barras de atributo color. Se presentan los 7 puntos de la escala hedónica para cualificar el atributo de color en las tres formulaciones de tortillas fortificadas. Elaboración propia.

Tal como se observa en la Figura 2, la muestra 518 fue la que más gustó obteniendo el mayor porcentaje de “me gusta mucho”, seguida por la muestra 806 y 390; seguidamente las muestras 806 y 390 recibieron un mayor porcentaje de “me gusta moderadamente”; por último, en el calificativo de “me gusta levemente” destacó en muestra 806, seguida de la 518. En conclusión, la mejor calificación dentro del atributo de color fue dada para la muestra 518, seguida de la muestra 806.

Figura 3

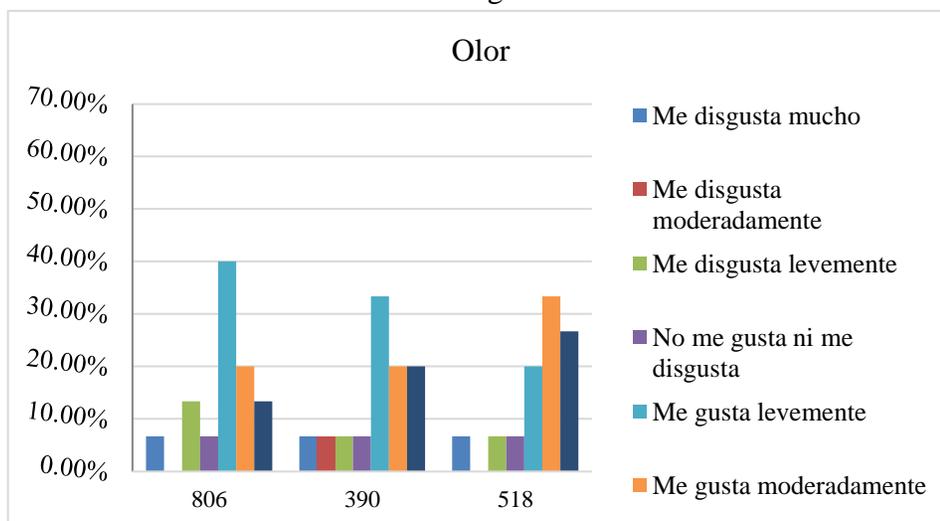


Figura 3. Gráfico de barras de atributo olor. Se presentan los 7 puntos de la escala hedónica para cualificar el atributo de olor en las tres formulaciones de tortillas fortificadas. Elaboración propia.

En el gráfico presentado de la Figura 3 es posible observar que la muestra predominante en la categoría de “me gusta mucho” fue la 518, seguido por la muestra 390; mientras tanto en la categoría de “me gusta moderadamente” siguió predominando la muestra 518, seguida por las muestras 806 y 390 con el mismo valor; por último, en la categoría de “me gusta moderadamente”, la muestra 806 recibió una mayor ponderación, seguida por la muestra 390. En conclusión, la muestra que recibió mejor respuesta respecto al atributo de olor fue la 518, seguida por las muestras 806 y 390.

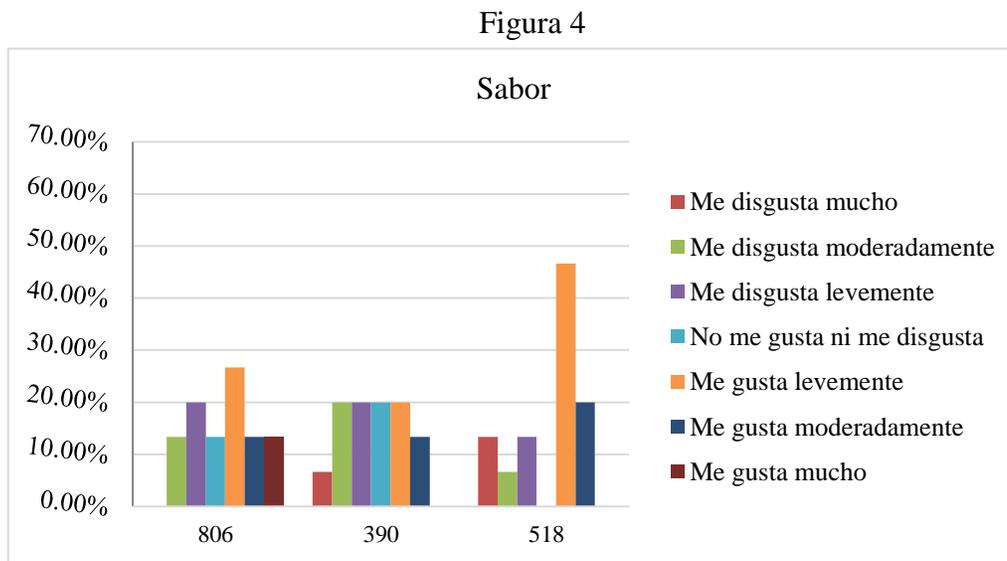


Figura 4. Gráfico de barras de atributo sabor. Se presentan los 7 puntos de la escala hedónica para cualificar el atributo de sabor en las tres formulaciones de tortillas fortificadas. Elaboración propia.

Por medio del presente gráfico es posible afirmar que la muestra predominante respecto a la categoría de “me gusta mucho” fue la 806, mientras que las muestras 390 y 518 no presentaron valor alguno; respecto a “me gusta moderadamente” la muestra 518 fue la mejor calificada seguida por las muestras 806 y 390 con el mismo valor; además, en la categoría de “me gusta moderadamente”, la muestra con mayor porcentaje fue la 518, seguida de la muestra 806.

En conclusión, la muestra con mejor aceptación fue la 806 tomando en cuenta que obtuvo el mejor porcentaje de “me gusta mucho”.

Figura 5

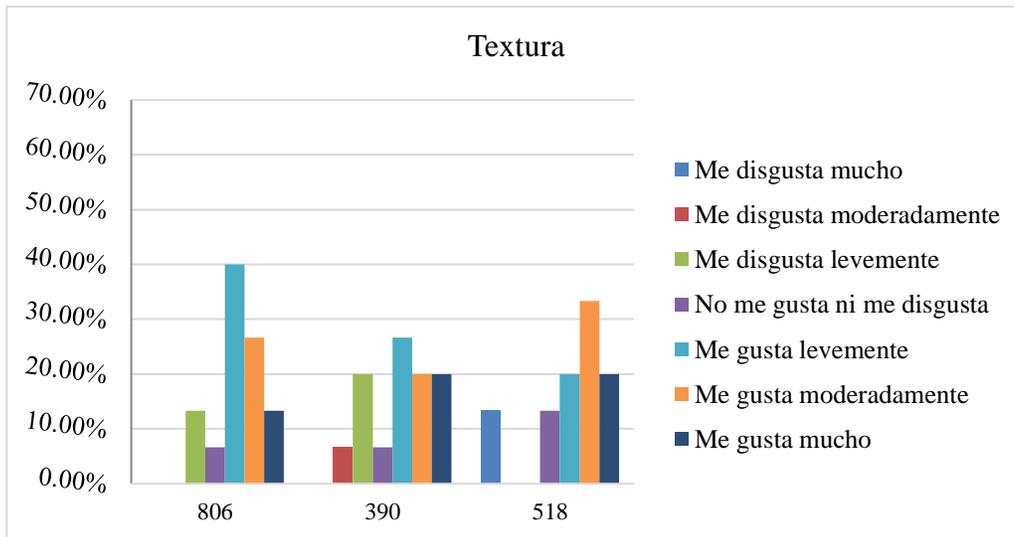


Figura 5. Gráfico de barras de atributo textura. Se presentan los 7 puntos de la escala hedónica para cualificar el atributo de textura en las tres formulaciones de tortillas fortificadas. Elaboración propia.

En el gráfico de la Figura 5 es posible observar qué muestras sobresalieron en atributo de textura; las muestras 390 y 518 obtuvieron la mejor respuesta en la categoría “me gusta mucho”; mientras tanto en la categoría “me gusta moderadamente” fue la muestra 518 la que mayor valor obtuvo; en la categoría “me gusta levemente” la muestra 806 obtuvo el mayor porcentaje. En conclusión, la muestra de mayor aceptación fue 518, seguida de las muestras 806 y 390.

Figura 6

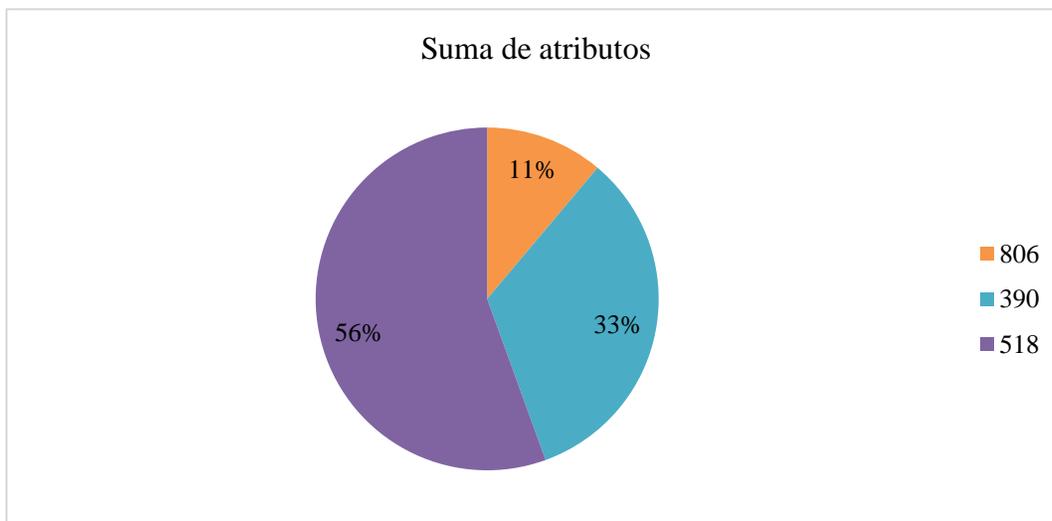


Figura 6. Gráfico circular de suma de atributos. Se presentan los 7 puntos de la escala hedónica que cualifica todos los atributos promediados de las tres formulaciones de tortillas fortificadas. Elaboración propia.

La Figura 6 muestra el gráfico general de los cuatro atributos evaluados promediados por los panelistas, donde sobresale la muestra 518 y en segundo lugar se encuentra la muestra 390.

En términos generales, el estudio piloto fue realizado con el objeto de seleccionar una de las formulaciones de tortilla fortificada, no obstante, hubo dificultad para su elección, es por ello que se conjugaron diferentes criterios como el valor nutricional de las tortillas y visualizar cuales fueron las tortillas sobresalientes organolépticamente. Las muestras 390 y 518 fueron sobresalientes en características organolépticas siendo ínfimamente mejor esta última muestra, sin embargo, la muestra 390 destaca en sobremanera sobre la muestra 518 en concentración de hierro, ya que esta última no llega siquiera al 10% de los RDD en niños de 1 a 6 años, por lo tanto, debido a la importancia de los micronutrientes en este proyecto, se seleccionó la muestra 390, es decir la Formulación II para ser evaluada por niños en edades de 3 a 6 años en el panel de consumidores.

**11.6. Estudio de consumidores.** Este estudio consistió en evaluar los atributos de color, olor y sabor a la muestra ganadora de tortilla fortificada (390), para ello se aplicó una prueba de aceptabilidad a través de la escala hedónica facial debido al grupo de consumidores evaluados, el cual se trató de niños de 3 a 6 años de edad. Dicho estudio se realizó el 29 de mayo del año 2018 a partir de las 08:00 horas en las instalaciones de Escuela de Párvulos No. 1, Mazatenango, Suchitepéquez.

Como punto de inicio se determinó el número de muestra del grupo a evaluar, fijando un 90% de nivel de confianza:

$$n = \frac{Z^2 c.p.q}{e^2} \quad n = \frac{1,65 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,1^2} = 41,25$$

Donde:

n: es el tamaño de la muestra

Z<sup>2</sup>c: es Zeta crítico (90% de confiabilidad)

p: proporción de elementos que presentan una determinada característica a ser investigada; generalmente este dato es desconocido por lo que se supone un valor de 50.

q: es la proporción que no presenta las características a ser investigadas, o bien, q-p.

e<sup>2</sup>: error máximo permisible (10%).

Como se observa en la fórmula, se obtuvo un número de muestra de 41,25 que se traduce a 42 personas, sin embargo, al momento realizar la evaluación se excedió el número hasta a 72 niños, por lo tanto, el nivel de confianza final manejado fue del 92% aproximadamente.

Los resultados obtenidos fueron promisorios al conjugar lo nutricional y organoléptico en el producto alimenticio formulado.

Figura 7

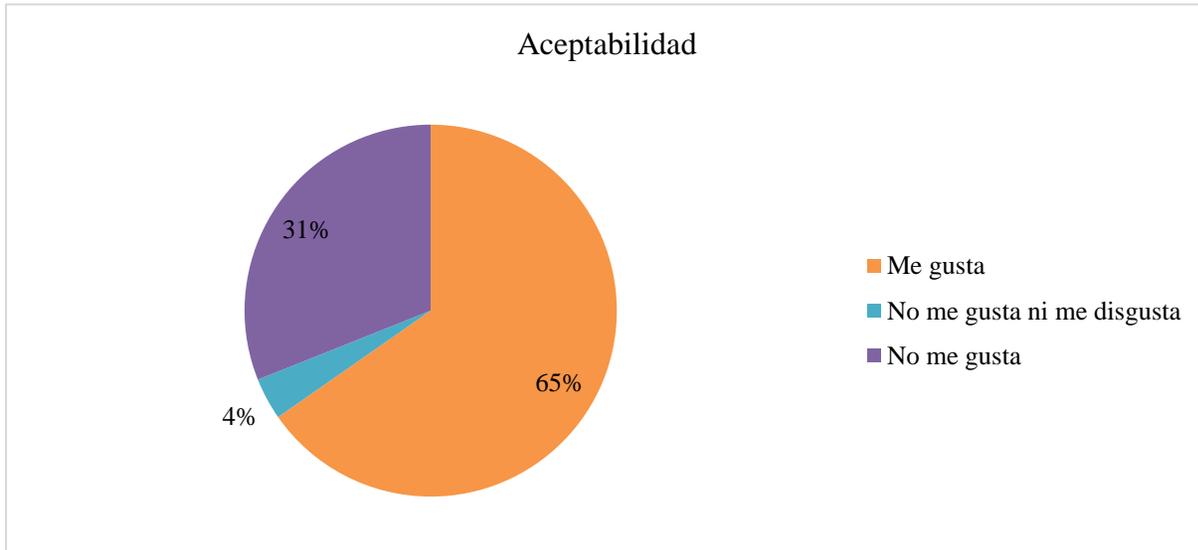


Figura 7. Gráfico circular de aceptabilidad. Se presentan los 3 puntos de la escala hedónica donde se muestra un dato general y cada atributo en porcentajes de la Formulación II de tortilla fortificada. Elaboración propia.

El gráfico circular presentado en Figura 7 muestra varios aspectos acerca de la evaluación organoléptica realizada por los niños, donde se expresa la aceptabilidad general de todos los atributos, color, olor y sabor. El atributo que alcanzó una mayor aceptación fue color, seguido del sabor de la tortilla, además es importante enfatizar que fueron mayores los “me gusta” en todos los atributos que los “no me gusta”, lo cual resulta ser positivo para la evaluación organoléptica de la tortilla, respecto a la indiferencia por parte de los consumidores resultó en un bajo porcentaje, siendo en olor el mayor nivel de “no me gusta ni me disgusta”. Al enlazar y promediar los porcentajes de los tres atributos se obtuvo la aceptabilidad general de la tortilla fortificada, donde se confirma un resultado satisfactorio al obtener mayoría de respuestas positivas siendo en un 65,30%, frente a un 31,05% de no me gusta, por lo tanto, podría afirmarse que la tortilla de maíz fortificada con harina a partir de plantas nativas es agradable en sus cualidades organolépticas para el grupo meta evaluado, es decir, para los niños en edad escolar.

## 12. CONCLUSIONES

**12.1.** Se acepta la hipótesis planteada debido a que 100 g o dos tortillas por día de dos formulaciones de tortillas fortificadas con harina de plantas nativas (formulaciones I y II), superaron el 10% de las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) de hierro en niños de 1 a 6 años de edad, y 100 g por día de las tres formulaciones de tortillas fortificadas superaron el 10% de las RDD de zinc en niños de 1 a 6 años de edad.

**12.2.** Se desarrolló una harina elaborada a partir de semillas de amaranto (*Amaranthus cruentus*), hojas de bledo (*Amaranthus hybridus*), de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) y de quilete (*Lycianthes Synanthera*), para la sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada, procesando por individual cada materia prima; para cumplir con parámetros propios de secado alimentario y de elaboración de harinas vegetales: humedad y granulometría, alcanzando mejores valores que los planteados.

**12.3.** Se elaboraron tres formulaciones de harina partir de las mezclas de plantas nativas, con los criterios de: la composición de hierro y zinc de cada materia prima, a través de un balance de materias se formuló para obtener un 10% de aporte calculado por cada 100 g por día de tortilla fortificada con la harina.

**12.4.** El criterio para elaborar tortillas de maíz con el 20% de harina, fue la comparación paralela del aporte de minerales en las tres harinas formuladas. Por otro lado, la incorporación de la harina verde a la masa de maíz durante su producción no presentó mayor complicación que pocos minutos más para homogenización y cocción de masa y tortilla, además de la incorporación de mayor cantidad de agua para evitar resequedad en el producto final.

**12.5.** Entre las 4 harinas individuales sobresalió la harina de chaya, obteniendo mayor concentración en hierro y zinc; entre las tres formulaciones de harina, la Mezcla I fue sobresaliente en ambos micronutrientes; por último, entre las tres tortillas formuladas predominaron organolépticamente las Tortillas I y II, es decir, las tortillas con las Mezclas I y II.

**12.6.** Las Tortillas I y II superan los Niveles de Fortificación de Harina de Maíz Nixtamalizado, fortificado con micronutrientes, respecto a hierro, y la Tortilla I llega a cubrir hasta el 78% de dichos niveles, respecto a zinc.

**12.7.** Se evaluaron las características organolépticas (color, olor, sabor y textura), realizando un panel piloto de consumidores a niños en etapa escolar, de 3 a 6 años de edad donde se seleccionó Tortilla II por contar con mayor riqueza nutricional y aceptación organoléptica. Se encontró mayor aceptación en atributo de color y sabor, además, en términos generales, se obtuvo mayor aceptación que rechazo, por lo tanto, la tortilla fortificada con plantas nativas podría ser ampliamente aceptada por un porcentaje mayorista del grupo de interés.

**12.8.** Una vez seleccionada la harina II y tortilla II que presentó los mejores resultados organolépticos y de hierro y zinc, se cuantificaron los niveles de oxalatos, donde se concluye el bajo nivel de la Tortilla II debido a un mayor tiempo de cocción de la misma, afirmando el adecuado procesamiento de cada planta estudiada. Al ser el antinutricional predominante en la alimentación del guatemalteco, se considera que la tortilla fortificada con plantas nativas es apta para consumo en personas de todas las edades.

### 13. RECOMENDACIONES

- 13.1. Ampliar estudios nutricionales completos, es decir, análisis proximales, vitamínicos y minerales, en las tres harinas y tortillas formuladas de amaranto, bledo, chaya y quilete.
- 13.2. Estudiar los componentes bioactivos atractivos en las mezclas de harina y tortilla formulada a partir de las plantas nativas estudiadas y de esa forma ampliar las cualidades no solo nutricionales sino terapéuticas de dichas plantas, pudiendo nombrar dichos productos como nutracéuticos.
- 13.3. Realizar análisis más extensos acerca de todos los factores antinutricionales presentes en la harina y tortilla formulada, asimismo, estudiar la biodisponibilidad de los micronutrientes estudiados dentro de dichos productos, de esa forma se confirmarían todos los beneficios afirmados las plantas estudiadas.
- 13.4. Formular diversas mezclas de harina en 5%, 10%, 15% hasta un 20% versus masa de maíz nixtamalizado en la elaboración de las tortillas fortificadas, para evaluar principalmente la aceptabilidad organoléptica con el consumidor, además su calidad nutricional y la facilidad de su manipuleo y cocción.
- 13.5. Utilizar deshidratador solar tipo industrial con la finalidad que al secar cada planta se minimicen los costos de producción por el uso continuo de energía eléctrica y gas, además de disminuir la emisión de gases contaminantes al medio ambiente.
- 13.6. Ampliar los usos de la harina de plantas nativas formulada con el fin de comprobar su multifuncionalidad, realizando diversos subproductos alimenticios atractivos para la población guatemalteca y organizaciones en general, tales como *snacks* o galletas.
- 13.7. Socializar acerca de los beneficios que aportan el consumo habitual de estas plantas y productos alimenticios formulados a raíz de ellas, además dar a conocer la importancia cultural y ancestral que poseen estas plantas, de tal modo que se revaloricen y se promueva su cultivo en diferentes áreas del país.

#### 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akubugko, I. E., Obasi, N. A., Chinyere, G. C., & Ugbogu, A. E. (2007). Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 6(24), 2833-2839.
- Almada, M., Cáceres, M., Machalín-Singer, M., & Pulfer, J. (2005). *Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Asunción: Comunicación Visual.
- Azurdia, C. (2016). *Plantas Mesoamericanas Subutilizadas en la Alimentación Humana. El caso de Guatemala: una revisión del pasado hacia una solución actual*. Guatemala: Dirección General de Investigación.
- Bacallao, R., Mañalich, R., Caldevilla, Y. & Badell, A. (2015). Contenido de oxalato en los preparados de plantas medicinales utilizadas en el tratamiento de las urolitiasis. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 25(2), 405-410.
- Bermudez, O., Hernandez, L., Mazariegos, M., & Solomons, N. (2008). Secular trends in food patterns of Guatemalan. *Food and Nutrition Bulletin*, 29(4), 279-287.
- Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P., de Onis, M., . . . Maternal and Child Nutrition Study Group. (2013). Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, 382(9890), 427-451. doi:10.1016/S0140-6736(13)60937-X.
- Booth, S., Bressani, R., & Johns, T. (2004). Nutrient content of selected indigenous leafy vegetables consumed by Kekchi people of Alta Verapaz, Guatemala. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 25-34. doi:10.1016/0889-1575(92)90005-5.
- Bressani, R., de Ruiz, A., de Palomo, P., & Gudiel, E. (2005). Estabilidad en almacenamiento y procesamiento de vitamina C y biodisponibilidad del hierro suplementario a la harina nixtamalizada de maíz. *Revista de Universidad del Valle de Guatemala*(14), 16-31.
- Bressani, R. (1994). El amaranto y su potencial en la industria alimentaria. *Revista Alimentos Hoy*, 7(7), 15-19.
- Bressani, R. (1995). La nixtamalización del maíz. En Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), *Agroindustria rural: Recursos Técnicos y Alimentación* (pp. 64-82). San José, Costa Rica: IICA.
- Bressani, R., & Rodas, B. (2006). *Estudios sobre la industrialización del grano de amaranto, caracterización química y nutricional de productos intermedios y finales del procesamiento*. Proyecto FODECYT No. 23-2002. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

- Bressani, R., Turcios, J., Palacios, P., Colmenares, A., Alimentos, C. d., Alimentos, D. d., & (UVG), U. d. (1999). *Efecto del nivel de cal, tiempo de cocción y condiciones de reposo del nixtamal sobre el contenido de ácido fítico, calcio, hierro y cinc en maíz nixtamalizado*. Guatemala: UVG.
- Brush, C. (2006). *Estudio del procesamiento para la elaboración de un te a partir de Cnidoscolus Aconitifolius (chaya) (Tesis de Ingeniería Química)*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/609/1/971.pdf>.
- Cáceres, A. (2015). *Determinación y evaluación del contenido y disponibilidad de oligoelementos en hojas de vegetales nativos de uso nutricional en la alimentación del guatemalteco y presencia de agentes antioxidantes y antinutricionales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
- Cáceres, A. (2016). *Caracterización integral de tres especies de importancia nutricional para aprovechamiento familiar y agroindustrial (Informe Final de Química Farmacéutica)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
- Carpio, J. (2009). *Estudio de factibilidad técnica para la producción de harina de amaranto (Amaranthus spp.) (Tesis de Ingeniería Química)*. Universidad de El Salvador, San Salvador. Recuperado de: [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2006/1/Estudio\\_de\\_factibilidad\\_tecnica\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_harina\\_de\\_amaranto\\_\(Amaranthus\\_spp.\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2006/1/Estudio_de_factibilidad_tecnica_para_la_produccion_de_harina_de_amaranto_(Amaranthus_spp.).pdf).
- Cifuentes, R., Pöhl, E., Bressani, R., & Yurrita, S. (2010). *Caracterización botánica, molecular, agronómica y química de los cultivares de chaya (Cnidoscolus aconitifolius) de Guatemala*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala (UVG).
- Cifuentes, R., & Porres, V. (2014). *La chaya, una planta muy nutritiva. Proyecto UVG-USDA-FFPr10*. Guatemala: Centro de Estudios Agrícolas (CEAA) y Universidad del Valle de Guatemala (UVG).
- Codex Alimentarius, Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). *Documento de debate sobre los glucósidos cianogénicos*. Recuperado de: [ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/cccf/cccf7/cf07\\_10s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/cccf/cccf7/cf07_10s.pdf).
- Comisión del Codex Alimentarius. (2013). *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias*. Recuperado de [ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/ccnfsdu/ccnfsdu35/nf35\\_10s.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Meetings/ccnfsdu/ccnfsdu35/nf35_10s.pdf).
- Comisión Guatemalteca de Normas [Coguanor]. (1985). *Harinas de origen vegetal: Mezclas de harinas vegetales, de alto valor nutritivo*. Guatemala: Ministerio de Economía.

- Comisión Guatemalteca de Normas [Coguanor]. (1986). *Harinas de origen vegetal. Harina de maíz para la elaboración de tortillas*. Guatemala: Ministerio de Economía.
- Comisión Guatemalteca de Normas [Coguanor]. (1991). *Harina de origen vegetal. Harina de Trigo Enriquecida*. Guatemala: Ministerio de Economía.
- Comisión Nacional de Fortificación, enriquecimiento y/o equiparación de alimentos [Conafor]. (2010). *Consolidado de legislación para fortificación de alimentos*. Recuperado de <http://www.conafor.org/pp/bancofotos/326-6131.pdf>.
- Corzo Márquez, A. R., & Schwartz, N. B. (2008). Traditional home gardens of Petén, Guatemala: Resource management, food security, and conservation. *Journal of Ethnobiology*, 28(2), 305-317. doi:10.2993/0278-0771-28.2.305.
- Croat, T. B. (1978). *Flora of Barro Colorado Island*. California, Estados Unidos de América: Stanford University Press.
- Darnton-Hill, I. (2013). *Administración de suplementos de zinc y crecimiento infantil*. OMS. Recuperado de [http://www.who.int/elena/bbc/zinc\\_stunting/es/](http://www.who.int/elena/bbc/zinc_stunting/es/).
- de Dios, C. A. (1996). *Secado de granos y secadores*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
- de Michelis, A., & Ohaco, E. (2015). *Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. Procedimientos hogareños y comerciales a pequeña escala*. Guatemala: INTA.
- Dendy, D. A., & Dobraszczyk, B. J. (2004). *Cereales y Productos Derivados: química y tecnología*. Zaragoza, España: Acribia.
- Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. (2010). *Amaranthus Production guideline*. Pretoria: Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. Republic of South Africa.
- Ekeleme, U. G., Nwachukwu, N. C., Ogoto, A. C., Nnandi, C. J., Onuabuchi, I. A., & Osuocha, K. U. (2013). Phytochemical Screening and Antibacterial Activity of *Cnidocolus aconitifolius* and Associated Changes in Liver Enzymes in Wistar Rats. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(12), 156-162.
- Fagbohun, E. D., Egbebi, A. B., & Lawal, O. U. (2012). Phytochemical screening, proximate analysis and in-vitro antimicrobial activities of methanolic extract of *Cnidocolus aconitifolius* leaves. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 13(1), 28-33.
- Feedback Networks Technologies. (2013). *Feedback Networks*. Recuperado de <https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcular.html>

- Fischer, M. (2015). *La Malnutrición en Guatemala. Frenando el desarrollo de nuestro país*. Guatemala: FANTA Project.
- Flores, A. (2014). *Desarrollo de una harina a base de semilla de Amarantho (Amaranthus cruentus), Chía (Salvia hispánica) y Ayote (Curcubita moschata) (Tesis de Licenciatura en Nutrición)*. Universidad Rafael Landívar, Facultad en Ciencias de la Salud, Guatemala.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2010). *Micronutrientes*. Guatemala: Unicef. Recuperado de [https://www.unicef.org/guatemala/spanish/primer\\_infancia\\_18489.htm](https://www.unicef.org/guatemala/spanish/primer_infancia_18489.htm).
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2013). *Hay que acelerar el progreso para los niños y niñas de Guatemala o se corre el riesgo de perder una generación, dice Unicef*. Guatemala: Unicef América Latina y el Caribe. Recuperado de [https://www.unicef.org/lac/media\\_25248.html](https://www.unicef.org/lac/media_25248.html).
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF); Ministerio de Salud de Panamá, Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2006). *Situación de deficiencia de hierro y anemia*. Panamá: UNICEF.
- Food and Nutrition Technical Assistance Project [FANTA]. (2013). *Informe Ejecutivo: Desarrollo de recomendaciones dietéticas basadas en evidencia para niños, mujeres embarazadas y mujeres lactantes que viven en el Altiplano Occidental de Guatemala*. Washington DC: FHI 360/FANTA.
- Gaitán, D., Olivares, M., Arredondo, M., & Pizarro, F. (2006). Biodisponibilidad de hierro en humanos. *Revista chilena de nutrición*, 33(2). doi:10.4067/S0717-75182006000200003.
- Galván, M., & Amigo, H. (2007). Programas destinados a disminuir la desnutrición crónica. Una revisión en América Latina. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición [ALAN]*, 57(4), 316-326.
- Gispert, C., Gay, J., Vidal, J. A., & Guisán, S. (1998). *Gran Diccionario Enciclopédico Visual*. Barcelona, España: Océano.
- González, A. (2013). Al rescate de las hierbas nativas. Guatemala: *Prensa Libre*. Recuperado de [http://www.prensalibre.com/revista\\_d/RESCATE-HIERBAS\\_0\\_863913937.html](http://www.prensalibre.com/revista_d/RESCATE-HIERBAS_0_863913937.html).
- González, R. (2005). Biodisponibilidad del hierro. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 14(26), 6-12.
- González, R. (2008). *Aspectos básicos del estudio de muestra y población para la elaboración de los proyectos de investigación*. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.

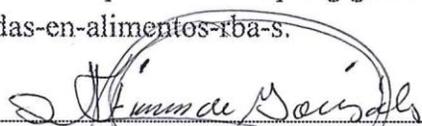
- González-Laredo, R. F., Flores, M. E., Quintero-Ramos, M. J., & Karchesy, J. J. (2003). Flavonoid and Cyanogenic Contents of Chaya (Spinach Tree). *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3), 1-8. doi:10.1023/B:QUAL.0000041142.48726.07.
- Grandy, G., Weisstaub, G., & López, D. (2010). Deficiencia de hierro y zinc en niños. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 49(1), 25-31.
- Hambidge, M. (2000). Human Zinc Deficiency. *American Society for Nutritional Sciences*, 130(5), 1344-1349.
- Hernandez, E. (2005). *Evaluación Sensorial*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
- Hess, S. Y., & King, J. C. (2009). Effects of maternal zinc supplementation on pregnancy. *Food and Nutrition Bulletin*, 30(1), 60-78. doi:10.1177/15648265090301S105.
- Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA). (2016). Cultivos biofortificados una oportunidad para combatir la desnutrición. *Publicación mensual. Disciplina de divulgación* (7) 1-9.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). (2013). *Aceptabilidad y uso en el hogar de un Alimento Complementario Listo para Consumir [ACLG] en el área rural de Guatemala. Informe final*. Guatemala: Unidad de Micronutrientes INCAP.
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). (2016). *Guatemala cuenta con Acuerdo Gubernativo sobre la fortificación con micronutrientes de la harina de maíz nixtamalizado*. Guatemala: INCAP. Recuperado de Incap: <http://incap.int/index.php/es/noticias/1171-guatemala-cuenta-con-acuerdo-gubernativo-sobre-la-fortificacion-con-micronutrientes-de-la-harina-de-maiz-nixtamalizado>.
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Guatemala: Serviprensa S.A.
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). (1999). *La iniciativa de seguridad alimentaria nutricional en Centroamérica*. Guatemala: Incap/OPS.
- Iriarte, C. (2005). *Elaboración de Tortillas de maíz blanco enriquecida con harina de amaranto reventado (Tesis de Ingeniería Biotecnológica)*. Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón, México.
- Katz, J., Lee, A. C., Kozuki, N., Lawn, J. E., Cousens, S., Blencowe, H., . . . Black, R. E. (2013). Mortality risk in preterm and small-for-gestational-age infants in low-income and middle-income countries: a pooled country analysis. *Lancet*, 382(9890), 417-425. doi:10.1016/S0140-6736(13)60993-9.

- Kuti, J. O., & Konoru, H. B. (2006). Cyanogenic glycosides content in two edible leaves of tree spinach (*Cnidocolus* spp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 556–561. doi:10.1016/j.jfca.2006.01.006.
- Lathan, M. C. (2002). *Nutrición humana en el mundo*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- López, D., Castillo, C., & Diazgranados, D. (2010). El zinc en la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 37(2), 234-239. doi:10.4067/S0717-75182010000200013.
- López, G. A. (2012). *Desarrollo de una fórmula para un refresco saborizado a fresa, fortificado con micronutrientes aminoquelados (calcio, zinc y hierro) para niños de edad pre-escolar y escolar (Tesis de Ingeniería en Alimentos)*. Centro Universitario de Sur Occidente (CUNSUROC), Mazatenango, Suchitepéquez.
- Mazariegos, M., Martínez, C., Mazariegos, I., Méndez, H., Román, V., Palmieri, M., & Tomás, V. (2016). *Análisis de la situación y tendencias de los micronutrientes clave en Guatemala, con un llamado a la acción desde las políticas públicas*. Washington D.C.: FHI 360/FANTA.
- Menchú, M. T., Méndez, H., & Dary, O. (2013). *Estudio complementario al análisis secundario de los datos de la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida de Guatemala (ENCOVI 2006)*. Guatemala: INCAP.
- Menchú, T., & Méndez, H. (2011). *Análisis de la situación alimentaria en Guatemala*. Guatemala: INCAP.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA). (2016). *Guatemala celebra el Día Nacional del Maíz*. Guatemala: MAGA. Recuperado de <http://web.maga.gob.gt/blog/guatemala-celebra-el-dia-nacional-del-maiz/>.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2011). *Normas, protocolos y consejería para la suplementación con micronutrientes*. Ecuador: Coordinación Nacional de Nutrición.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), Instituto Nacional de Estadística (INE), Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). (2017). *VI Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil ENSMI 2014-2015. Informe Final*. Guatemala: MSPAS, INE, SEGEPLAN.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), Programa Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas no Transmisibles Personas (PNECNTyC), Departamento de Regulación de los Programas de Atención a las (DRPAP), Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Organización Mundial de la Salud (OMS),

- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2012). *Metas Nutricionales para Guatemala*. Guatemala: MSPAS.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS); Instituto Nacional de Estadística (INE); Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). (2015). *VI Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil ENSMI 2014-2015. Informe Básico de Indicadores*. Guatemala: MSPAS, INE, SEGEPLAN.
- Montalvo, W., & Guzmán, L. (2015). *Proceso unitario de molienda*. Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz, Santa Cruz, Bolivia.
- Moya, L. (2013). *Evaluación de la potencialidad de las hojas de Cnidoscolus aconitifolius (chaya) como alimento en Cuba*. Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Mujica, Á., Berti, M., & Izquierdo, J. (1997). *El cultivo de amaranto, producción, mejoramiento genético y utilización*. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO].
- Omoriege, E. S., Osagie, A. U., & Iruolaje, E. O. (2011). In vitro antioxidant activity and the effect of methanolic extracts of some local plants on nutritionally stressed rats. *Pharmacologyonline*, (1); 23-56.
- Orellana, A. (2012). *Catálogo de hortalizas nativas de Guatemala*. Guatemala: SAES.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1993). *El maíz en la nutrición humana*. Roma, Italia: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *Significado de las nuevas cifras sobre el hambre*. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2002/9703-es.html>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *FAO acompaña implementación e escala que mide inseguridad alimentaria en Guatemala*. Guatemala: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/guatemala/noticias/detail-events/es/c/384951/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Guatemala en una mirada*. Guatemala: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/guatemala/fao-en-guatemala/guatemala-en-una-mirada/en/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Organización Mundial de la Salud (OMS). (1998). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. Bangkok: OMS.

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). *Reducción de la mortalidad en la niñez*. Guatemala: OMS. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs178/es/>.
- Palacios, A., Villanueva, L., Castellanos, D., & Reinhart, G. (2017). Aceptabilidad de un atole fortificado con 21 micronutrientes e impacto en la salud y nutrición de niños menores de 6 años de edad en la Ciudad de Guatemala. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición [ALAN]*, 67(1), 15-22.
- Paredes-Arturo, Y. V. (2015). Desnutrición crónica y desempeño cognitivo. *Universidad y Salud*, 17(1), 47-56.
- Paredes-Lopez, O. (1994). *Amaranth : biology, chemistry, and technology*. Boca Ratón, Estados Unidos de América: CRC Press.
- Pérez, Z., Gutiérrez-Rebolledo, G., & Jiménez, M. (2016). Importancia nutricional, farmacológica y química de la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*). *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(60), 43-56.
- Programa Mundial de Alimentos (PMA). (2014). *Guatemala: lanzan “Mi Comidita” para prevenir la desnutrición infantil*. Totonicapán: PMA. Recuperado de <http://es.wfp.org/Guatemala-lanzan-Mi-comidita-para-prevenir-la-desnutricion-infantil>.
- Programa Mundial de Alimentos (PMA). (2009). *La historia del Vitacereal*. Recuperado de [http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/liaison\\_offices/wfp198566.pdf?\\_ga=2.169376996.457543286.1509388303-427496670.1509388303](http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/liaison_offices/wfp198566.pdf?_ga=2.169376996.457543286.1509388303-427496670.1509388303).
- Ramírez-Navas, J. S. (2012). Análisis Sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Recitela*, 12(1), 85-101.
- Rivera, J., Martorell, R., Gonzáles, W., Lutter, C., Gonzáles, T., Flores, R., . . . Delgado, H. (2011). Prevención de la desnutrición de la madre y el niño: el componente de nutrición de la Iniciativa Salud Mesoamérica 2015. *Salud Pública de México*, 53(3), 303-311.
- Ross-Ibarra, J., & Molina-Cruz, A. (2002). The ethnobotany of chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) ssp. *Aconitifolius* Brekon: a nutritious maya vegetable. *Economic Botany*, 56(4), 350–365.
- Rubio, C., Gonzáles, D., Martín-Izquierdo, R., Revert, C., Rodríguez, I., & Hardisson, A. (2007). El zinc: oligoelemento esencial. *Nutrición Hospitalaria*, 22(1), 101-107.
- Salazar, J., Velásquez, R., Quesada, S., Piccinelli, A., & Rastrelli, L. (2006). Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). *Food Chemistry*, 97(2), 343-348. doi:10.1016/j.foodchem.2005.05.015.
- Salvatierra, H. (16 de mayo de 2014). *Ley que declara al maíz (Zea mays L.) como patrimonio cultural intangible de la nación*. *Diario de Centro América*, p. 57. Guatemala.

- Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (Sesan). (2008). *Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Guatemala: SESAN.
- Serna-Saldivar, S. O. (2016). Nutritional and nutraceutical features of regular and protein fortified corn tortillas. En C. Rosell, J. Bajerska, & A. El Sheikha, *Bread and its fortification* (págs. 322-346). Boca Raton, Estados Unidos de América: CRC Press.
- Severiano, P., Gómez, D., Méndez, C., Pedrero, D., Gómez, C., Ríos, S., . . . Utrera, M. (2012). *Manual de evaluación sensorial*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Tartanac, F. (2000). Incaparina and other Incaparina-based foods: experience of Incap in Central America. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(1), 49-54.
- Urrutia, R. (2005). Biodisponibilidad de hierro. *Revista costarricense de Salud Pública*, 14(26), 6-12.
- Valdés, P. (2008). *Manual de deshidratación: Frutas y hortalizas* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://manualdeshidratacion.blogspot.com/>.
- Vázquez, T., Camacho, S., Fernández, M., & Fernández, J. d. (1997). *Manual de secado solar técnico de alimentos*. Cochabamba, Bolivia: Energética.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). *Métodos Sensoriales Básicos para la evaluación de alimentos*. Montevideo, Uruguay: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- White, P. J., & Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182, 49–84 . doi:10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x.
- Woldt, M., Fischer, M., & Mazariegos, M. (2016). *Recomendaciones Basadas en Alimentos (RBAS) para mejorar la calidad y diversidad de la dieta del grupo materno-infantil en el Altiplano Occidental de Guatemala y oportunidades para su implementación*. Guatemala: Incap. Recuperado de <http://www.incap.org.gt/index.php/es/noticias/1235-webinar-recomendaciones-basadas-en-alimentos-rba-s>.

  
 Vo.Bo. Licda Ana Teresa Cap Yes de González  
 Bibliotecaria CUNSUROC



## 15. ANEXOS

### 15.1. Anexo 1. Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD).

Grupo y edad	Vitamina A mcg/día	Folato mcg/día	Vitamina B12 mcg/día	Hierro mg/día			Zinc mg/día		Yodo mcg/día
				Biodisponibilidad			Biodisponibilidad		
				Alta	Media	Baja	Alta	Media	
<b>Infantes y niños</b>									
Edad									
0-5 meses	375	52	0.4						
6-11 meses	450	75	0.5						
1-3.9 años	300	150	0.9						
4-6.9 años	350	170	1.1						
7-9.9 años	450	200	1.3						
Edad									
0-6 meses				b/	b/	b/	d/	d/	90
7-12 meses				6	9	-	3.1	6.3	90
1-3 años				4.7	7	14	2.3	4.6	90
4-6 años				7.5	11.3	22.6	2.9	5.8	90
7-9 años				8.8	13.2	26.4	4	7.9	120
<b>Mujeres</b>									
Edad (años)									
10-11.9	500	280	1.8	8.1	12.1	24.2	5.4	10.8	150
12-13.9	600	350	1.8	8.1	12.1	24.2	6.8	13.7	150
14-15.9	650	375	2.4	10.8	16.3	32.5	6.9	13.8	150
16-17.9	650	400	2.4	10.8	16.3	32.5	7.3	14.7	150
18-29.9	650	400	2.4	10.4	15.6	31.2	7.3	14.6	150
30-49.9	650	400	2.4	10.4	15.6	31.2	7.3	14.6	150
50-64.9	650	400	2.4	5.8	8.7	17.4	7.3	14.6	150
65+	650	400	2.4	5.8	8.7	17.4	7.3	14.6	150

b/ Las necesidades de hierro son satisfechas por la disminución fisiológica de la hemoglobina y la movilización de reservas corporales de hierro. c/ Se recomienda suplementos de hierro a todas las mujeres embarazadas. d/ La leche materna es suficiente para cubrir las necesidades en menores de seis meses. Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) propuestas por el Incap (Menchú et al., 2012).

## 15.2. Anexo 2. Nivel de fortificación de harina de maíz nixtamalizado.

Artículo 11. Niveles de Fortificación. Los niveles mínimos de micronutrientes agregados a la harina de maíz nixtamalizado son los siguientes:

Valores de los micronutrientes a ser agregados a la harina de maíz nixtamalizado:

Micronutriente	Valor promedio intrínseco del nutriente(mg/kg)	Contenido promedio a agregar (mg/kg)	Valor total promedio (mg/kg)	Compuesto Químico
Tiamina (Vitamina B1)	2.23	2.5	4.7	Mononitrato de Tiamina
Niacina (Vitamina B3)	16.3	30.0	46.0	Nicotinamida
Riboflavina (Vitamina B2)	0.97	2.7	3.7	Riboflavina
Cianocobalamina (Vitamina B12)	0	0.0035	0.0051	Cianocobalamina 0.1% WS
Ácido fólico (Vitamina B9)	0.29	1.35	1.64	Ácido Fólico (ácido pteroilglutámico)
Hierro	14.7	17.0	38.2	Bisglicinato ferroso
Zinc	18.0	15.0	33.0	Bisglicinato de Zinc
Ácido Málico*	0	400.0	475.0	Ácido Málico

\*Añadido como antioxidante.

Se detalla el valor del nutriente en la harina, el contenido recomendado a agregar y el valor total del nutriente en la harina fortificada, junto al compuesto químico que suple cada micronutriente (MSPAS, 2015).

**15.3. Anexo 3. Boleta para prueba hedónica de 9 puntos.**

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES**

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

Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
1	me disgusta extremadamente	6	me gusta levemente
2	me disgusta mucho	7	me gusta moderadamente
3	me disgusta moderadamente	8	me gusta mucho
4	me disgusta levemente	9	me gusta extremadamente
5	no me gusta ni me disgusta		

CÓDIGO Calificación para cada atributo

Boleta para prueba hedónica de 9 puntos utilizada para evaluar atributos sensoriales de un producto (Ramírez, 2012).

**15.4. Anexos 4. Distribución de F tabulado. Nivel de significancia de 5%.**

v1/v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8868	8.8451	8.8123
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.2560	6.1631	6.0942	5.0410	6.9988
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2066	4.1468	4.0990
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8378	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3880
9	5.1174	4.2565	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0423	2.9480	2.8962
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9951	2.9134	2.8486	2.7964
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144
14	4.6001	3.7389	3.3490	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377
17	4.4513	3.5915	3.1965	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227
20	4.3513	3.4928	3.0987	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928
21	4.3248	3.4668	3.0752	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4206	2.3661
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3962	2.3419
23	4.2793	3.4221	3.0281	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002
25	4.2417	3.3862	2.9920	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821
26	4.2252	3.3690	2.9751	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360
29	4.1830	3.3277	2.9340	2.7014	2.5454	2.5324	2.3463	2.2782	2.2229
30	4.1709	3.3157	2.9223	2.6898	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107
40	4.0848	3.2317	2.8387	2.6060	2.4495	2.3359	2.2490	2.1802	2.1240
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2540	2.1665	2.0970	2.0401
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2900	2.1750	2.0867	2.0164	1.9588
$\infty$	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799

Distribución de F tabulado al 5% de nivel de significancia (Watts et al., 1992).

...Continuación

	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	241.88	243.91	245.95	248.01	249.05	250.09	251.14	252.20	253.25	254.32
2	19.396	19.413	19.429	19.446	19.454	19.462	19.471	19.479	19.487	19.496
3	8.7855	8.7446	8.7029	8.6602	8.6385	8.6166	8.5944	8.5720	8.5494	8.5265
4	5.9644	5.9117	5.8578	5.8025	5.7744	5.7459	5.7170	5.6878	5.6581	5.6281
5	4.7351	4.6777	4.6188	4.5581	4.5272	4.4957	4.4638	4.4314	4.3981	4.3650
6	4.0600	3.9999	3.9381	3.8742	3.8415	3.8082	3.7743	3.7398	3.7047	3.6688
7	3.6365	3.5747	3.5108	3.4450	3.4105	3.3758	3.3404	3.3043	3.2674	3.2298
8	3.3472	3.2840	3.2184	3.1503	3.1152	3.0794	3.0328	3.0053	2.9669	2.9276
9	3.1373	3.0729	3.0061	2.9365	2.9005	2.8637	2.8259	2.7872	2.7475	2.7067
10	2.7820	2.9130	2.8450	2.7740	2.7372	2.6996	5.6609	2.6211	2.5801	2.5379
11	2.8536	2.7876	2.7186	2.6464	2.6091	2.5705	2.5309	2.4900	2.4480	2.4045
12	2.7534	2.6866	2.6169	2.5436	2.5055	2.4663	2.4259	1.0000	2.3410	2.2962
13	2.6710	2.6037	2.5331	2.4589	2.4202	2.3803	2.3392	2.3842	2.2524	2.2064
14	2.6021	2.5342	2.4630	2.3879	2.3487	2.3082	2.2664	2.2966	2.1778	2.1307
15	2.5437	2.4753	2.4035	2.3270	2.2878	2.2468	2.2043	2.2230	2.1141	2.0658
16	2.4935	2.4247	2.3522	2.2756	2.2354	2.1938	2.1507	2.1601	2.0589	2.0096
17	2.4499	2.3807	2.3077	2.2304	2.1898	2.1477	2.1040	2.1058	2.0107	1.9604
18	2.4117	2.3421	2.2686	2.1906	2.1497	2.1071	2.0629	2.0584	1.9681	1.9168
19	2.3779	2.3080	2.2341	2.1550	2.1141	2.0712	2.0264	2.0166	1.9302	1.8780
20	2.3479	2.2776	2.2033	2.1242	2.0825	2.0391	1.9938	1.9796	1.8963	1.8432
21	2.3210	2.2504	2.1751	2.0660	2.0540	2.0102	1.9645	1.9464	1.8657	1.8117
22	2.2937	2.2258	2.1508	2.0707	2.0283	1.9842	1.9380	1.9165	1.8380	1.7831
23	2.2747	2.2034	2.1282	2.0476	2.0050	1.9605	1.9139	1.8895	1.8128	1.7570
24	2.2547	2.1834	2.1077	2.0267	1.9838	1.9390	1.8920	1.8649	1.7897	1.7331
25	2.2365	2.1649	2.0889	2.0075	1.9643	1.9192	1.8718	1.8424	1.7684	1.7110
26	2.2191	2.1479	2.0716	1.9898	1.9464	1.9010	1.8533	1.8217	1.7488	1.6906
27	2.2043	2.1323	2.0558	1.9736	1.9299	1.8842	1.8361	1.8027	1.7307	1.6717
28	2.1900	2.1176	2.0411	1.9586	1.9147	1.8687	1.8203	1.7851	1.7138	1.6541
29	2.1768	2.1046	2.0275	1.9446	1.9005	1.8543	1.8055	1.7689	1.6981	1.6377
30	2.1646	2.0921	2.0148	1.9317	1.8874	1.8409	1.7918	1.7537	1.6835	1.6223
40	2.0772	2.0035	1.9245	1.8389	1.7929	1.7444	1.5928	1.7369	1.5766	1.5089
60	1.9926	1.9174	1.8364	1.7480	1.7001	1.6491	1.5943	1.6380	1.4673	4.3892
120	1.9105	1.8337	1.7505	1.6580	1.6084	1.5543	1.4952	1.4290	1.3519	1.2539
$\infty$	1.8307	1.7522	1.6664	1.5705	1.5173	1.4591	1.3940	1.3180	1.2214	1.0000

Continuación de distribución de F tabulado al 5% de nivel de significancia (Watts et al., 1992).

### 15.5. Anexo 5. Cuartiles de Distribución de Tukey, $\alpha = 0,05$ .

Cuartiles de Distribución de Tukey,  $\alpha = 0,05$  (López, 2012).

a= 0.05	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m														
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.89	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	0.61
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.80	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.31
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24
29	2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21
31	2.88	3.48	3.84	4.09	4.29	4.45	4.59	4.71	4.81	4.90	4.99	5.06	5.13	5.20
32	2.88	3.48	3.83	4.09	4.28	4.45	4.58	4.70	4.80	4.89	4.98	5.05	5.12	5.18
33	2.88	3.47	3.83	4.08	4.28	4.44	4.57	4.69	4.79	4.88	4.97	5.04	5.11	5.17
34	2.87	3.47	3.82	4.07	4.27	4.43	4.56	4.68	4.78	4.87	4.96	5.03	5.10	5.16

...Continuación

Cuartiles de Distribución de Tukey,  $\alpha = 0,05$  (López, 2012).

a= 0.05	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
m														
35	2.87	3.46	3.81	4.07	4.26	4.42	4.56	4.67	4.77	4.86	4.95	5.02	5.09	5.15
36	2.87	3.46	3.81	4.06	4.25	4.41	4.55	4.66	4.76	4.85	4.94	5.01	5.08	5.14
37	2.87	3.45	3.80	4.05	4.25	4.41	4.54	4.66	4.76	4.85	4.93	5.00	5.07	5.13
38	2.86	3.45	3.80	4.05	4.24	4.40	4.53	4.65	4.75	4.84	4.92	4.99	5.06	5.12
39	2.86	3.45	3.79	4.04	4.24	4.39	4.53	4.64	4.74	4.83	4.91	4.98	5.05	5.11
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73	4.82	4.90	4.98	5.04	5.11
41	2.86	3.44	3.79	4.03	4.23	4.38	4.51	4.63	4.73	4.82	4.90	4.97	5.04	5.10
42	2.85	3.44	3.78	4.03	4.22	4.38	4.51	4.62	4.72	4.81	4.89	4.96	5.03	5.09
43	2.85	3.43	3.78	4.03	4.22	4.37	4.50	4.62	4.72	4.80	4.88	4.96	5.02	5.08
44	2.85	3.43	3.78	4.02	4.21	4.37	4.50	4.61	4.71	4.80	4.88	4.95	5.02	5.08
45	2.85	3.43	3.77	4.02	4.21	4.36	4.49	4.61	4.70	4.79	4.87	4.94	5.01	5.07
46	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.49	4.60	4.70	4.79	4.87	4.94	5.00	5.06
47	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.48	4.60	4.69	4.78	4.86	4.93	5.00	5.06
48	2.84	3.42	3.76	4.01	4.20	4.35	4.48	4.59	4.69	4.78	4.86	4.93	4.99	5.05
49	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.35	4.48	4.59	4.69	4.77	4.85	4.92	4.99	5.05
50	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.34	4.47	4.58	4.68	4.77	4.85	4.92	4.98	5.04

## 15.6. Anexo 6. Números aleatorios.

80600	39055	3355	82908	58011	23896	60662	68616	31573	78986
86218	91099	74689	32457	16231	14087	50196	69511	61177	88267
55987	94852	46860	56473	98929	79007	42562	63859	96935	13291
31066	22506	38426	13383	12843	31702	58117	18969	9695	77565
28084	89236	19037	88763	9609	96812	87338	88607	31644	19472
79814	77674	22175	76503	65148	86739	46286	45138	12763	54614
48696	97353	98634	79276	48085	18452	4001	7079	34503	73595
97115	34719	17298	34676	48436	93093	28056	88401	21842	78168
53813	6449	81187	12908	22394	34174	81339	32594	56065	00776
8079	50544	2296	91968	2266	18914	14291	10817	98658	98361
97966	74143	42903	87308	27608	72180	25614	65345	53791	15378
86676	2222	96480	36644	88182	50736	11733	58977	69119	00065
91746	68945	64001	43645	23594	5002	21133	65002	83658	40690
93288	1414	64976	97152	67164	6881	58670	48141	73893	44028
31036	114	33677	83723	24823	27376	25838	25077	44824	00255
76756	23693	24545	30778	70066	56086	64035	88037	10226	70468
21842	3729	981	3796	47984	17717	76112	51860	86185	17903
54694	48910	55184	71478	62198	46090	41379	74117	64162	75417
562	96811	59297	30823	24311	82641	99330	22320	47988	39461
62053	70182	33691	72234	27200	36252	97444	35650	36505	51231
61072	15480	19657	1529	78718	35238	19683	46242	83864	51097
53759	17694	45548	16034	5107	84258	50107	91510	43949	93848
27323	47524	42943	42473	40099	42273	17873	19506	55110	67980
87595	50012	35784	9132	22827	57597	67190	11657	92919	09920
39110	15585	856	94421	52651	99394	59546	2348	59662	55338
75908	1E+05	73802	1370	61900	38601	85441	15598	83799	91018
69101	95047	49228	88382	77374	4407	54643	6016	37061	24797
42828	7225	12115	92144	38167	16883	36627	15332	32831	86019
57346	36393	19775	53422	68206	92113	54168	96935	14190	66067
73856	6548	1460	85739	77723	98226	19550	90410	41277	45323
46933	70450	8238	28957	90867	83120	89362	16667	98032	86482
24856	75898	62870	23702	5612	40461	30798	83909	19391	89251

Tabla de números aleatorios, versión 2007 (Severiano, et al., 2012).

15.7. Anexo 7

Figura 8

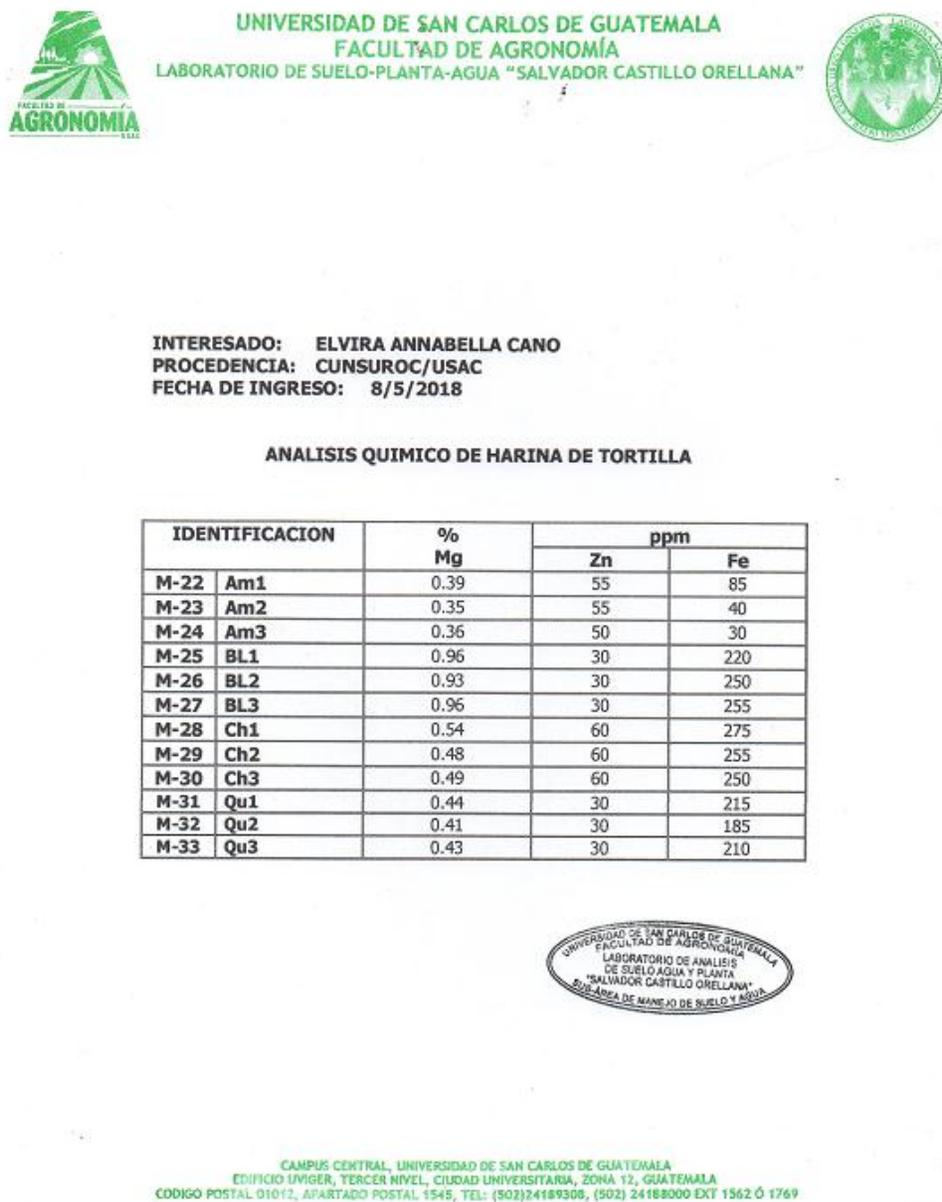


Figura 8. Resultado de hierro y zinc en harina de plantas. Se presentan los resultados de hierro y zinc en partes por millón (ppm) de cada planta individual por triplicado y codificadas (Uviger, 2018).

Figura 9



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



INTERESADO: ELVIRA ANNABELLA CANO  
PROCEDENCIA: CUNSUROC/USAC  
FECHA DE INGRESO: 8/5/2018

ANALISIS QUIMICO DE HARINA DE TORTILLA

IDENTIFICACION		%	ppm	
		Mg	Zn	Fe
M-1	M,1	0.33	45	145
M-2	M1,2	0.48	50	150
M-3	M1,Q	0.46	50	195
M-4	M2,1	0.54	45	170
M-5	M2,2	0.53	45	125
M-6	M2,Q	0.56	45	150
M-7	M3,1	0.54	45	140
M-8	M3,2	0.46	45	150
M-9	M3,Q	0.54	45	185



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA  
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 9. Resultado de hierro y zinc en mezclas de harinas. Se presentan los resultados de hierro y zinc en partes por millón (ppm) de cada mezcla de harinas formuladas, por triplicado y codificadas (Uviger, 2018).

Figura 10



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



INTERESADO: ELVIRA ANNABELLA CANO  
 PROCEDENCIA: CUNSUROC/USAC  
 FECHA DE INGRESO: 8/5/2018

ANALISIS QUIMICO DE HARINA DE TORTILLA

IDENTIFICACION		% Mg	ppm	
			Zn	Fe
M-10	T1	0.16	25	80
M-11	T2	0.15	25	75
M-12	T3	0.15	20	75
M-13	T1,1	0.32	35	130
M-14	T1,2	0.31	35	130
M-15	T1,Q	0.30	35	120
M-16	T2,1	0.34	30	125
M-17	T2,2	0.33	35	135
M-18	T2,Q	0.34	35	200
M-19	T3,1	0.31	35	70
M-20	T3,2	0.29	35	100
M-21	T3,Q	0.28	30	75



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA  
 CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 10. Resultado de hierro y zinc en tortilla simple y tortillas fortificadas. Se presentan los resultados de hierro y zinc en partes por millón (ppm) de tortilla simple y de las tres tortillas fortificadas, por triplicado y codificadas (Uviger, 2018).

15.8. Anexo 8

Figura 11



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
 Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT–

Informe No. 001-270718

**INFORME DE RESULTADOS**

**Actividad solicitada:** Cuantificación de ácido fítico y oxalatos en tres muestras de tortillas.

**Solicitante:** Elvira Cano (a través de Armando Cáceres)

**Fecha de solicitud:** Junio 2018

**Tabla No. 03** Porcentaje de oxalato de calcio en tres muestras de tortillas

No.	Muestra	Promedio de oxalato de calcio (mg/100g muestra de harina)	Promedio	Desviación
1	Tortilla simple	18.7	18.7	----
2	Tortilla 2	14.9	14.9	3.02
		14.9		
3	Fórmula 390	29.9	29.9	0.02
		29.9		

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT–, laboratorio 106, edificio T10, USAC.

**Tabla No. 04** Porcentaje teórico de oxalato de calcio de distintas semillas

No.	Alimento	Concentración de oxalato de calcio (mg/100g)
1	Pimienta	419
2	Frutas secas	187
3	Chocolate amargo	117
4	Perejil	100
5	Puerro	89
6	Uva	88
7	Frambuesas	53
8	Café en polvo	53

Fuente: Barrera, V., Tapia, C., Monteros, A. (2004). Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Ecuador: INIAP y CIP.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Wheeler & Ferrel. (1971). A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions. *American Association of Cereal Chemists*, 48, 312-320.
- The United States Pharmacopeial Convention. (2007). USP 30-NF25, farmacopea de los Estados Unidos de América-formulario nacional. Estados Unidos de América: The United States Pharmacopeial Convention.

  
 Lorena Rochac  
 Analista

  
 Dra. Sully Margot Cruz  
 Coordinadora



Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT)

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe de resultados sin previa autorización.  
 -----FIN-----

Figura 11. Resultado de oxalatos en tortilla simple, harina II y tortilla II (Lipronat, 2018)

## 16. APÉNDICES

### 16.1. Apéndice 1

A continuación, se presenta el diagrama de proceso para la elaboración de las harinas:

Figura 12

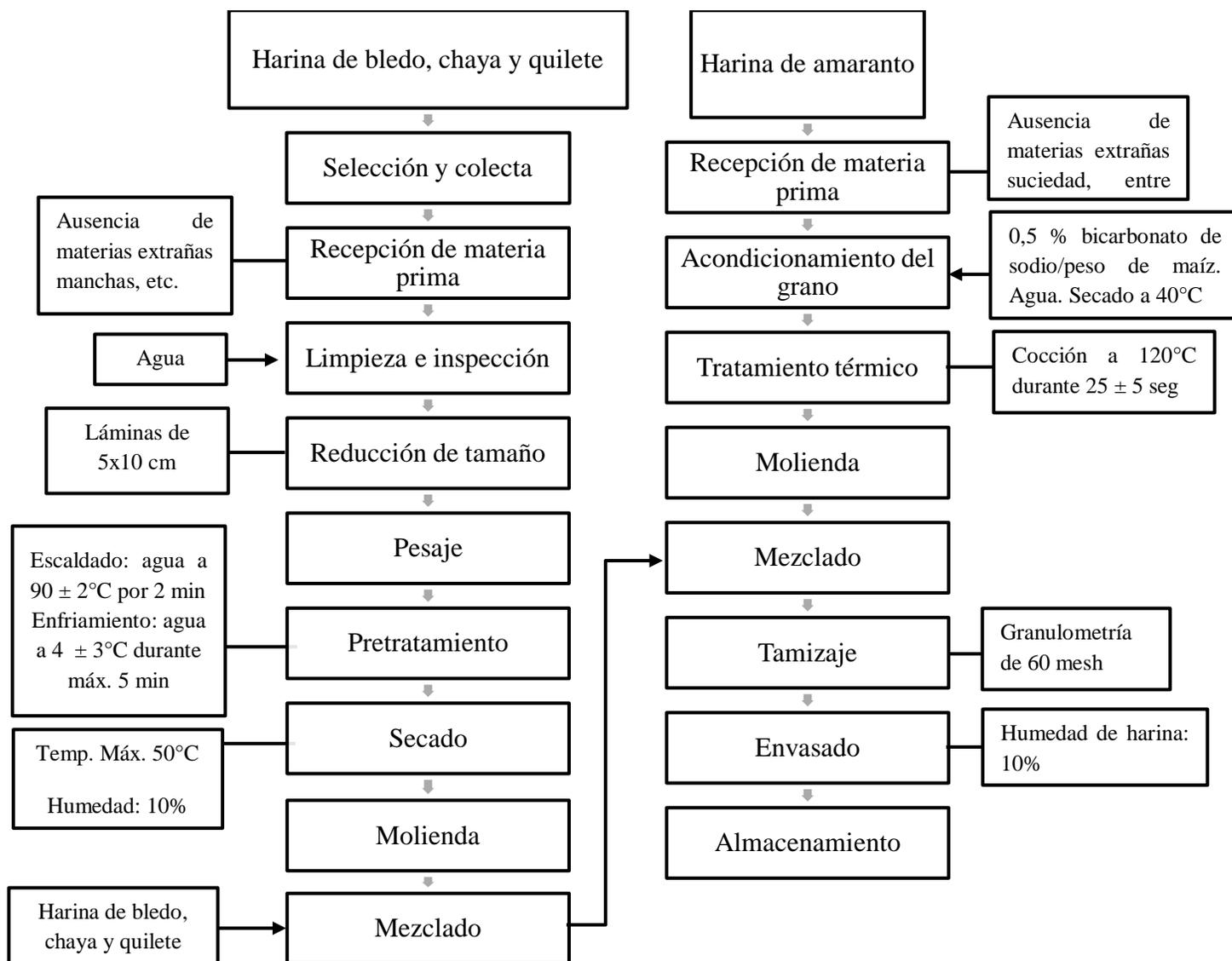


Figura 12. Diagrama de proceso de harina de amaranto (*A. cruentus*), bledo (*A. hybridus*), chaya (*C. aconitifolius*) y quilete (*L. synanthera*). Elaboración propia.

## 16.2. Apéndice 2

El siguiente diagrama de proceso describe la secuencia de elaboración de tortillas de maíz:

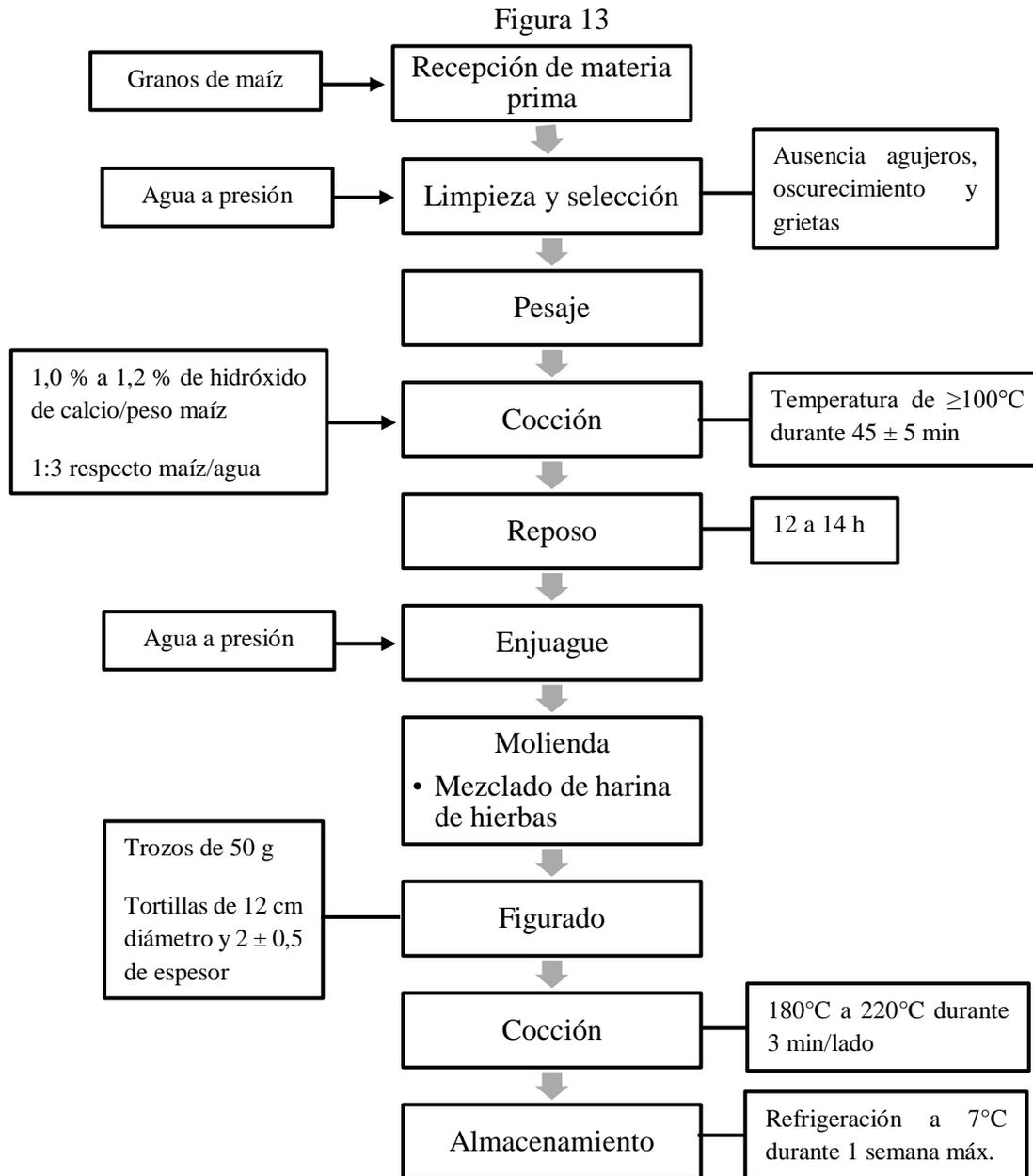


Figura 13. Diagrama de proceso de elaboración de tortillas de maíz. Elaboración propia.

### 16.3. Apéndice 3

A continuación, se detalla la boleta que se utilizará para el panel piloto por medio de prueba hedónica de 7 puntos:

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Sur Occidente  
Ingeniería en alimentos



#### BOLETA DE EVALUACIÓN PARA PANEL PILOTO

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Instrucciones: a continuación, se presentan tres muestras identificadas con sus respectivos códigos de tres dígitos, degústelas y evalúe respecto a color, olor, sabor y textura, indicando la numeración que considere, según su agrado, guiándose de la siguiente tabla para la ponderar:

Ponderación	Categoría
1	me disgusta mucho
2	me disgusta moderadamente
3	me disgusta levemente
4	no me gusta ni me disgusta
5	me gusta levemente
6	me gusta moderadamente
7	me gusta mucho

**Código**

**Atributos**

Color

Olor

Sabor

Textura

#### 16.4. Apéndice 4

A continuación, se detalla la boleta que se utilizará para el panel piloto por medio de prueba hedónica de 7 puntos:

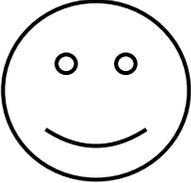
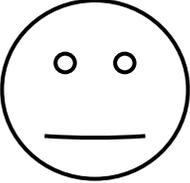
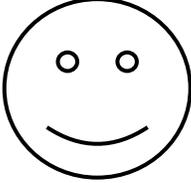
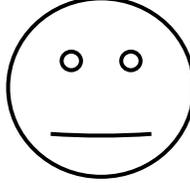
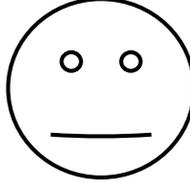
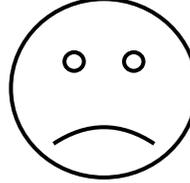
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Sur Occidente  
Ingeniería en alimentos



### BOLETA DE EVALUACIÓN PARA PANEL DE CONSUMIDORES

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Instrucciones: a continuación, se presenta una muestra codificada, degústela y evalúe respecto a color, olor, sabor y textura, marcando “X” en la imagen que indique su preferencia.

Atributo	Ponderación		
	Me gusta	No me gusta ni me disgusta	No me gusta
Color			
Olor			
Sabor			

**16.5. Apéndice 5. Tabulación de resultados de S y CV de hierro y zinc en harinas individuales.**

	Hierro				Zinc			
	Concentración (ppm)	$\bar{x}$	S	CV	Concentración (ppm)	$\bar{x}$	S	CV
Amaranto	85				55			
	40				55			
	30				50			
	155	51.67	29.30	0.57	160	53.33	2.89	0.05
Bledo	220				30			
	250				30			
	255				30			
	725	241.67	18.93	0.08	90	30	0	0
Chaya	275				60			
	255				60			
	250				60			
	780	260	13.23	0.05	180	60	0	0
Quilete	215				30			
	185				30			
	210				30			
	610	203.33	16.07	0.08	90	30	0	0

En la actual tabla se presentan los resultados de Media aritmética, Desviación estándar (S) y Coeficiente de Variación (CV) de cada análisis de hierro y zinc por harina de plantas nativas individuales. Elaboración propia.

**16.6. Apéndice 6. Tabulación de resultados de S y CV de hierro y zinc en mezcla de harinas.**

	Hierro				Zinc			
	Concentración (ppm)	$\bar{x}$	S	CV	Concentración (ppm)	$\bar{x}$	S	CV
Mezcla I	195				50			
	150				50			
	145				45			
	490	163.33	27.54	0.17	145	48.33	2.89	0.06
Mezcla II	150				45			
	125				45			
	170				45			
	445	148.33	22.55	0.15	135	45	0	0
Mezcla III	185				45			
	150				45			
	140				45			
	475	158.33	23.63	0.15	135	45	0	0

En la actual tabla se presentan los resultados de Media aritmética, Desviación estándar (S) y Coeficiente de Variación (CV) de cada análisis de hierro y zinc por las mezclas formuladas. Elaboración propia.

**16.7. Apéndice 7. Tabulación de resultados de S y CV de hierro y zinc en tortillas.**

	Hierro				Zinc			
	Concentración (ppm)	$\bar{x}$	S	CV	Concentración (ppm)	$\bar{x}$	S	CV
Tortilla Simple	75				20			
	75				25			
	80				25			
	230	76.67	2.89	0.04	70	23.33	2.89	0.12
Tortilla I	120				35			
	130				35			
	130				35			
	380	126.67	5.77	0.05	105	35	0	0
Tortilla II	200				35			
	135				35			
	125				30			
	460	153.33	40.72	0.27	100	33.33	2.89	0.09
Tortilla III	75				30			
	100				35			
	70				35			
	245	81.67	16.07	0.20	100	33.33	2.89	0.09

En la actual tabla se presentan los resultados de Media aritmética, Desviación estándar (S) y Coeficiente de Variación (CV) de cada análisis de hierro y zinc de la tortilla simple y las formulaciones de tortillas fortificadas. Elaboración propia.

**16.8. Apéndice 8. Análisis de Varianza de resultados de hierro en tortillas fortificadas.**

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Total (T)	8	11772.22			
Tortilla (To)	2	7872.22	3936.11	5.12	6.94
Repetición (Re)	2	822.22	411.11	0.54	6.94
Error (E)	4	3077.78	769.45		

En la actual tabla se presenta el análisis de varianza de los resultados de hierro (ppm) por triplicado para determinar si existe diferencia estadística significativa por medio de F. Elaboración propia.

**16.9. Apéndice 9. Análisis de diferencias medias por prueba de Tukey de hierro en tortillas fortificadas**

DHS = 80.74		X3	X2	X1
		81.67	153.33	126.67
X3	81.67	0	71.66	-26.66
X2	153.33		0	45
X1	126.67			0

En la presente tabla se presenta prueba de Tukey para determinar en qué muestra podría existir alguna diferencia respecto al nivel de hierro, X1 es Tortilla I, X2 es Tortilla II y X3 es Tortilla III. Elaboración propia.

**16.10. Apéndice 10. Análisis de Varianza de resultados de zinc en tortillas fortificadas.**

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Total (T)	8	11772.22			
Tortilla (To)	2	7872.22	3936.11	5.12	6.94
Repetición (Re)	2	822.22	411.11	0.54	6.94
Error (E)	4	3077.78	769.45		

En la actual tabla se presenta el análisis de varianza de los resultados de zinc (ppm) por triplicado para determinar si existe diferencia estadística significativa por medio de F. Elaboración propia.

**16.11. Apéndice 11. Análisis de diferencias medias por prueba de Tukey de zinc en tortillas fortificadas.**

DHS = 7.66		X3	X2	X1
		33.33	33.33	35
X3	33.33	0	0	1.67
X2	33.33		0	1.67
X1	35			0

En la presente tabla se presenta prueba de Tukey para determinar en qué muestra podría existir alguna diferencia respecto a niveles de zinc, X1 es Tortilla I, X2 es Tortilla II y X3 es Tortilla III. Elaboración propia.

**16.12. Apéndice 12. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de Color.**

Panelistas	806	390	518	$\Sigma$ de Panelistas	$\bar{x}$ de Panelistas
1	7	7	7	21	7
2	6	6	6	18	6
3	5	3	3	11	4
4	3	5	5	13	4
5	5	6	7	18	6
6	6	6	6	18	6
7	5	4	2	11	4
8	5	5	7	17	6
9	6	7	5	18	6
10	4	4	4	12	4
11	5	6	5	16	5
12	4	4	4	12	4
13	7	1	4	12	4
14	6	5	4	15	5
15	3	2	5	10	3
$\Sigma$ de Muestra	77	71	74		
			Total	222	
$\bar{x}$ de Muestra	5.13	4.73	4.93		

En la actual tabla se presentan la tabulación de los resultados organolépticos del panel piloto en atributo de color. Elaboración propia.

### 16.13. Apéndice 13. Análisis de varianza atributo de Color.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Total (T)	44	96.8			
Mezcla (M)	2	1.2	0.6	0.41	3.34
Panelista (P)	14	54.8	3.91	2.68	2.07
Error (E)	28	40.8	1.46		

En la actual tabla es posible observar cada resultado obtenido a partir de las diversas fórmulas correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 63). Elaboración propia.

### 16.14. Apéndice 14. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de Olor.

Panelistas	806	390	518	$\sum$ de Panelistas	$\bar{x}$ de Panelistas
1	6	5	5	16	5.33
2	5	7	7	19	6.33
3	7	6	1	14	4.67
4	3	5	5	13	4.33
5	6	4	7	17	5.67
6	5	5	7	17	5.67
7	5	6	3	14	4.67
8	5	7	6	18	6.00
9	1	3	7	11	3.67
10	7	6	6	19	6.33
11	6	7	6	19	6.33
12	5	5	6	16	5.33
13	5	1	4	10	3.33
14	4	5	6	15	5.00
15	3	2	5	10	3.33
$\sum$ de Muestra	73	74	81		
			Total	228	
$\bar{x}$ de Muestra	5	4.93	5.40		

En la actual tabla se presentan la tabulación de los resultados organolépticos del panel piloto en atributo de olor. Elaboración propia.

**16.15. Apéndice 15. Análisis de varianza atributo de Olor.**

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Total (T)	44	122.8			
Mezcla (M)	2	2.53	1.27	0.48	3.34
Panelista (P)	14	46.13	3.3	1.25	2.07
Error (E)	28	74.14	2.65		

En la actual tabla es posible observar cada resultado obtenido a partir de las diversas fórmulas correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 63). Elaboración propia.

**16.16. Apéndice 16. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de Sabor.**

Panelistas	806	390	518	$\sum$ de Panelistas	$\bar{x}$ de Panelistas
1	2	2	2	6	2.00
2	4	4	5	13	4.33
3	5	3	1	9	3.00
4	6	2	1	9	3.00
5	2	1	5	8	2.67
6	7	5	6	18	6.00
7	3	6	5	14	4.67
8	6	3	5	14	4.67
9	3	2	3	8	2.67
10	3	4	5	12	4.00
11	4	6	5	15	5.00
12	5	3	6	14	4.67
13	7	5	5	17	5.67
14	5	4	3	12	4.00
15	5	5	6	16	5.33
$\sum$ de Muestra	67	55	63		
			Total	185	
$\bar{x}$ de Muestra	4	3.67	4.20		

En la actual tabla se presentan la tabulación de los resultados organolépticos del panel piloto en atributo de sabor. Elaboración propia.

### 16.17. Apéndice 17. Análisis de varianza atributo de Sabor.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Total (T)	44	118.44			
Mezcla (M)	2	4.97	2.49	1.33	3.34
Panelista (P)	14	61.11	4.37	2.34	2.07
Error (E)	28	52.36	1.87		

En la actual tabla es posible observar cada resultado obtenido a partir de las diversas fórmulas correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 63). Elaboración propia.

### 16.18. Apéndice 18. Tabulación de resultados de panel piloto en atributo de Textura.

Panelistas	806	390	518	$\Sigma$ de Panelistas	$\bar{x}$ de Panelistas
1	6	5	5	16	5.33
2	3	5	7	15	5.00
3	5	3	1	9	3.00
4	6	5	6	17	5.67
5	6	3	6	15	5.00
6	6	6	6	18	6.00
7	5	7	6	18	6.00
8	5	6	6	17	5.67
9	5	6	5	16	5.33
10	3	3	4	10	3.33
11	7	7	7	21	7.00
12	7	7	7	21	7.00
13	5	5	5	15	5.00
14	4	4	4	12	4.00
15	5	2	1	8	2.67
$\Sigma$ de Muestra	78	74	76		
			Total	228	
$\bar{x}$ de Muestra	5	4.93	5.07		

En la actual tabla se presentan la tabulación de los resultados organolépticos del panel piloto en atributo textura. Elaboración propia.

### 16.19. Apéndice 19. Análisis de varianza atributo de Textura.

Fuente de variación	Gl	SC	CM	F calculada	F tabulada
Total (T)	44	108.8			
Mezcla (M)	2	0.53	0.27	0.21	3.34
Panelista (P)	14	72.8	5.2	4.09	2.07
Error (E)	28	35.47	1.27		

En la actual tabla es posible observar cada resultado obtenido a partir de las diversas fórmulas correspondientes al cálculo de análisis de varianza (véase 8.2. Diseño estadístico de panel sensorial en p. 63). Elaboración propia.

## 17. GLOSARIO

**17.1. Almidón.** Hidrato de carbono llamado polisacárido que constituye la principal reserva energética de casi todos los vegetales y tiene usos alimenticios e industriales. El almidón está considerado como una macromolécula ya que es una molécula de tamaño grande.

**17.2. Anemia.** La anemia es un trastorno en el cual el número de eritrocitos (y, por lo tanto, la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre) es insuficiente para satisfacer las necesidades del organismo. Se cree que, en conjunto, la carencia de hierro es la causa más común de anemia, pero pueden causarla otras carencias nutricionales (entre ellas, las de folato, vitamina B12 y vitamina A), la inflamación aguda y crónica, las parasitosis y las enfermedades hereditarias o adquiridas que afectan a la síntesis de hemoglobina y a la producción o la supervivencia de los eritrocitos.

**17.3. Antioxidante.** Moléculas presentes de forma natural en diversos alimentos que tienen la función de captar radicales libres responsables, entre otras cosas, del envejecimiento de las células. También favorecen a bajar la tasa de colesterol, a prevenir enfermedades cardiovasculares y el cáncer. Las familias de los antioxidantes comprenden las vitaminas C y E, la provitamina A, los polifenoles, entre otros.

**17.4. Antitriptico.** Dícese de la propiedad que posee el suero sanguíneo (poder antitriptico) de impedir la digestión de las albúminas por la proteasa.

**17.5. Biofortificación.** Proceso que incrementa la concentración de elementos esenciales biodisponibles en las porciones comestibles de las plantas de cultivo a través de la intervención agronómica.

**17.6. Biodisponibilidad.** Es la fracción de un nutriente que el cuerpo digiere, absorbe, y utiliza en sus funciones fisiológicas. La biodisponibilidad de nutrientes puede variar entre el 0 al 100% por diversos factores como la concentración y el tipo de nutriente, la interacción con los otros nutrientes presentes en la dieta y el estado nutricional de la persona.

**17.7. Biomasa.** En este contexto, biomasa es el peso del material vivo que se encuentra en un área y un momento dados. Se puede expresar como peso fresco o como peso seco por unidad de área. En plantas se separa siempre biomasa viva de biomasa muerta o necromasa, es decir ramas

mueratas más hojarasca del suelo. Se trabaja no sólo en biomasa total sino también en masa viva especie por especie.

**17.8. Caloría.** Es la manera científica para expresar unidades de energía, es decir, 1 caloría es la cantidad de calor necesaria para calentar 1 g de agua 1°C. El cuerpo humano absorbe energía a partir de las calorías de los alimentos, o de las reservas alimenticias en el cuerpo.

**17.9. Caseína.** La caseína es una proteína de la leche del tipo fosfoproteína que se separa de la leche por acidificación y forma una masa blanca.

**17.10. Cognitivo.** Pertenece o relativo al conocimiento.

**17.11. Criba.** Utensilio que consiste en un aro con una malla u otro material con agujeros fijados en él, y que sirve para cribar, es decir, para separar partes menudas de las gruesas o eliminar impurezas, en semillas o materiales finos.

**17.12. Endospermo.** Tejido del embrión de las plantas fanerógamas (plantas vasculares que producen semillas) que, en el momento en que la semilla madura, asegura la nutrición del embrión.

**17.13. Enriquecer.** en tema de enriquecimiento alimentario, ha sido definido por estructuras tales como OMS y FAO como el mismo proceso que fortificación de alimentos. Sin embargo, también es definido como: proceso en el cual se adicionan los micronutrientes al alimento, que se han perdido o disminuido en su potencia durante su procesamiento con el fin de alcanzar la forma natural que los contiene.

**17.14. Fitato.** Componentes presentes en las plantas como ácido fítico, este puede combinarse con calcio, magnesio, zinc, hierro o manganeso y formar complejos insolubles en el intestino que no son posibles de absorber y serán eliminados por las heces. Por lo tanto, los fitatos impiden la asimilación de minerales.

**17.15. Fortificar.** Los términos fortificación y enriquecimiento se utilizan casi siempre en forma intercambiable. La fortificación se define como la adición de uno o más nutrientes a un alimento con el fin de mejorar su calidad para las personas que lo consumen, en general con el objeto de reducir o controlar una carencia de nutrientes. Esta estrategia se puede aplicar en naciones o comunidades donde hay un problema o riesgos de carencia de nutrientes.

**17.16. Granulometría.** Clasificación de los granos o partículas de una sustancia granulosa según los diversos tamaños.

**17.17. Hemoglobina.** Proteína presente en el torrente sanguíneo que permite que el oxígeno sea llevado desde los órganos del sistema respiratorio hasta todas las regiones y tejidos.

**17.18. Inflorescencia.** En botánica, la inflorescencia es la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo; su límite está determinado por una hoja normal. La inflorescencia puede presentar una sola flor, como en el caso de la magnolia o el tulipán, o constar de dos o más flores como en el gladiolo y el trigo.

**17.19. Inmunidad.** La inmunidad es un estado de resistencia que tienen ciertos individuos o especies frente a la acción patógena de microorganismos o sustancias extrañas. Dicho estado puede ser natural o adquirido.

**17.20. Lactancia.** Es la forma ideal de aportar a los niños pequeños los nutrientes necesarios para un crecimiento y desarrollo saludables. Prácticamente todas las mujeres pueden amamantar, siempre que dispongan de buena información y del apoyo de su familia y del sistema de atención de salud.

**17.21. Lixiviación.** Proceso a través del cual se exprime o se extrae dada cantidad de solutos de un sólido utilizando un disolvente líquido.

**17.22. Macronutriente.** Categoría de nutrientes necesarios para el organismo que incluyen el agua, los carbohidratos, las grasas y las proteínas. Los macronutrientes (excepto el agua) también pueden ser llamados nutrientes proveedores de energía.

**17.23. Mesh.** Llamado también número de malla, es la cantidad de agujeros por pulgada lineal que hay en un tamiz o criba.

**17.24. Micronutriente.** Nutrientes que el organismo requiere en mínimas cantidades, sin embargo, son extremadamente importantes para la actividad normal del cuerpo y su función principal es la de facilitar diversas reacciones químicas que ocurren en el cuerpo. Los micronutrientes incluyen a los minerales y las vitaminas.

**17.25. Neonatal.** Se le denomina recién nacido. El período neonatal comprende las primeras cuatro semanas de la vida de un bebé, es un período en el que los cambios son rápidos.

**17.26. Nutracéutico.** Término que fue acuñado desde las palabras nutrición y farmacéutico, es definido como un alimento o parte de un alimento que proporciona beneficios médicos o para la salud, incluyendo la prevención y/o el tratamiento de enfermedades.

**17.27. Organoléptico.** Que puede ser percibido por los órganos de los sentidos.

**17.28. Panelista.** Persona que participa en un panel sensorial.

**17.29. Pericarpio.** En botánica, es la parte del fruto que recubre su semilla y consiste en el ovario fecundado.

**17.30. Pseudocereal.** Cualquier planta que, aunque no perteneciente a la familia de las gramíneas, produce semillas que se utilizan o son sucedáneos para elaborar la harina.

**17.31. Psicomotor.** Dícese del síndrome en el que se presentan asociados trastornos psíquicos y motores.

**17.32. Quelar/quelante.** También conocidos como secuestradores de metales pesados, son sustancias que tienden a constituir sustancias complejas junto a iones metálicos de metales pesados. A dichos compuestos complejos se les denomina quelatos.

**17.33. Suplementar.** Se refiere al aporte de determinados nutrientes o mezclas de nutrientes al margen de los alimentos.

**17.34. Termohigrómetro.** Es un instrumento que en su versión más básica mide y muestra la temperatura (T) y humedad relativa (HR).

**17.35. Vellos urticales.** Finos pelillos que producen irritación en la piel del ser humano o de los animales.



Mazatenango, 25 de enero del 2019

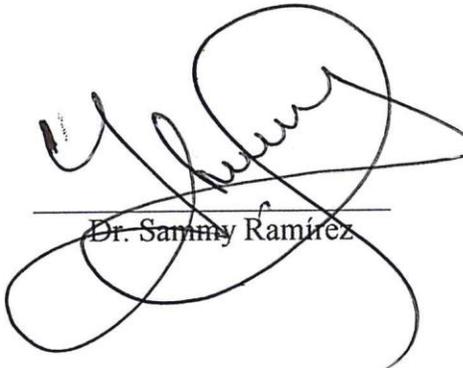
Comité de Trabajo de Graduación  
Ingeniería en Alimentos  
Centro Universitario de Sur Occidente –CUNSUROC–

Atentamente me dirigimos a ustedes deseándole éxitos en sus labores académicas, con la finalidad de hacer de su conocimiento que como terna evaluadora hemos revisado las correcciones señaladas concernientes a Seminario II del Trabajo de Graduación titulado **“Sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada con una harina de plantas nativas en Mazatenango, Suchitepéquez”**, realizado por la T.U. Elvira Annabella Cano Paiz con carné 200946278; y hemos constatado que se han efectuado dichas correcciones, por lo tanto consideramos que puede ser entregado a ustedes para continuar con la siguiente fase de dicha investigación.

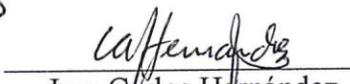
Sin más por el momento, deferentemente.



Ing. Mynor Carcamo



Dr. Sammy Ramirez



Ing. Carlos Hernández



Mazatenango, 29 de enero de 2019.

Ing. Víctor Nájera  
Coordinador carrera de Ingeniería en Alimentos.  
CUNSUROC –USAC–.  
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que la comisión de trabajo de graduación ha recibido el informe revisado de los asesores nombrados y las correcciones correspondientes de la terna evaluadora de la evaluación de seminario II, del Trabajo de Graduación titulado: **Sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada con una harina de plantas nativas en Mazatenango, Suchitepéquez**, de la estudiante: **Elvira Annabella Cano Paiz**, identificada con número de carné: **200946278**.

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

Deferentemente.

Ing. Marvin Manolo Sánchez López.

Secretario

Comisión de trabajo de graduación.





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Mazatenango, 29 de enero de 2019

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano.

Director del Centro Universitario del Sur Occidente  
CUNUSUROC –USAC–.

Presente

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Suroccidente –CUNUSUROC–, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de graduación titulado: **Sustitución parcial de masa de maíz nixtamalizada con una harina de plantas nativas en Mazatenango, Suchitepéquez**. El cual ha sido presentado por la estudiante: **Elvira Annabella Cano Paiz**, quien se identifica con numero de carne: **200946278**.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniero en Alimentos. En el grado académico de licenciado, por lo que solicito la autorización del imprimase.

Deferente.

Ing. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador  
Carrera de Ingeniería en Alimentos





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

**CUNSUROC/USAC-I-02-2019**

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, veintiocho de marzo de dos mil diecinueve\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes de la Comisión de Tesis y del Secretario del comité de Tesis, "SUSTITUCIÓN PARCIAL DE MASA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA CON UNA HARINA DE PLANTAS NATIVAS EN MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ" de la estudiante: **Elvira Annabella Cano Paiz**, carné No. **200946278** de la carrera Ingeniería en Alimentos.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
**Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano**  
**Director - CUNSUROC -USAC**



/gris