

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



**Trabajo de Graduación**

Determinación de proteína en tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada y harina de semillas de guaje (*Leucaena leucocephala*) en Jacaltenango, Huehuetenango.

Presentado por:

**Flor de María Candelaria Domingo Camposeco**

Carné No. 201145542

Asesor:

**M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón.**

Mazatenango, Suchitepéquez, Mayo 2025.

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

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

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

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

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

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

MSc. Martín Salvador Sánchez Cruz  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

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

MSc. Tania María Cabrera Ovalle  
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

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

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

## **DEDICATORIA**

### Dios

Por su infinita misericordia e inmenso amor, por permanecer a mi lado en todo momento y permitirme gozar de buena salud, porque sus planes son perfectos y sin su gracia esto no fuera posible

### Mis Padres

Porque es una forma de honrrar y agradecer los sacrificios realizados, por darme la existencia, confianza y herramientas para emprender en el camino de la vida, por ser mi pilar, mi refugio y mi lugar seguro siempre, quiero decirles que cada minuto de separación física ha valido la pena.

### Abuelos

Por los principios y valores inculcados, las oraciones elevadas al señor, porque estoy segura que sus rodillas muchas veces estuvieron dobladas para que yo permaneciera de pie.

### Hermanos

Por ser mi motor y fuente de inspiración, afortunada soy por que desde el cielo cuidas de mi José María y en la tierra tus porras nunca faltan José Manuel.

### Familiares

Algunos de sangre y otros por elección, por estar al pendiente con mensajes, llamadas y muestras de cariño en todo momento.

Por y para ustedes que llenan de energía positiva mi vida

## **AGRADECIMIENTOS**

Universidad de San Carlos de Guatemala

Especialmente al Centro Universitario de Suroccidente por ser mi casa de estudios y a través la carrera de Ingeniería en Alimentos forjar conocimientos que serán de utilidad en mi vida profesional.

Catedráticos

Por los conocimientos impartidos a lo largo de mi formación académica, especialmente a mi asesor Edgar del Cid Chacón y miembros de la terna evaluadora Carolina Estrada, Sammy Ramírez y Víctor Nájera por la orientación brindada durante el desarrollo de mi trabajo de graduación.

Amigos y compañeros

No los nombro, pero ellos saben quiénes son, definitivamente han sido parte importante de este proceso, con algunos compartimos lágrimas y con otras sonrisas, pero ambos momentos son atesorados en lo más profundo de mi ser

Familia Cortez Moreno

Por abrigarme con calor humano y hacerme parte de su familia, especialmente a la señora de la casa, Ana María Moreno por su apoyo incondicional.

Familia Par Najarro

Por abrirme las puertas de su hogar y hacerme sentir parte de el.

A todos los mencionados mil gracias, por que de una u otra manera fueron, son y serán parte importantes en la vida de este forastero.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                    | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Resumen.....                                                                    | 1      |
| 2. Abstract .....                                                                  | 2      |
| 3. Introducción.....                                                               | 3      |
| 4. Planteamiento del problema .....                                                | 4      |
| 5. Justificación.....                                                              | 5      |
| 6. Marco teórico .....                                                             | 6      |
| 6.1. Seguridad alimentaria y nutricional.....                                      | 6      |
| 6.1.1. Estrategia nacional de reducción de la desnutrición crónica .....           | 6      |
| 6.1.2. Índice de vulnerabilidad nutricional del país con base al peso y talla..... | 7      |
| 6.1.3. Problemática de inseguridad alimentaria y nutricional (INSAN) .....         | 8      |
| 6.1.4. Efectos de la desnutrición.....                                             | 8      |
| 6.2. Patrón alimenticio de Guatemala.....                                          | 8      |
| 6.3. Harina de maíz.....                                                           | 9      |
| 6.3.1. Proceso de molienda en seco .....                                           | 9      |
| 6.3.2. Proceso de nixtamalización .....                                            | 10     |
| 6.3.3. Usos .....                                                                  | 11     |
| 6.4. Guaje (Leucaena leucocephala).....                                            | 12     |

|        |                                                 |    |
|--------|-------------------------------------------------|----|
| 6.4.1. | Aspectos agronómicos.....                       | 12 |
| 6.4.2. | Descripción botánica .....                      | 13 |
| 6.4.3. | Clasificación taxonómica.....                   | 14 |
| 6.4.4. | Usos en campo.....                              | 14 |
| 6.4.5. | Antecedentes etnobotánicos.....                 | 15 |
| 6.4.6. | Valor nutricional.....                          | 17 |
| 6.4.7. | Factores toxicológicos .....                    | 19 |
| 6.4.8. | Estudios realizados .....                       | 20 |
| 6.5.   | Proteínas.....                                  | 23 |
| 6.5.1. | Fuentes de proteínas .....                      | 23 |
| 6.5.2. | Requerimientos del cuerpo humano .....          | 24 |
| 6.5.3. | El papel de las proteínas en las personas ..... | 26 |
| 6.5.4. | Problemas por deficiencia de proteínas .....    | 26 |
| 6.5.5. | Determinación de proteína.....                  | 26 |
| 6.6.   | Evaluación sensorial.....                       | 27 |
| 7.     | Objetivos .....                                 | 29 |
| 7.1    | General.....                                    | 29 |
| 7.2.   | Específicos.....                                | 29 |
| 8.     | Hipótesis.....                                  | 30 |
| 9.     | Recursos .....                                  | 31 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.1. Recursos humanos.....                                                             | 31 |
| 9.2. Recursos institucionales.....                                                     | 31 |
| 9.3. Recursos económicos.....                                                          | 31 |
| 10. Materiales y equipo.....                                                           | 32 |
| 10.1 Equipos.....                                                                      | 32 |
| 10.2 Utensilios.....                                                                   | 32 |
| 10.3 Materias primas.....                                                              | 32 |
| 11. Diseño estadístico.....                                                            | 33 |
| 11.1. Diseño estadístico de análisis sensorial.....                                    | 33 |
| 12. Marco operativo.....                                                               | 34 |
| 12.1. Metodología para la elaboración de la tortilla .....                             | 34 |
| 12.1.1. Obtención de materia prima.....                                                | 34 |
| 12.1.2. Proceso de elaboración de harina de semillas de guaje.....                     | 34 |
| 12.1.3. Formulación de mezclas de harinas.....                                         | 35 |
| 12.1.4. Proceso de elaboración de tortilla.....                                        | 35 |
| 12.2. Metodología para el desarrollo de análisis sensorial.....                        | 36 |
| 12.2.1 Preparación de muestras.....                                                    | 36 |
| 12.2.2. Análisis de muestras.....                                                      | 36 |
| 12.3. Metodología para preparación del análisis de producto terminado (tortillas)..... | 37 |
| 13. Resultados y discusión de resultados.....                                          | 38 |

|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 14. | Conclusiones.....     | 42 |
| 15. | Recomendaciones ..... | 43 |
| 16. | Referencias .....     | 44 |
| 17. | Anexos .....          | 51 |
| 18. | Apéndice .....        | 53 |
| 19. | Glosario.....         | 64 |

## Indicé de tablas

|                                                                                          | Pagina. |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Composición de harina de maíz nixtamalizada en 100gr de porción comestible. ....      | 10      |
| 2. Composición de tortilla de maíz amarillo con cal en 100gr de porción comestible. .... | 11      |
| 3. Clasificación taxonómica del guaje. ....                                              | 14      |
| 4. Variación del nombre común de guaje según lugar de consumo. ....                      | 16      |
| 5. Composición química (%) de diferentes partes de leucaena (% de Materia seca). ....    | 18      |
| 6. Concentración de algunos minerales en la harina de hoja de leucaena. ....             | 19      |
| 7. Alimentos ricos en proteínas. ....                                                    | 24      |
| 8. Cantidad diaria de proteína recomendada.....                                          | 25      |
| 9. Métodos de la evaluación sensorial .....                                              | 27      |
| 10. Formulas utilizadas para la elaboración de tortillas. ....                           | 38      |
| 11. Medias obtenidas de escala hedónica de 7 puntos.....                                 | 39      |
| 12. Valor de F calculada y F tabulada para cada característica organoléptica .....       | 39      |
| 13. Resultados prueba de Tukey .....                                                     | 40      |
| 14. Contenido de proteína presente tortillas .....                                       | 41      |
| 15. Cuartiles de distribución de Tukey $\alpha = 0.005$ .....                            | 51      |
| 16. Boleta de evaluación escala hedónica.....                                            | 55      |
| 17. Análisis de varianza atributo de olor .....                                          | 57      |
| 18. Análisis de varianza atributo de color .....                                         | 57      |
| 19. Análisis de varianza atributo de sabor .....                                         | 58      |
| 20. Análisis de varianza atributo de textura.....                                        | 58      |

## **Indicé de Graficas**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Resultados de análisis químico proximal .....                        | 52 |
| 2. Diagrama de bloques, elaboración de harina de semillas de guaje..... | 53 |
| 3. Diagrama de bloques .....                                            | 54 |
| 4. Resultados de la evaluación de olor.....                             | 59 |
| 5. Resultados de la evaluación de color.....                            | 60 |
| 6. Resultados de la evaluación de sabor .....                           | 61 |
| 7. Resultados de la evaluación de textura .....                         | 62 |
| 8. Comparación de proteína presente en tortillas.....                   | 63 |

## **1. Resumen**

En la presente investigación se estudiaron las semillas de guaje como medio de fortificación proteica de las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizada, por lo que fue necesario producir harina de semillas de guaje.

Utilizando como materia prima la harina de semillas de guaje y harina de maíz nixtamalizada se establecieron tres formulaciones teóricas, las cuales variaron en el porcentaje incorporada de cada una.

Las formulaciones establecidas fueron utilizadas para la elaboración de tortillas, sin embargo, por la diferencia en el porcentaje, las características organolépticas de las tortillas variaron, siendo necesario realizar un panel de evaluación sensorial, mediante el cual se determinó la tortilla más agradable para consumo humano.

La tortilla con mayor aceptación en el panel sensorial, fue la que contenía menor porcentaje de harina de semillas de guaje, lo cual se debe a que las características organolépticas se asemejan más a las de la tortilla elaborada solamente con harina de maíz.

Al tener identificada la tortilla con mayor aceptación se envió muestra a un laboratorio de bromatología para que a través de análisis químico proximal determinaran la cantidad de proteína presente, evidenciando con el resultado que se iguala el contenido de proteína presente en una tortilla elaborada con harina de maíz, por lo tanto, se concluye que la utilización de semillas de guaje como medio de fortificación de tortillas de harina de maíz nixtamalizada es viable.

## **2. Abstract**

In the present research, gourd seeds were studied as a means of protein fortification of tortillas made with nixtamalized corn flour. Therefore, it was necessary to produce gourd seed flour.

Using guaje seed flour and nixtamalized corn flour as raw materials, three theoretical formulations were prepared, which varied in the percentage of each of the flours incorporated.

The established formulations were used for the preparation of tortillas, however, due to the difference in the percentage, the organoleptic characteristics of the prepared tortillas varied, making it necessary to carry out a sensory evaluation panel, through which the most suitable tortilla is determined. pleasant for human consumption.

The tortilla with the greatest acceptance in the sensory panel was the one that contained the lowest percentage of gourd seed flour, which is due to the organoleptic characteristics being more similar to those of the tortilla made only with corn flour.

Having identified the tortilla with the greatest acceptance, a sample was sent to a food science laboratory so that, through proximal chemical analysis, they could determine the amount of protein present, showing with the result that the protein content present in a tortilla made with flour is equal. corn, therefore, it is concluded that the use of guaje seeds as a means of fortification of nixtamalized corn flour tortillas is viable.

### **3. Introducción**

El guaje es un arbusto de palatabilidad y digestibilidad excelente, rico en proteína variando de 4 a 23% en base natural y de 5 a 30% en base seca, además de ser fuente de carotenos, vitaminas A y K. (Peralta Juárez, 2013).

Conociendo los aportes nutricionales que el guaje posee y aprovechando la costumbre del consumo de semilla que los pobladores del municipio de Jacaltenango, Huehuetenango conservan, se estudiaron las semillas de guaje como medio de fortificación proteica.

Mediante la aplicación de diferentes operaciones unitarias (acondicionado, deshidratado, molienda y tamizado) se produjo harina de semillas de guaje, la cual fue utilizada como materia prima para la elaboración de tortillas. Para conocer su aceptación se realizó un panel sensorial, siendo muestra de mayor aprobación la identificada con el código 932, la cual fue enviada al laboratorio para determinar el contenido de proteína en la formulación propuesta. Mediante un análisis químico proximal se obtuvo que las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje contienen 10.01% proteína base seca y 5.55% proteína como alimento, a diferencia de las elaboradas solo con de harina de maíz nixtamalizada que contiene 8.12% y 4.39% de proteína respectivamente, evidenciando mayor contenido de proteína en relación a las realizadas solamente con harina de maíz nixtamalizada.

En comunidades rurales y de escasos recursos regularmente los alimentos son acompañados de tortillas, por lo tanto, con la preparación de tortillas a base de la mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje, se llega de manera directa a los consumidores, mejorando los niveles de deficiencia proteica, y creando una alternativa en el consumo de semillas de guaje.

#### 4. Planteamiento del problema

La Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN), ha categorizado comunidades en distintas zonas del país, permitiendo identificar las que, por sus condiciones de vulnerabilidad, amenaza y capacidad de respuesta, tienen una mayor probabilidad de desarrollar crisis alimentaria.

Un total de veintisiete comunidades de Jacaltenango, Huehuetenango, han sido caracterizadas según el riesgo de inseguridad alimentaria y nutricional. De estas, siete han sido catalogadas sin riesgo, catorce con riesgo medio y seis con alto riesgo.

El indicador de talla para la edad, es un indicador del estado nutricional que mide el retardo de crecimiento en talla (porcentaje de prevalencia) y establece el grado de severidad de la desnutrición crónica. Para Jacaltenango, Huehuetenango, el porcentaje de prevalencia es de 54%, lo que indica que, por cada cien niños, cincuenta y cuatro tienen un retardo de crecimiento. De este porcentaje, el quince punto siete por ciento tiene un retardo severo. Los datos sitúan a Jacaltenango, Huehuetenango, en quinto lugar, de la Mancomunidad Huista (MAGA, SESAN, 2015).

El porcentaje de prevalencia de desnutrición crónica en pobladores de Jacaltenango Huehuetenango, se debe a factores como: bajo rendimiento de producción agrícola, malos hábitos alimenticios y desempleo. Por lo tanto, se necesita de iniciativas de bajo costo y alto impacto que reduzcan los niveles de desnutrición crónica en la población.

Considerando lo anterior, se estudia la semilla de guaje como alternativa de consumo y fuente de proteína, utilizándola en la elaboración de tortillas de maíz como medio de fortificación, dando lugar a la siguiente interrogante ¿Las tortillas de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada y harina de semillas de guaje (*Leucaena leucicephala*), proporcionan proteína igual o mayor a cinco puntos cinco por ciento equivalente a cien gramos de tortilla elaborada con harina de maíz?

## **5. Justificación**

Los efectos de la desnutrición crónica son irreversibles y están presentes durante toda la vida del ser humano. Las mayores dificultades causadas por la desnutrición son, limitantes en el crecimiento cerebral y desarrollo de conexiones neuronales. Esta afección del cerebro, tiene impactos significativos directos en las capacidades cognitivas y productivas de los afectados, lo cual implica bajo o nulo rendimiento académico y productivo repercutiendo directamente en pérdida de oportunidades.

Un fenómeno multicausal como la desnutrición crónica debe ser abordado de manera creativa y con recursos accesibles en el medio, pues debe tomarse en cuenta que las personas que la padecen son de escasos recursos, situándose en alto grado de vulnerabilidad, de tal cuenta la propuesta de mezclar harinas de maíz nixtamalizado y harina de semillas de guaje para la elaboración de tortillas es una alternativa que vale la pena validar como medio de fortificación.

Las plantas de guaje son un recurso disponible, debido a que se utilizan como cercos vivos o plantas ornamentales. En época de producción las vainas son cortadas y comercializadas en el mercado local facilitando su adquisición.

La proteína presente en las semillas de guaje es de bajo costo y de calidad aceptable, por lo que su incorporación a la dieta de manera sistemática es oportuna, contribuyendo a mitigar la problemática local.

La participación de la academia en la generación de información y estrategias para abordar problemáticas tan complejas como lo es la inseguridad alimentaria se constituye en una motivación para emprendimiento de iniciativas culturalmente viables, socialmente sostenibles y técnicamente posibles.

## **6. Marco teórico**

### **6.1.Seguridad alimentaria y nutricional**

Según la ley de seguridad alimentaria y nutricional decreto legislativo No. 32-2005 Seguridad Alimentaria es: “El derecho de toda persona a tener acceso físico, económico y social, oportuna y permanentemente, a una alimentación adecuada en cantidad y calidad, con pertinencia cultural, preferiblemente de origen nacional, así como a su adecuado aprovechamiento biológico, para mantener una vida saludable y activa.”

#### **6.1.1. Estrategia nacional de reducción de la desnutrición crónica**

En el plano nacional, existe la estrategia nacional de reducción de la desnutrición crónica (ENRDC).

La INSAN es un fenómeno que ha sido abordado de diferentes maneras por gobiernos desde hace más de medio siglo, sin embargo, ninguno ha propuesto alternativas viables, dedicando la atención y los recursos necesarios para abordarla en su justa dimensión o más reciente en la temática es la estrategia nacional para la prevención de la desnutrición cónica conocida como ( ENPDC) por sus siglas. Esta propuesta propone cuatro programas que son:

- El primer nivel de atención primaria
- Educación para el cambio de comportamiento
- Agua y saneamiento
- Disponibilidad y economía familiar.

El primer nivel de atención primaria: involucra mejorar flujos de información; ampliar cobertura de servicios; fortalecer personal para atención; mejorar logística de insumos.

Educación para el cambio de comportamiento: implica generar un modelo de abordaje y generar cambios a todo nivel.

Agua y saneamiento: abarca canalizar inversión municipal; sistemas socialmente sostenibles; crear cultura de uso del agua.

Disponibilidad de ingresos y economía familiar: involucra fortalecer la extensión agrícola y pecuaria, introducir proteína a la dieta.

Las estrategias transversales de la propuesta se definen como:

- Cambio de comportamiento con énfasis en la transformación
- Gobernanza con énfasis en el liderazgo
- Sistema de información con énfasis en la integración
- Monitoreo y evaluación con énfasis en la mejora
- Auditoria social y alianzas con énfasis en el acompañamiento

Esta estrategia define que los actores principales para su implementación y seguimiento son: Ministerio de Educación (MINEDUC), Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA); Ministerio de Desarrollo Social (MIDES), Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).

#### **6.1.2. Índice de vulnerabilidad nutricional del país con base al peso y talla MINEDUC 2015**

Los datos obtenidos en el VI censo nacional de talla en escolares del primer grado de primaria del sector público desarrollado en el 2015, establece indicadores alarmantes en el municipio de Jacaltenango, debido a que, de 44 escuelas trabajadas, 18 están en el rango de muy alto, 4 alto, 9 moderado y 13 bajo. Sin embargo, cabe resaltar la variabilidad y al mismo tiempo complejidad ya que hay escuelas como: La comunidad de Huntah que reporta el 100% de retardo; Cheya con 90% en contraposición con comunidades de Buxup con el 6.9 % y Taj buxup con un 18.2%, También llama la atención que la escuela de Qantxabina refleja un nivel de 0% de retardo.

### **6.1.3. Problemática de inseguridad alimentaria y nutricional (INSAN) en el municipio de Jacaltenango.**

La problemática de INSAN se acentúa en comunidades de la parte alta o tierra fría que va desde 1,400 a 2000 metros sobre el nivel del mar. Cabe mencionar que en el municipio se cuenta con áreas que van desde los 650 msnm hasta 2,300 msnm, lo cual aparte de ser una ventaja por efectos de variedad de producción, también es una limitante porque se dan migraciones internas periódicamente lo cual dificulta el seguimiento de casos o permanencia en las intervenciones.

Las malas prácticas alimenticias son un factor cultural y de invasión por consumismo ya que existen familias con recursos considerables que presentan casos de desnutrición en el seno familiar.

También existen casos de desnutrición asociadas a enfermedades congénitas, lo que complica temas de seguimiento y abordaje, aunque son minoría y generalmente terminan con la vida del paciente.

### **6.1.4. Efectos de la desnutrición**

Los principales efectos de la desnutrición se definen como reducciones del rendimiento escolar y de las capacidades productivas, debido al poco desarrollo del cerebro.

## **6.2. Patrón alimenticio de Guatemala**

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; 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, cuyas fuentes principales lo constituyen los alimentos de origen animal (Mazariegos et al., 2016; Menchú & Méndez, 2011).

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, algunos de estos alimentos son menos consumidos en las regiones con mayor nivel de pobreza (Menchú & Méndez, 2011).

### **6.3.Harina de maíz**

Es el polvo fino obtenido después del proceso de molienda del grano de maíz. La composición química de la harina depende del grado de extracción (cantidad de harina obtenida a partir de 100 kilos de cereal) siendo inversamente proporcional, ya que conforme aumenta el grado de extracción, disminuye la proporción de almidón y aumenta el contenido en componentes de las envolturas del cereal como minerales, vitaminas y fibra. (F. Gonzalez, 2016).

La harina de maíz se puede obtener mediante dos procesos los cuales se describen a continuación:

#### **6.3.1. Proceso de molienda en seco**

Tiene como objetivo principal la separación del germen del resto del grano, está enfocada a la obtención de harinas, sémolas (grits), afrecho, germen y otros.

6.3.2. **Proceso de nixtamalización**

Es un proceso muy antiguo desarrollado por los aztecas, el cual todavía se utiliza para producir tortillas de buena calidad y otros productos alimenticios. Se refiere a la cocción húmeda de los granos de maíz con hidróxido de calcio en relación de 1 parte de maíz, 3 partes de 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. (Pérez, Osorio Diaz, Agama Acevedo, Nuñez Santiago, & Paredes Lopez, 2002).

**Tabla 1. Composición de harina de maíz nixtamalizada en 100gr de porción comestible.**

| Nutriente    | Valor    | Nutriente           | Valor   |
|--------------|----------|---------------------|---------|
| Agua         | 9 %      | Hierro              | 3.4 mg  |
| Energía      | 365 kcal | Tiamina             | 0.31 mg |
| Proteína     | 9.3 gr   | Riboflavina         | 0.05 mg |
| Grasa        | 3.8 g    | Niacina             | 2.40 mg |
| Carbohidrato | 76.3 g   | Vitamina C          | 0       |
| Cenizas      | 1.6 g    | Equivalente retinol | 1 mcg   |
| Calcio       | 141mg    | Fracción comest     | 1 %     |
| Fosforo      | 223 mg   |                     |         |

**Fuente:** Información extraída de Incap, Pag 31

**Tabla 2. Composición de tortilla de maíz amarillo con cal en 100gr de porción comestible.**

| Nutriente    | Valor    | Nutriente           | Valor   |
|--------------|----------|---------------------|---------|
| Agua         | 47.8 %   | Hierro              | 2.5 mg  |
| Energía      | 206 kcal | Tiamina             | 0.12 mg |
| Proteína     | 5.5 g    | Riboflavina         | 0.05 mg |
| Grasa        | 1.3 g    | Niacina             | 1.02 mg |
| Carbohidrato | 44.5 g   | Vitamina C          | 0 mg    |
| Cenizas      | 0.8 g    | Equivalente retinol | 15 mcg  |
| Calcio       | 158 mg   | Fracción comest     | 1%      |
| Fosforo      | 122      |                     |         |

**Fuente:** Información extraída de Incap, Pag 35

### 6.3.3. Usos

- Elaboración de tortillas
- Base para elaboración de tamales
- Elaboración de atoles

- **Tortilla de maíz**

Torta redonda elaborada a base de masa de maíz nixtamalizado y sometida a cocción para luego ser consumida. 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 (Menchú et al., 2011).

**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.

Después de la nixtamalización (cocer el maíz con la cal), el producto obtenido llamado nixtamal, se lava con agua para eliminar el exceso de cal, éste se moltura en molinos de piedra para obtener una pasta suave y cohesiva conocida como masa. La masa es utilizada para producir tortillas, las cuales son la principal fuente de calorías, proteínas y calcio para la población de bajos recursos económicos (Campus-Baypoli et al., 1999).

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)

**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 alrededores de todo el país. 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).

## **6.4. Guaje (*Leucaena leucocephala*)**

### **6.4.1. Aspectos agronómicos**

El guaje (*Leucaena leucocephala*) es considerado un arbusto tropical que crece todo el año, pero se desarrolla mejor en zonas de alta temperatura (25-35°C) con latitudes que abarcan desde el nivel del mar hasta 1500 m, tolera diversas condiciones de suelo desde pedregosos y esqueléticos hasta arcillas densas, pero su crecimiento óptimo es en suelos bien drenados neutros o alcalinos, una de sus características es su tolerancia a las sequías.

Esta planta tiene la particularidad que vive en simbiosis con bacterias de género *Rhizobium*, las cuales forman nódulos en las raíces. Dichas bacterias tienen capacidad para fijar nitrógeno atmosférico del suelo y hacerlo aprovechable para la planta; mediante esta simbiosis la planta de *Leucaena* puede fijar hasta 500 kg de nitrógeno por ha/año (Jones, 1979).

#### **6.4.2. Descripción botánica**

**Tallo:** puede ser recto y sin ramificaciones o presentar ramificaciones desde la base, la altura varia de 1 a 20 metros, la corteza puede ser lisa o estriada de color gris claro o pardo-moreno la variación depende de la edad de la planta, alcanza un diámetro de hasta 25cms.

**Hojas:** pequeñas alternas bipinadas y pecioladas variando su tamaño desde 5cm hasta 30cms.

**Inflorescencia:** en cabezuela de color blanco, rojiza o amarilla, de forma redondeada de 1.5 a 2 mm, estambres de 10 mm y con la antera pilosa; la planta tiende a florecer durante los meses de octubre a diciembre (Sabino Crúz, 2000).

**Fruto:** son vainas oblongas que crecen en racimos, cada racimo se compone de 15 a 60 vainas las cuales miden de 6 a 26 cm de largo por 1.5 a 2 cm de ancho, coloración varia de verde a café dependiendo del grado de madurez que presente.

**Semilla:** ligeramente elípticas de 0.5. a 1 cm de largo por 3 a 6 mm de ancho, dispuestas transversalmente en la vaina, la semilla está cubierta por una cera que retarda la absorción de agua durante la germinación. (Reyes Ortiz, 2014).

### 6.4.3. Clasificación taxonómica

**Tabla 3. Clasificación taxonómica del guaje.**

| Reino       | Vegetal                 |
|-------------|-------------------------|
| Subdivisión | Embriophyta             |
| Clase       | Fanerogama              |
| Subclase    | Dicotyledonea           |
| Orden       | Rosales                 |
| Tribu       | Mimosa                  |
| Familia     | Leguminoseae o Fabaceae |
| Subfamilia  | Mimosoideae             |
| Género      | Leucaena                |
| Especie     | Leucocephala            |

**Fuente:** Información extraída de Hermenegildo 2000, pag.15

### 6.4.4. Usos en campo

El guaje (*Leucaena leucocephala*) es considerado como árbol multipropósito debido a que tienen un sinnúmero de usos entre los que destacan los siguientes:

- Forraje para animales.
- Planta de crecimiento rápido.
- Planta de sombra en sistemas agroforestales.
- Banco de proteína.
- Fijadora de nitrógeno atmosférico.
- Barrera rompe vientos.

- Mejora la fertilidad del suelo.
- Previene la erosión del suelo.

#### **6.4.5. Antecedentes etnobotánicos**

- **Origen**

La leucaena es originaria de América tropical, aparentemente del sur de México (Yucatán). Se extiende de México hasta Nicaragua, incluyendo Guatemala, Honduras y El Salvador. Los españoles la llevaron a Filipinas y desde ahí fue introducida a Indonesia, Malasia, Papua Nueva Guinea y sureste de Asia. Naturalizada pantropical (Zárate, 1987).

- **Usos**

Históricamente el primer uso de leucaena pudo haber sido como alimento para humanos, en muchas regiones del sur de México se cultiva para usarse como alimento, las partes que se aprovechan son los retoños de las hojas, los tallos jóvenes, las yemas florales y las semillas cuando ya son maduras, estas partes son consumidas de diferentes formas.

- Los retoños y los tallos tiernos son usados como condimentos en los frijoles, también pueden ser hervidos y consumidos como verduras.
- En comunidades rurales o indígenas las semillas se consumen crudas, cocidas, tostadas o molidas, en diversas recetas mexicanas.
- Las semillas se utilizan para dar sabor y consistencia al huaxmole. El huaxmole es un guiso espeso elaborado con las semillas de guaje, jitomate, chile y carne.
- En los estados de Morelos las semillas crudas son también muy populares como golosinas y se preparan las tortillas de guaje.

- Las hojas o retoños tiernos del guaje crudo llamado huaxquelite, se comen en tortillas de maíz con sal y chile piquin asado o en salsa.
- El guaje ha sido usado en México como planta medicinal, ya que alivia daños por parásitos intestinales.
- La población Zapoteca la utilizan como colorante de sarapes.
- En México se extraen tintes marrones, rojos y negros de las vainas, hojas y corteza.
- En México y las Filipinas usan las semillas para hacer artesanías como pulseras y collares. (Reyes Ortiz, 2014).
- En los mercados municipales de la región Huista de Huehuetenango las vainas se venden por manojos o rollos y se consumen las semillas frescas.

- **Nombres comunes**

Dependiendo de la región donde se localice la leucaena es conocida con diversos nombres comunes:

**Tabla 4. Variación del nombre común de guaje según lugar de consumo.**

| Lugar                         | Nombre Común                         |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Sinaloa                       | Almendra de guaje                    |
| Zacualpan de Amilpas, Morelos | Cacala                               |
| Sierra Norte de Puebla        | Haxi                                 |
| Chiapas                       | Chajal, guaje de castilla,<br>huaxin |
| Jacaltenango, Huehuetenango   | Txa'lip                              |

**Fuente:** Información extraído de Reyes 2014

#### **6.4.6. Valor nutricional**

El valor nutritivo de un alimento depende de factores como la palatabilidad, digestibilidad, composición química y toxicidad.

En producción animal se han tenido resultados de aumento de peso vivo en un 70 – 100% debido al alto valor nutritivo de las hojas de leucaena.

La palatabilidad y digestibilidad de esta planta es excelente, su contenido proteínico varía de 4 a 23% en base natural y de 5 a 30% en base seca, es una fuente rica en carotenos y en vitaminas A y K. (Peralta Juárez, 2013).

A continuación, se presenta la composición química de diferentes partes de leucaena en porcentaje de materia seca.

**Tabla 5. Composición química (%) de diferentes partes de leucaena (% de Materia seca).**

| <b>Parte de la planta</b>           | <b>Materia seca</b> | <b>Proteína cruda</b> | <b>Extracto etéreo</b> | <b>Fibra cruda</b> | <b>Ceniza total</b> | <b>Extracto libre de nitrógeno</b> |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------------------------|
| Brote o renuevo                     | 25.8                | 47.4                  | 1.0                    | 18.8               | 6.1                 | 27.7                               |
| Hoja semi abierta                   | 25.7                | 38.4                  | 1.5                    | 10.8               | 5.2                 | 44.2                               |
| Hojas tiernas<br>abiertas           | 26.9                | 31.3                  | 1.9                    | 12.8               | 8.2                 | 45.8                               |
| Hojas maduras                       | 33.0                | 26.8                  | 2.9                    | 14.4               | 9.0                 | 46.9                               |
| Vaina verde con<br>semillas tiernas | 19.2                | 31.0                  | 0.9                    | 18.7               | 7.3                 | 42.1                               |
| Vaina verde con<br>semillas maduras | 28.4                | 25.7                  | 2.1                    | 25.4               | 7.1                 | 39.2                               |
| Vaina verde vacía                   | 26.5                | 16.0                  | 1.2                    | 11.6               | 9.3                 | 61.9                               |
| Semilla verde                       | 30.5                | 33.7                  | 4.6                    | 13.5               | 4.6                 | 43.6                               |
| Semilla verde con<br>testa          | 49.9                | 12.8                  | 0.3                    | 21.5               | 4.3                 | 61.1                               |
| Semilla verde sin<br>testa          | 41.8                | 40.5                  | 11.9                   | 3.4                | 8.6                 | 35.6                               |
| Vaina madura con<br>semilla         | 85.6                | 23.4                  | 2.8                    | 17.4               | 4.9                 | 51.5                               |
| Vaina madura sin<br>semilla         | 84.0                | 8.2                   | 0.9                    | 15.4               | 8.7                 | 66.8                               |
| Semilla madura                      | 86.4                | 32.6                  | 5.5                    | 35.8               | 5.2                 | 20.9                               |
| Semilla madura<br>con testa         | NR                  | 9.7                   | 0.4                    | 22.0               | 3.8                 | 64.1                               |
| Semilla madura<br>sin testa         | NR                  | 45.2                  | 13.8                   | 7.5                | 6.2                 | 27.3                               |

**Fuente:** Información extraída de Jose Mejía, Ileana Ramon, Edwin Salinas 2009, Pag 9

Tal como se observa en el cuadro anterior la mayor cantidad de proteína cruda se encuentra en los brotes de la planta (47.4%), semillas maduras sin testa (45.2%) y en semillas verdes con testa (40.1%).

**Tabla 6. Concentración de algunos minerales en la harina de hoja de leucaena.**

| <b>Macro elementos</b>  | <b>(mg kg MS)</b> |
|-------------------------|-------------------|
| Calcio                  | 19.0              |
| Fosforo                 | 2.2               |
| Magnesio                | 3.4               |
| Sodio                   | 0.2               |
| Potasio                 | 17.0              |
| <b>Elementos trazas</b> | <b>(mg kg MS)</b> |
| Cobre                   | 11.4              |
| Hierro                  | 907.4             |
| Zinc                    | 19.2              |
| Manganeso               | 59.9              |

**Fuente:** Información extraída de Jose Mejia, Ileana Ramon, Edwin Salinas 2009, Pag 12

#### **6.4.7. Factores toxicológicos**

La composición química de leucaena es muy amplia dentro de la cual se encuentran sustancias naturales que inducen efectos adversos en animales que lo consumen, siendo los monogástricos los más susceptibles a la presencia de dichos componentes.

- **Taninos**

Comprenden un grupo amplio de componentes fenólicos capaces de unirse a enzimas y a otras proteínas mediante puentes de hidrogeno, formando compuestos insolubles y termoestables. Son responsables de la

disminución de la digestibilidad proteínica, la inactivación de enzimas y la inhibición intestinal de azúcares. La dosis diaria admitida de taninos es de 500mg/día.

Los efectos benéficos de los taninos en la salud son: actividad antioxidante, previenen y mejoran enfermedades cardiovasculares. (Reyes Ortiz, 2014).

- **Mimosina**

Es un aminoácido no proteínico químicamente llamado 3-hidroxi-4piridona, considerado una toxina encontrada en hojas, raíces y semillas de leucaena, su contenido varía entre 2- 5% dependiendo de la especie, variedad y estado de la planta, se presenta en mayor concentración en partes tiernas o con crecimiento activo (Peralta Juárez, 2013).

Dietas mayores al 40% de leucaena pueden provocar intoxicación por mimosina. En animales la intoxicación se manifiesta como anorexia, disminución en la ganancia de peso, ceguera y en casos extremos la muerte. (Reyes Ortiz, 2014).

La mimosina es agudamente antimitótica, inhibe la síntesis de ADN, particularmente en células que se dividen rápidamente y puede causar daño a los órganos internos. (Angelis y otros, 2021)

#### **6.4.8. Estudios realizados**

- **Desarrollo de una harina de semilla de leucaena esculenta (DC) para uso alimenticio**

El objetivo de esta investigación fue modificar algunas propiedades nutricionales de las semillas secas de Leucaena esculenta, mediante un proceso termoalcalino, para la obtención de una harina útil en la preparación de alimentos. Para optimizar el proceso termoalcalino se aplicó el diseño San Cristóbal, teniendo como respuestas el calcio y la proteína. Las propiedades nutricionales y nutraceuticas de las semillas procesadas fueron comparadas con aquellas de las semillas sin procesar, además, en las semillas procesadas se evaluó la toxicidad y se aislaron las fracciones proteicas. De acuerdo con los resultados, las condiciones óptimas del

proceso termoalcalino fueron las siguientes: para 100 g de semillas se utilizó una solución (300 mL) de óxido calcio a una concentración de 0.004 g mL<sup>-1</sup>, 42 minutos de cocción y 8 h de reposo. En la harina de semillas secas con proceso termoalcalino el calcio aumentó en un 85 %, la fibra cruda fue 14.89 % menor, además se determinó que el ácido graso más abundante fue el linoleico (35.80 %) y que las fracciones proteicas mayoritarias corresponden a las glutelinas (56.40 %). Finalmente, la mimosina, aminoácido tóxico presente en las plantas del género leucaena, no presentó diferencias significativas respecto a las semillas sin procesar. El desarrollo de esta harina, mediante la optimización del proceso termoalcalino, permitirá dar un uso alternativo a las semillas secas de *Leucaena esculenta*. (García Maceda, 2019).

- **Utilización de la harina de *Leucaena leucocephala* en la alimentación de conejos neozelandés en la etapa de crecimiento – engorde.**

Se evaluó la utilización de la harina de leucaena (5, 10 y 15 %), en la alimentación de conejos neozelandés en la etapa crecimiento - engorde. Para lo cual se utilizó 40 conejos neozelandés 20 machos y 20 hembras de 45 días de edad y un peso promedio de 732,45 g, distribuidos bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo combinatorio de 2 factores, con 5 repeticiones. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey, los resultados del análisis bromatológico de la harina de leucaena reportó un contenido de proteína bruta (16,59 %), grasa bruta (2,23%), extracto libre de nitrógeno (43,16 %) y fibra bruta (23,75 %). En cuanto a los resultados productivos mediante la inclusión del 10 % de harina de leucaena, se alcanzó un peso final (2298,4 g); ganancia de peso (1564,8 g), una eficiente conversión alimenticia de 4,65; un peso a la canal de (1402,65 g) y un rendimiento a la canal (61,03 %). De acuerdo al factor sexo, se observa una supremacía en machos con relación a las hembras. La mayor rentabilidad se obtuvo con el 10% de harina de leucaena, alcanzando un beneficio/costo de 1,16 lo que representa que por cada dólar invertido existe una rentabilidad de 0,16 USD. Por lo tanto, la utilización de la harina de leucaena, no afecta en el comportamiento productivo

de los conejos, por lo que se recomienda utilizar el 10 % de harina de leucaena en raciones alimenticias para conejos en la etapa crecimiento – engorde (Pilco Vilema, 2016).

- **Uso antropocéntrico del guaje *Leucaena esculenta* benth, en dos comunidades de la mixteca baja oaxaqueña**

El objetivo de la presente investigación fue cuantificar el uso del guaje en la alimentación y el conocimiento en la medicina tradicional, mediante un análisis canónico discriminante (ACD) en las comunidades de Santiago Cacaloxtpec y S. Huajolotitlán en la mixteca baja de Oaxaca. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado y se aplicó un cuestionario etnobotánico en cada comunidad. Posteriormente se calculó el valor potencial máximo de conocimiento de cada informante (PM), el análisis de los datos se realizó mediante un análisis canónico discriminante (ACD). El PM para S. Huajolotitlán (0.87), S. Cacaloxtpec (0.81) lo que mostró que los informantes tienen conocimiento sobre la biología y uso medicinal del guaje. El ACD mostró diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) para la forma de preparación del guaje en Huajolotitlán el 55.3% preparan el guaje en salsa, el 8.3% en guaximole. En lo que respecta a las enfermedades relacionadas con los parásitos el porcentaje de variación fue del 57%, y para el dolor de estómago el 21%. En S. Cacaloxtpec el 30% de entrevistados preparan el guaje en salsa. El porcentaje de variación para el uso medicinal fue del 35% como desparasitante y el 16% elaboran artesanías. Se concluye que el principal uso del guaje en ambas comunidades es el de alimento siendo la principal estructura comestible las semillas y la corteza como desparasitante. (Peralta Juárez, 2017)

- **Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena* spp.): un recurso ancestral subutilizado**

El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de minerales, componentes nutricionales y antioxidantes para contribuir a la revalorización alimentaria del guaje rojo (*L. esculenta* Benth.) y verde (*L. leucocephala* Lam.). Los contenidos de antocianinas, flavonoides, fenoles totales, taninos y actividad antioxidante se cuantificaron, así como la composición proximal y mineral. Las semillas de guaje rojo superaron a las de guaje verde en los contenidos de N, Mg, Mn, P y Zn; en contraste, las semillas de guaje verde presentaron niveles mayores de Na y de Fe. El contenido de fibra cruda fue 10.55 y 10.07 % en guaje rojo y verde, respectivamente, mientras que el de proteína fue 33.12 % en guaje rojo y 31.7 % en el verde. En conclusión, las semillas de guaje podrían considerarse un alimento funcional, principalmente las de guaje rojo debido a su calidad nutricional y mayor actividad antioxidante. (Nallely Román, 2014)

## **6.5. Proteínas**

Contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y a menudo azufre. Son muy importantes como sustancias nitrogenadas necesarias para el crecimiento y la reparación de los tejidos corporales. Son el principal componente estructural de las células y los tejidos, constituyen la mayor porción de sustancia de los músculos y órganos después del agua. (FAO, 2016).

Son sustancias nutritivas que tienen funciones esenciales para la vida, por lo que deben estar presentes de forma constante en la dieta de los seres humanos.

### **6.5.1. Fuentes de proteínas**

Se encuentran y son suministrados al cuerpo a través de la ingesta de los alimentos. Según su origen se dividen en dos grupos, animal y vegetal, la de mejor calidad es la animal debido a que contiene todos los

aminoácidos esenciales en las cantidades requeridas por el organismo, la vegetal varia en el contenido de los aminoácidos esenciales, por lo que se recomienda la combinación de alimentos y así lograr el balance de aminoácidos esenciales, esta práctica es de suma importancia para la población vegetariana y para personas de bajo recurso económico.

**Tabla 7. Alimentos ricos en proteínas.**

| Proteína animal       | Proteína vegetal        |
|-----------------------|-------------------------|
| Pescado               | Legumbres               |
| Mariscos              | Semillas                |
| Carnes                | Cereales                |
| Leche                 | Vegetales de hoja verde |
| Derivados de la leche |                         |
| Huevos                |                         |

**Fuente:** Información extraída de FAO fuentes de proteínas, Pag 41

**6.5.2. Requerimientos del cuerpo humano**

La cantidad de proteína recomendable o necesaria para consumo del ser humano varía según la edad, sexo y estado fisiológico.

**Tabla 8. Cantidad diaria de proteína recomendada para cubrir las necesidades de la población con la dieta mixta latinoamericana.**

|                              | <b>Edad</b>   | <b>Ingesta recomendada (g/kg/día)</b> |
|------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Niños                        | 4-6 meses     | 2.5                                   |
|                              | 7-9 meses     | 2.2                                   |
|                              | 10-12 mese    | 2.0                                   |
|                              | 1-2 años      | 1.6                                   |
|                              | 2-3 años      | 1.55                                  |
|                              | 3-5 años      | 1.5                                   |
|                              | 5-12 años     | 1.35                                  |
| Hombres                      | 12-14 años    | 1.35                                  |
|                              | 14-16 años    | 1.3                                   |
|                              | 16-18 años    | 1.2                                   |
|                              | 18 a más años | 1.0                                   |
| Mujeres                      | 12-14 años    | 1.3                                   |
|                              | 14-16 años    | 1.2                                   |
|                              | 16-18 años    | 1.1                                   |
|                              | 18 a más años | 1                                     |
|                              |               | <b>Cantidad adicional por día (g)</b> |
| Embarazo                     |               | 8                                     |
| Lactancia primeros 6 meses   |               | 23                                    |
| Lactancia después de 6 meses |               | 16                                    |

**Fuente:** Información extraída de FAO necesidades nutricionales, Pag 39

### **6.5.3. El papel de las proteínas en las personas**

- Asegura el buen funcionamiento del organismo
- Para el crecimiento y el desarrollo de tejidos corporales
- Para el mantenimiento y la reparación del cuerpo
- Para el reemplazo de tejidos desgastados o dañados
- Para producir enzimas metabólicas y digestivas
- Como constituyente esencial de ciertas hormonas
- Proporcionan energía (1g de proteínas aporta 4 kcal)
- Forma defensas contra enfermedades (FAO, 2016).

### **6.5.4. Problemas por deficiencia de proteínas**

La falta de proteína en el cuerpo humano puede provocar lo que comúnmente se conoce como desnutrición proteica la cual se da en aquellas personas cuya dieta apenas contiene proteína y que se alimentan, principalmente, de carbohidratos. Este tipo de desnutrición provoca una menor resistencia del cuerpo a las infecciones, alteraciones de la piel, problemas hepáticos, anemia, síndrome nefrótico, enfermedad celíaca (Ayuda en acción, 2018).

### **6.5.5. Determinación de proteína**

Las proteínas de los alimentos contienen aminoácidos, los cuales poseen diversos grupos funcionales, por tanto, efectúan una amplia variedad de reacciones químicas, motivo por el cual existe una variedad amplia de métodos de determinación, entre los cuales se encuentran: Titulación con formol, métodos colorimétricos,

destilación directa, métodos espectroscópicos y método Kjeldahl, el cual sirve como referencia para la calibración de todos los métodos anteriores.

Método Kjeldahl Se caracteriza por el uso de ebullición, ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado in situ o por destilación alcalina y titulación\_(S. Kirk, Sawyer, & Egan, 2006).

### 6.6.Evaluación sensorial.

Es la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Hernández Alarcón, 2005).

La evaluación sensorial es una herramienta útil en el desarrollo de nuevos productos, para análisis de mercado, en la evaluación de calidad de productos, para conocer la reacción del consumidor entre otros. Según el método de respuesta la evaluación sensorial se divide de la siguiente manera:

Tabla 9. Métodos de la evaluación sensorial

| Evaluacion sensorial                         |                                                                 |                                                  |                                                                  |                      |                       |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Respuesta Objetiva                           |                                                                 |                                                  | Respuesta Subjetiva                                              |                      |                       |
| Test de valoración                           | Test de diferencia                                              | Test analítico                                   | Test de preferencia                                              | Prueba de aceptación | Panel de consumidores |
| Descriptivo<br>Numérico<br>Puntaje compuesto | Estímulo único<br>Comparación pareada<br>Dúo.trío<br>Triangular | Sabor extraño específico<br>Análisis descriptivo | Preferencia pareada<br>Ordenamiento<br>Escala hedónica<br>Verbal | Panel piloto         |                       |

Fuente: Información extraída de Hernández Alarcón 2005

**Prueba de escala hedónica verbal:** Es un test de preferencia con respuesta subjetiva, pueden ser de cinco a once puntos variando desde el máximo nivel de gusto al máximo nivel de disgusto y cuenta con un valor medio neutro, a fin de facilitar al juez la localización de un punto de indiferencia. Para realizar la prueba pueden presentarse una o varias muestras para que sean evaluadas por separadas según la naturaleza del estímulo, no obstante, se ha comprobado que el juez tiende a hacer comparaciones entre las muestras y sus respuestas están condicionados a ello, de ahí que, si desea tener un criterio de aceptación totalmente independiente para cada muestra analizada, deba presentarse cada una en sesiones de evaluación diferentes (Hernández Alarcón, 2005). Para analizar los datos obtenidos mediante esta prueba, se realiza una conversión de la escala verbal en numérica, esto es, se le asignan valores consecutivos a cada descripción, dichos valores pueden procesarse posteriormente a través del análisis estadístico, o simplemente llegar a una conclusión de la aceptación de los productos mediante el valor obtenido al calcular la media aritmética de la respuesta del total de jueces para cada muestra y hacerlo coincidir con el término que corresponde con la descripción verbal (Hernández Alarcón, 2005)

## **7. Objetivos**

### **7.1 General**

Determinar el contenido de proteína en tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada y harina de semillas de guaje (*Leucaena leucocephala*).

### **7.2.Específicos**

- 7.2.1. Formular tres harinas a partir de semillas de guaje y harina de maíz nixtamalizada para la elaboración de tortillas.
- 7.2.2. Evaluar por medio de panel sensorial la aceptabilidad de las tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje.
- 7.2.3. Cuantificar por análisis químico proximal en laboratorio externo la cantidad de proteína presente en tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje.
- 7.2.4. Identificar si existe diferencia estadísticamente significativa en los datos obtenidos del panel sensorial a través de un análisis estadístico de Anova.

## **8. Hipótesis**

Las tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje igualan o superan el 5.5% equivalente a cien gramos de tortilla elaborada con harina de maíz amarillo.

## **9. Recursos**

### **9.1. Recursos humanos.**

Para llevar a cabo la investigación se requiere de apoyo de diversas personas entre las cuales destacan:

- Estudiante tesista: T.U. Flor de María Candelaria Domingo Camposeco
- Asesor principal: M.V. Edgar Roberto del Cid Chacón.
- Panelistas: Personas con conocimiento o formación en análisis sensoriales y consumidores o potenciales consumidores.

### **9.2. Recursos institucionales.**

- Centro Universitario de Suroccidente, CUNSUROC, Mazatenango, Suchitepéquez.
- Laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **9.3. Recursos económicos.**

- Los gastos realizados durante la investigación fueron sufragados por la estudiante.

## **10. Materiales y equipo**

### **10.1 Equipos**

- Deshidratador
- Balanza analítica
- Molino de martillos
- Estufa
- Termómetro
- Equipo de computo

### **10.2 Utensilios**

- Recipientes plásticos
- Becker
- Comal
- Bolsas plásticas
- Lapiceros
- Boletas
- Vasos, platos descartables
- Servilletas

### **10.3 Materias primas**

- Harina de maíz nixtamalizada.
- Harina de semillas de guaje
- Agua

## 11. Diseño estadístico

### 11.1. Diseño estadístico de análisis sensorial

Se realizó una prueba hedónica obteniendo de ella datos numéricos los cuales fueron la base para realizar un análisis de varianza (ANOVA) de interpretación Fisher.

El análisis de varianza contempló dos hipótesis:

- Hipótesis nula: indica que no existe diferencia significativa entre muestras
- Hipótesis alterna indica que existe diferencia significativa entre las medias.

Las hipótesis fueron interpretadas acorde a los siguientes criterios:

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

## 12. Marco operativo

### 12.1. Metodología para la elaboración de la tortilla a base de semillas de guaje y harina de maíz nixtamalizada.

#### 12.1.1. Obtención de materia prima

- **Compra de guaje (*Leucaena leucocephala*)**

Las vainas fueron compradas en el mercado municipal del municipio de Jacaltenango, Huehuetenango.

- **Desvainado**

Se cortaron los ápices de las vainas de guaje, para luego jalar a la parte inferior provocando que la vaina se abriera de forma longitudinal, con el dedo pulgar se rozó a lo largo de la vaina logrando el desprendimiento de las semillas.

#### 12.1.2. Proceso de elaboración de harina de semillas de guaje (Véase apéndice 1)

- **Pesado:** se realizó utilizando una balanza digital, con el fin de determinar el peso de las semillas a utilizar.
- **Acondicionado:** las semillas de guaje se colocaron en un recipiente con agua durante 48hrs, cambiando agua a cada 24hrs.
- **Deshidratado:** se llevó a cabo sometiendo la semilla de guaje a una temperatura de 75°C por 7 horas.
- **Molienda:** tiene como fin principal convertir las semillas de guaje en harina (polvo de partículas pequeñas) lo cual se logró utilizando un molino de martillos.
- **Tamizado:** se realizó pasando la harina por un cernedor, con el fin de obtener partículas del mismo tamaño.
- **Almacenado:** luego del tamizado la harina se colocó en bolsas de polietileno y se guardó en un lugar fresco.

### 12.1.3. Formulación de mezclas de harinas

Tomando en cuenta criterios organolépticos se revelan tres formulaciones teóricas (873, 856 y 932) las cuales varían en el porcentaje de harina de semillas de guaje y harina de maíz nixtamalizado incorporada.

### 12.1.4. Proceso de elaboración de tortilla a base de mezcla de harina maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje (Véase apéndice 2)

- **Recepción de materia prima:** para realizar tortillas se utilizó como base harina de maíz nixtamalizada color amarillo, la cual se obtuvo en una abarrotería de la localidad y harina de semillas de guaje previamente elaborada.
- **Pesado:** utilizando una balanza analítica, se pesó por separado harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje en diferentes proporciones.
- **Homogenización:** en una bolsa plástica se agregó harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje, la cual se agitó de un lado para otro, con el objetivo de obtener una mezcla homogénea.
- **Hidratación:** en un recipiente plástico se colocó la mezcla de harinas de maíz nixtamalizada y semillas de guaje, se agregó abundante agua, hasta lograr una pasta maleable por medio de amasado.
- **Moldeado:** se elaboraron pelotas de 30 gr de masa, las cuales fueron sometidas a presión en una torteadora de uso casero, con la finalidad de aplastar la masa y obtener una forma circular.
- **Cocción:** en un comal caliente (80-100°C) se colocaron las tortillas por un tiempo aproximado de dos minutos volteándolo de lado a lado, con la finalidad de obtener una tortilla cocida uniformemente.
- **Almacenado:** luego de la cocción las tortillas fueron colocadas en un mantel de tela donde permanecieron hasta ser utilizadas (consumidas/analizadas).

## **12.2. Metodología para el desarrollo de análisis sensorial**

Para determinar la preferencia de las tortillas elaboradas con tres formulaciones de mezcla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada y harina de semillas de guaje (*Leucaena leucocephala*), se desarrolló un panel piloto, en las instalaciones del laboratorio de evaluación sensorial de la carrera de Ingeniería en Alimentos, contando con la participación de 36 jueces, los cuales utilizaron un test de respuesta subjetiva (escala hedónica de siete puntos) para evaluar las características organolépticas (olor, color, sabor y textura) de las muestras (tortillas) proporcionadas.

### **12.2.1 Preparación de muestras**

Previo a servir las muestras para evaluación de los jueces se realizaron las actividades siguientes:

- Codificación de bandejas descartables con los códigos de formulación correspondiente (873, 856, 932).
- Colocación de 15g de cada muestra en el espacio previamente identificado.
- Colocación de agua pura a temperatura ambiente
- Colocación de vaso descartable vacío, para depositar residuos (muestra/agua) cada vez que sea necesario.
- Colocación de boleta de evaluación (escala hedónica) y lapicero.

### **12.2.2. Análisis de muestras**

- Al tener las muestras preparadas se solicitó a los jueces tomar asiento.
- Se dieron instrucciones de evaluación, indicando los códigos de las muestras y los parámetros a evaluar.
- Se solicitó llenar la boleta según nivel de agrado presentado por cada muestra.

### **12.3. Metodología para preparación del análisis de producto terminado (tortillas).**

Con la finalidad de conocer la cantidad de proteína presente en las tortillas elaboradas con la formulación de harina de maíz nixtamalizada y harina de semilla de guaje de mayor aceptación (932), se envió una muestra al laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tomando en cuenta las condiciones siguientes:

- Muestra identificada con el código, día de producción y análisis requerido.
- Muestra a temperatura ambiente.
- Empacada en bolsas herméticas.

### 13. Resultados y discusión de resultados

Se deshidrataron 1816g de semilla de guaje a una temperatura de 75°C por un tiempo de 7hr, obteniendo 908g de semillas deshidratadas, las cuales fueron trituradas por medio de un molino de martillos y luego tamizadas en un mesh número 35, obteniendo un total de 897g de harina de semillas de guaje de 500 micrones, se estima que un 10% de producto se perdió durante el proceso de la molienda y tamizado.

**Tabla 10. Formulas utilizadas para la elaboración de tortillas.**

| <b>Materia Prima</b> | <b>873 (%)</b> | <b>856 (%)</b> | <b>932 (%)</b> |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| Harina de maíz       | 70             | 80             | 90             |
| Harina de guaje      | 30             | 20             | 10             |
| Total                | 100            | 100            | 100            |

**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se establecen los porcentajes de harina de semillas de guaje y harina de maíz nixtamalizada, utilizadas en las formulaciones teóricas planteadas para la elaboración de tortillas, provocando variación en el color de la harina y tortilla, tornándose más oscuras las identificadas con el código 873 debido a que poseen mayor porcentaje (30%) de harina de semilla de guaje.

Con la finalidad de conocer la aceptabilidad de las tortillas elaboradas con distintas formulaciones de harina de semillas de guaje y harina de maíz nixtamalizada, se desarrolló un panel sensorial utilizando escala hedónica de siete puntos. Los datos obtenidos de la evaluación de cada atributo se utilizaron para realizar un análisis de varianza de interpretación Fisher

**Tabla 11. Medias obtenidas de escala hedónica de 7 puntos**

| Atributos | Medias |      |      |
|-----------|--------|------|------|
|           | 873    | 856  | 932  |
| Olor      | 4.67   | 5.11 | 5.97 |
| Color     | 4.75   | 5.33 | 5.86 |
| Sabor     | 3.97   | 4.94 | 5.92 |
| Textura   | 4.61   | 5.56 | 6.00 |

**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se observa que las medias identificadas con el código 932 en los atributos organolépticos olor, color, sabor y textura, presentan los valores de medias más altos (5.97, 5.86, 5.92 y 6), estableciendo que es la muestra de mayor agrado sensorial según escala hedónica en el criterio de “me gusta moderadamente”.

**Tabla 12. Valor de F calculada y F tabulada para cada característica organoléptica**

| Atributo       | F calculada | F tabulada  | Conclusión                                       |
|----------------|-------------|-------------|--------------------------------------------------|
| <b>Olor</b>    | 7.76317493  | 3.082852016 | Existe diferencia estadísticamente significativa |
| <b>Color</b>   | 5.986186272 | 3.082852016 | Existe diferencia estadísticamente significativa |
| <b>Sabor</b>   | 18.64670919 | 3.082852016 | Existe diferencia estadísticamente significativa |
| <b>Textura</b> | 10.36644458 | 3.082852016 | Existe diferencia estadísticamente significativa |

**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se puede observar que en los cuatro atributos (color, olor, sabor y textura) evaluados, la F calculada es mayor que la F tabulada, lo que significa, que existe diferencia estadística significativa entre las medias de las tres formulaciones de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje utilizadas para la elaboración de

tortillas, siendo necesario identificar a través de la prueba de Tukey cuál de las variables presenta dicha diferencia.

Tabla 13. Resultados prueba de Tukey

| Atributos | Diferencia                 | Medias |        |        | Diferencia de Medias |          |          |
|-----------|----------------------------|--------|--------|--------|----------------------|----------|----------|
|           | Honestamente Significativa | 873    | 856    | 932    | 873 – 856            | 873- 932 | 856 -932 |
| Olor      | 0.8005                     | 4.6667 | 5.1111 | 5.9722 | 0.4444               | 1.3056   | 0.8611   |
| Color     | 0.7633                     | 4.7500 | 5.3333 | 5.8611 | 0.5833               | 1.1111   | 0.5278   |
| Sabor     | 0.7565                     | 3.9722 | 4.9444 | 5.9167 | 0.9722               | 1.9444   | 0.9722   |
| Textura   | 0.7402                     | 4.6111 | 5.5556 | 6.0000 | 0.9444               | 1.3889   | 0.4444   |

Fuente: Elaborado por Flor Domingo 2024

Se observan los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, los cuales indican que las tres formulaciones presentan diferencia en cada uno de los atributos (olor, color, sabor y textura) evaluados.

En el atributo de olor, la diferencia se presentó entre las 873-932 y 856-932, siendo las diferencias 1.3056 y 0.8611 respectivamente, superando la diferencia honestamente significativa de 0.8005, por lo que se concluye que son significativamente diferentes.

En color, la diferencia únicamente se identificó entre las muestras 873 – 932, con un valor de 1.1111 superando la diferencia honestamente significativa de 0.7633 estableciéndose como la única diferente, sin embargo, en cuanto al sabor, la diferencia se presentó entre las tres formulaciones con valores de: 0.9722, 1.9444 y 0.9722, superando el valor de la diferencia honestamente significativa de 0.7565.

En textura, la diferencia se dio entre las muestras 873 -856 y 873 – 932, con valores de: 0.9444 y 1.3889 respectivamente, superando la diferencia honestamente significativa de 0.7402, por lo que ambas son consideradas significativamente diferentes.

Luego del análisis sensorial se determinó que las tortillas elaboradas con la formulación identificada con el código 932 son de mayor agrado al consumidor, a través de un análisis químico proximal se efectuó el análisis para determinar cantidad de proteína presente, obteniendo los resultados siguientes:

**Tabla 14. Contenido de proteína presente en tortillas de harina de maíz nixtamalizada y tortillas de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje**

| Muestra       | T. de Harina de Maíz | T. de H.M. y Semillas de Guaje | Diferencia |
|---------------|----------------------|--------------------------------|------------|
| Base seca     | 8.12 %               | 10.01 %                        | 1.9 %      |
| Como Alimento | 4.39 %               | 5.55 %                         | 1.2 %      |

**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

La tabla permite hacer un comparativo de resultados, identificando que las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje presentan un incremento del 1.9% del contenido de proteína en base seca y 1.2% del contenido de proteína como alimento, concluyendo que las semillas de guaje son fuente de proteínas y pueden utilizarse como medio de fortificación.

## **14. Conclusiones**

- 14.1. Se acepta la hipótesis planteada, debido, a que los resultados obtenidos evidencian que la incorporación del 10% de harina de semillas de guaje a las tortillas de maíz nixtamalizada, igualan el 5.55% equivalente a cien gramos de tortilla elaborada con harina de maíz amarillo, demostrando así el potencial de la harina de semillas de guaje como una fuente de proteína vegetal.
- 14.2. De acuerdo con los resultados de la evaluación sensorial, la tortilla identificada con el código 932 fue la que obtuvo mayor aceptación por parte de los evaluadores. Esta preferencia se atribuye a que el perfil sensorial es más cercano al de una tortilla convencional debido a que el porcentaje harina de semilla de guaje incorporado fue menor en relación a las otras dos muestras evaluadas.
- 14.3. Por análisis químico proximal se determinó que las tortillas elaboradas con el 10% de harina de semillas de guaje contienen 5.55% de proteína como alimento y el 10.01 % de proteína base seca, con este hallazgo se enriquece el valor nutricional de un alimento básico.
- 14.4. Por medio del análisis de varianza, (ANOVA), se determinó que existe diferencia estadística significativa entre los atributos (olor, color, sabor y textura) de las distintas muestras evaluadas en el panel sensorial, indicando que la incorporación de harina de semillas de guaje en diferentes proporciones ha influido de manera notable en la percepción sensorial de las tortillas, generando perfiles sensoriales característicos para cada formulación.

## **15. Recomendaciones**

- 15.1. Socializar los beneficios que aporta el consumo de tortillas elaboradas a base de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje, como fuente de proteína vegetal y promover el consumo de alimentos tradicionales fortificados con ingredientes locales, como una estrategia para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de la población.
- 15.2. Es importante realizar estudios adicionales enfocados en optimizar las formulaciones con porcentajes superiores al 10% de harina de semillas de guaje, a fin de mitigar las diferencias organolépticas percibidas y garantizar la aceptación del consumidor.
- 15.3. Debido a que el incremento de proteína al incorporar harina de semilla de guaje es notorio, se sugiere continuar con estudios de las diversas partes vegetativas (hojas, tallos, vainas) del guaje para mayor aprovechamiento del recurso local y desarrollar productos alternativos con un mayor valor nutricional.
- 15.4. Realizar estudios adicionales para evaluar el impacto del consumo regular de tortillas enriquecidas con semillas de guaje en diversos indicadores de salud, como alternativa nutricional para regiones con índices de desnutrición.

## 16. Referencias

- Agama Acevedo, E., Nuñez Santiago, C., Paredes Lopez, O., Bello Pérez, L. A., & Osorio Díaz, P. (2002). Propiedades físicas, químicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. Revista Dialnet, 36(3). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7110983>
- Alarcón, E. (2015). Análisis sensorial de alimentos. <http://avibert.blogspot.com/2012/06/panel-de-evaluacion-sensorial-analisis.html>
- Angelis, A., Gaco, L., Parisi, G., & Pier, P. D. (2021). A Multipurpose Leguminous Plant for the Mediterranean Countries: *Leucaena leucocephala* as an Alternative Protein Source: A Review. <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/8/2230>
- Avilán, L. (2018). <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/6292>
- Ayuda en acción. (08 de 8 de 2018). Tipos de desnutrición y sus efectos. <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/derechos-humanos/tipos-de-desnutricion/>
- Ayuda en Acción. (08 de 8 de 2018). Tipos de desnutrición y sus efectos. <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/derechos-humanos/tipos-de-desnutricion/>
- Baring. (2018). [https://baring.com.ar/contenidos/2018/01/22/Editorial\\_2878.php](https://baring.com.ar/contenidos/2018/01/22/Editorial_2878.php)
- Belgian, D. (6 de Marzo de 2022). <https://cervezadolina.com/guia-cerveza-artesanal/>
- Caicedo, E. F. (2022). producción de una cerveza artesanal tipo blonde ale utilizando levaduras nativas.
- Calvillo, E. (Mayo de 2017). <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/gt/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>
- Cámara de la cerveza y de malta. (2020). <https://cervecerosdemexico.com/2020/08/17/por-que-la-cerveza-es-amarga/>
- Carlos, F. (2011). Cohesividad . <https://slideplayer.es/slide/3420226/>

Carlos, F. (2011). SlidePlayer. <https://slideplayer.es/slide/3420226/>

Castillo, T. (2016). <https://www.bonviveur.es/the-food-street-journal/cervezas-artesanales-cuando-lo-son>

Cervezero. (2020). <https://hacercervezaartesanal.com/como-fermentar-cerveza/>

Cultura cervecista. (2020). <https://www.loscervecistas.es/cultura-cervecista/la-fermentacion-clave-en-la-produccion-cervecera/>

Definición ABC . (Marzo de 2012). Definición de ápice. [www.definicionabc.com/general/apice.php](http://www.definicionabc.com/general/apice.php)

Definición ABC . (Marzo de 2012). Florencia Ucha . [www.definicionabc.com/general/apice.php](http://www.definicionabc.com/general/apice.php)

Domínguez, M. L. (2007). <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>

Educalingo. (2019). <https://educalingo.com/es/dic-es/eliptico>

Educalingo. (2019). Éliptico. <https://educalingo.com/es/dic-es/eliptico>

El mundo forestal. (s.f.). <http://www.elmundoforestal.com/terminologia/peciolo.html>

El mundo forestal. (s.f.). Peciolo . <http://www.elmundoforestal.com/terminologia/peciolo.html>

F. Gonzales, M. Y. (2016). Proceso de fabricación de harina precocida de maiz. Venezuela: Universidad Jose Antonio Paez.

FAO. (04 de 11 de 2016). Macronutrientes:Carbohidratos, grasas y proteínas.  
<http://www.fao.org/3/W0073S/w0073s0d.htm#TopOfPage>

FAO. (04 de 11 de 2016). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Nutrición humana en el mundo en desarrollo: <http://www.fao.org/3/W0073S/w0073s0d.htm#TopOfPage>

FAO. (s.f.). Manula de tecnicas para laboratorio de nutricion de peces y crustaceos. Manula de tecnicas para laboratorio de nutricion de peces y crustaceos: <http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S00.htm#TOC>

FAO. (s.f. ). Manual de técnicas para laboratorio de nutricion de peces y crustaceos. FAO:  
<http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S00.htm#TOC>

García Maceda, G. (2019). Desarrollo de una harina de semilla de *Leucaena esculenta* (DC) Benth para uso alimenticio. [Tesis Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.Universidad Autonoma de Chapingo]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/fbaee700-b251-4d4c-98d5-a7222093be73/full>

García Maceda, G. (12 de 2019). Universidad autonoma chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/fbaee700-b251-4d4c-98d5-a7222093be73>

González, F., Avila, M., Gil, Y., & Velasco , D. (2016). Proceso de fabricación de harina precocida de maiz. Universidad Jose Antonio Paez. [https://www.academia.edu/35808891/proceso\\_de\\_fabricacion\\_de\\_la\\_harina\\_precocida\\_de\\_maiz](https://www.academia.edu/35808891/proceso_de_fabricacion_de_la_harina_precocida_de_maiz)

Hernandez Alarcon, E. (2005). Evaluación Sensorial. Universidad Nacional Abierta y Adistancia -UNAD-.

Hernández Alarcón, E. (2005). Evaluación Sensorial. <https://www.coursehero.com/es/file/45917368/Hernandez-2005-evaluacion-sensorialpdf/>

Hughes, C. (2001). *Leucaena leucocephala* subsp. *glabrata* (Rose) Zarate. <https://datosabiertos.unam.mx/ibunam:mexu:204706>

INAB. (2023). Guía técnica de especiés forestales nativas para restauración del paisaje forestal de Guatemala. INAB: <https://restauracionforestal.inab.gob.gt/images/biblioteca/guias-de-restauracion-forestal/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20especies%20forestales%20nativas%20para%20restauraci%C3%B3n%20del%20paisaje%20forestal%20de%20Guatemala.pdf>

INCAP. (2007). Tabla de Composición de Alimentos de Centro América (2o.Ed ed.). (M. T. Menchú , & H. Méndez, Edits.) <https://www.sica.int>

Instituto de nutricion de centro america y panama -INCAP-. (s.f.). Tabla de composicion de de alimentos de centroamerica . <https://bvssan.incap.int/local/M/ME-0085%20T1.PDF>

Instituto Nacional de Bosques -INAB. (Mayo de 2023). Guía técnica de especies forestales nativas para restauracion del paisaje forestal de Guatemala. <https://www.inab.gob.gt/images/documentos/tecnicos/Guia-especies.pdf>

Julian Pérez Porto. (2019). Definición.de. <https://definicion.de/oblongo/>

Julian Pérez Porto. (2019). Oblongo. <https://definicion.de/oblongo/>

Kenshosake. (2015). <http://www.kenshosake.com/levadura-cerveza-ale-o-lager/>

Kirk , R. S., Sawyer, R., & Egan, H. (1996). Composición y análisis de alimentos de Pearson (2o. Ed ed.). Continental. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UCR.000067983/Description>

Laboratorio de Investigación en Productos agroindustriales. (s.f.). <http://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreira-.pdf>

López, D. (2020). <https://hacercervezaartesanal.com/historia-de-la-cerveza/>

MAGA, SESAN. (2015). Cuarto censo nacional de talla. Guatemala.

Mammafiore. (2014). <http://www.restaurantmatilda.com/es/blog/diferencias-entre-cerveza-artesanal-e-industrial>

María, C. (2016). <http://www.cervezaysalud.es/conociendo-a-la-cerveza/ingredientes-de-la-cerveza/>

María, M. (2018). <http://postgrado.fausac.gt/wp-content/uploads/2018/06/Mar%C3%ADa-Eugenia-Monterroso.pdf>

Mejia Cardoza, J. B., Ramon Lazo, I. M., & Salinas Castellanos, E. F. (2009). Determinacion del valor nutricional de Leucaena cruda, lavada y con sulfato ferroso al 0.5% y 1% en raciones para pollo de engorde. Universidad del Salvador, Ciencias agronomicas. <http://ri.ues.edu.sv/1646/1/13100687.pdf>

Mejia Cardoza, J. B., Ramón Lazo, I. M., & Salinas Castellanos, E. F. (2009). Determinacion del valor nutricional de Leucaena cruda, lavada y con sulfato ferroso al 0.5% y 1% en raciones para pollo de engorde. Universidad de El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/1646/1/13100687.pdf>

México Desconocido. (06 de 2010). <https://www.mexicodesconocido.com.mx/el-sarape.html>

México Desconocido. (06 de 2010). El Sarape. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/el-sarape.html>

- Mineduc, sesan, ine. (2015). Cuarto censo nacional de talla: en escolares del primer grado de educación primaria del sector público de la república de Guatemala. <https://www.maga.gob.gt/download/4Censo-nacional.pdf>
- Montseny. (2019). <https://cervesamontseny.cat/es/las-7-diferencias-entre-la-cerveza-artesana-y-la-industrial/>
- Nallely Román, M. d. (2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena* spp.): un recurso ancestral subutilizado. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2014000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2014000200003)
- Pappa, Y. (Junio de 2014). <https://mejorconsalud.as.com/para-que-sirve-y-como-se-consume-la-cebada/>
- Peel, A. (2018). <https://www.bonviveur.es/the-food-street-journal/lupulo-el-ingrediente-detras-del-amargor-y-el-aroma-de-la-cerveza>
- Penna, E. (2019). <https://elizaconalep.wordpress.com/evaluacion-sensorial/>
- Peralta Juárez, I. (2013). Etnobotánica del guaje en dos comunidades de la Mixteca Baja Oaxaqueña y efecto de los extractos de (*leucaena esculenta*). Universidad nacional autónoma de México, Facultad de ciencias, México.
- Peralta Juárez, I. (2013). Etnobotánica del guaje en dos comunidades de la Mixteca Baja Oaxaqueña y efecto de los extractos de (*leucaena esculenta*). [Tesis de licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias], México. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/etnobotanica-del-39guaje39-en-dos-comunidades-de-la-mixteca-baja-oaxaqueña-y-efecto-de-los-extractos-de-leucaena-escul-329935?c=56DWqj&d=true&q=\\*. \\*&i=1&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/etnobotanica-del-39guaje39-en-dos-comunidades-de-la-mixteca-baja-oaxaqueña-y-efecto-de-los-extractos-de-leucaena-escul-329935?c=56DWqj&d=true&q=*. *&i=1&v=1&t=search_0&as=0)
- Peralta Juárez, R. C. (2017). Uso Antropocéntrico del guaje *leucaena esculenta* bent en dos comunidades de la Mixteca Baja Oaxaqueña. <https://www.redalyc.org/journal/621/62150424015/62150424015.pdf>
- Pérez, B., Osorio Díaz, P., Agama Acevedo, E., Nuñez Santiago, C., & Paredes Lopez, O. (2002). Propiedades físicas, químicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado . Mexico: Colegio de post graduados.

- Perez, D. (Octubre de 2019). <https://frutasyverduras.info/maracuya/>
- Pilco Vilema, J. (2016). Utilización de la harina de *Leucaena leucocephala* (leucaena) en la alimentación de conejos neozelandés en la etapa de crecimiento – engorde. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6976>
- Pilco Vilema, J. L. (12 de 2016). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6976>
- Plano, R. (2012). <https://www.historiacocina.com/es/cerveza-colombia>
- Quiminet. (Octubre de 2007). <https://www.quiminet.com/articulos/la-esterilizacion-por-calor-humedo-23012.htm>
- Quiminet. (Octubre de 2007). La esterilización por calor humedo. <https://www.quiminet.com/articulos/la-esterilizacion-por-calor-humedo-23012.htm>
- Reyes Ortiz, E. (2014). Estudio etnobotánico, bromatológico y toxicológico en brotes, botones florales y semillas de guaje verde ( *leucaena leucocephala*). Universidad nacional autónoma de México, Química de alimentos. México: Universidad nacional autónoma de México.
- Reyes Ortiz, E. (2014). Estudio etnobotánico, bromatológico y toxicológico en brotes, botones florales y semillas de guaje verde ( *leucaena leucocephala*). [Tesis Química en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química]. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/estudio-etnobotanico-bromatologico-y-toxicologico-en-brotes-botones-florales-y-semillas-de-guaje-verde-leucaena-leu-337616?c=EYvn0P&d=true&q=\\*&i=3&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/estudio-etnobotanico-bromatologico-y-toxicologico-en-brotes-botones-florales-y-semillas-de-guaje-verde-leucaena-leu-337616?c=EYvn0P&d=true&q=*&i=3&v=1&t=search_0&as=0)
- S. Kirk, R., Sawyer, R., & Egan, H. (2006). Composición y análisis de alimentos de pearson . México: CECSA.
- Sabino Cruz, H. (2000). *Leucaena leucocephala* arbol de usos múltiples en el trópico. [Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"], Universidad autonoma agraria "Antonio Narro", Zootecnia, Mexico. <https://www.google.com/search?q=Leucaena+leucocephala+arbol+de+usos+m%C3%BAltiples+en+e>

l+tr%C3%B3pico+universidad++autonoma+agraria+antonio+narro&sca\_esv=3cd6b3f6d7d39df8&sxsrf=ADLYWIIIE3NLEa7Tkwhk698C3MExjQ9Wj4A%3A1724806900105&ei=9HbOZpaPBqCWwbkPiqHtuA4

Sabino Cruz, H. (2000). *Leucaena leucocephala* arbol de usos múltiples en el trópico. Universidad autonoma agraria "Antonio Narro", Zootecnia. Mexico: Universidad autonoma agraria "Antonio Narro".

Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la presidencia de la republica- SESAN-. (2023). Plan Operativo Anual 2023 y Plan Operativo Multianual 2023-2027. <https://portal.sesan.gob.gt/wp-content/uploads/2023/05/POA-SESAN-2023.pdf>

Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Presidencia de la República. (2023). Plan Operativo Anual 2023 y Plan Operativo Multianual 2023-2027. <https://portal.sesan.gob.gt/wp-content/uploads/2023/05/POA-SESAN-2023.pdf>

Suarez, M. (Julio de 2013). [https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM\\_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf;jsessionid=F5194D2E44EC7C128CA4F281D232493E?sequence=8](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf;jsessionid=F5194D2E44EC7C128CA4F281D232493E?sequence=8)

Suárez-Machín, C. (2016). <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>

Wittig de Penna, E. (2011). Evaluación sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121431>

Wittig de Penna, E. (2011). Evaluación sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos .

## 17. Anexos

### Anexo 1.

Tabla 15. Cuartiles de distribución de Tukey  $\alpha = 0.005$

| $\alpha =$<br>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  | 6.11  |
| 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  | 4.98  | 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  |
| 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  |

### Anexo 2.

## Gráfica 1. Resultados de análisis químico proximal



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Escuela de Zootecnia  
Unidad de Alimentación Animal

### FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12  
Ciudad de Guatemala  
Teléfax: 24188307 Teléfono: 34155552 ext. 84119

Solicitado por: **FLOR DE MARÍA DOMINGO CAMPOS** Dirección: **CIUDAD, GUATEMALA** No. **272**  
Fecha de recibida la muestra: **16-08-2024** Fecha de realización: **DEL 19 AL 22-08-2024**

| Reg. | Descripción de la muestra                     | BASE          | Agua % | M.S.T. % | E.E. % | F.C. % | PROTEÍNA % | Cenizas % | E.L.N. % | Calcio % | Fósforo % | F.A.D. % | F.N.D. % | Lignina % | Dig. En KOH % | P.H. | TND % | E.D. kcal/Kg |
|------|-----------------------------------------------|---------------|--------|----------|--------|--------|------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|---------------|------|-------|--------------|
| 248  | TORTILLA DE HARINA DE MAÍZ                    | SECA          | 45.96  | 54.04    | 2.06   | 1.34   | 8.12       | 1.52      | 86.96    | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |
|      |                                               | COMO ALIMENTO | ---    | ---      | 1.11   | 0.72   | 4.39       | 0.82      | 46.99    | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |
| 249  | TORTILLA DE HARINA DE MAÍZ Y SEMILLA DE GUAJE | SECA          | 44.57  | 55.43    | 1.70   | 2.51   | 10.01      | 1.81      | 83.97    | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |
|      |                                               | COMO ALIMENTO | ---    | ---      | 0.94   | 1.39   | 5.55       | 1.00      | 46.55    | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |
| ---  | -----                                         | SECA          | ---    | ---      | ---    | ---    | ---        | ---       | ---      | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |
|      |                                               | COMO ALIMENTO | ---    | ---      | ---    | ---    | ---        | ---       | ---      | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |
| ---  | -----                                         | SECA          | ---    | ---      | ---    | ---    | ---        | ---       | ---      | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |
|      |                                               | COMO ALIMENTO | ---    | ---      | ---    | ---    | ---        | ---       | ---      | ---      | ---       | ---      | ---      | ---       | ---           | ---  | ---   | ---          |

#### OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresco. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24158307.

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 2

T. L. José A. Morales S.  
Laboratorista



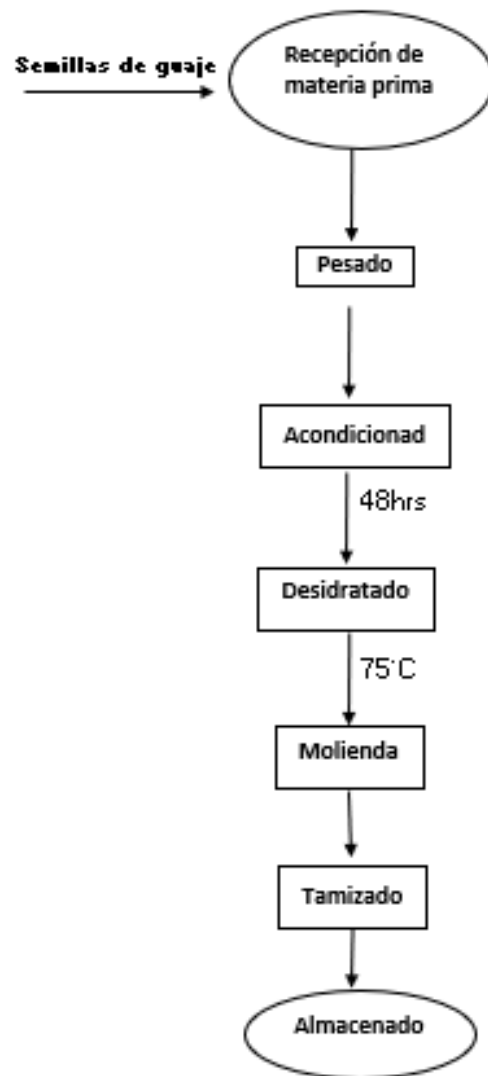
Lic. Miguel Ángel Rodenas  
Jefe Laboratorio de Bromatología

**Fuente:** Laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC 2024

## 18. Apéndice

### Apéndice 1.

Gráfica 2. Diagrama de bloques, elaboración de harina de semillas de guaje



**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo, 2024

## Apéndice 2.

Gráfica 3. Diagrama de bloques, proceso de elaboración de tortilla a base de mezcla de harina maíz nixtamalizada y harina de semilla de guaje



Fuente: Elaborado por Flor Domingo, 2024

### Apéndice 3.

**Tabla 16. Boleta de evaluación escala hedónica**

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario del Sur-Occidente

Ingeniería en Alimentos

Evaluación Sensorial



**Instrucciones:** pruebe de izquierda a derecha las muestras que se le presentan y marque con una X según sea de su agrado o desagrado el atributo evaluado.

| EVALUACION DE COLOR        |         |     |     |
|----------------------------|---------|-----|-----|
| Categoría                  | Muestra |     |     |
|                            | 873     | 856 | 932 |
| Me disgusta mucho          |         |     |     |
| Me disgusta moderadamente  |         |     |     |
| Me disgusta levemente      |         |     |     |
| No me gusta ni me disgusta |         |     |     |
| Me gusta levemente         |         |     |     |
| Me gusta moderadamente     |         |     |     |
| Me gusta mucho             |         |     |     |

Observaciones: \_\_\_\_\_

| EVALUACION DE OLOR         |         |     |     |
|----------------------------|---------|-----|-----|
| Categoría                  | Muestra |     |     |
|                            | 873     | 856 | 932 |
| Me disgusta mucho          |         |     |     |
| Me disgusta moderadamente  |         |     |     |
| Me disgusta levemente      |         |     |     |
| No me gusta ni me disgusta |         |     |     |
| Me gusta levemente         |         |     |     |
| Me gusta moderadamente     |         |     |     |
| Me gusta mucho             |         |     |     |

Observaciones: \_\_\_\_\_

| EVALUACION DE SABOR        |         |     |     |
|----------------------------|---------|-----|-----|
| Categoría                  | Muestra |     |     |
|                            | 873     | 856 | 932 |
| Me disgusta mucho          |         |     |     |
| Me disgusta moderadamente  |         |     |     |
| Me disgusta levemente      |         |     |     |
| No me gusta ni me disgusta |         |     |     |
| Me gusta levemente         |         |     |     |
| Me gusta moderadamente     |         |     |     |
| Me gusta mucho             |         |     |     |

Observaciones: \_\_\_\_\_

| EVALUACION DE TEXTURA      |         |     |     |
|----------------------------|---------|-----|-----|
| Categoría                  | Muestra |     |     |
|                            | 873     | 856 | 932 |
| Me disgusta mucho          |         |     |     |
| Me disgusta moderadamente  |         |     |     |
| Me disgusta levemente      |         |     |     |
| No me gusta ni me disgusta |         |     |     |
| Me gusta levemente         |         |     |     |
| Me gusta moderadamente     |         |     |     |
| Me gusta mucho             |         |     |     |

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo, 2024

**Apéndice 4.**

**Tabla 17. Análisis de varianza atributo de olor**

| <b>Origen de las variaciones</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F</b>   | <b>Probabilidad</b> | <b>Valor crítico para F</b> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 31.72222222              | 2                         | 15.86111111                      | 7.76317493 | 0.000717188         | 3.082852016                 |
| Dentro de los grupos             | 214.5277778              | 105                       | 2.043121693                      |            |                     |                             |
| Total                            | 246.25                   | 107                       |                                  |            |                     |                             |

**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo, 2024

**Apéndice 5.**

**Tabla 18. Análisis de varianza atributo de color**

| <b>Origen de las variaciones</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Promedio de los cuadrados</b> | <b>F</b>    | <b>Probabilidad</b> | <b>Valor crítico para F</b> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 22.24074074              | 2                         | 11.12037037                      | 5.986186272 | 0.003451954         | 3.082852016                 |
| Dentro de los grupos             | 195.0555556              | 105                       | 1.857671958                      |             |                     |                             |
| Total                            | 217.2962963              | 107                       |                                  |             |                     |                             |

**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo, 2024

Apéndice 6.

Tabla 19. Análisis de varianza atributo de sabor

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 68.05555556       | 2                  | 34.02777778               | 18.64670919 | 1.17553E-07  | 3.082852016          |
| Dentro de los grupos      | 191.6111111       | 105                | 1.824867725               |             |              |                      |
| Total                     | 259.6666667       | 107                |                           |             |              |                      |

Fuente: Elaborado por Flor Domingo, 2024

Apéndice 7.

Tabla 20. Análisis de varianza atributo de textura

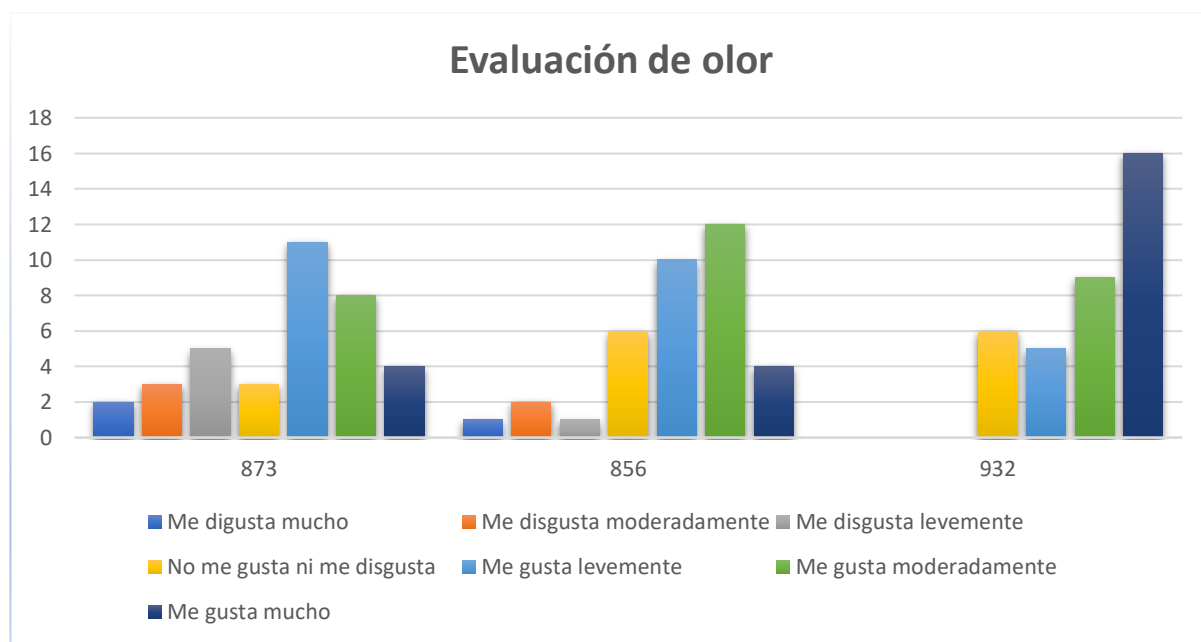
| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 36.22222222       | 2                  | 18.11111111               | 10.36644458 | 7.78702E-05  | 3.082852016          |
| Dentro de los grupos      | 183.4444444       | 105                | 1.747089947               |             |              |                      |
| Total                     | 219.6666667       | 107                |                           |             |              |                      |

Fuente: Elaborado por Flor Domingo, 2024

## Apéndice 8

### Resultados de aceptabilidad según escala hedónica de 7 puntos

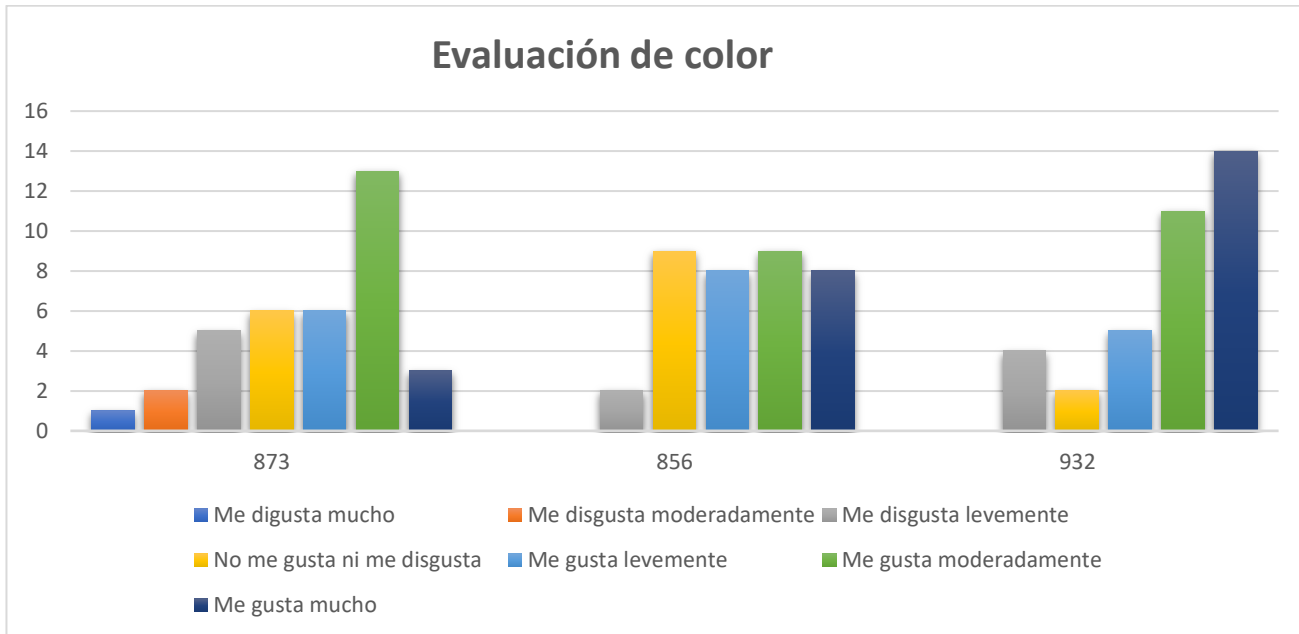
Gráfica 4. Resultados de la evaluación de olor



**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se observan los resultados de olor obtenidos de la evaluación realizada a tres formulaciones de tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje, los jueces estimaron los criterios de: Me gusta mucho, Me gusta moderadamente y Me gusta levemente, para la muestra identificada con el código 932. Se observa también que la muestra identificada con código 856 fue calificada con criterios de: Me gusta moderadamente, Me gusta levemente, No me gusta ni me disgusta y la muestra identificada con el código 873 fue calificada con los criterios de: Me gusta levemente, Me gusta moderadamente y Me gusta mucho, por lo cual se determinó que las estimaciones dadas por los jueces son de apreciación y agrado, sin embargo, tomando como base el criterio de: Me gusta mucho, se concluye que la muestra de mayor aceptación fue la identificada con el código 932 con un 44.44%.

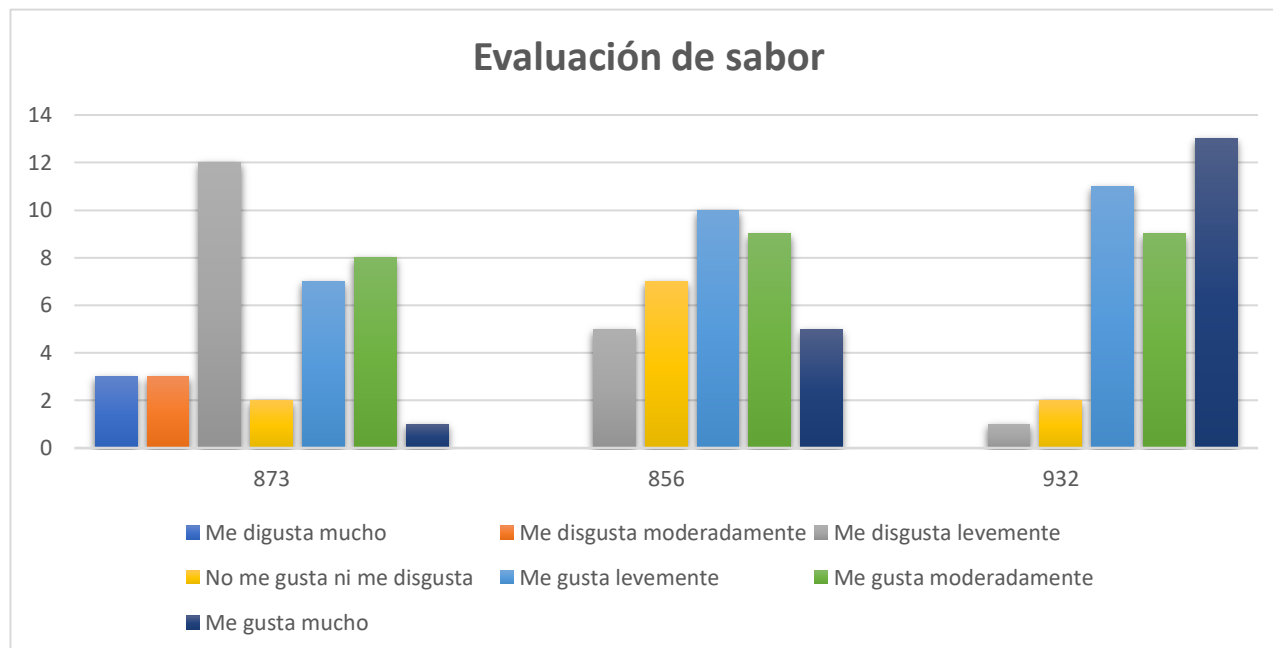
**Gráfica 5. Resultados de la evaluación de color**



**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se observan los resultados de color obtenidos de la evaluación realizada a tres formulaciones de tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje, los jueces estimaron para la muestra 932 los criterios de: Me gusta mucho, Me gusta moderadamente y Me gusta levemente, proyectándose de forma descendente. En la muestra identificada con código 856 los criterios de evaluación fueron: Me gusta moderadamente, No me gusta ni me disgusta, Me gusta levemente, con tendencia horizontal. Se observó también que la muestra identificada con el código 873 fue calificada con los criterios de: Me gusta moderadamente, Me gusta levemente, No me gusta ni me disgusta, por lo cual se determinó que las estimaciones dadas por los jueces son de apreciación y agrado, tomando como base el criterio de: Me gusta mucho se concluye que la muestra de mayor aceptación fue la identificada con el código 932 con un 38.89%.

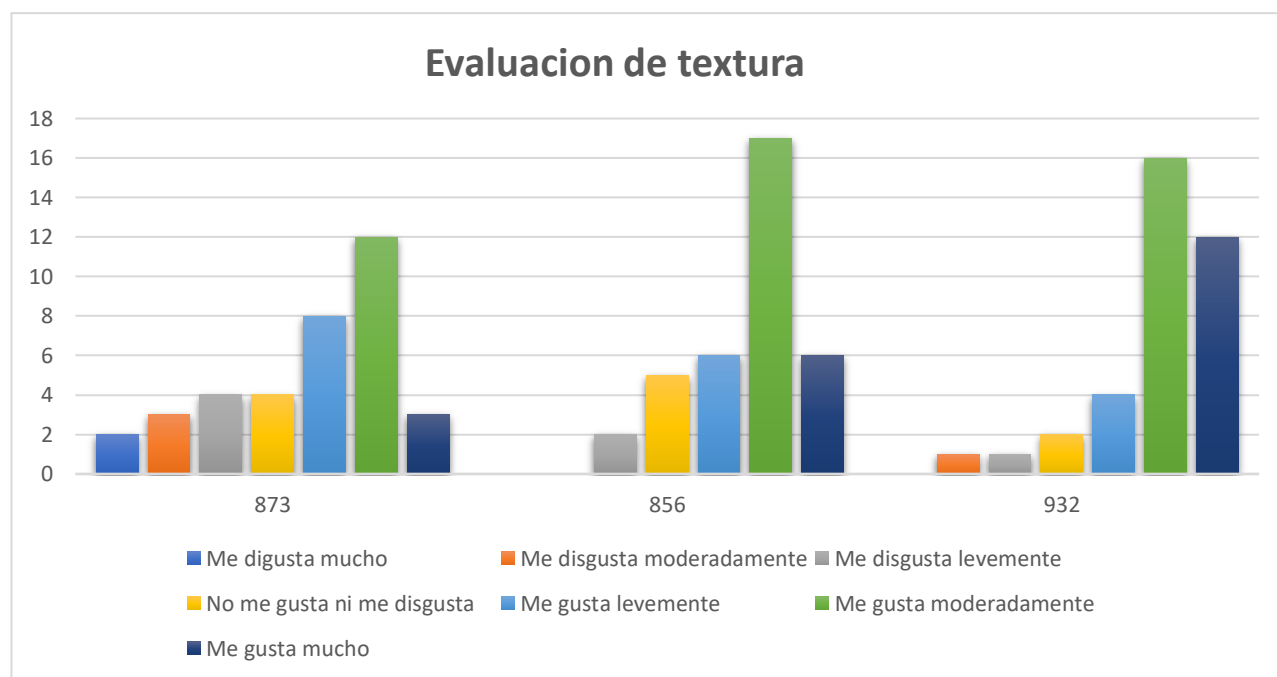
**Gráfica 6. Resultados de la evaluación de sabor**



**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se observan los resultados de sabor obtenidos de la evaluación realizada a tres formulaciones de tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje, los jueces estimaron para la muestra 932 los criterios de: Me gusta mucho, Me gusta levemente y Me gusta moderadamente. En la muestra identificada con código 856 los criterios de evaluación fueron: Me gusta levemente, No me gusta ni me disgusta, Me gusta moderadamente. Se observó también que la muestra identificada con el código 873 fue calificada con los criterios de: Me disgusta levemente, Me gusta moderadamente, Me gusta levemente, con los resultados obtenidos se concluye que la muestra con mayor aceptabilidad fue la identificada con el código 932 con un 36,11% en el criterio de me gusta mucho y la muestra identificada con el código 873 fue la que mayor desagrado presentó con un 33.33% en el criterio de me disgusta levemente.

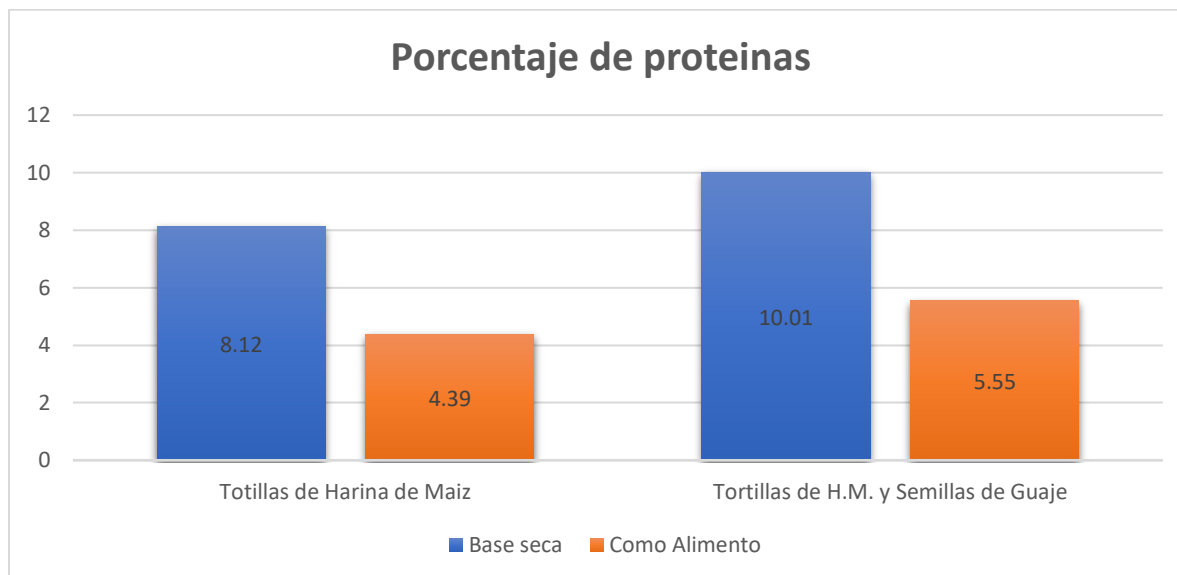
**Gráfica 7. Resultados de la evaluación de textura**



**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se observan los resultados de textura obtenidos de la evaluación realizada a tres formulaciones de tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje, los jueces estimaron para la muestra 932 los criterios de: Me gusta moderadamente Me gusta mucho y Me gusta levemente. En la muestra identificada con código 856 los criterios de evaluación con mayor relevancia fueron: Me gusta moderadamente, Me gusta levemente y Me gusta mucho. Se observó también que la muestra identificada con el código 873 fue calificada con los criterios de: Me gusta moderadamente, Me gusta levemente y No me gusta ni me disgusta, tomando como base el criterio de: Me gusta mucho se concluye que la muestra de mayor aceptación fue la identificada con el código 932 con un 33.33%. sin embargo, se identificó que el criterio más recurrente en las tres muestras es el de Me gusta moderadamente.

**Gráfica 8. Comparación de proteína presente en tortillas elaboradas a base de harina de maíz nixtamalizada y tortillas elaboradas a base de harina de maíz nixtamalizada y semillas de guaje.**



**Fuente:** Elaborado por Flor Domingo 2024

Se observan los resultados de proteína como alimento y base seca de las muestras analizadas (tortillas de harina de maíz nixtamalizada y tortillas de harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje). Se identifica que las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizada y harina de semillas de guaje superan la cantidad de proteína con 1.2% y 1.9% como alimento y base seca respectivamente a las tortillas elaboradas con harina de maíz nixtamalizada.

## 19. Glosario

- 19.1.**Ápice:** permite denominar el extremo superior o la punta de algo. En botánica es el término que permite denominar a la punta o extremo superior, ya sea de una hoja, de un fruto, entre otros (Definición ABC , 2012).
- 19.2.**Calor seco:** método térmico de esterilización y su efecto en los microorganismos es equivalente al horneado. El calor cambia las proteínas microbianas por las reacciones de oxidación y crea un medio interno árido, así quema a los microorganismos lentamente (Quiminet, 2007).
- 19.3.**Calor húmedo:** destruye los microorganismos por coagulación de sus proteínas celulares, lo que es causado por la rotura de los puentes de hidrógeno que son los que mantienen a las proteínas en su forma tridimensional (Quiminet, 2007).
- 19.4.**Capacidades cognitivas:** se refieren a lo relacionado con el procesamiento de la información (atención, percepción, memoria, resolución de problemas, comprensión, establecimientos de analogías) lo cual permite desenvolverse en la vida cotidiana <http://accesibilidadcognitivaurbana.fundaciononce.es/capacidadesCognitivas.aspx>.
- 19.5.**Cohesividad:** propiedad gracias a la cual es posible controlar la posibilidad de segregación durante la etapa de manejo de la mezcla (Carlos, 2011).

19.6.**Desnutrición Crónica:** deficiencia calórico- proteica en el cuerpo humano lo cual causa un funcionamiento anormal en el cuerpo, lo cual se debe, principalmente, a la falta de nutrientes como la vitamina A, ácido fólico, yodo, proteínas o hierro, pero también inciden otros factores, como por ejemplo la falta de acceso al agua potable: esto provoca diarreas constantes que impiden una asimilación correcta de los nutrientes (Ayuda en acción, 2018).

19.7.**Elipse:** curva simétrica cerrada que resulta al cortar la superficie de un cono por un plano oblicuo al eje de simetría –con ángulo mayor que el de la generatriz respecto del eje de revolución (Educalingo, 2019).

19.8.**Mesh:** número de malla que indica la cantidad de agujeros existentes por pulgada lineal.

19.9.**Oblongo:** es un adjetivo que permite calificar a aquello que resulta menos ancho que largo (Julian Pérez Porto, 2019).

19.10. **Palatabilidad:** cualidad de un alimento de ser grato al paladar.

19.11. **Pecíolo:** órgano de la hoja que la une a la ramita que la sostiene. Los pecíolos por lo general poseen forma cilíndrica, y dependiendo de la especie de planta pueden ser extremadamente largos o tan cortos que no se distinguen a simple vista (El mundo forestal, s.f.)  
<http://www.elmundoforestal.com/terminologia/peciolo.html>.

19.12. **Sarape:** Indumentaria masculina equivalente al rebozo de las mujeres mexicanas. Sirve de abrigo, como almohadilla, gaban protector contra la lluvia entre otros (México Desconocido, 2010)  
<https://www.mexicodesconocido.com.mx/el-sarape.html>.



Mazatenango, Suchitepéquez octubre de 2024

Comisión de Trabajo de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Alimentos  
Centro Universitario de Sur Occidente

Estimados señores:

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

El objeto de la presente es manifestarles que hemos realizado la revisión de las correcciones correspondientes a seminario II y estamos de acuerdo a las mismas para el trabajo de graduación titulado "Determinación de proteínas en tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada y harina de semilla de guaje (*Leucoena leucocephala*)". El cual fue elaborado por el estudiante T.U. Flor de María Candelaria Domingo Camposeco con carné universitario No. 201145542 y el CUI No. 2114294571307.

Agradeciendo la atención prestada y sin otro particular, me suscribo de ustedes.

"Id y Enseñad a todos"



Ing. Victor Najera



Ing. Carolina Estrada  
Presidente



Dr. Sammy R. Roldán  
Celular: 3510-2170  
Clínica: 7872-2119  
Dr. Sammy Roldán

Mazatenango, 3 de febrero de 2025.



M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Centro Universitario de Sur Occidente,  
CUNSUROC -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 – CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de graduación titulado **“Determinación de proteína en tortillas elaboradas a base de mezcla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada y harina de semillas de guaje (*Leucaena leucocephala*) en Jacaltenango, Huehuetenango”**, el cual ha sido presentado por el (la) estudiante: **Flor de María Candelaria Domingo Camposco**, quien se identifica con número de carné: **201145542**.

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**.

Deferentemente,

*Handwritten signature in blue ink.*

  
  
M.Sc. Ing. Victor Manuel Najera Tosta, Coordinador  
Carrera de Ingeniería en Alimentos.

**CUNSUROC/USAC-I-40-2025**

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, veinticuatro de abril de dos mil veinticinco.-----

Encontrándose agregado al expediente el dictamen del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN: **"DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA EN TORTILLAS ELABORADAS A BASE DE MEZCLA DE HARINA DE MAÍZ (*Zea mays*)", NIXTAMALIZADA Y HARINA DE SEMILLAS DE GUAJE (*Leucaena leucocephala*) EN JACALTENANGO, HUEHUETENANGO"**, de la estudiante: **Flor de María Candelaria Domingo Camposeco**, carné No. **201145542** CUI: **2114 29457 1307** de la carrera Ingeniería en Alimentos.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

M.A. Luis Carlos Muñoz López  
Director CUNSUROC



/gris