

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Desarrollo de producto a partir de harina de vaina de Mezquite
(*Prosopis sp.*) para las comunidades de San Cristóbal
Acasaguastlán, El Progreso

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
María Reneé Barrios Reyes
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de
los Alimentos

Guatemala

2017

“Desarrollo de producto a partir de harina de vaina de Mezquite
(*Prosopis sp.*) para las comunidades de San Cristóbal
Acasaguastlán, El Progreso”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Desarrollo de producto a partir de harina de vaina de Mezquite
(*Prosopis sp.*) para las comunidades de San Cristóbal
Acasaguastlán, El Progreso

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
María Reneé Barrios Reyes
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de
los Alimentos

Guatemala

2017

Vo. Bo.

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Tribunal

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) Ricardo Narciso Marroquín

Lic. Ricardo Narciso Marroquín

(f) Patricia Palacios de Palomo

Lic. Patricia Palacios de Palomo

Guatemala, 5 de diciembre de 2017

AGADECIMIENTOS

- A Dios Por permitirme realizar mi trabajo de graduación y acompañarme en cada paso que doy.
- A mi familia Por ser mi pilar más fuerte y motivarme a dar siempre lo mejor de mí.
- A mi asesora Lic. Ana Silvia Colmenares, por todo el apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria, en especial durante el desarrollo de este trabajo en el que me apoyó con todo su conocimiento, además de su tiempo.
- A Agrobosques S.A. Por brindarme la oportunidad y confianza de llevar a cabo este proyecto y así poder aportar mi conocimiento para el desarrollo de Guatemala.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Problemas nutricionales en Guatemala.....	2
B. Corredor seco.....	2
1. San Cristóbal Acasaguastlán.....	3
C. Valor nutricional de Prosopis juliflora.....	5
III. MARCO TEÓRICO.....	7
A. Seguridad alimentaria	7
B. Prosopis sp.	7
C. Prosopis juliflora.....	8
1. Usos del Prosopis Juliflora.....	9
2. Características nutricionales del Prosopis Juliflora.....	9
D. Prosopis vidaliana	10
E. Análisis proximal y valor nutricional.....	10
1. Humedad y sólidos totales	11
2. Análisis de cenizas de grasas	11
3. Análisis de grasas.....	11
4. Análisis de proteínas	12
5. Análisis de carbohidratos.	13
6. Análisis de fibra	13
7. Análisis de minerales (Hierro, Zinc y Calcio)	13
8. Análisis de aminoácidos	16
F. Análisis sensorial	17

1.	Pruebas orientadas al producto	18
2.	Pruebas orientadas al consumidor.....	18
G.	Etiquetado nutricional.....	19
H.	Vida de anaquel.....	21
I.	Gomas	23
IV.	JUSTIFICACIÓN	25
V.	OBJETIVOS	26
VI.	METODOLOGÍA.....	27
A.	Sondeo	27
B.	Elaboración de harina	27
C.	Caracterización física de harina	27
1.	Distribución de tamaño de partícula.	27
2.	Índice de absorción de agua.	28
D.	Análisis proximal de harina	28
E.	Determinación de minerales (Hierro, Calcio y Zinc).....	29
1.	Determinación de Hierro, Calcio y Zinc.....	29
F.	Determinación de aminoácidos de harinas.....	29
1.	Determinación de triptófano	29
2.	Determinación de lisina	30
G.	Análisis de datos	32
H.	Desarrollo de producto.....	32
I.	Mejora del producto.....	33
1.	Grupo focal.	33
2.	Prueba dirigida al consumidor	33
J.	Vida de anaquel de producto.....	34
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
A.	Sondeo	35
B.	Análisis químicos y físicos de harinas de Prosopis juliflora y Prosopis vidaliana	38
C.	Desarrollo y análisis químicos de producto final.....	45

D.	Análisis sensorial de producto final.....	48
E.	Análisis de vida de anaquel de producto.....	53
F.	Análisis de costos de producto final	54
G.	Etiqueta y empaque de producto.....	55
VIII.	CONCLUSIONES	57
IX.	RECOMENDACIONES.....	58
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
XI.	ANEXOS	61

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Comparación nutricional de grano de frijol negro seco con P. juliflora	5
Cuadro 2. Composición nutricional de preparaciones que incluyen fruto molido de P. juliflora (g/100 g de preparación)	6
Cuadro 3. Características nutricionales y fisicoquímicas de frutos y harina de P. juliflora en base seca según FAO	10
Cuadro 4. Análisis proximal de algunos alimentos según INCAP	13
Cuadro 5. Recomendaciones dietéticas diarias de minerales.....	15
Cuadro 6. Contenido de minerales en algunos alimentos según INCAP	15
Cuadro 7. Patrón de aminoácidos esenciales para evaluar la calidad nutricional de las proteínas (mg/ g de proteína).....	16
Cuadro 8. Contenido de aminoácidos esenciales en proteínas de diversos orígenes	17
Cuadro 9. Cálculo de energía según componentes de alimento.....	20
Cuadro 10. Recomendaciones dietéticas diarias para vitaminas y minerales esenciales en salud humana.....	21
Cuadro 11. Valores de referencia de nutrientes de componentes de alimento basado en dieta de 2000 kcal.....	21
Cuadro 12. Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial del producto	33
Cuadro 13. Análisis proximal en harinas de P. Juliflora y P. vidaliana.....	39
Cuadro 14. Análisis de minerales en harinas de P. juliflora y P. vidaliana	40
Cuadro 15. Análisis de lisina y triptófano en harinas de P. juliflora. P. vidaliana, maíz y soya....	42
Cuadro 16. Análisis granulométrico en harina de P. juliflora.....	43
Cuadro 17. Análisis granulométrico en harina de P. vidaliana.....	43
Cuadro 18. Análisis de absorción de agua de harinas de P. juliflora y P. vidaliana	43
Cuadro 19. Formulación de producto final	45
Cuadro 20. Análisis proximal de producto final	46
Cuadro 21. Análisis de minerales en producto final	46
Cuadro 22. Análisis de edades de personas que realizaron prueba sensorial.....	48
Cuadro 23. Promedio y desviación de atributos evaluados.....	50
Cuadro 24. Conteo de puntuaciones brindadas por consumidores entrevistados	51
Cuadro 25. Datos obtenidos de estudio vida de anaquel de muestras incubadas a 38°C.....	53
Cuadro 26. Desglose de costo de paquete de 76 g de premezcla.....	54
Cuadro 27. Comparación de costos con productos en mercado.....	54
Cuadro 28. Tabulación de resultados de análisis sensorial	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de localización de corredor seco de Guatemala.....	3
Figura 2. Organización territorial de San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso	4
Figura 3. Árbol de mezquite en condiciones áridas (<i>Prosopis juliflora</i>).....	8
Figura 4. Fruto de árbol de mezquite (<i>Prosopis juliflora</i>).....	9
Figura 5. Estructura química de goma xantan.....	24
Figura 6. Escala hedónica de 7 puntos gráfica.....	34
Figura 7. Distribución de género de personas entrevistadas en El Rancho, El Progreso.....	35
Figura 8. Consumo de mezquite en El Rancho, El Progreso	36
Figura 9. Formas de consumo de mezquite en El Rancho, El Progreso	36
Figura 10. Opinión de sabor en productos a base de mezquite en El Rancho, El Progreso.....	37
Figura 11. Productos que llaman la atención en El Rancho, El Progreso.....	38
Figura 12. Análisis proximal en harinas de <i>P. juliflora</i> y <i>P. vidaliana</i>	39
Figura 13. Análisis de hierro en harinas de <i>P. juliflora</i> , <i>P. vidaliana</i> y otras	40
Figura 14. Análisis de calcio en harinas de <i>P. juliflora</i> , <i>P. vidaliana</i> y otras	41
Figura 15. Análisis de zinc en harinas de <i>P. juliflora</i> , <i>P. vidaliana</i> y otras	41
Figura 16. Análisis de lisina y triptófano en harinas de <i>P. juliflora</i> , <i>P. vidaliana</i> , maíz y soya	42
Figura 17. Análisis de absorción de agua en harinas de <i>P. juliflora</i> y <i>P. vidaliana</i>	44
Figura 18. Información nutricional de 19 g (250 mL o 1 vaso de preparación)	47
Figura 19. Distribución de géneros de personas que realizaron prueba sensorial.....	48
Figura 20. Distribución de edad de personas que realizaron prueba sensorial	49
Figura 21. Puntajes obtenidos de atributos sensoriales evaluados.....	50
Figura 22. Porcentaje de respuestas de consumidores en atributos evaluados.....	52
Figura 23. Comportamiento de actividad de agua en muestras incubadas a 38°C.....	53
Figura 24. Anverso de etiqueta para producto final.....	55
Figura 25. Reverso de etiqueta para producto final	55
Figura 26. Aldea en donde se llevaron a cabo las entrevistas de sondeo.....	63
Figura 27. Siembras de <i>P. juliflora</i> en El Rancho, El Progreso	63
Figura 28. Personas en El Rancho que cuentan con <i>P. juliflora</i> en terreno propio	64
Figura 29. Análisis de proteínas (Khjeldal)	64
Figura 30. Análisis de grasas en muestras (Soxhlet)	65
Figura 31. Curva de calibración de hierro para la determinación en harinas.....	65
Figura 32. Curva de calibración de calcio para la determinación en harinas.....	66
Figura 33. Curva de calibración de zinc para la determinación en harinas.....	66
Figura 34. Curva de calibración de triptófano para la determinación en harinas.....	67
Figura 35. Muestras de harina de <i>P. juliflora</i> para la determinación de triptófano	67
Figura 36. Muestras de harina de <i>P. vidaliana</i> para la determinación de triptófano	68

Figura 37. Curva de calibración de lisina para la determinación en harinas.....	68
Figura 38. Muestras de harinas de Prosopis para la determinación de lisina.....	69
Figura 39. Muestras de harinas de Prosopis en agitación para la determinación de lisina	69
Figura 40. Pruebas de formulaciones de atol	70
Figura 41. Pruebas de estabilizante, inicio de prueba, prueba con goma arábica (1%) y prueba con goma xantán (0.1%) (izquierda a derecha).....	70
Figura 42. Curva de calibración de hierro para la determinación en producto final.....	71
Figura 43. Curva de calibración de calcio para la determinación en producto final.....	71
Figura 44. Curva de calibración de zinc para la determinación en producto final.....	72
Figura 45. Curva de calibración de sodio para la determinación en producto final.....	72
Figura 46. Información nutricional de Incaparina	73
Figura 47. Repartición de muestras a consumidores.....	75
Figura 48. Explicación y llenado de boletas	76
Figura 49. Consumidor degustando muestra de atol.....	76

RESUMEN

En Guatemala, desde la época precolombina, los alimentos más consumidos son el maíz y el frijol. Sin embargo, los problemas climáticos han dado lugar a sequías que no permiten que los agricultores o familias puedan obtener estos alimentos, especialmente en el área del corredor seco del país. Es por ello, que surge la necesidad de buscar suplementos para poder satisfacer las necesidades nutricionales de la población. Una de las alternativas más viables es la siembra de *Prosopis juliflora* o *P. vidaliana* en las áreas en donde el clima no permite la obtención adecuada de alimentos.

En la parte del corredor seco, la variedad de *Prosopis* que mejor se adapta a las condiciones de suelo y de clima es *P. juliflora*. Según la literatura, dicha especie da frutos que no son muy agradables al paladar por su sabor amargo, sin embargo, al realizar un sondeo en el área de El Rancho, El Progreso, se pudo determinar que las personas no piensan lo mismo y que los frutos tienen un sabor ligeramente dulce. Además, dentro de este sondeo se determinó que el producto que más les llama la atención a los consumidores es el atol. Por esta razón, se desarrolló una pre mezcla de este a partir de harina de *P. juliflora* con el objetivo de asegurarse que es un producto que sí será aprovechado por el consumidor en estas partes del país.

Para poder cumplir el objetivo principal, y desarrollar un producto nutritivo, al inicio se realizó una caracterización física y química de las harinas obtenidas a partir de *P. juliflora* y *P. vidaliana*. Con estos resultados se pudo observar que las harinas de *Prosopis* tienen un comportamiento parecido a los cereales, por lo que nutricionalmente es mejor combinarla con una leguminosa. Por esta razón, la base del atol está conformada por harina de *P. juliflora* y harina de soya, en una proporción 50:50 y esto favorece a que los aminoácidos de ambas harinas se complementen para obtener una proteína de alta calidad. Por otro lado, a partir del análisis sensorial llevado a cabo se determinó que la formulación final permite realizar un atol agradable al consumidor. Además, a partir de los análisis químicos llevados a cabo se pudo observar que es bastante nutritivo conteniendo aproximadamente un 18% de proteínas. Sin embargo, los resultados respecto al contenido de minerales indican que la pre mezcla contiene una baja cantidad de estos, por lo que se recomienda realizar una fortificación para que el consumidor obtenga un alimento de mejor calidad.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, como en muchos otros países, existe un alto nivel de malnutrición, especialmente en niños (CONASAN, 2015). Existen muchas causas por las que esta se ha incrementado dentro de las cuales podemos encontrar pobreza, falta de educación y cambio climático que afecta las cosechas de granos básicos (maíz y frijol). Este último factor afecta especialmente la región conocida como “corredor seco”, que está conformada por Quiché, Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala, Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa. En los años 2012-2014 se registraron temperaturas sumamente altas y una baja precipitación de lluvias (CONASAN, 2015), y esto contribuyó a que la mayoría de cosechas se perdieran teniendo un alto impacto económico y nutricional (FAO, 2016). Estos cambios han tenido consecuencias en la alimentación de la población, pues la irregularidad de cosechas durante el año no permite que los guatemaltecos tengan acceso permanente y asegurado de sus alimentos base.

Teniendo en cuenta que estas son poblaciones sumamente pobres, es necesario que tengan disponible otras fuentes de alimento que sea regular, de bajo costo y ser la base de varios productos alimenticios. El Mezquite, del género *Prosopis sp.* ofrece todos los beneficios previamente mencionados además de ser muy útil en otros aspectos como usos maderables (tronco) y médicos (hojas y frutos). Este es conocido desde hace mucho tiempo por diversas civilizaciones alrededor de todo el mundo. A pesar de la diversidad de especies disponibles dependiendo de la región, se ha registrado que la mayoría tiene un aporte nutricional significativo a la dieta humana.

En Guatemala se ha registrado la disponibilidad de *Prosopis juliflora* y *Prosopis vidaliana*, si bien para la primera especie mencionada hay una amplia variedad de estudios, para *P. vidaliana* hay muy pocos, en especial para saber los valores nutricionales de sus frutos. La diferencia entre estas dos especies mencionadas es el lugar de crecimiento de cada uno. En el caso de *P. juliflora*, se ha registrado que se encuentra en El Progreso y algunas comunidades aledañas.

Este trabajo surge ante la importancia de brindar información confiable en cuanto a los valores nutricionales de la harina obtenida a partir de los frutos de las especies mencionadas y aportar un alimento con altos valores nutricionales. Este estudio además de tener un impacto significativo en cuanto a la información de las especies provista, se espera que beneficie significativamente a las comunidades involucradas en cuanto a su nutrición y su conocimiento.

II. ANTECEDENTES

A. Problemas nutricionales en Guatemala

El análisis del estado nutricional de la población coloca a Guatemala entre los países de Latinoamérica y el Caribe con alta vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria y Nutricional. La población guatemalteca vive un proceso de transición nutricional que se expresa a través de varios problemas: a) desnutrición proteínica energética en menores de 5 años; b) deficiencia de hierro, vitamina B12, folato eritrocitario y zinc que afecta principalmente a menores de 5 años y mujeres en edad fértil y c) sobrepeso y obesidad en adolescentes y adultos.

Tomando en cuenta la región de Latinoamérica y el Caribe, Guatemala ocupa el primer lugar en prevalencia de desnutrición crónica en niños menores de 5 años (UNICEF,2010). Y de acuerdo a los datos de ENSMI 2008-2009, el 49.8% de niños y niñas menores de 5 años padecen de desnutrición crónica, siendo esta mayor en el área rural que en el área urbana y entre indígenas en comparación con no indígenas (MSPAS, 2011).

Dentro de los factores que contribuyen a la inseguridad alimentaria y nutricional de la población podemos encontrar pobreza, falta de educación, acceso a la tierra, situación de la mujer en el ámbito social, agua no potable, saneamiento ambiental, entre otros. Uno de los más importantes para este estudio es el cambio climático y la pobreza en hogares de agricultores. Guatemala es uno de los 10 países más vulnerables al cambio climático. La producción de maíz y frijol de los agricultores ha sido afectada durante cuatro años consecutivos: en el 2012, por un déficit de lluvias catalogado como sequía meteorológica, en el 2013 y 2014 por un déficit de lluvias llamado canícula prolongado y en el 2015 por sequía.

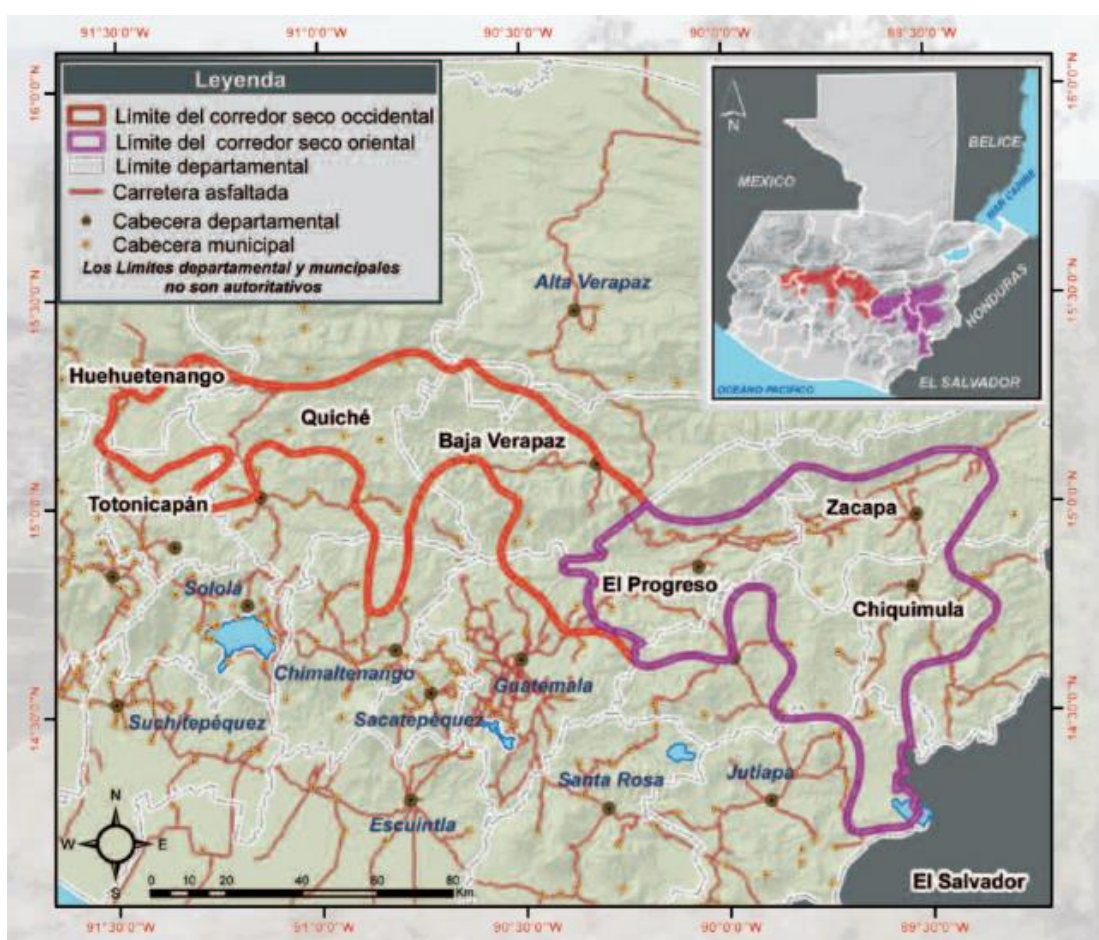
Un estudio realizado en mayo de 2015 mostró que el 44% de las familias afectadas por la canícula prolongada del 2014 se encontraba en condiciones de inseguridad alimentaria moderada (30.4%) y severa (13%). Además, en agosto de 2015 se realizó una evaluación de la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de productores de granos básicos afectados por la canícula prolongada del 2014 solamente tenían un ciclo de cultivo al año y se mostró que el 56.5% de los hogares se encontraban en inseguridad alimentaria (CONASAN, 2015).

B. Corredor seco

El corredor seco de Guatemala es una región en la cual determinados departamentos del país se caracterizan por tener un clima semiárido con altos riesgos de sequías. La extensión que abarca es de 9,632 km² y 11 de los 22 departamentos del país se ven afectados por este fenómeno que deriva de muchas causas como deforestaciones, cambio climático, entre otras. La parte con mayor extensión territorial es la del oriente de la República, que se conoce como corredor seco oriental, conformada por cinco departamentos: Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, El Progreso y Zacapa. Sólo estos cinco abarcan el 54% del total de la extensión territorial

afectada, mientras que el 46% restante se encuentra distribuido entre: Baja Verapaz, Totonicapán, Chimaltenango, Quiché, Huehuetenango y Guatemala. El mayor impacto del área fue con el fenómeno climático denominado “El Niño”, el cual tuvo impactos en Guatemala como un déficit hídrico durante el 2009 que se agravó durante julio-septiembre, que son los meses clave para la producción de granos básicos (Tórtola, 2015).

Figura 1. Mapa de localización de corredor seco de Guatemala



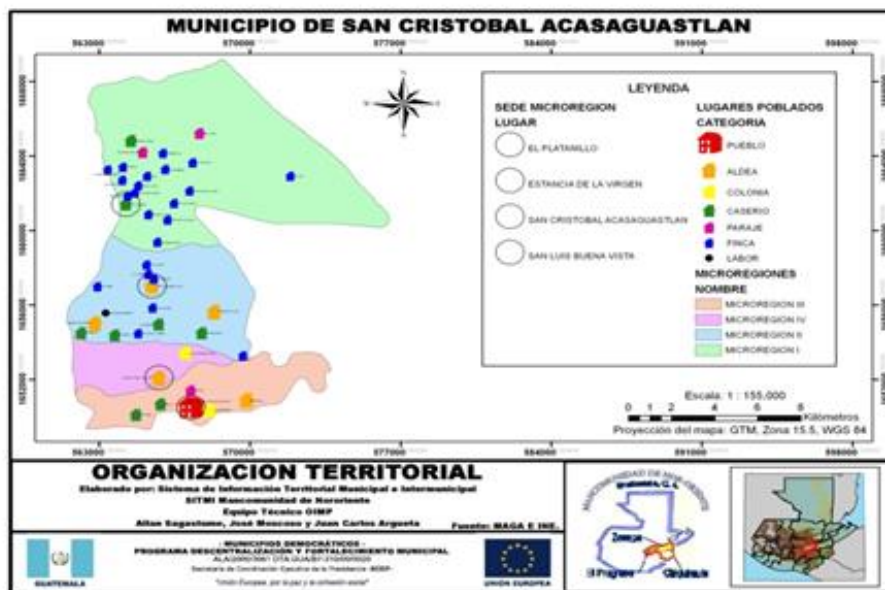
Fuente: PNUD, 2013

La región semiárida de la región contiene zonas de vida como monte espinoso y bosque seco. La humedad relativa promedio oscila entre 60 y 72% y la temperatura varía entre 22 y 28°C, con máximas de 45°C durante los meses de marzo y abril (Tórtola, 2015).

1. San Cristóbal Acasaguastlán. Es un municipio de El Progreso de la región nor-oriental de Guatemala. Se encuentra en la orilla norte del Río Motagua a una altitud de 250 m. La extensión territorial es de 124 kilómetros², se encuentra a una distancia de 101 kilómetros de la ciudad capital transitable por carretera asfaltada y a 32 kilómetros de la cabecera de El Progreso (Guastatoya). Colinda al Norte y al Oeste con el municipio de San Agustín Acasaguastlán, al sur con el municipio de El Júcaro, ambos del departamento

de El Progreso, al este con el municipio de Usumatlán, del departamento de Zacapa. Cuenta con los siguientes centros poblados: 1 pueblo, 5 aldeas, 14 fincas y 8 caseríos. Para facilidad de entendimiento, la municipalidad ha decidido dividir el municipio en 4 microrregiones: Sierra de las Minas, La Tigra, Valle del Motagua y La Virgen. El siguiente esquema delimita la conformación de las cuatro microrregiones de este territorio destacando la ubicación de los principales lugares poblados, donde se visualiza la existencia de un número determinado de fincas en su mayoría (Municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, 2010).

Figura 2. Organización territorial de San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso



Fuente: Municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, 2010

El censo oficial ejecutado por la INE en el 2002 indica que el municipio tiene una población total de 6008 habitantes con un 70% constituido por población rural. Según la Jefatura Departamental de Salud y el INE, el crecimiento poblacional es de 2.24%. Al menos el 37.88% de la población tiene entre 0-19 años, mientras que la población comprendida entre los 20-39 es de 20.32%, lo que indica que más del 50% de la población del municipio es relativamente joven. Esta situación demanda más inversión en educación, salud, generación de empleo y oportunidades para que la población pueda mejorar su calidad de vida (Municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, 2010).

a. Seguridad alimentaria en San Cristóbal Acasaguastlán. Respecto a la disponibilidad de alimentos se observa que el 20% de las comunidades del municipio se dedican al cultivo de maíz y frijol, mayoritariamente para el autoconsumo y el excedente se dispone para la venta en el mercado local. A pesar de las condiciones climáticas del área y el tipo de suelo, se realizan dos cosechas al año, siendo necesaria la utilización de sistemas de riego para poder completar el ciclo productivo. En este sentido, las áreas más favorecidas para el desarrollo de los cultivos son las ubicadas cerca de zonas de riego, ríos y fuentes de agua.

Sin embargo, por fenómenos naturales producidos por el cambio climático, la cercanía a estos lugares no garantiza el rendimiento al 100% de sus cultivos. Cabe mencionar que el municipio es afectado en época de verano principalmente por constantes sequías, debido a las ondas cálidas presentadas y porque en su mayoría, el terreno es árido, seco y caluroso, así como la latitud que presenta el mismo (Municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, 2010).

Es importante mencionar que el déficit alimentario y nutricional afecta en su mayoría a la niñez menor de 5 años, en el año 2,009, 16 niños tuvieron bajo peso al nacer, 49 niños comprendidos entre las edades de 6 a 24 meses fueron vistos y tratados por anemia y 38 niños menores de 5 años por desnutrición (MSPAS, 2009). El porcentaje de niños y niñas menores de 5 años con peso inferior al normal para su edad, los datos descritos anteriormente son alentadores para el municipio y contribuyen al logro de la meta país, sin embargo, es necesario buscar nuevas formas de sostenimiento para las familias que no sean exclusivas de la agricultura (Municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán, 2010).

C. Valor nutricional de *Prosopis juliflora*

Los frutos de *P. juliflora* han sido utilizados como alimentos por los indígenas de México desde tiempos antiguos, y se reporta un alto valor nutritivo por su alto contenido de proteínas, carbohidratos y fibra. Muchos estudios han recomendado el fruto como un complemento nutricional para el consumo humano. En Guatemala se ha comprobado que el contenido de la fibra (38.58%) es un ingrediente muy utilizado en panadería, mientras que su contenido de carbohidratos (31.16%) tiene un buen nivel para la contribución calórica diaria de los humanos (Hernández y Marroquín, 2006).

El fruto de *P. juliflora*, se ha registrado que provee una cantidad de nutrientes comparable con las del frijol, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Comparación nutricional de grano de frijol negro seco con *P. juliflora*

Alimento	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Energía (kcal/100g)
Frijol negro seco	22.7	61.6	1.6	18.37	343
<i>Prosopis juliflora</i>	18.94	31.16	--	38.58	219

(Estrada, 2012)

Anteriormente se han realizado estudios de aceptabilidad y valor nutricional de alimentos obtenidos a partir de fruto molido de *P. juliflora*, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Composición nutricional de preparaciones que incluyen fruto molido de *P. juliflora* (g/100 g de preparación)

Alimento	Energía (kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Fibra cruda (g)
Tamal (90:10)*	154	3	1	33	2
Tortilla (90:10)*	152	4	2	31	3
Atol	44	0	0	11	1
Bebida sustituta de café	22	0.5	0	6	1
Refresco	35	0	0	9	1

*Mezcla de harina de maíz 90% y harina de *P. juliflora* 10%

(Estrada, 2012)

En el estudio realizado por Estrada en 2012, se demostró que en los hogares de muestra los productos más elaborados con el fruto son bebida sustituta de café, atol y tamales, de los cuales el tamal es el alimento con mayor valor nutritivo. Esto se debe a que son los alimentos que se integran a la dieta tradicional guatemalteca y además son de fácil elaboración (Estrada, 2012).

III. MARCO TEÓRICO

A. Seguridad alimentaria

En Guatemala, según el decreto 32-2005, la seguridad alimentaria nutricional se define como “el derecho a tener acceso físico, económico y social, oportuno y permanente, a una alimentación adecuada en cantidad y calidad, con pertenencia cultural, preferiblemente de origen nacional, así como a su adecuado aprovechamiento biológico para mantener una vida saludable y activa sin discriminación de raza, etnia, color, género, idioma, edad, religión, opinión política o de otra índole, origen nacional, posición económica: nacimiento, o cualquier otra condición social (OPS/OMS).

Según el INCAP y basando en las Cumbres Presidenciales de Centro América (SICA, 2002), la seguridad alimentaria y nutricional es “un estado en el que todas las personas gozan, de forma permanente y oportuna, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan en cantidad y calidad, para su consumo adecuada y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo” Los pilares de la seguridad alimentaria, que garantizan su cumplimiento son: (1) Disponibilidad de alimentos, es decir el suministro adecuado de alimentos a escala nacional, regional o local. (2) El acceso a los alimentos, existiendo diferentes posibilidades para favorecer el acceso a los alimentos como empleo, intercambio de servicios, trueque, crédito, remesas, etc. (3) Consumo de los alimentos, influido por creencias, percepciones, prácticas relacionadas con la alimentación y nutrición en donde la educación y cultura juegan un papel importante. Y (4) utilización o aprovechamiento biológico de los alimentos a nivel individual o a nivel de población (OPS/OMS).

B. *Prosopis sp.*

El uso de estos árboles ha sido amplio a través de varios años siendo uno de los recursos vegetales más útiles para pioneros, colonizadores e indígenas. De él se puede obtener leña, carbón, alimento, néctar para apicultura, medicina, entre otros. Por otro lado, su valor biológico es muy grande, pues controla la erosión del suelo y mejora la fertilidad de este por medio de su función de fijación de nitrógeno (Arnero, 2015). De este género se han reconocido 44 especies, 4 de ellas se distribuyen a lo largo de Europa y África, mientras que las otras 40 a lo largo de América. El origen de este género en América se encuentra en Argentina y se tiene registrado que luego de esto se encontró en México (Capparelli, 2008).

El aprovechamiento del género es una actividad muy antigua entre las comunidades indígenas. Por ejemplo, en muchos estados de México se ha utilizado incluso para la construcción de viviendas, corrales o cercos. Los antiguos mayas consideran al *Prosopis spp.* un símbolo espiritual, representado por la dureza de la madera (Rodríguez, *et. al.*, 2014).

El fruto de varias especies es utilizado en el desarrollo de diferentes tipos de alimentos en distintas partes del mundo en donde se encuentra el árbol, tales como México, Chile, Perú, Bolivia, Argentina, África, entre otros. Entre los productos elaborados a partir de los frutos del género podemos encontrar una amplia variedad, desde una bebida no alcohólica añapa, pan y bebida alcohólica aloja en Argentina, hasta tortillas, tamalitos dulces, atol, refresco y bebida sustituta del café en Guatemala (Capparelli, 2008; Estrada, 2012).

C. Prosopis juliflora

Prosopis juliflora (nativa de Mesoamérica) pertenece a la familia Mimosaceae, que comprende a otras plantas de lugares áridos y semiáridos. Los nombres comunes de la especie son: mezquite, algarrobo, nacascal y nacascalote y Campeche negro. Mide de 6 a 20 m de alto, y en algunas ocasiones puede haber arbustos de 3 a 6 m de alto (FAO, 2006). La especie fue reportada a mediados del Siglo XX en la Flora de Guatemala para las planicies a lo largo de la costa del Pacífico en los departamentos de El Progreso, Zacapa, Retalhuleu y San Marcos (Hernández y Marroquín, 2006).

Crece en una amplia variedad de condiciones naturales de suelos, incluyendo los rocosos. Y vive muy bien en suelos áridos y estériles a los que mejora y facilita la introducción de nuevos cultivos, por ejemplo, el maíz que es tan importante en Guatemala (FAO, 2006).

A diferencia de otras plantas de matorral espinoso guatemalteco, el *P. juliflora* conserva su follaje verde todo el año (Hernández y Marroquín, 2006) lo que hace de este árbol algo muy valioso. Es un recurso de mucha importancia para los primeros habitantes de zonas áridas (Pérez, 2016).

Figura 3. Árbol de mezquite en condiciones áridas (*Prosopis juliflora*)



Fuente: Valdez, 2016

Figura 4. Fruto de árbol de mezquite (*Prosopis juliflora*)



Fuente: Valdez, 2016

Desafortunadamente, un alto porcentaje de árboles *P. alba* en Argentina, *P. pallida* en Perú y algunos de los *P. juliflora* en Haití, África y otros continentes tienen algunas vainas con un sabor amargo que no son comestibles. Estudios realizados con anterioridad sugieren que el amargor proviene de las saponinas producidas por los frutos. Desde un punto de vista evolucionario, esto es muy razonable ya que las plantas han desarrollado un componente anti-insectos que puede tener como subproducto las saponinas (Felker, 2009).

1. **Usos del *Prosopis Juliflora*.** El árbol tiene diferentes tipos de uso dependiendo de la parte que se esté tratando. Las hojas se utilizan como tratamiento de algunos síntomas de enfermedades como escalofríos, diarrea, disentería, gripe, dolor de cabeza, inflamación, dolores de garganta, entre otros. Los frutos por otro lado, su uso más importante es como alimento humano (al menos 50 tipos de alimento) y alimento para animales de patio por su alto valor nutricional, sin embargo, también sirve como tratamiento para algunos de los síntomas previamente mencionados. La madera es utilizada para la fabricación de artesanías, leña, carbón y principalmente para fabricación de muebles (Marroquín, 2009).

2. **Características nutricionales del *Prosopis Juliflora*.** Los frutos y semillas de esta especie se caracterizan por su alto contenido de fibra dietética, carbohidratos y proteínas. El porcentaje de proteínas varía según la parte del árbol de donde se extraiga el alimento. En el caso de las hojas se obtiene del 12 al 16%, mientras que en los frutos entre el 12 y 18%, siendo la fuente proteica más alta la semilla que contiene de 47 a 53% (Estrada, 2012).

Según estudios reportados por la FAO, las características nutricionales y fisicoquímicas de *P. juliflora* son:

Cuadro 3. Características nutricionales y fisicoquímicas de frutos y harina de *P. juliflora* en base seca según FAO

Componente	Frutos (%)	Harina (%)
Humedad	12.2	9.7
Cenizas	3.2	3.3
Proteínas	12.4	21.8
Lípidos	1.3	5.2
Fibras	22.0	19.2
Carbohidratos	48.9	40.8

(FAO, 2006)

Para la elaboración de la harina de mezquite se deben de seguir los siguientes pasos: (1) Colectar los frutos debajo de los árboles, (2) lavar y poner sobre lámina de aluminio por dos días bajo el sol, (3) depositar sobre una manta o costal de pita limpios y golpear contra un trozo de madera (como se aporrea el maíz), (4) colar la harina que queda en la manta y (5) depositar la harina en un frasco limpio (Marroquín, 2009).

D. Prosopis vidaliana

Es una especie de la región costera pacífica mexicana, su característica más notable es el fruto, de color amarillo un tanto oliváceo a la madurez, recto a ligeramente curvo con el sector apical falcado, a diferencia del fruto obtenido de *P. juliflora*, el de *P. vidaliana* es un tanto amargo. Además, la distribución se encuentra asociada a las costas pacíficas de Norteamérica y Centroamérica (Palacios, 2006). Sin embargo, no hay mucha información sobre esta especie, pues no ha sido de gran interés para los investigadores como lo es *P. juliflora*.

E. Análisis proximal y valor nutricional

El análisis proximal de los alimentos se refiere a la determinación de los componentes principales que los conforman: humedad, cenizas (minerales totales), lípidos, proteínas y carbohidratos. La ejecución de muchos de estos análisis se ve afectada por la matriz del alimento. En el análisis de alimentos, es usualmente la matriz del alimento que presenta el mayor reto para el analista. Por ejemplo, alimentos con un alto contenido de grasa o azúcar causan interferencias diferentes a un alimento con bajos contenidos de grasa o azúcares. Pasos necesarios para lograr precisión y exactitud como la digestión o extracción dependen mucho de la naturaleza del alimento (Nielsen, 2010).

1. **Humedad y sólidos totales.** El análisis de humedad es uno de los más importantes en la industria de alimentos, pero también uno de los más difíciles en cuanto a la obtención de resultados precisos y exactos. El contenido seco que permanece luego de remover la humedad se conoce como sólidos totales. Este análisis es tan importante debido a su influencia en la calidad y vida útil del alimento, por ejemplo, en industrias como frutas y verduras deshidratadas o leche en polvo, el contenido de humedad es un factor de calidad en la preservación y la estabilidad de los mismos. Por otro lado, la declaración del valor nutricional de los alimentos requiere que el analista sepa la cantidad de agua en el alimento (Nielsen, 2010).

2. **Análisis de cenizas.** El contenido de cenizas se refiere al residuo inorgánico después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica en un alimento. Un conocimiento básico de las características de procedimientos para obtener cenizas y el tipo de equipo utilizado es esencial para asegurar resultados confiables. Existen dos tipos de análisis principales: seco, utilizado para análisis proximal y para algunos análisis de un mineral en específico; y húmedo (oxidación), como una preparación para ciertos minerales. Cabe mencionar que para realizar este análisis es necesario secar las muestras antes, en el caso de muestras secas como cereales no es necesario, sin embargo, para alimentos como verduras frescas primero es necesario remover toda la humedad. Las muestras con un alto contenido de grasas por otro lado, deben ser sometidas a un secado y a una extracción de grasas antes de realizar el análisis de cenizas (Nielsen, 2010).

a. **Incineración seca.** Se refiere al uso de una mufla capaz de mantener temperaturas de 500-600°C. El agua y los compuestos volátiles se vaporizan, mientras que los compuestos orgánicos son quemados en presencia del oxígeno, y posteriormente convertidos en dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno. La mayoría de minerales son transformados a óxido, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos. Elementos como Hierro, Selenio, Plomo y Mercurio se pueden volatilizar con este procedimiento, por lo que se deben usar otros métodos si el análisis es para determinar un elemento en específico (Nielsen, 2010).

b. **Incineración húmeda.** Es un procedimiento para oxidar sustancias orgánicas utilizando ácidos y agentes oxidantes o sus combinaciones. Muchas veces se prefiere incineración húmeda sobre la seca como una preparación para un análisis específico. Este tipo de incineración utiliza una combinación de ácidos y por lo tanto se requiere una campana para que el uso de estos sea cuidadoso (Nielsen, 2010).

3. **Análisis de grasas.** Los lípidos son un grupo de sustancias que por lo general son solubles en cloroformo o en otros solventes orgánicos pero insolubles en agua. Los alimentos pueden contener cualquier tipo de lípidos existente, pero los que son más importantes son los triacilglicérols y los fosfolípidos. Un análisis cuantitativo y cualitativo, preciso y exacto es importante para un correcto etiquetado nutricional y para asegurar que el producto cumple con las especificaciones de producción (Nielsen, 2010).

El conocimiento sobre la solubilidad de las grasas es aprovechado para la base de la separación de lípidos de las proteínas, agua y carbohidratos en los alimentos. Sin embargo, el comportamiento de solubilidad de grasas en compuestos no polares no es uniforme, por ejemplo, los glicolípidos son solubles en alcoholes, pero tienen una baja solubilidad en hexano mientras que los triglicéridos son solubles en hexano. Esto se debe a que hay un amplio rango de solubilidad dependiendo de los lípidos, y esto hace que la selección de un solvente universal sea imposible para la extracción de lípidos (Nielsen, 2010).

Los lípidos no son extraídos efectivamente con éter etílico (solvente comúnmente utilizado) de los alimentos con un alto contenido de humedad porque el solvente no puede penetrar fácilmente las partículas de humedad debido a la falta de solubilidad con estos o muchas veces por la higroscopicidad natural de los solventes. Por ejemplo, el éter se satura con agua y se vuelve ineficiente para la extracción de lípidos. Es por ello que se recomienda secar antes la muestra, y esto facilitará la molienda para una mejor extracción, además de romper las emulsiones de agua-grasa y así hacer que las grasas se disuelvan fácilmente en el solvente orgánico (Nielsen, 2010).

4. **Análisis de proteínas.** El análisis de proteínas en alimentos es complicado debido a que algunos componentes del alimento poseen características fisicoquímicas similares. Nitrógeno no proteico puede provenir de aminoácidos libres, péptidos de cadena corta, ácidos nucleicos, fosfolípidos, algunas vitaminas, urea u otros compuestos. Por lo tanto, el nitrógeno orgánico total en los alimentos representa (en su mayoría) nitrógeno de las proteínas, pero este puede provenir de otras sustancias no proteicas. Numerosos métodos han sido desarrollados para medir la cantidad de proteína en los alimentos. Los principios básicos de estos métodos incluyen determinación de nitrógeno, enlaces peptídicos, aminoácidos aromáticos, y otros. Factores como la sensibilidad, exactitud, precisión, rapidez y costos de análisis deben ser considerados en la selección de un método apropiado para aplicaciones particulares (Nielsen, 2010).

La importancia de llevar a cabo este análisis es sumamente alta, pues es necesaria para el etiquetado nutricional, el costo de algunos productos se basa en su contenido proteico, las proteínas tienen una funcionalidad única en los alimentos ya que puede darle características especiales y, por último, a partir de este se puede determinar la actividad biológica de los alimentos que puede ser aplicado para la ciencia y nutrición (Nielsen, 2010).

Los métodos más utilizados son Kjeldahl, Dumas y espectrofotometría infrarroja. Estos tres son métodos oficiales de la AOAC Internacional y son comúnmente utilizados para etiquetado nutricional y control de calidad de las empresas. En el caso del método de Kjeldahl, las proteínas y otros componentes orgánicos en una muestra son digeridos con ácido sulfúrico en la presencia de catálisis y luego se lleva a cabo una digestión ácida neutralizada con alcalinidad. El resultado del análisis representa la proteína cruda del alimento, ya que el nitrógeno también puede provenir de componentes no proteicos (Nielsen, 2010).

5. **Análisis de carbohidratos.** Este macronutriente es muy importante en los alimentos debido a que son como fuente de energía, contribuyen crucialmente a la textura del alimento y como fibra dietética que tiene influencia en procesos fisiológicos. Los carbohidratos digeribles, que son convertidos en monosacáridos que pueden ser absorbidos proveen energía metabólica y a nivel mundial se estima que los carbohidratos conforman más del 70% del valor calórico de la dieta humana. Además, los carbohidratos proveen saciedad al consumidor (Nielsen, 2010).

El análisis de carbohidratos es importante desde muchas perspectivas. Análisis cuantitativos y cualitativos son utilizados para determinar características importantes de los alimentos. En el caso de análisis cualitativos, generalmente se utilizan para asegurar que el etiquetado presente composiciones exactas. El análisis cuantitativo por otro lado, asegura que todos los ingredientes de la lista estén en el orden adecuado. En general, la evolución de métodos analíticos ha tenido grandes avances, pues hay diferentes métodos y cada uno de ellos ha sido mejorado constantemente a lo largo de la historia; empezando por análisis de color, adaptación de análisis de color para azúcares reductores basado en la reducción de cobre, cromatografía de gases, métodos enzimáticos y HPLC (Nielsen, 2010).

6. **Análisis de fibra.** Al menos 90% de los carbohidratos en la naturaleza están en forma de polisacáridos, sin embargo, solamente los polímeros del almidón son los únicos que el humano puede digerir y ser utilizados como fuente calórica. Todos los demás polisacáridos no son digeribles y se dividen en solubles e insolubles. Las ligninas junto con otros no digeribles conforman el grupo de fibra dietética. Esta sirve para regular las funciones intestinales, reducir niveles de colesterol, junto a otros efectos (Nielsen, 2010). En los adultos, las cantidades sugeridas como adecuadas se basan en algunos de los beneficios observados y el riesgo de disfunción intestinal, se estableció un valor de referencia de 12g de fibra dietética por cada 1000 kcal ingeridas (INCAP, 2012).

Cuadro 4. Análisis proximal de algunos alimentos según INCAP

	Maíz	Frijol	Trigo	Arroz	Soya
Proteína (%)	8.80	22.70	12.01	7.10	36.49
Grasa (%)	3.20	1.60	1.54	1.10	19.94
Humedad (%)	10.00	10.40	13.10	13.00	8.54
Cenizas (%)	1.70	3.70	1.57	0.80	4.87
Fibra cruda (%)	6.30	18.37	12.20	-	9.30
Carbohidratos (%)	76.30	61.60	71.18	78.00	30.16

(INCAP, 2007)

7. **Análisis de minerales (Hierro, Zinc y Calcio).** Los minerales tienen importancia tanto nutricional como funcional, y por esta razón los niveles de estos deben ser de nuestro conocimiento y deben ser controlados. Algunos minerales se encuentran en altas cantidades en alimentos. Por ejemplo, la leche es una buena fuente de calcio (Nielsen, 2010). Los minerales actúan como elementos estructurales del esqueleto

y de otros órganos, como cofactores en sistema enzimáticos, activadores o facilitadores de reacciones metabólicas, transportadores de sustancias en el organismo y como elementos constituyentes de moléculas con funciones esenciales (INCAP, 2012).

a. **Calcio.** El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano, representa 1.5%-2% del peso corporal en adultos. Alrededor del 99% del calcio está en los huesos y dientes, el resto está en los fluidos extracelulares, estructuras intracelulares y membranas celulares (INCAP, 2012). La absorción intestinal del calcio es más eficiente durante los periodos de mayor requerimiento del mineral. Así, los niños pueden absorber hasta el 75% del calcio dietético, mientras que en los adultos varía entre 20 y 40% (Heaney, 1982).

b. **Hierro.** El cuerpo del hombre adulto contiene alrededor de 4 g de hierro, del cual 65% forman parte de la hemoglobina, cuya función principal es el transporte de oxígeno. La deficiencia de hierro es la principal causa de anemia nutricional. Los grupos más vulnerables son los adolescentes de ambos sexos, las mujeres en edad reproductiva y las embarazadas. Además de la anemia, la deficiencia de hierro ha sido relacionada con otras manifestaciones no hematológicas como alteraciones del sistema inmunológico, apatía y bajo rendimiento escolar en niños, disminución en la capacidad física de adultos, falla en la movilización de la vitamina A, entre otras (INCAP, 2012).

c. **Zinc.** El organismo adulto contiene alrededor de 2 g de zinc, las concentraciones más elevadas aparecen en el hígado, páncreas, riñones, huesos y músculos voluntarios. Junto con el cobre y selenio, el zinc interviene en procesos bioquímicos esenciales en la vida, entre ellos: la respiración celular, uso de oxígeno por parte de la célula, reproducción de ADN y ARN, mantenimiento de la integridad de la membrana celular y la eliminación de radicales libres (INCAP, 2012).

Cuadro 5. Recomendaciones dietéticas diarias de minerales

Sexo/Edad (años)	Calcio (IA)	Hierro			Zinc	
		A.B.*	M. B.*	B. B.*	A. B.*	B. B.*
<i>mg/día</i>						
Niños/as						
0-6 meses	300	b/	b/	b/	d/	d/
7-12 meses	400	6.0	9.0	-	3.1	6.3
1-3 años	500	4.7	7.0	14.0	2.3	4.6
4-6 años	600	7.5	11.3	22.6	2.9	5.8
7-9 años	700	8.8	13.2	26.4	4.0	7.9
Hombres						
10-11.9	1200	10.1	15.1	30.2	5.2	10.4
12-13.9	1200	10.1	15.1	30.2	8.3	16.6
14-15.9	1200	10.9	16.4	32.8	8.3	16.6
16-17.9	1200	10.9	16.4	32.8	9.5	19.1
18 y +	1200	7.5	11.2	22.4	10.6	21.2
Mujeres						
10-11.9	1200	8.1	12.1	24.2	5.4	10.8
12-13.9	1200	8.1	12.1	24.2	6.8	13.7
14-15.9	1200	10.8	16.3	32.5	6.9	13.8
16-17.9	1200	10.8	16.3	32.5	7.3	14.7
18-29.9	1000	10.4	15.6	31.2	7.3	14.6
30-49.9	1000	10.4	15.6	31.2	7.3	14.6
50-64.9	1000	5.8	8.7	17.4	7.3	14.6
65 y +	1200	5.8	8.7	17.4	7.3	14.6
Embarazo	1000	c/	c/	c/	10.1	20.2
Lactancia	1000	10.4	15.6	31.2	11.3	22.6

(INCAP, 2012)

IA= Ingesta Adecuada

A.B.*= Alta biodisponibilidad

M.B.*= Media biodisponibilidad

B.B.*= Baja biodisponibilidad

b/= Las necesidades de hierro son satisfechas por la disminución fisiológica de la hemoglobina y la movilización de reservas corporales de hierro

c/= Se recomienda suplementos de hierro para todas las mujeres embarazadas

d/= La leche materna es suficiente para cubrir las necesidades en menores de seis meses

Cuadro 6. Contenido de minerales en algunos alimentos según INCAP

Mineral	Maíz (harina)	Frijol negro	Trigo (harina)	Arroz (harina)	Soya (harina)
Hierro (mg/kg de harina)	72.1	71.0	46.4	3.5	59.9
Calcio (mg/kg de harina)	1410.0	1340.0	150.0	100.0	1880.0
Zinc (mg/kg de harina)	17.8	25.5	7.0	8.0	11.8
Sodio (mg/kg de harina)	50.0	80.0	20.0	0.0	180.0

(INCAP, 2007)

8. **Análisis de aminoácidos.** El análisis de aminoácidos es utilizado para determinar cuantitativamente la composición de aminoácidos en la proteína. Para ello, primero se debe hidrolizar la proteína y así liberar los aminoácidos. La cuantificación exacta de algunos aminoácidos es difícil debido a su diferente reacción durante la hidrólisis. Consecuentemente, procesos especiales de hidrólisis deben ser utilizados para prevenir errores. Luego estos son separados utilizando técnicas cromatográficas como intercambio iónico, fase reversa y cromatografía gas-líquido (Nielsen, 2010).

Generalmente este análisis se realiza para determinar las cantidades de aminoácidos esenciales para evaluar la calidad de una proteína, identificar proteínas basados en el perfil de aminoácidos, detectar aminoácidos extraños y corroborar estructuras si específicas o recombinadas de proteínas. Las proteínas utilizadas en dietas animales, fórmulas infantiles, productos para atletas y para terapias son comúnmente analizadas para asegurar cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales (Nielsen, 2010). Dependiendo de la edad del consumidor existen diferentes criterios de evaluación de la calidad de una proteína, según datos de la FAO se encuentra que:

Cuadro 7. Patrón de aminoácidos esenciales para evaluar la calidad nutricional de las proteínas (mg/ g de proteína)

Edad (años)	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Treonina	Triptófano	Valina
0.5	20	32	66	57	31	8.5	43
1-2	18	31	63	52	27	7.4	42
3-10	16	31	61	48	25	6.6	40
11-14	16	30	60	48	25	6.5	40
15-18	16	30	60	47	24	6.3	40
>18	15	30	59	45	23	6.0	39

(FAO, 2007)

Cuadro 8. Contenido de aminoácidos esenciales en proteínas de diversos orígenes

Aminoácido (mg/g proteína)	Fuente de proteínas								
	Huevo	Leche	Carne	Trigo	Arroz	Maíz	Soya	Frijol	Maní
Histidina	22	27	34	21	21	27	30	26	27
Isoleucina	54	47	48	34	40	34	51	41	40
Leucina	86	95	81	69	77	127	82	71	74
Lisina	70	78	89	23	34	25	68	68	39
Treonina	47	44	46	28	34	32	41	36	29
Triptófano	17	14	12	10	11	6	14	9	11
Valina	66	64	50	38	54	45	52	41	48
Puntuación química (%)	100	100	100	40	59	43	100	82	67

(FAO, 2007)

F. Análisis sensorial

El análisis sensorial es la identificación, análisis e interpretación de los atributos o propiedades de un producto que se perciben a través de los cinco sentidos: vista, olfato, gusto, tacto y audición. Existen diferentes objetivos por los cuales realizar un análisis sensorial, y esta decisión determinará factores como jueces, encuesta realizada, entre otros. Sin embargo, el análisis sensorial y el estudio de mercados tienen como objetivo la obtención de respuestas relacionadas con la percepción de la calidad del producto (Carpenter, *et. al.*, 2002).

El análisis sensorial responde a preguntas sobre la calidad bajo tres apartados distintos: discriminación (las preguntas se encaminan a conocer si existen o no diferencias entre dos o más productos), descripción (se intenta describir y medir las diferencias que puedan existir entre los productos) y de preferencia o hedónicas (que se intenta conocer el grado de satisfacción o aceptabilidad) (Carpenter, *et. al.*, 2002).

Durante el análisis sensorial se toman en cuenta los atributos sensoriales que pueden percibirse por medio de los sentidos, generalmente se evalúan los siguientes atributos: apariencia, que abarca todos los factores que se perciben a través de la visión, entre los aspectos más estudiados están el tamaño, defectos y color. Sabor, que es la sensación percibida a través de las terminaciones nerviosas de los sentidos del olfato y gusto, dentro de las sensaciones básicas se definen: ácido, amargo, salado y dulce. Por otro lado, se evalúa la textura que es la característica sensorial del estado sólido o reológico de un producto, cuto conjunto estimula los receptores mecánicos de la boca durante la degustación.

El análisis sensorial de los alimentos se divide en dos tipos: pruebas orientadas al consumidor y pruebas orientadas al producto.

1. **Pruebas orientadas al producto.** Son pruebas discriminativas que permiten encontrar pequeñas diferencias entre productos. Para poder realizarlas es necesario contar con un panel entrenado, que funcionan como instrumentos de medición (Watts, 1992). Las pruebas descriptivas son las más convenientes en cuanto al desarrollo de productos, ya que se desea formular un producto que cumpla con una calidad objetivo o para reformular un producto existente empleando ingredientes o procesos diferentes. Estas aplicaciones requieren definición, evaluación y conocimiento de las características sensoriales de un producto y es muy importante que los niveles de agudeza y entrenamiento de los jueces sea elevado (Carpenter, *et. al.*, 2002). Dentro de las aplicaciones más importantes de pruebas orientadas al producto podemos encontrar:

a. **Especificaciones y control de calidad.** Una especificación de la calidad sensorial de un producto es un documento, en el que claramente se identifican las características sensoriales importantes del mismo y que sirve como base de acuerdo entre el comprador y el vendedor del producto. Además de las características sensoriales, una especificación contiene exigencias de etiquetado y normas de llenado. En la industria, por lo general, el equipo que conforma un panel sensorial forma parte de control de calidad, y tiene un entrenamiento adecuado que les permite reconocer cuando un producto se desvía del rango de aceptabilidad establecido por la empresa (Ibáñez y Barcina, 2001).

b. **Estudios de vida útil.** El objetivo principal de este análisis es determinar durante cuánto tiempo puede almacenarse un producto antes de que tenga lugar un deterioro inaceptable de su calidad sensorial. Durante la vida útil de un producto existen muchos factores que probablemente afectan la calidad sensorial, y que puede conllevar a una mal aceptación por el consumidor por ejemplo temperatura, luz, envasado, distribución. Es por ello que el consumidor debe estar informado de la manera correcta de almacenar el producto (Ibáñez y Barcina, 2001).

c. **Reformulación de producto.** Esta aplicación es muy importante en el análisis sensorial de los alimentos, pues el objetivo principal de la producción de alimentos es satisfacer al consumidor. Al realizar un análisis sensorial se puede detectar cuáles son las propiedades del alimento que más agradan al consumidor y cuáles son las que requieren un cambio para una mejor sensación organoléptica (Ibáñez y Barcina, 2001).

2. **Pruebas orientadas al consumidor.** Son pruebas que permiten conocer el grado de aceptabilidad o preferencia de un producto, con el fin de conocer la opinión de los consumidores. Es muy importante que estas pruebas se realicen al mercado objetivo, pues las opiniones de ellos son las más significativas. Además, en estas pruebas se debe utilizar un vocabulario sencillo para que el consumidor no se complique con las respuestas e indique cuáles son sus opiniones acerca del producto. Por lo tanto, en esta

aplicación no es necesario contar con un panel entrenado, de hecho, cualquier tipo de entrenamiento puede llevar a un sesgo y el análisis sea contraproducente (Carpenter, *et. al.*, 2002). Por lo general, este tipo de pruebas requieren la opinión de 100-500 personas (Watts, 1992). Las pruebas orientadas al consumidor se pueden dividir en:

a. Pruebas de preferencia. Permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras indicando si prefieren una muestra sobre la otra (Watts, 1992).

b. Aceptabilidad del producto. La evaluación de la aceptabilidad de un producto difiere considerablemente según las distintas aplicaciones sensoriales. Lo que se plantea no es tanto una cuestión analítica, sino que tiene que ver con el juicio del consumidor. En este tipo de análisis se requiere un grupo de personas representativo de la población objetivo de usuarios del producto. Comprender las necesidades de los consumidores, medirlas a través de un análisis sensorial descriptivo y seguidamente procesarlas mediante la manipulación de las variables de producción y procesado es una de las aplicaciones esenciales del análisis sensorial en el desarrollo y comercialización de procesos y productos (Carpenter, *et. al.*, 2002).

c. Pruebas hedónicas. Orientadas a medir cuánto desagrada o agrada algún alimento, en esta prueba se utilizan diferentes escalas categorizadas como “Me gusta mucho”, “Me disgusta mucho”, etc (Watts, 1992).

G. Etiquetado nutricional

Las regulaciones del etiquetado nutricional difieren entre países alrededor del mundo. La información que el etiquetado nutricional proporciona no solamente es una responsabilidad legal, sino que su importancia ha incrementado para los consumidores ya que se enfocan cada vez más en su salud y bienestar (Nielsen, 2010).

Por otro lado, la interpretación de regulaciones del etiquetado nutricional puede llegar a ser muy difícil. Adicionalmente, durante el desarrollo del producto el efecto de la formulación del producto en la etiqueta nutricional puede ser muy importante. Como ejemplo, un pequeño cambio en la cantidad de un ingrediente puede determinar si un producto puede ser etiquetado como bajo en grasa. Como resultado, la habilidad de inmediatamente reconocer como una formulación tendrá impacto en la etiqueta nutricional puede llegar a ser de mucho valor. El uso de bases de datos de nutrientes y programas computacionales pueden simplificar el proceso de preparación de etiquetado nutricional (Nielsen, 2010).

1. Etiquetado nutricional en Guatemala. En Guatemala, el Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.60:10 (ETIQUETADO NUTRICIONAL DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS PREENVASADOS PARA CONSUMO HUMANO PARA LA POBLACIÓN A PARTIR DE 3 AÑOS DE EDAD) es el que se debe utilizar para poder cumplir con la normativa nacional y centroamericana. El objetivo de dicho reglamento es establecer los requisitos mínimos que debe cumplir el etiquetado nutricional de

productos alimenticios previamente envasados para consumo humano destinados a la población a partir de 3 años (RTCA, 2012).

Dentro de los principios generales del reglamento se encuentra que el etiquetado nutricional debe proporcionar al consumidor información sobre el tipo y cantidad de nutrientes aportados por el alimento. Dicha información debe ser presentada en forma estandarizada y de acuerdo con el reglamento. Además, que la información relacionada con las propiedades nutricionales y saludables del alimento se debe presentar en idioma español (RTCA, 2012).

La información sobre el contenido nutricional de un alimento se puede presentar en forma de cuadro o texto. Los nutrientes que se venen declarar son: Valor energético, grasa total, grasa saturada, carbohidratos, sodio y proteínas. Sin embargo, la declaración de contenido de grasa saturada en la tabla nutricional no será obligatoria para alimentos que contienen menos de 0.5 g de grasa total por porción. Si el contenido de grasa saturada no es declarado, deberá aparecer al final de la tabla nutricional “No es fuente significativa de grasa saturada”. Por otro lado, cuando el aporte de sodio en el alimento sea menor a 5 mg se declara como cero o se indicará al final de la información nutricional “No es fuente significativa de sodio” (RTCA, 2012).

a. Cálculo de nutrientes. Los valores de los nutrientes que figuren en la tabla de información nutricional deben ser valores promedios obtenidos de análisis de muestras que sean representativas del producto que ha de ser rotulado, o tomados de la Tabla de Composición de Alimentos reconocidos por Organismos Competentes publicadas internacionalmente (RTCA, 2012).

b. Cálculo de energía. La cantidad de energía que suministra cada nutriente o componente que aporta energía se debe calcular utilizando los siguientes factores de conversión:

Cuadro 9. Cálculo de energía según componentes de alimento

Nutriente o componentes que aportan energía	kJ/g	Kcal/g
Carbohidratos	17	4
Proteínas	17	4
Grasas	37	9
Alcohol (etanol)	29	7
Ácidos orgánicos	13	3

(RTCA, 2012)

c. Presentación del contenido de nutrientes. Los VRN a utilizar serán de preferencia los establecidos por la FAO/OMS que se presentan a continuación. Sin embargo, se permitirá el uso de cualquier otra referencia de valores nutricionales para fines de etiquetado. En todos los casos, se debe indicar al pie de la información nutricional, la referencia utilizada, citando en nombre de la misma (RTCA, 2012).

Cuadro 10. Recomendaciones dietéticas diarias para vitaminas y minerales esenciales en salud humana

Nutriente	RDD (Recomendación Dietética Diaria)
Vitamina A	5000 IU
Vitamina C	60 mg
Calcio	1000 mg
Hierro	18 mg
Vitamina D	400 IU
Vitamina E	30 IU
Vitamina K	80 µg
Zinc	15 mg

(CFR, 2009)

Cuadro 11. Valores de referencia de nutrientes de componentes de alimento basado en dieta de 2000 kcal

Componente del alimento	VRN (Valor de Referencia Nutriente)
Grasa	65 g
Grasa saturada	20 g
Colesterol	300 mg
Carbohidratos totales	300 g
Fibra	25 g
Sodio	2400 mg
Potasio	3500 mg
Proteína	50 g

(CFR, 2009)

H. Vida de anaquel

Vida de anaquel es definida como el periodo de tiempo en el que el producto alimenticio permanece inocuo; conserva sus propiedades sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas, y además cumple con las declaraciones de etiquetado nutricional. La vida de anaquel de un producto forma parte del desarrollo de este mismo, y el empaque es uno de los factores limitantes de la vida de anaquel, por eso mismo es importante que los requerimientos del empaque sean considerados junto con los requerimientos de proceso (Coles, 2003).

El estudio de vida útil se lleva a cabo seleccionando una muestra representativa del producto final bajo condiciones parecidas a las que el producto se va a someter hasta su consumo. Para este estudio es necesario definir la variable crítica que afecta la vida útil del producto. Esto puede ser basado en un límite microbiológico, especificación química o una característica sensorial. En muchos de los casos es una mezcla de estos factores. Para productos con vida útil larga generalmente se utilizan métodos indirectos o predictivos para determinar el tiempo de vida. Altas temperaturas es el método acelerado más común para determinación

de vida útil, pero otros parámetros como humedad, agitación o exposición a la luz, se pueden utilizar para afectar la estabilidad del producto. Dichos análisis son frecuentemente específicos dependiendo del producto a estudiar y son basados en conocimiento previo del producto y esto determina las condiciones de aceleramiento. El peligro con estas aproximaciones es que las reacciones químicas o microbiológicas son aceleradas y esto no sucedería bajo condiciones normales (Coles, 2003)

Otra de las aproximaciones para el análisis de vida útil acelerado es un modelo predictivo, en donde modelos matemáticos son utilizados para predecir ya sea la vida útil o el nivel máximo del atributo limitante como función de la composición del producto. La humedad relativa de equilibrio (ERH) de un alimento es la humedad atmosférica bajo la cual el producto no gana ni pierde humedad al aire (valor generalmente expresado como actividad de agua). La relación entre la vida útil libre de moho y la ERH ha sido establecida para un amplio número de productos de panificación. El ERH de un producto puede ser calculado utilizando factores de conversión para obtener los equivalentes de sucrosa que los ingredientes contribuyen y esto puede ser utilizado para estimar la vida útil libre de mohos. La microbiología predictiva de alimentos está basada en modelos matemáticos que describen el crecimiento de microorganismos bajo condiciones específicas como temperatura, pH, u otros. Estos modelos pueden ser utilizados para predecir el crecimiento de un microorganismo de interés y rápidamente evaluar los efectos que cambian en la formulación del producto que tendrán un efecto en el crecimiento microbiológico y por lo tanto en el tiempo de vida útil del producto (Coles, 2003).

1. Factores que afectan la calidad del producto y la vida de anaquel. Para muchos alimentos la vida útil está limitada por atributos específicos o claves que pueden ser predichos durante el desarrollo de un producto. Esto puede ser determinado mediante la experiencia con otros productos parecidos o con observaciones de los productos considerando el proceso de producción (factores intrínsecos, el ambiente en donde va a ser almacenado durante su tiempo de vida (factores extrínsecos) y los procesos que limitan la vida de anaquel de un producto (mezcla entre factores intrínsecos e intrínsecos) (Coles, 2003).

Los factores intrínsecos son las propiedades que resultan del producto final, por ejemplo:

- ✓ Actividad de agua
- ✓ pH o acidez titulable
- ✓ Microflora natural
- ✓ Disponibilidad de oxígeno
- ✓ Potencial redox
- ✓ Bioquímica de producto
- ✓ Preservantes añadidos (sal, especias, antioxidantes, entre otros)
- ✓ Formulación de producto
- ✓ Interacciones con empaque

Los factores extrínsecos, por otro lado, son el resultado del ambiente en donde el producto se encuentra durante su vida de anaquel. Dentro de ellos podemos encontrar:

- ✓ Perfiles de tiempo-temperatura durante procesamiento
- ✓ Control de temperatura durante almacenamiento y distribución
- ✓ Humedad relativa durante almacenamiento y distribución
- ✓ Exposición a la luz (UV o IR) durante almacenamiento y distribución
- ✓ Composición de gases en atmósfera de empaque
- ✓ Manejo de parte del cliente

La interacción de factores intrínsecos y extrínsecos afectan la probabilidad de ocurrencia de reacciones o procesos que afectan la vida de anaquel del producto. Los diferentes tipos de reacciones pueden ser clasificados en: químicas/bioquímicas, microbiológicas y físicas. El efecto de estas es raramente mutuamente excluyente, pero estas categorías permiten enmarcar diferentes reacciones. Los efectos de estos factores no son siempre perjudiciales y muchas veces son esenciales para el desarrollo de algunas características buscadas para el producto (Coles, 2003).

I. Gomas

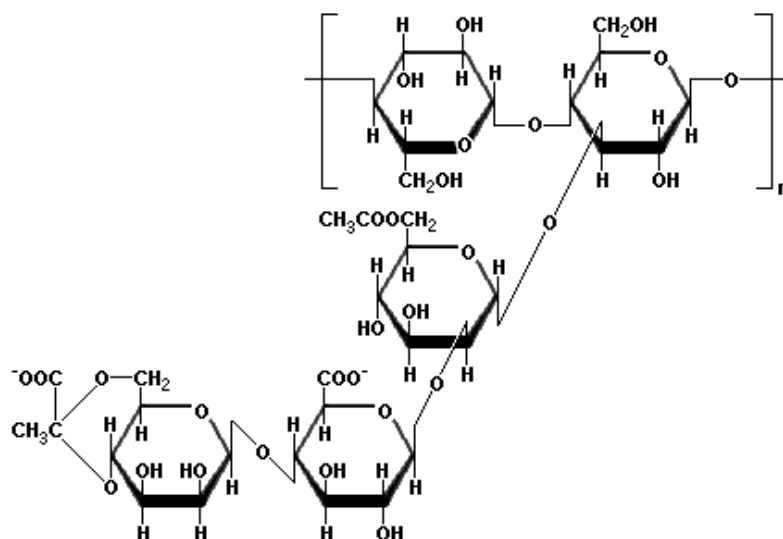
Actualmente, su uso se ha extendido a un grupo muy amplio de polisacáridos de alto peso molecular que incluye el almidón, pectinas y celulosa. Estos tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes y además presentan funciones dentro del alimento como emulsificación, estabilización, crioprotección, etc. Las gomas naturales provienen de exudados de plantas, de semillas, de algas marinas y de origen microbiano; sin embargo, también existen algunas que son semisintéticas, derivadas de los almidones, celulosa y glucosa. Todas las gomas forman parte de la fibra cruda, ya que el organismo humano no es capaz de metabolizarlas por carecer de sistema enzimático que se necesitan (Badui, 2013).

Las propiedades funcionales de las gomas dependen de factores intrínsecos de la molécula como peso molecular, grados de ionización y de ramificación, y de factores extrínsecos como pH, fuerza iónica, temperatura, concentración de otros componentes, etc. Cada goma tiene características físicas y químicas específicas, que no se pueden sustituir fácilmente con otro polisacárido; la combinación de dos o más de ellas, genera nuevas propiedades funcionales que no desarrollan en lo individual; es el caso de la emulsificación de sistemas aceite-agua, que se logra con mezclas de gomas (Badui, 2013).

1. Goma xantan. Heteropolisacárido ramificado sintetizado por diferentes especies de bacterias *Xanthomonas*, principalmente *X. campestris*, que produce la goma como una cobertura de protección. Después de su protección el medio se pasteuriza y el microorganismo se separa por filtración. Está formado por D-glucosa, D-manosa y ácido D-glucurónico en una relación molar de 2.8:3.2; también contiene aproximadamente 4.7% de grupos acetilo y 3.5% de ácido pirúvico, su peso molecular es alrededor de 3,000,000. Es una goma pseudoplástica, soluble en agua fría o caliente y forma soluciones muy viscosas

estables en un rango de pH de 1-9. Además, produce soluciones traslúcidas incluso a altas concentraciones, es resistente a la degradación enzimática, funciona como un buen crioprotector, es compatible con otras gomas y presenta sinergia con los galactomananos. Se emplea en aderezos, salsas, derivados de jitomate, bebidas, productos lácteos, entre otros (Badui, 2013).

Figura 5. Estructura química de goma xantan



Fuente: Badui, 2013

IV. JUSTIFICACIÓN

La región conocida como “corredor seco” tiene una extensión total de 10,200 km² conformado por los siguientes departamentos: Quiché, Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala, Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa en la región oriental del país incluyendo un total de 46 municipios. En esta región predomina el clima semiárido, siendo más acentuada en El Progreso, Zacapa y Chiquimula con una precipitación registrada menor a 1000 mm anual (MAGA, 2010).

Según estudio por la FAO titulado “Corredor seco, América Central” en 2016, en Guatemala al menos 915000 personas se encuentran en inseguridad alimentaria severa y moderada, ya que la sequía ha dado lugar a malas cosechas de maíz y frijol por tres años consecutivos. Al menos 82000 toneladas de maíz han sido perdidas según registros del MAGA representando una pérdida económica de \$30.8 millones. El frijol negro por otro lado representa una pérdida de \$102.3 millones. Esto además de una pérdida económica representa un agotamiento de reservas de granos básicos para las familias guatemaltecas (FAO, 2016).

Se ha reportado que para esta región la falta de alimento para las comunidades humanas es una de las principales causas de la problemática socioeconómica. Esa falta de alimento nutritivo puede ser contrarrestada utilizando las vainas de *Prosopis sp.*, pues según los resultados obtenidos en la presente investigación se podrá determinar si la harina obtenida de las vainas del mezquite posee un valor nutricional parecido (o superior) a los alimentos que se consumen en la zona (maíz y frijol), con esta caracterización se describirán a fondo las vainas de *Prosopis juliflora* y *P. vidualiana* para obtener una harina comestible y de parámetros nutricionales conocidos. La situación de pobreza extrema que existe en la región hasta comienzos del 2008 se agudiza por cuatro razones: (1) Escasa investigación científica sobre alimentos locales y falta de información disponible en términos populares, (2) escasa capacitación de tecnología para productos de consumo interno y conservación de los alimentos poscosecha, (3) alto porcentaje de pérdida de alimentos silvestres y (4) alta dependencia y costo de tecnología para manejo de especies exóticas (Marroquín, 2009).

Esto ha llevado a una investigación profunda de la especie, pues es una fuente de alimento que puede proveer constantemente frutos sin importar el clima del área. Este es uno de los factores más importantes por los cuales se ha tenido tanto interés en el género *Prosopis sp.*, pues puede crecer en condiciones precarias como lo hace en el corredor seco de Guatemala. Sin embargo, el sabor de los alimentos obtenidos a partir del fruto del árbol no llama tanto la atención de los consumidores, pues no es un sabor al que estén acostumbrados. Es por ello que es necesario caracterizar las vainas para identificar la procedencia del sabor amargo y así poder ofrecer una harina comestible que posteriormente será utilizada para desarrollar un alimento que no solamente tenga las características nutricionales que las personas necesitan, sino hacerlo agradable al paladar para que todas las personas pueden ser beneficiadas por tan rico alimento.

V. OBJETIVOS

A. General

Desarrollar un producto nutritivo a partir de la harina de *Prosopis sp.* para los habitantes de las comunidades del Municipio de San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso.

B. Específicos

1. Realizar una caracterización nutricional de las harinas obtenidas a partir de *Prosopis juliflora* y *Prosopis vidaliana*.
2. Formular el producto de acuerdo con las necesidades presentadas por la comunidad.
3. Determinar las características químicas, nutricionales y de aceptabilidad del producto.

VI. METODOLOGÍA

A. Sondeo

Se realizó una entrevista semi-estructurada a 22 personas de comunidades que ya hayan estado en contacto con el mezquite y que usen el producto para obtener alimentos a partir de la harina obtenida de la vaina. Esto se con el objetivo de determinar si es necesario realizar mejoras con la harina.

Esto se realizó con la metodología de “Evaluación Rápida de Mercado” (RMA) por sus siglas en inglés. Esta metodología es una manera rápida, flexible y efectiva de coleccionar y analizar información acerca del mercado (Sequeira, *et. al.*, 2013). La entrevista semi estructurada en este estudio está basada en la técnica desarrollada por Holtzman (2003), y se basa en la combinación de datos primarios y secundarios coleccionados mediante la encuesta con un número mínimo de informantes (Amaya, 2009).

La entrevista realizada se puede apreciar en el apartado de anexos, esta fue realizada a personas de El Rancho, El Progreso, ya que en esta área el mezquite está sembrado cerca de la población, por lo que las personas que habitan en la aldea El Rancho han tenido contacto con los frutos y la harina del árbol. La entrevista fue realizada de 11:00 a 13:00 horas a las personas que quisieran colaborar.

B. Elaboración de harina

La harina fue provista por Agrobosques S.A. y su producción a partir de la semilla de mezquite fue como se indicó en la sección de Marco Teórico. Las vainas fueron molidas luego de someterlas a secado. La procedencia de *P. vidualiana* es de una plantación en Finca San Miguel, y son de recolección de germoplasma de la especie del litoral pacífico de Guatemala.

C. Caracterización física de harina

Tanto la caracterización física, como la química fueron realizadas dentro de las instalaciones de los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala.

1. Distribución de tamaño de partícula.

- a. Se tomaron muestras de harina de 50 g
- b. Se colocaron en una pila de 5 mallas de la serie de tamices U.S. número 20, 40, 60, 80, 100 y fondo.
- c. Las mallas fueron colocadas en el equipo de rotación y agitación.
- d. Se agitó durante 5 minutos.
- e. Se separó cada fracción de las mallas con la ayuda de una brocha, pesando las fracciones retenidas en las diferentes mallas.
- f. La distribución obtenida se reportó como el porciento de retención en cada malla en case a la muestra inicial de harina, como se indica a continuación:

Ecuación 1:

$$\%DTP = \frac{g \text{ retenidos en cada malla}}{g \text{ muestra inicial de harina}} * 100$$

(Platt, 2013)

g. Para determinar un tamaño de partícula unificado se utilizó la ecuación de promedio de Sauter:

Ecuación 2:

$$d_{vs} = \frac{\sum d^3 N}{\sum d^2 N}$$

Donde:

d= diámetro de partícula

N= número de partícula con un diámetro dado

2. Índice de absorción de agua.

- a. En un tubo para centrífuga de 50ml se agregó 1 g de muestra
- b. Se adicionaron 15 ml de agua destilada a temperatura ambiente
- c. Se agitó durante 30 minutos
- d. Se centrifugó a 5000 rpm durante media hora
- e. Se eliminó el sobrenadante
- f. Se pesó la muestra húmeda

(Platt, 2013)

Ecuación 3:

$$IAA = \frac{agua \text{ absorbida}}{peso \text{ de muestra}} * 100\%$$

(Wang y Kinsella, 1976)

D. Análisis proximal de harina

1. Sólidos totales y humedad en harina. Se utilizará el método oficial AOAC 925.10
2. Determinación de cenizas en harina. Se utilizará el método oficial AOAC 923.03
3. Determinación de grasas en harina. Se utilizará el método oficial AOAC 920.39C

4. Determinación de proteínas en harina. Se utilizará el método oficial AOAC 920.87
5. Determinación de fibra total, soluble e insoluble dietética. Se utilizará el método oficial AOAC 991.43

(AOAC, 2005)

E. Determinación de minerales (Hierro, Calcio y Zinc)

1. Determinación de Hierro, Calcio y Zinc
 - a. Se prepararon las cenizas de acuerdo a método oficial AOAC 923.03
 - b. Se blanqueó la muestra colocando el crisol con cenizas en campana sobre estufa y se agregaron 3 ml de ácido clorhídrico y se colocó el crisol en la mufla a la misma temperatura por una hora.
 - c. Se enfrió el crisol en desecador
 - d. Se agregaron 10 ml de ácido clorhídrico 1:1 y se calentó en una estufa hasta que estuviera disuelto
 - e. Se filtró esta solución utilizando papel filtro Whatman 1
 - f. Se aforó a 25 ml con agua destilada desmineralizada
 - g. Se realizó la curva de estandarización con diluciones de concentración conocida.
 - h. Se determinó el hierro, calcio y zinc por medio de espectrofotometría ultravioleta visible de absorción atómica en llama

(Colmenares, 2014)

F. Determinación de aminoácidos de harinas

Siendo la lisina y el triptófano dos de los aminoácidos esenciales más importantes, se utilizarán los siguientes métodos para la determinación de cada uno de ellos:

1. Determinación de triptófano
 - a. Se tomó una muestra representativa al azar
 - b. Se desgrasó la muestra de acuerdo con el método oficial AOAC 920.39C
 - c. Por cada muestra, se pesaron 80 mg de polvo desgrasado en un tubo cónico de 15 ml.
 - d. Se agregaron 3 ml de la solución de papaína
 - e. Se incluyeron por lo menos 2 blancos y 4 testigos (con una concentración conocida de triptófano) y la curva de calibración.
 - f. Se cerraron los tubos para evitar que haya evaporación durante incubación
 - g. Se agitar las muestras en el Vortex y fueron colocadas en incubación a 65°C por 16 horas.
 - h. Se retiraron los tubos de la incubación y se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente.
 - i. Se agitaron los tubos en Vortex justo antes de centrifugarlos a 3600 g durante 10 minutos.

- l. Se agregaron 4 ml del reactivo C haciéndole resbalar suavemente por la pared interna del tubo.
- m. Se agitó muy bien en Vortex y se incubó a $63 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 15 minutos para que se desarrollara el color.
- n. Se retiraron las muestras de la estufa y se dejaron secar a temperatura ambiente.
- o. Se leyó la absorbancia a 560 nm en espectrofotómetro.
- p. Para la curva de calibración:
 - 1) Se preparó solución concentrada de 100 $\mu\text{g/ml}$ de triptófano en acetato de sodio 0.1 M con pH 7 (preparar cada semana y almacenar a 4°C)
 - 2) En tubos cónicos de 15 ml se prepararon diluciones de 0, 10, 15, 20, 30 y 50 $\mu\text{g/ml}$ (en acetato de sodio 0.1 M con pH 7). Se agitaron en Vortex antes de utilizarlas
 - 3) Se produjo una reacción colorimétrica (pasos m a r) utilizando 1 ml de las diluciones.

Ecuación 4:

$$\% \text{triptófano} = \frac{\text{Densidad óptica}_{560 \text{ nm}}}{\text{pendiente}} * \frac{\text{volumen hidrolizado}}{\text{peso de la muestra}} * 100\%$$

Ecuación 6:

$$\text{Densidad Óptica}_{560 \text{ nm corregido}} = DO_{560 \text{ nm muestra}} - DO_{560 \text{ nm promedio de blancos de papaína}}$$

(Vivek, 2008)

2. **Determinación de lisina.** Basada en la cantidad de colorante ligada electrovalentemente con los grupos amino básicos: arginina, histidina y lisina, precipitándose la proteína como un complejo colorante-proteína. En la medición A, estos tres aminoácidos se unen al colorante y en la medición B sólo se unen a los aminoácidos arginina e histidina. Una vez obtenidas las absorbancias de ambas mediciones se realiza una resta para obtener el contenido de lisina disponible.

a. Preparación de soluciones:

- 1) Orange G: se pesaron en báscula semianalítica 1.759g de colorante Orange G, 10g de ácido oxálico, 3.4 g de fosfato de potasio dibásico en polvo, se colocaron en un vaso de precipitado de 100ml, se disolvieron con 60 ml de ácido acético glacial, se transfirió a matraz volumétrico de 1L y se aforó con agua.
- 2) Acetato de sodio al 16.4%: se pesaron 16.4g de acetato de sodio trihidratado, se diluyó con 400ml de agua en vaso de precipitados y se transfirió a matraz volumétrico de 1L, se aforó con agua.

b. Se realizó la curva de calibración en el espectrofotómetro a 475 nm con la solución colorante en una concentración alta de 5mmol/L, a partir de esta se realizaron diluciones de 4,3,2 y 1 mmol/L.

c. Para medición A:

1) Se pesaron 1.95g de muestra molida
 2) Se colocó la muestra en matraz con 40 ml de la solución colorante Orange G y 4 ml de la solución acetato de sodio.

3) Se agitó por 75 minutos con una barra magnética en una parrilla con agitación.

4) Se colocaron 10 ml de cada mezcla de la reacción en un tubo de ensayo

5) Se centrifugó a 5000 rpm por 10 minutos

6) Se tomó alícuota de 0.1 ml y se aforó con acetato de sodio a 10 ml.

7) Se tomó lectura en espectrofotómetro a 475 nm.

d. Para medición B:

1) Se pesaron 2.77 de muestra molida

2) Se colocó la muestra en matraz con 0.4 ml de anhídrido propiónico concentrado y 4 ml de solución saturada de acetato de sodio al 16.4%

3) Se agitó con barra magnética en una parrilla con agitación por 15 minutos

4) Se agregaron 40 ml de solución colorante Orange G al mismo matraz y se agitó por 1 hora

5) Se tomó alícuota de 10 ml de la mezcla de reacción

6) Se centrifugó a 5000 rpm por 10 minutos

7) Se tomó alícuota de 1 ml y se aforó a 10 ml con acetato de sodio

8) Se tomó lectura en espectrofotómetro a 475 nm

Ecuación 7:

$$\text{Concentración} = a + b(A)$$

Donde:

a= Intercepto

b= Pendiente

A=Absorbancia

Ecuación 8:

$$\text{Concentración total} = \text{Concentración inicial de colorante} \left(3.89 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \right) - \text{Concentración}$$

Ecuación 9:

$$\frac{g \text{ de lisina}}{16 g \text{ de N}} = \frac{L * VO * 1460}{pm * PM}$$

Donde:

L= Concentración de lisina en mmol/L

VO= Volumen de Orange G que se utilizó durante la determinación

pm= Peso de la muestra en g

PM= Porcentaje de proteína en la muestra

Ecuación 10:

$$\frac{g \text{ de lisina}}{16g \text{ de N}} = \text{Lectura de A} - \text{Lectura de B}$$

(Cerón, 2006)

G. Análisis de datos

Los resultados obtenidos, fórmulas y análisis estadísticos se realizaron con Microsoft Excel 2016.

H. Desarrollo de producto

Para poder desarrollar un producto se utilizó la información nutricional adquirida de la harina. A partir de esto se tomó la decisión de mezclar la harina de mezquite con otros ingredientes que la complementen para obtener un producto balanceado nutricionalmente.

Debido a los resultados obtenidos en el sondeo, se formuló un atol a base de harina de mezquite y de soya. Además, este contiene azúcar, canela, sal y goma xantán (formulación en sección de resultados y discusión). La preparación de este consiste en colocar 75 g de pre mezcla de atol en 1 litro de agua o leche (dependiendo de la disponibilidad en cada hogar). Luego, se debe calentar por 10 minutos, esperando a que hierva y después de esto el producto está listo para consumir. Dicho desarrollo se realizó en el laboratorio de investigación de la Universidad del Valle de Guatemala.

I. Mejora del producto

1. **Grupo focal.** Se realizó un grupo focal para poder determinar las características principales de un atol. Este grupo focal fue formado por 15 personas de la ciudad de Guatemala, y dichos consumidores emitieron su opinión con las diferentes formulaciones desarrolladas. Las características que más se comentaron en la evaluación por el grupo focal fue el sabor, olor y consistencia. Además, de las dos formulaciones probadas (proporción 70:30 y 50:50, mezquite:soya) el grupo focal opinó que la mejor fue la de 50:50 debido a que el sabor no era tan fuerte y no dejaba sabor desagradable en la boca. Por lo que la formulación para la prueba dirigida al consumidor fue la proporción 50:50.

2. **Prueba dirigida al consumidor.** Se realizó una prueba de aceptabilidad con escala hedónica de 7 puntos del producto realizado, para ello se utilizó una boleta en donde se presenten los atributos que se consideren más importantes para los consumidores (ver boleta en anexos). 111 personas de El Progreso evaluaron el producto, en un rango de edad de 6-82 años. Debido a que no fue una prueba anunciada por toda la aldea, se servía el atol frente a las casas de las personas que quisieran probarlo. La muestra de atol fue servida en un vaso de 3 onzas con aproximadamente 20 ml de atol a 40°C, ya que es la temperatura media a la que normalmente se bebe un atol. Posteriormente, se le brindaba al consumidor la boleta (consultar en anexos) para que este diera a conocer su edad, sexo y la calificación que brindaba a los atributos señalados (olor, sabor y consistencia).

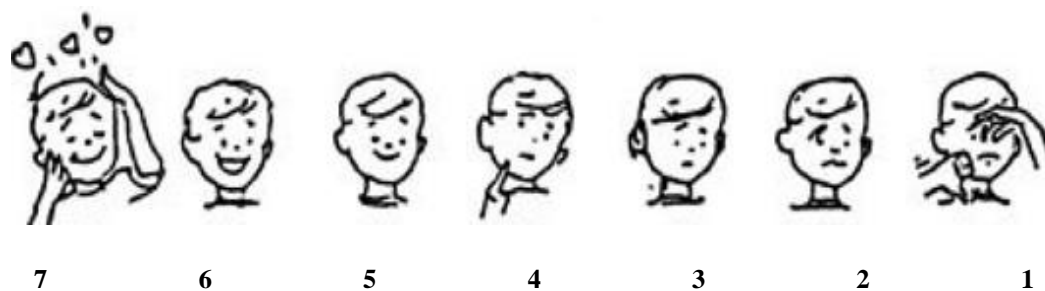
Dentro de las características que fueron evaluadas, se encuentran las siguientes: olor, sabor y consistencia. De esta manera se pretendía determinar cuánto agrado o desagrado hay de parte de los consumidores. La escala utilizada fue la siguiente:

Cuadro 12. Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial del producto

7	Me gusta muchísimo
6	Me gusta mucho
5	Me gusta ligeramente
4	Ni me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta ligeramente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Sin embargo, como muchas de las personas en el interior del país son analfabetas se optó por el uso de una escala fácil de entender:

Figura 6. Escala hedónica de 7 puntos gráfica



Fuente: Carpenter, *et. al.*, 2002

J. Vida de anaquel de producto

Para determinar la vida de anaquel que el producto tiene en el empaque seleccionado se colocaron muestras en incubación a $38\pm 1^\circ\text{C}$. En este análisis se estima que cada semana en incubación equivale a un mes a condiciones ambientales normales, mejor conocido como ASLT (Accelerated Shelf Life Testing, por sus siglas en inglés) en su forma más sencilla, ya que solamente se sometió el producto a un aumento de temperatura (Kilcast y Subramaniam, 2011). Cada semana se midió actividad de agua como parámetro crítico y además se verificó con microscopio la ausencia o presencia de animales. El análisis fue detenido cuando la actividad de agua llegase a 0.70, ya que bajo esta condición el riesgo de contaminación microbiológica es bastante alto o cuando la harina presentara bichos, lo que sucediese primero.

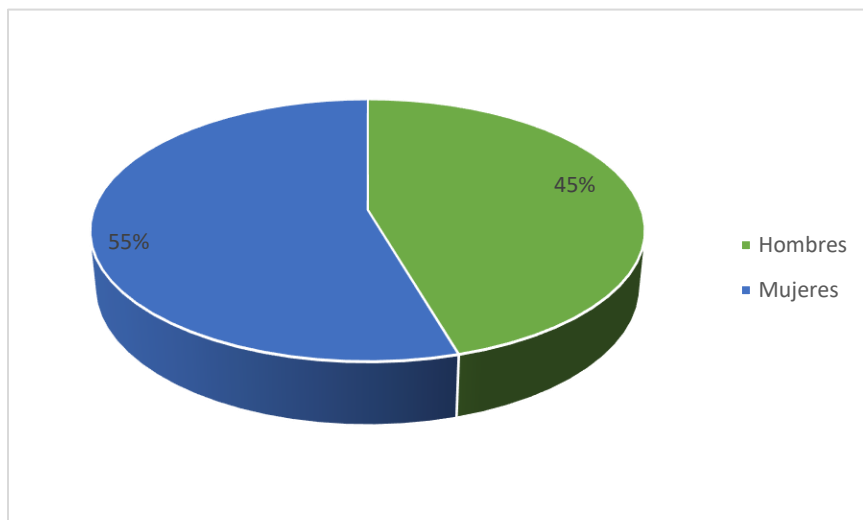
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Sondeo

Con el objetivo de conocer algunas de las características que tendrían repercusión en el producto final, se llevó a cabo un sondeo en las comunidades aledañas a El Rancho, El Progreso sobre las características del mezquite (*P. juliflora*). El sondeo se realizó en esta aldea debido a que en esta región existen muchas siembras del mezquite, y por ello El Rancho ha tenido más contacto con este fruto y su harina, mientras que San Cristóbal Acasaguastlán aún no conoce las características de este debido a la falta de árboles en la región. Sin embargo, Agrobosques S.A. se encargará de proveerlos para que sean sembrados y se puedan aprovechar los frutos que estos brindan.

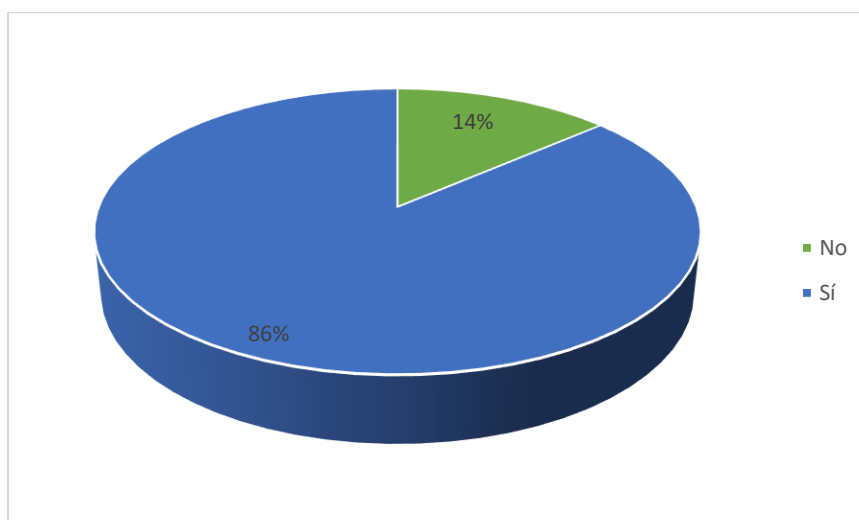
Las preguntas de la entrevista fueron dirigidas a la forma de consumo del mezquite y las percepciones sensoriales que tenían las personas que consumían dicho fruto (ver anexos para consultar estructura de entrevista). La entrevista se realizó a 22 personas con una entrevista semi-estructurada. Dicha entrevista está basada en la técnica desarrollada por Holtzman (2003), y se basa en la combinación de datos primarios y secundarios colectados mediante la encuesta con un número mínimo de informantes (Amaya, 2009).

Figura 7. Distribución de género de personas entrevistadas en El Rancho, El Progreso



Fuente: Propia

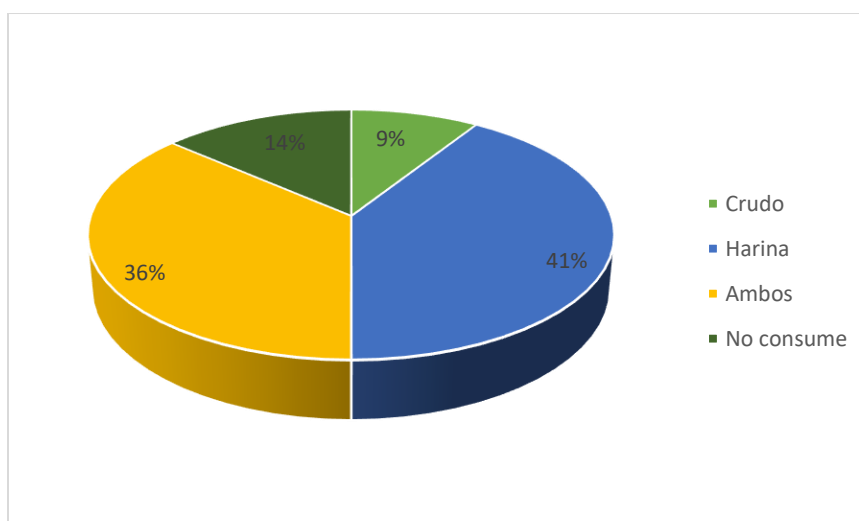
Figura 8. Consumo de mezquite en El Rancho, El Progreso



Fuente: Propia

Como se puede observar en la Figura 7, el 55% de las personas entrevistadas fue de género femenino. Además, el 18% de las personas entrevistadas fueron niños. Por otro lado, de las personas entrevistadas, el 86% consumía harina a partir de mezquite o frutos de este mismo. Dentro de las razones más comunes de su consumo se encontraba que “es un alimento nutritivo”.

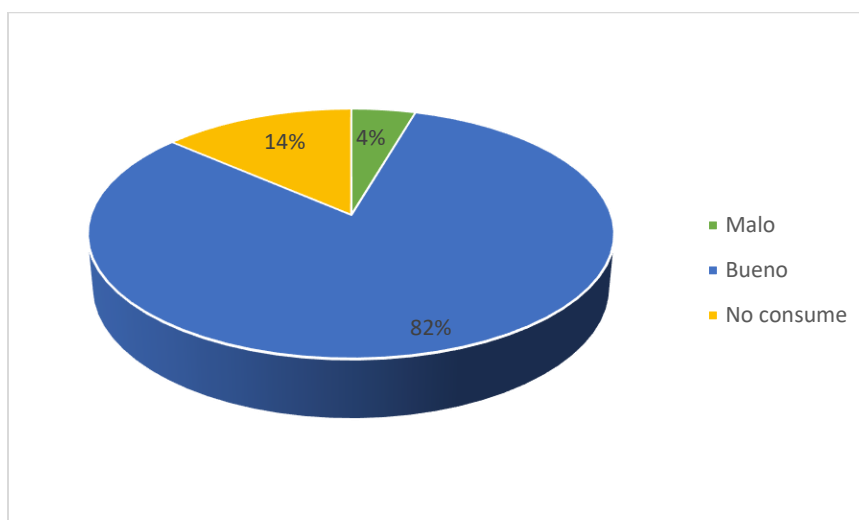
Figura 9. Formas de consumo de mezquite en El Rancho, El Progreso



Fuente: Propia

Como se puede observar en la Figura 9, la forma predominante de consumo del mezquite es la harina obtenida a partir de los frutos. Este aspecto es importante para el estudio debido a que el producto a desarrollar debe adaptarse a la forma de consumo de parte de la comunidad.

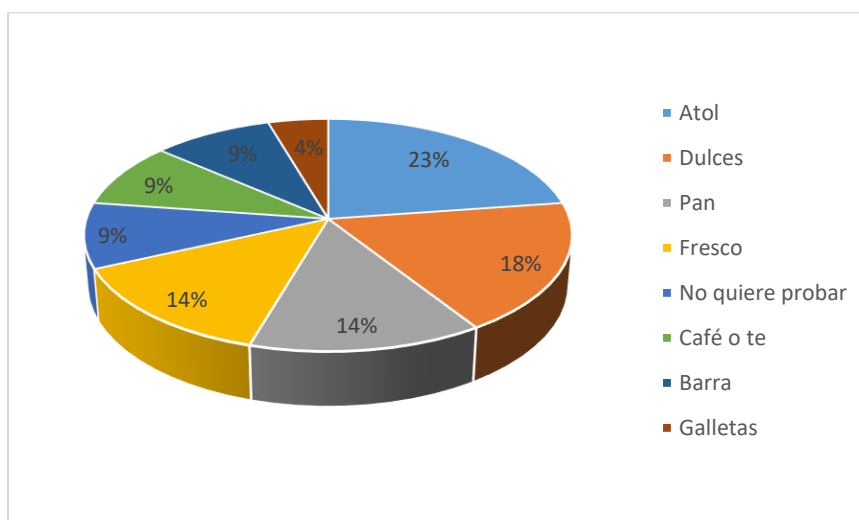
Figura 10. Opinión de sabor en productos a base de mezquite en El Rancho, El Progreso



Fuente: Propia

Por otro lado, uno de los problemas al principio del desarrollo del producto fue que la literatura indica que los frutos obtenidos a partir de *P. juliflora* aportan un sabor amargo no agradable al paladar (Felker, 2009). Este aspecto sensorial no permitiría presentar un producto que al final de su desarrollo fuese aprovechado por el consumidor, ya que su sabor no permitiría que fuese agradable. Es por ello que, dentro de la entrevista a consumidores se incluyó la pregunta número 6, que pretendía que los consumidores que hayan realizado productos a base de harina de mezquite pudiesen expresar su opinión acerca del sabor, olor y textura. Como se puede observar en la Figura 8, la mayoría de personas (82%) cree que el sabor de los productos obtenidos es bueno, mientras que solamente una minoría (4%) piensa que el sabor obtenido es malo. En base a este resultado se concluyó que se podría realizar un producto con la harina de mezquite sin realizar un procedimiento previo (como remojar los frutos o la adición de algunas enzimas) para la eliminación de dicho sabor. Es probable que haya habido cierta discrepancia entre la literatura y los resultados obtenidos en la entrevista por la diferencia en la costumbre de sabores en diferentes dietas. Probablemente en El Rancho, El Progreso estén acostumbrados a este sabor en las comidas y por esto mismo el sabor les parezca bueno tanto en el fruto como en los productos realizados con la harina de esta.

Figura 11. Productos que llaman la atención en El Rancho, El Progreso



Fuente: Propia

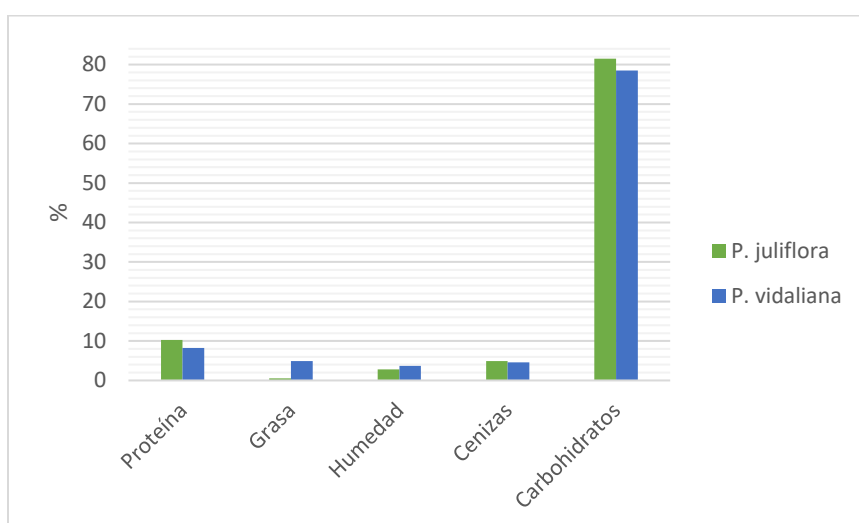
Por último, dentro de la entrevista se incluyó una pregunta para orientar el desarrollo de producto a un camino en específico, ya que a partir de esta harina se pueden hacer panes, galletas, barras, entre otros. Sin embargo, para poder reducir las opciones de desarrollo la pregunta 7 de la entrevista permitía que el consumidor expresara qué producto les llamaría más la atención. Dentro de las respuestas obtenidas, el producto que predominó fue el atol seguido de dulces, pan y fresco (Figura 11). Si bien al principio del proyecto se pretendía formular una barra nutritiva, es de suma importancia conocer lo que el consumidor desea ya que esto determinará si el producto va a ser consumido y aprovechado por la sociedad. Probablemente si el estudio se hubiese enfocado en el desarrollo de una barra nutritiva sin conocer lo que el consumidor deseaba, las barras no hubiesen sido consumidas por las personas a las que iba dirigido el producto. A raíz de esto se decidió realizar un producto que a los consumidores les llamara la atención y de esta manera asegurar que este será aprovechado por las comunidades de El Progreso. Siendo el atol la respuesta obtenida con más frecuencia (ver Figura 11), este producto fue el que se desarrolló.

B. Análisis químicos y físicos de harinas de *Prosopis juliflora* y *Prosopis vidaliana*

Para poder desarrollar un producto a base de harina de *Prosopis*, fue necesario conocer algunas de las características químicas y nutricionales de las harinas obtenidas a partir de los frutos y a partir de estos datos poder decidir con qué otros ingredientes era adecuado mezclar. Debido a que en Guatemala se ha observado el crecimiento de dos especies de *Prosopis* (*P. juliflora* y *P. vidaliana*), se caracterizaron ambas harinas.

Cuadro 13. Análisis proximal en harinas de *P. Juliflora* y *P. vidaliana*

	<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Prosopis vidaliana</i>
Proteína (%)	10.25±0.01	8.27±4.46E ⁻³
Grasa (%)	0.54±3.20E ⁻⁴	4.92±2.01E ⁻⁴
Humedad (%)	2.77±3.61E ⁻⁴	3.72±1.27E ⁻³
Cenizas (%)	4.93±7.12E ⁻⁴	4.57±2.30E ⁻³
Fibra cruda (%)	14.16±0.01	14.48±8.58E ⁻³
Carbohidratos (%)	81.51±0.03	78.52±0.01

Figura 12. Análisis proximal en harinas de *P. juliflora* y *P. vidaliana*

Fuente: Propia

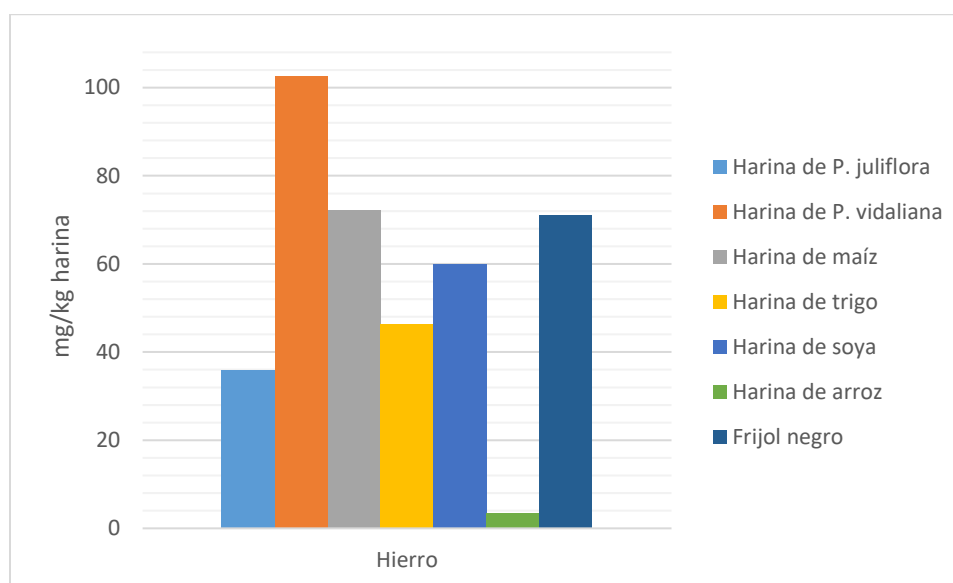
El Cuadro 13 muestra el análisis proximal de las harinas. Uno de los análisis con más importancia fue el de contenido proteico de las harinas utilizadas. Se observó que *P. juliflora* contiene un contenido de proteínas ligeramente mayor (10.25±0.01%) al de *P. vidaliana* (8.27 ±4.46E⁻³%). Al comparar dichos valores con otros granos como el maíz o el frijol, se puede apreciar que el género *Prosopis* tiene un valor proteico parecido al frijol (22.70% según INCAP, 2007) en cuanto al porcentaje. Por otro lado, la grasa de las harinas es muy diferente entre ellas, siendo *P. juliflora* la de menor contenido (0.54±3.20E⁻⁴%) a comparación del contenido graso en *P. vidaliana* (4.92±2.01E⁻³%). Los valores de análisis proximal fueron bastante cercanos a los valores obtenidos por Del Valle (1983), sin embargo, en dicho estudio se estima un 14.7% de proteína y un 21.3% de fibra cruda. Si bien los valores obtenidos en el estudio realizado son menores, muchos de estos factores dependen de la composición del suelo de cultivo. Al comparar estos valores con otros granos, se puede observar que *P. juliflora* tiene un valor menor que otros cereales como el maíz o frijol. Mientras que *P. vidaliana* es mayor a estos valores con excepción al porcentaje de grasa en la soya. Otro de los valores importantes es el porcentaje de cenizas en las harinas estudiadas, ya que este valor representa a grandes rasgos

el contenido de minerales en las muestras. Como se puede observar en los cuadros 4 y 13, el porcentaje de cenizas en harinas de *P. vidaliana* y *P. juliflora* es mucho mayor que los porcentajes de maíz (1.70%), frijol (3.70%), trigo (1.57%) y arroz (0.80%) y bastante cercano al porcentaje de cenizas en la soya (9.30%) (INCAP, 2007).

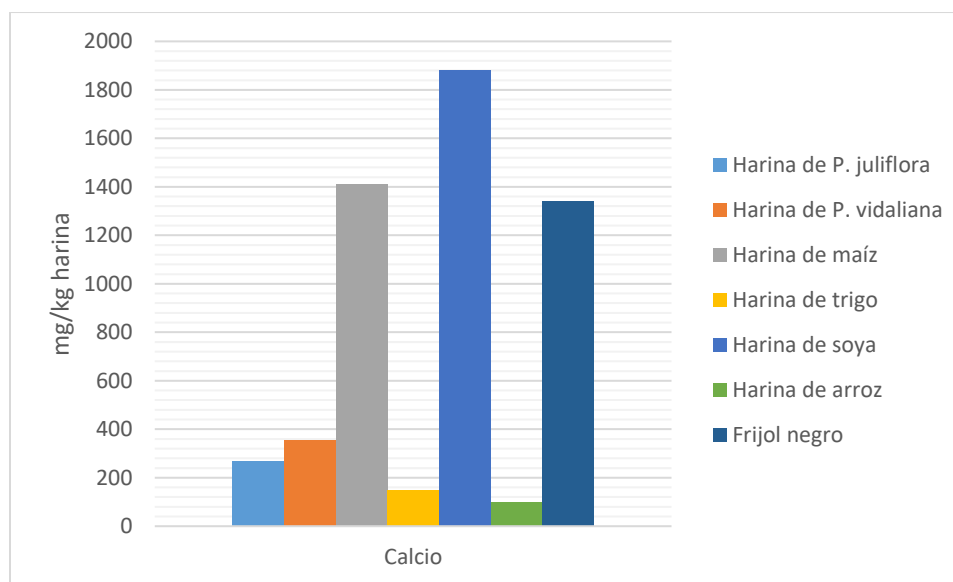
Cuadro 14. Análisis de minerales en harinas de *P. juliflora* y *P. vidaliana*

Mineral	<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Prosopis vidaliana</i>
Hierro (mg/kg de harina)	35.83±0.31	102.65±0.81
Calcio (mg/kg de harina)	267.52±13.67	354.04±10.50
Zinc (mg/kg de harina)	17.72±0.40	61.40±0.74

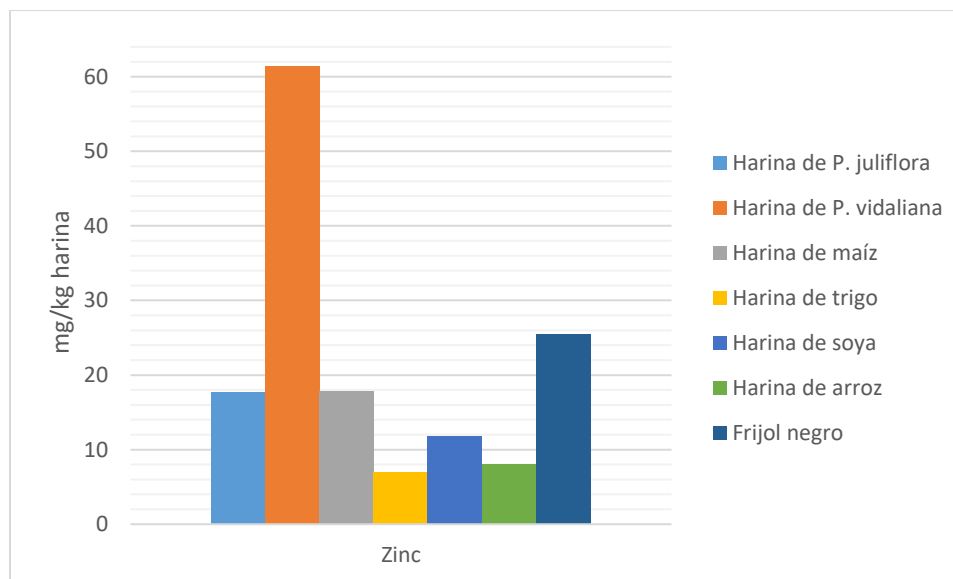
Figura 13. Análisis de hierro en harinas de *P. juliflora*, *P. vidaliana* y otras



Fuente: Propia e INCAP, 2007

Figura 14. Análisis de calcio en harinas de *P. juliflora*, *P. vidaliana* y otras

Fuente: Propia e INCAP, 2007

Figura 15. Análisis de zinc en harinas de *P. juliflora*, *P. vidaliana* y otras

Fuente: Propia e INCAP, 2007

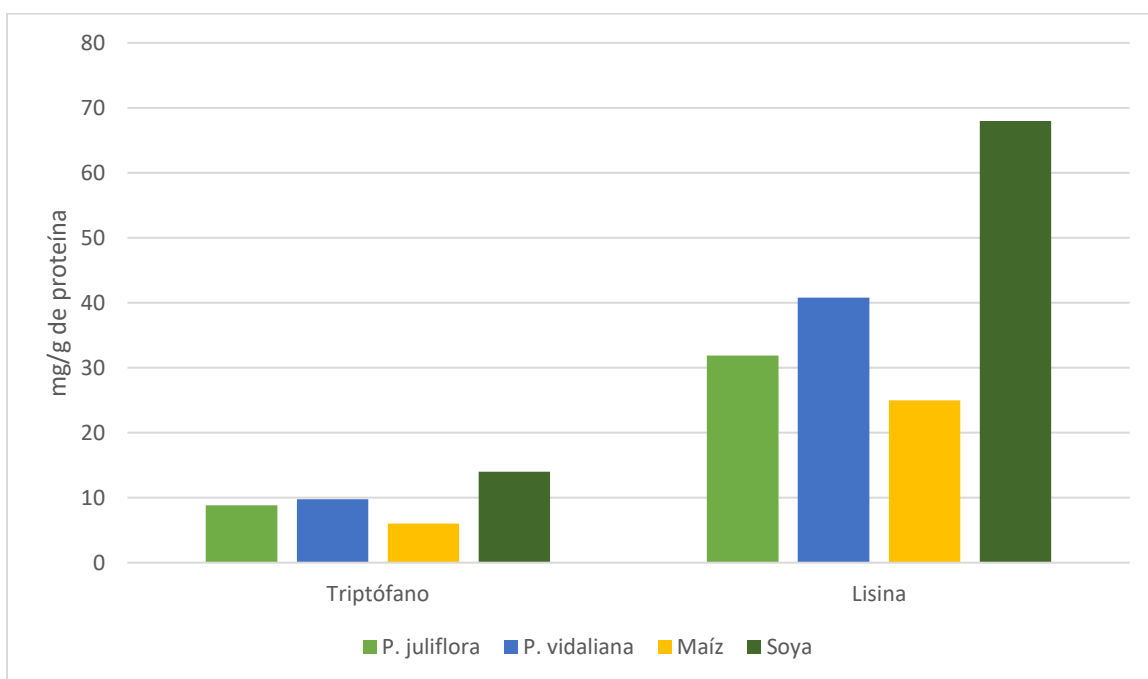
A continuación, se realizó un análisis de contenido de minerales en las harinas estudiadas. Se determinó la cantidad de Hierro Calcio y Zinc, siendo estos minerales los más problemáticos en las deficiencias nutricionales en Guatemala. Al comparar los resultados obtenidos con los valores de otras harinas comunes se observó que la harina de *P. juliflora* (Cuadro 14) tiene un bajo contenido de minerales. Por otro lado, la harina obtenida de *P. vidaliana* contiene una elevada cantidad de minerales al compararla con los demás

alimentos en el Cuadro 6 (ver Figuras 13, 14 y 15). El único alimento que tenía menos minerales que las harinas obtenidas a partir de *Prosopis* es la harina de arroz (INCAP, 2007). Sin embargo, esto no es de utilidad, ya que lo que se desea es que el contenido de minerales sea igual o mayor que en los productos normalmente consumidos en Guatemala como lo son el maíz y el frijol. A pesar de ello, no se descarta la opción de fortificación en el producto final si así se desea.

Cuadro 15. Análisis de lisina y triptófano en harinas de *P. juliflora*, *P. vialiana*, maíz y soya

	Triptófano (mg/g de proteína)	Lisina (mg/g de proteína)
<i>Prosopis juliflora</i>	8.81±0.92	31.88±0.01
<i>Prosopis vialiana</i>	9.76±0.27	40.77±0.05
Maíz	6	25
Soya	14	68

Figura 16. Análisis de lisina y triptófano en harinas de *P. juliflora*, *P. vialiana*, maíz y soya



Fuente: Propia y FAO, 2007

Por último, como uno de los análisis de más importancia para poder desarrollar un atol altamente nutritivo se evaluó la cantidad de lisina y triptófano en las harinas obtenidas de *P. juliflora* y *P. vialiana*. Se escogieron estos dos aminoácidos porque además de ser esenciales, la lisina normalmente es el aminoácido limitante en los cereales, mientras que el triptófano es limitante en leguminosas. Los valores obtenidos de lisina (31.88±0.01 mg lisina/g de proteína) y triptófano (8.81±0.92 mg triptófano/g de proteína) de *P. juliflora* son bastante parecidos a los valores estimados por Del Valle en 1983, en donde se encontró que se tenía un

contenido de 31.50 mg lisina/g proteína y 13.94 mg triptófano/g de proteína. Si bien el valor de triptófano es mayor en el estudio realizado por Del Valle, puede deberse a la composición del suelo de cultivo. Con los valores obtenidos (ver Cuadro 15) se determinó que las harinas de *Prosopis* tienen un comportamiento, en cuanto a aminoácidos, similar al de un cereal, ya que tienen una baja cantidad de lisina. A partir de este resultado se determinó que la harina de soya (FAO, 2007) complementaba muy bien a la de *P. juliflora* para realizar el atol, ya que la combinación de los aminoácidos de ambas harinas permite crear un alimento alto en aminoácidos esenciales.

Cuadro 16. Análisis granulométrico en harina de *P. juliflora*

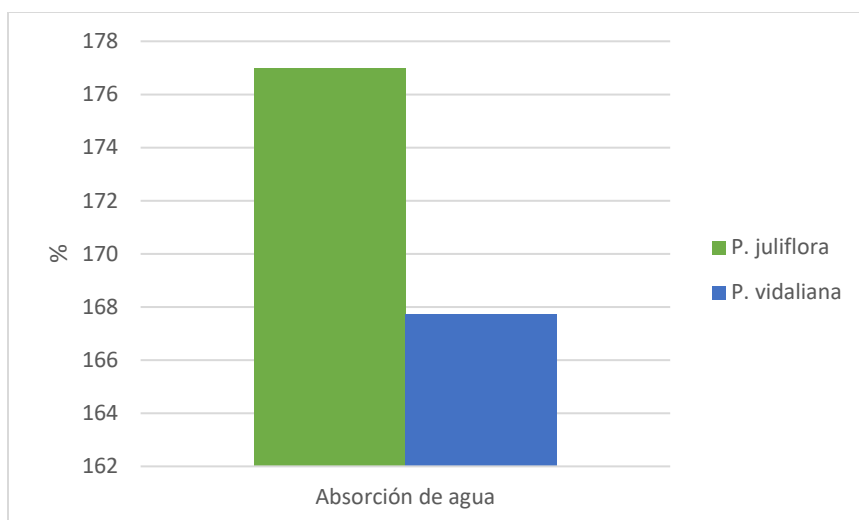
Mesh	Tamaño (µm)	Porcentaje (%)	Tamaño de partícula medio (µm)
25	710	10.79	509.82
40	425	29.20	
60	250	23.50	
80	180	13.29	
100	150	4.91	
120	125	9.37	
200	75	7.97	
Fondo	>75	0.96	

Cuadro 17. Análisis granulométrico en harina de *P. vidaliana*

Mesh	Tamaño (µm)	Porcentaje (%)	Tamaño de partícula medio (µm)
25	710	54.19	665.44
40	425	12.49	
60	250	18.03	
80	180	9.30	
100	150	3.76	
120	125	1.82	
200	75	0.40	
Fondo	>75	0.00	

Cuadro 18. Análisis de absorción de agua de harinas de *P. juliflora* y *P. vidaliana*

	<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Prosopis vidaliana</i>
Índice de absorción de agua (%)	176.99±0.05	167.73±0.02

Figura 17. Análisis de absorción de agua en harinas de *P. juliflora* y *P. vidaliana*

Fuente: Propia

En cuanto a análisis físicos de las harinas se realizaron dos. El primero de ellos fue el análisis granulométrico de ambas muestras. Como se puede observar en los cuadros 16 y 17, el tamaño medio de la partícula de harina de *P. juliflora* es de 509.82 μm mientras que el de *P. vidaliana* es de 665.44 μm . Esta diferencia puede ser por varias razones, dentro de las cuales podemos encontrar la eficiencia del molino utilizado o la dureza del fruto al ser molido que no permitiría que se formen partículas tan pequeñas como se formaron con *P. juliflora*. Sin embargo, esto dependerá de cuántos molinos se utilicen y la eficiencia de cada uno de ellos para obtener harina más fina. Por otro lado, se analizó el Índice de Absorción de Agua (IAA) de ambas harinas. Como se puede observar en el Cuadro 18, ambas harinas tienen la capacidad de absorber agua en aproximadamente 1.5 veces su peso. Sin embargo, como se aprecia en la Figura 17, la harina de *P. juliflora* tiene una mejor capacidad de retención de agua. Ambos análisis son de suma importancia para el desarrollo de un buen atol. En ambos casos, la textura y consistencia del producto final se ven afectadas por el tamaño de partícula y la capacidad de absorción de agua de las harinas. En este caso, ambas características son bastante buenas para obtener un atol agradable.

Habiendo obtenido los resultados químicos y físicos de las harinas se pudo observar que el comportamiento de estas es bastante parecido. A excepción del contenido mayor de hierro, calcio y zinc en *P. vidaliana* que en *P. juliflora*, los demás resultados indican que las harinas de estos dos frutos se comportan de una manera bastante parecida. Debido a esto y a que en la región de San Cristóbal Acasaguastlán las condiciones climáticas y de suelo favorecen el crecimiento de *P. juliflora* se decidió que el producto a desarrollar tendría en su composición solamente harina de este fruto. De esta manera se facilita el crecimiento del árbol y se sabe que si se utiliza harina de *P. vidaliana* se obtendrán resultados bastante parecidos.

C. Desarrollo y análisis químicos de producto final

Como se mencionó anteriormente, el producto a desarrollar fue un atol. Si bien el atol es una bebida que actualmente ya existe, para el estudio es de suma importancia que el producto se adecúe a la forma de vida de la sociedad (en este caso a las comunidades de El Progreso) y la única manera de hacer esto y asegurarse de que el producto va a ser aprovechado por los que habitan en esta parte del país es desarrollando un producto al que ellos estén acostumbrados. No obstante, la harina puede ser la base de muchos otros productos como galletas, pan, entre otros.

Los atoles de alto valor proteico generalmente son una mezcla entre una leguminosa y un cereal, ya que esto promueve un complemento entre los aminoácidos esenciales que contiene cada uno de los ingredientes. En esta ocasión, como se puede observar en el Cuadro 15 el contenido de lisina y triptófano indica que el comportamiento de la harina de *P. juliflora* es como la harina de un cereal. A partir de esta observación se puede inferir que la mezcla que más beneficios presenta al consumidor es con una leguminosa. Dentro de ellas se puede encontrar frijol, soya, garbanzos, lentejas, habas, entre otras. Sin embargo, como se puede observar en el Cuadro 8, la soya tiene un perfil de aminoácidos bastante bueno si se compara con el del frijol o el del cacahuate, por lo tanto, es conveniente utilizar harina de soya para el atol (FAO, 2007).

Otro de los retos presentados durante el desarrollo de producto fue la determinación de que proporción de harina de soya frente a la harina de mezquite se utilizaría. Por lo general se utilizan proporciones de 30:70 o 50:50 de harinas de mezquite y soya, respectivamente. Sin embargo, si se realiza un análisis de aminoácidos con ambas formulaciones, la que mejor se adapta a las necesidades humanas (Cuadro 7, FAO, 2007) es la proporción de 50:50. Con esto se estaría obteniendo aproximadamente 50 mg lisina/g proteína y 11 mg triptófano/g proteína (datos de proteína en el producto final). Y como se puede observar en el Cuadro 7, estos valores son bastante cercanos a los requeridos por la población humana. Si bien la adición de harina de soya aumenta el costo de la formulación, es de suma importancia adicionarla ya que de lo contrario los valores de aminoácidos esenciales del producto final serán muy bajos para que la proteína sea de buena calidad.

Cuadro 19. Formulación de producto final

Ingrediente	Porcentaje en formulación (% p/p)
Harina de mezquite (<i>P. juliflora</i>)	35.00
Harina de soya	35.00
Azúcar	24.00
Canela	2.95
Sal	2.95
Goma xantán	0.10
Total	100

Como se puede observar en el Cuadro 19, la formulación del atol es bastante sencilla. Esto se deseaba de esta manera para poder limitar los costos, ya que está dirigido a personas de escasos recursos. Como se mencionó anteriormente, la harina de mezquite y de soya constituyen la mayor parte del atol (70% de formulación) mientras que el azúcar, canela y sal son principalmente para brindar sabor y de esta manera hacerlo más agradable al consumidor. Por último, la goma xantán es sumamente importante en la formulación ya que es un estabilizante que ayuda a mantener en suspensión el atol por más tiempo (Badui, 2013). Fue necesario añadirlo debido a que previamente el atol se asentaba sumamente rápido y esto no permitiría que los consumidores aprovecharan bien todo su contenido principalmente porque la parte que se asienta si no se adiciona la goma es la harina de mezquite, ya que no se incorpora totalmente al agua. Además de goma xantán se realizaron pruebas con goma arábica, sin embargo, la goma xantán presentó mejores resultados en cuanto a estabilización del atol ya que además de que el contenido que se asentó fue mucho menor, el tiempo en el que esto sucedió fue mucho mayor con la goma utilizada que con la goma arábica (ver Figura 41 en anexos).

Cuadro 20. Análisis proximal de producto final

	Producto final
Proteína (%)	18.38±4.03E ⁻³
Grasa (%)	0.47±5.67E ⁻⁴
Humedad (%)	4.11±1.23E ⁻³
Cenizas (%)	5.07±0.03
Fibra cruda (%)	6.01±3.72E ⁻³
Carbohidratos (%)	71.97±0.04

Cuadro 21. Análisis de minerales en producto final

Mineral	Producto terminado
Hierro (mg/kg de producto)	37.19±1.46
Calcio (mg/kg de producto)	67.43±1.94
Zinc (mg/kg de producto)	27.82±2.43
Sodio (mg/kg de producto)	295.22±11.97

Por último, para poder realizar una etiqueta de información nutricional se realizó un análisis proximal y además un análisis de minerales del producto final. Como se puede observar en los cuadros 20 y 21 el contenido de proteína fue de 18.38±4.03E⁻³%, este porcentaje fue mucho mayor al obtenido solamente con la harina de mezquite (10.25±0.01%) debido a la adición de harina de soya, y fue justamente como se esperaba. Por otro lado, el contenido de grasa disminuyó de 0.54±3.20E⁻⁴% en la harina de mezquite a 0.47±5.67E⁻⁴% en el producto final mientras que el contenido de cenizas aumentó de 4.93±7.12E⁻⁴% a

5.07±0.03%. Todos estos cambios tuvieron una repercusión en el porcentaje de carbohidratos del producto final, ya que pasó de ser 81.51±0.03% en la harina de mezquite a 71.97±0.04% en el atol final. Por otro lado, se analizó el contenido de minerales en el producto final y como se puede ver en los cuadros 14 y 21, el contenido de hierro permaneció, mientras que el contenido de calcio disminuyó considerablemente (267.52±13.67 mg/kg de harina de mezquite a 67.43±1.94 mg/kg de producto final). Esto se debe a que los ingredientes añadidos no son una fuente significativa de calcio, por lo que al cuantificarlo por kilogramo de harina se observa que la cantidad es menor.

Figura 18. Información nutricional de 19 g (250 mL o 1 vaso de preparación)

Información nutricional	
Tamaño de porción: 19 g (Para preparar en 250 ml de agua) Porciones por empaque: 4	
Cantidad por porción	
Calorías	76
% valor diario*	
Grasa total	1 g 2%
Grasa saturada	0g 0%
Grasas <i>trans</i>	0g
Sodio	6 mg 0%
Carbohidratos totales	14 g 5%
Fibra	1g 5%
Proteína	4 g
Calcio	0%
Hierro	4%
Zinc	4%
*Los porcentajes de valores diarios se basan en una dieta de 2000 Calorías.	

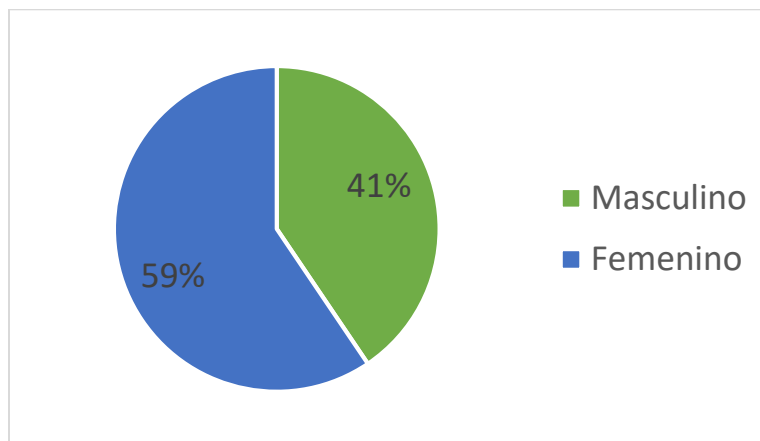
Fuente: Propia

Por último, en la Figura 18 se puede observar las etiquetas nutricionales de 250 mL de preparación. Este etiquetado se puede comparar con otros atoles como la Incaparina (que es una mezcla de maíz y soya, ver etiqueta nutricional en anexos). En cuanto a composición de macronutrientes ambas formulaciones son bastante parecidas ya que contienen 1 g de grasa total y 4 g de proteína las dos. Por otro lado, el atol desarrollado contiene 14 g de carbohidratos totales, mientras que la Incaparina tiene 12 g. Sin embargo, existe una gran diferencia entre el contenido de Hierro, Calcio y Zinc, ya que en el atol formulado solamente se logró cubrir el 4%, 0% y 4% (respectivamente) de la Recomendación Dietética Diaria (CFR, 2009), mientras que la Incaparina tiene cubierto un 20% de RDD en los tres minerales mencionados. Es sumamente importante que se considere aumentar el contenido de dichos nutrientes por medio de adición de minerales quelados para que los consumidores puedan beneficiarse de ellos, especialmente por la alta deficiencia de estos nutrientes en Guatemala. Si bien incrementaría el costo, el perfil nutricional del producto se vería favorecido al contar con una alta cantidad de minerales.

D. Análisis sensorial de producto final

Uno de los análisis más importantes para determinar la calidad del producto final es el sensorial. Este fue realizado por personas del departamento de El Progreso, ya que el producto va dirigido a ellos. Probablemente los resultados se hubiesen visto afectados si la prueba se hubiese realizado en la capital, ya que los gustos en comida cambian dependiendo de la región del país por las diferentes costumbres.

Figura 19. Distribución de géneros de personas que realizaron prueba sensorial

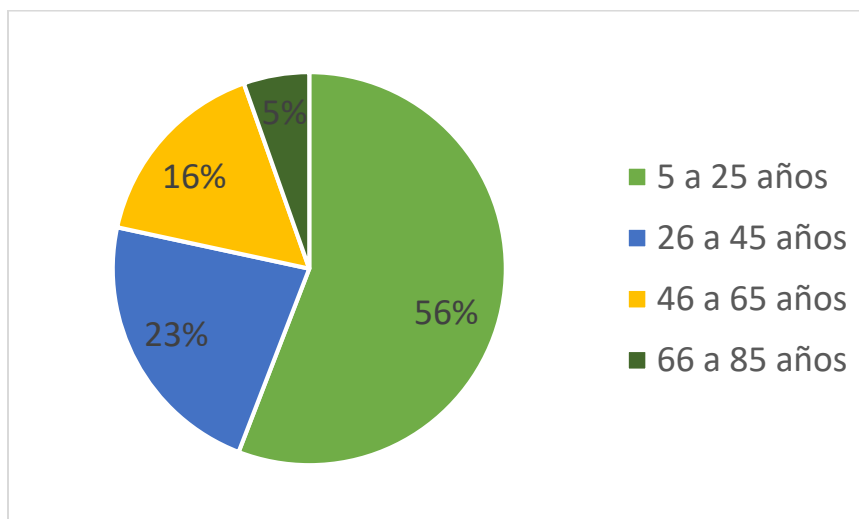


Fuente: Propia

Cuadro 22. Análisis de edades de personas que realizaron prueba sensorial

Dato	Años
Rango de edad	6-82
Media de edad	21
Promedio de edad	28

Figura 20. Distribución de edad de personas que realizaron prueba sensorial



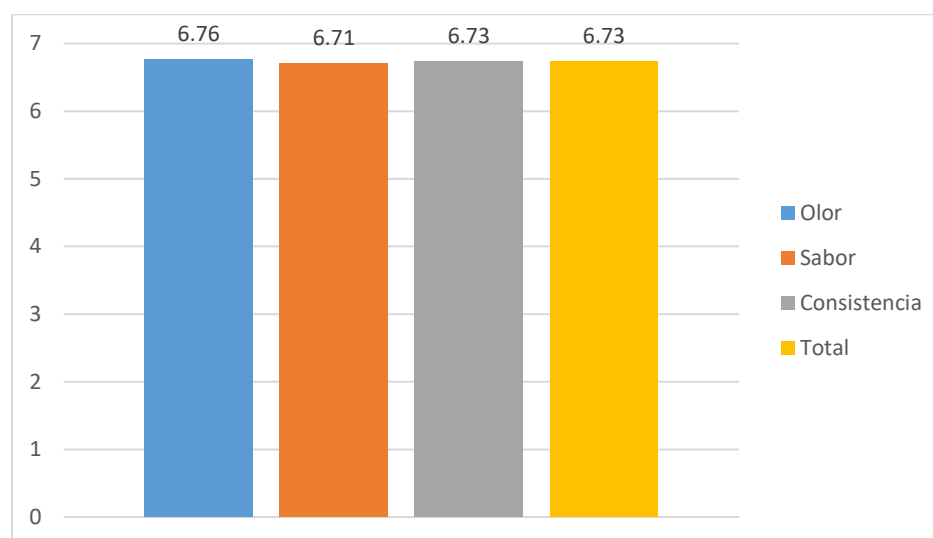
Fuente: Propia

De las 111 personas entrevistadas, el 41% de ellas fue de género masculino, mientras que el 59% fue de género femenino (Figura 19). Esta diferencia se debe a que la prueba se realizó un lunes por la mañana y generalmente en el interior del país, a estas horas los hombres salen a trabajar, mientras que las mujeres y los niños se quedan en la casa. Por esta razón, la distribución de edades también está orientada a niños y jóvenes entre 5 y 25 años (Figura 20). Sin embargo, la prueba fue realizada por personas entre 6 y 82 años. No se determinó un rango de edad específico debido a que el atol es un producto que es consumido por personas de cualquier edad. Por lo tanto, toda persona que deseara realizar la prueba sensorial la podía realizar, siempre y cuando supiera indicar en qué nivel le gustaban los atributos señalados.

Cuadro 23. Promedio y desviación de atributos evaluados

Atributo	Puntuación
Olor	6.76±0.80
Sabor	6.71±0.78
Consistencia	6.73±0.70
Total	6.73±0.60

Figura 21. Puntajes obtenidos de atributos sensoriales evaluados



Fuente: Propia

Como se puede observar en la boleta sensorial en la parte de anexos, los tres atributos evaluados fueron: olor, sabor y consistencia. Las personas que realizaron la prueba debían indicar en qué nivel de la escala les agradaba el atributo indicado. En general, a las personas les agradó mucho el atol, siendo el olor el atributo mejor evaluado. Este tuvo una puntuación de 6.76, lo que significa que a las personas les gustó mucho, el sabor por otro lado tuvo una puntuación de 6.71 sobre 7. Si bien es el atributo que menor puntuación tiene, todavía se encuentra en el rango de "me gusta mucho". Por último, consistencia pretendía conocer si a las personas les parecía que el atol estaba demasiado espeso o demasiado ralo, sin embargo, la puntuación de 6.73 sobre 7 indica que las personas creen que la consistencia se encuentra bien. Como se puede apreciar en el cuadro 23, la desviación estándar de las puntuaciones es bastante baja a pesar de haber realizado la encuesta a 111 personas, lo cual indica que el producto les agradó en general. De los tres atributos evaluados, la consistencia es el único que el consumidor puede variar dependiendo de la manera en que prepare el atol. En este caso, se agregaron 76 g de mezcla por cada litro de preparación, sin embargo, si el consumidor así lo

desea puede agregar más si le parece que la consistencia es muy rala o agregar menos mezcla si piensa que está demasiado espeso.

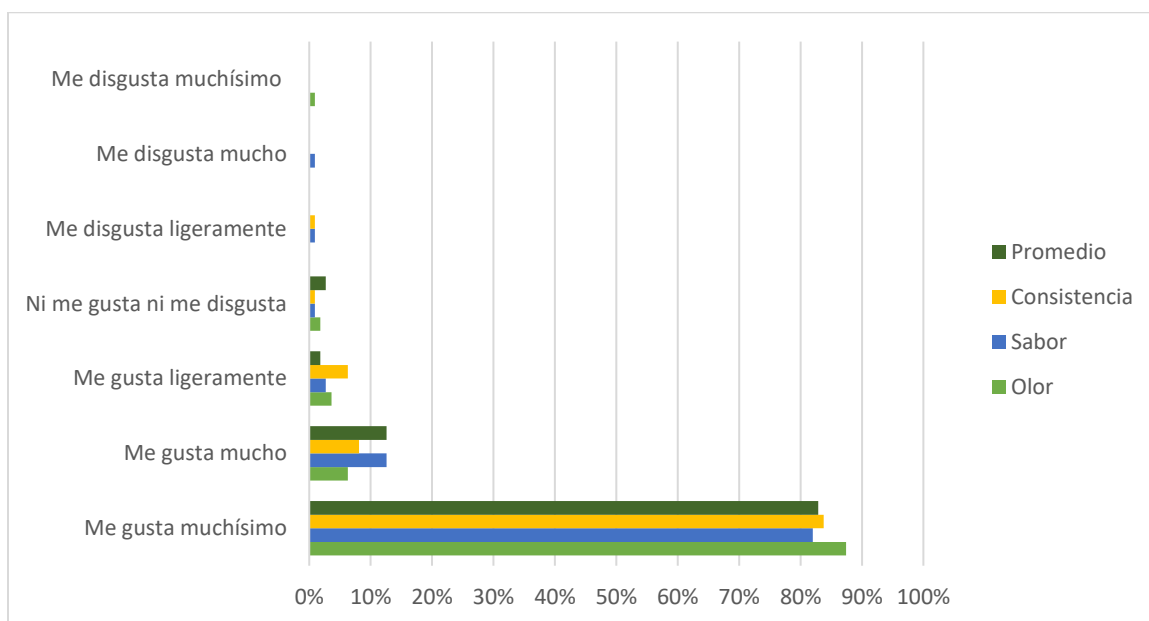
El análisis sensorial realizado indica que la formulación desarrollada le agrada en gran medida a los consumidores. Sin embargo, como se recomendó anteriormente, la adición de minerales puede o no afectar lo que el consumidor piensa acerca del producto. Es por ello que, si se lleva a cabo una fortificación sería conveniente evaluar lo que el consumidor piensa acerca de los atributos sensoriales con esta modificación.

En esta ocasión las muestras del análisis sensorial fueron preparadas con agua. Sin embargo, si está dentro de las posibilidades del consumidor se recomienda que el atol se prepare con leche (de vaca o de cabra) o una mezcla de agua y leche. Esto no solamente por el cambio de sabor a uno más agradable, sino porque le añadiría valor nutricional al atol.

Cuadro 24. Conteo de puntuaciones brindadas por consumidores entrevistados

Atributo		Olor		Sabor		Consistencia		Total	
Puntuación		<i>Conteo</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Conteo</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Conteo</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Conteo</i>	<i>Porcentaje</i>
7	Me gusta muchísimo	97	87%	91	82%	93	84%	92	83%
6	Me gusta mucho	7	6%	14	13%	9	8%	14	13%
5	Me gusta ligeramente	4	4%	3	3%	7	6%	2	2%
4	Ni me gusta ni me disgusta	2	2%	1	1%	1	1%	3	3%
3	Me disgusta ligeramente	0	0%	1	1%	1	1%	0	0%
2	Me disgusta mucho	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%
1	Me disgusta muchísimo	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%

Figura 22. Porcentaje de respuestas de consumidores en atributos evaluados



Fuente: Propia

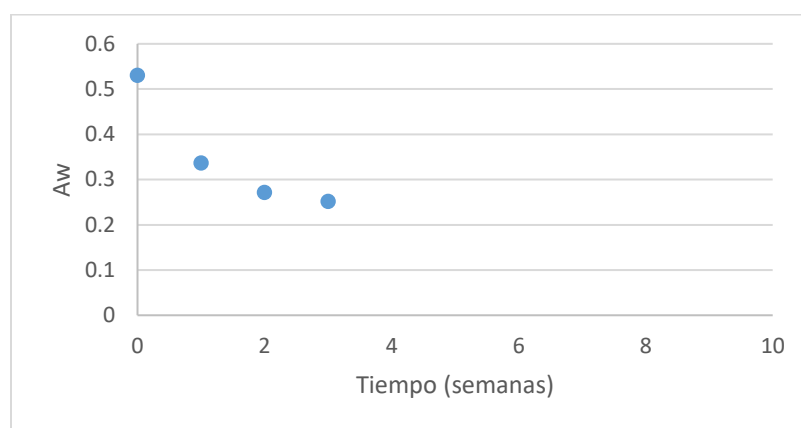
En el Cuadro 24 se puede apreciar el conteo de las puntuaciones brindadas por los 111 consumidores que llevaron a cabo el análisis sensorial del atol y además el porcentaje de consumidores que representa dicho conteo dependiendo del atributo evaluado. Como se puede observar, los tres atributos tuvieron una alta aceptabilidad, ya que un alto porcentaje de los consumidores expresó que les gustaba muchísimo el olor sabor y consistencia (87%, 82% y 84% respectivamente). Por otro lado, el promedio de los atributos indica que al 83% de los consumidores les gusta muchísimo el atol en general. Sin embargo, este valor podría aumentar al mejorar las características del sabor (atributo con menor porcentaje de personas que indicaron que les gustaba muchísimo), de esta manera la percepción general del producto mejoraría. Por último, como se puede observar en la Figura 22, en la sección de “me gusta ligeramente”, la consistencia es el atributo que más porcentaje (6%) de consumidores tiene. Esto significa que la consistencia también podría ser mejorada para obtener una mejor percepción de parte del consumidor. En general, se puede decir que el atol tuvo una aceptabilidad de 96% (suma de porcentajes de “total” de las puntuaciones 6 y 7, que son consideradas como aceptabilidad).

E. Análisis de vida de anaquel de producto

Cuadro 25. Datos obtenidos de estudio vida de anaquel de muestras incubadas a 38°C

Semana	Actividad de agua	Presencia/Ausencia insectos
0	0.531	Ausencia
1	0.337	Ausencia
2	0.272	Ausencia
3	0.252	Ausencia

Figura 23. Comportamiento de actividad de agua en muestras incubadas a 38°C



Fuente: Propia

El estudio de vida de anaquel por lo general permite definir el tiempo que un producto alimenticio mantiene sus propiedades nutricionales, organolépticas y de calidad requeridas. Sin embargo, en esta ocasión el objetivo fue definir si el empaque era el adecuado para la pre mezcla de atol desarrollada. Dicho objetivo fue cumplido, ya que el empaque de polipropileno metalizado provee una buena protección contra el vapor de agua del ambiente. En el caso de una pre mezcla de atol (que está compuesto de sólidos secos), la barrera contra la humedad es sumamente importante, ya que por su naturaleza absorbe agua fácilmente. Esta absorción de agua puede facilitar la contaminación microbiológica, ya que a partir de una actividad de agua de 0.6 el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias es acelerado. Como se puede observar en la Figura 23 y en el Cuadro 25, el comportamiento de la actividad de agua en incubación disminuyó a partir de la primera semana de estudio. Esto indica que el empaque no permite la entrada de vapor de agua del ambiente, sino que mantiene una atmósfera cerrada en cuanto a este gas. Por otro lado, como se observa en el Cuadro 25, durante el estudio con muestras incubadas no se observó presencia de bichos que contaminaran la pre mezcla. Se evaluó este parámetro ya que las harinas por lo general atraen a bichos, por lo que a partir de ese momento el producto se considera que ya no es apto para consumo. Con los resultados obtenidos, se puede garantizar que la pre mezcla dura al menos tres meses, sin embargo, por el comportamiento observado, se estima que

tiene una vida de anaquel mucho más amplia que esta. Por otro lado, para estudios posteriores se recomienda que como parámetro para definir la vida de anaquel se utilice un análisis que mida la proteólisis del producto, ya que, al ser un producto con alto contenido proteico, se puede deteriorar de esta manera (Robertson, 2009).

F. Análisis de costos de producto final

Cuadro 26. Desglose de costo de paquete de 76 g de premezcla

Ingrediente	Precio (Q)	Subtotal
Harina de mezquite (<i>P. juliflora</i>)	0.00	0.00
Harina de soya	12.50 (Libra)	0.74
Azúcar	3.40 (500 g)	0.12
Canela	4.90 (25 g)	0.44
Sal	1.55 (Libra)	0.01
Goma xantán	30 (Libra)	0.01
Empaque	0.21 (unidad)	0.21
Total, ingredientes y empaque		1.51
Total, equipo		0.10
GRAN TOTAL (76 g)		1.60

Cuadro 27. Comparación de costos con productos en mercado

Producto	Costo por 76 g de preparación (Q)	Costo por vaso de preparación (Q)
Campeche-atol	1.60	0.40
Incaparina	--	0.32

Parte del desarrollo de producto fue realizar una pre mezcla que no fuese muy costosa. De esta manera se ayudaría a que la producción y distribución del producto (a través del canal que Agrobosques S.A. lo desee) fuese de tal manera que las personas a las que va dirigido el producto tuvieran fácil acceso a este. Como se puede observar en el cuadro 26, la presentación de 76 g (incluido el empaque) tiene un costo aproximado de Q1.60. Esta presentación es suficiente para preparar aproximadamente 4 vasos de atol, lo que indica que cada vaso tiene un costo aproximado de Q0.40. Cabe mencionar que se consideró que el costo de harina de mezquite es Q0.00, ya que no representa gastos debido a que los frutos solo deben ser secados y molidos. Para poder tener una idea aproximada sobre el costo en el mercado, se comparó el producto desarrollado con la Incaparina, que tiene un costo de Q0.32 por vaso. A partir de este análisis se puede concluir que el costo de producción del producto desarrollado es bastante accesible para las personas de escasos recursos. Cabe mencionar que, al producir por mayor, este costo reduciría, haciendo el producto más accesible.

G. Etiqueta y empaque de producto

Figura 24. Anverso de etiqueta para producto final



Figura 25. Reverso de etiqueta para producto final

Información nutricional	
Tamaño de porción: 19 g (Para preparar en 250 ml de agua)	
Porciones por empaque: 4	
Cantidad por porción	
Calorías	76
	% valor diario*
Grasa total	1 g 2%
Grasa saturada	0g 0%
Grasas trans	0g
Sodio	6 mg 0%
Carbohidratos totales	14 g 5%
Fibra	1g 5%
Proteína	4 g
Calcio	0%
Hierro	4%
Zinc	4%

*Los porcentajes de valores diarios se basan en una dieta de 2000 Calorías.

INGREDIENTES: HARINA DE CAMPECHE, HARINA DE SOYA, AZÚCAR, SAL, CANELA Y GOMA XANTÁN

Modo de preparación:

1. Agregue en una olla 76 g de mezcla (un empaque completo)
2. Agregue 1 litro de agua fría o leche (4 vasos)
3. Póngala a cocinar revolviendo constantemente por aproximadamente 15 minutos
4. Sirva los 4 vasos de atol listos para beber

PRODUCTO HECHO EN GUATEMALA, C.A
GRACIAS AL APOYO DE:

Fuente: Propia

El empaque utilizado en esta ocasión fue polipropileno metalizado. Esto debido a que el costo es bajo y proporciona una buena barrera a la humedad. La condición más importante en este producto es la humedad, ya que es un producto bastante higroscópico y esta característica lo hace muy susceptible a la contaminación microbiana por incremento de contenido de agua. Es por ello que la barrera más importante en el empaque considerada fue la de vapor de agua, consecuentemente optó por el polipropileno metalizado. Además, el metalizado lo protege en cierto grado de la oxidación por luz exterior. Si bien se puede optar por un empaque tri-laminado que provea una mejor protección, este incrementaría el costo del producto final y la diferencia en vida útil del producto sería mínima.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un atol nutritivo a partir de la harina de *P. juliflora* para los habitantes de las comunidades del Municipio de San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso.
2. Se realizó la caracterización nutricional de las harinas obtenidas a partir de *P. juliflora* y *P. vidualiana*. La diferencia principal fue que *P. juliflora* (10.25%) tiene un contenido de proteína ligeramente mayor al de *P. vidualiana* (8.27%). Además, la harina de *P. vidualiana* tiene una concentración mayor de minerales. Si bien la composición de estas dos es bastante similar, la harina de *P. juliflora* fue la utilizada para el desarrollo de producto, ya que es la especie que crece con más facilidad en el área del corredor seco.
3. La formulación del producto incluye harina de mezquite, harina de soya, azúcar, canela, sal y goma xantan. Esta permitió que el atol tuviera el olor, sabor y consistencia requeridos por los consumidores.
4. Se realizó una caracterización química y nutricional del producto que contiene 18% de proteína. Las evaluaciones realizadas permitieron el desarrollo de una etiqueta nutricional. Además, a partir de una evaluación sensorial llevada a cabo con los consumidores se observó que el atol formulado tiene una aceptabilidad de aproximadamente 96% de la población.

IX. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio biológico de NPR para determinar la calidad proteica del producto desarrollado.
2. Adicionar minerales (Hierro, Calcio y Zinc) a la pre mezcla de atol, para que de esta manera sea una fuente significativa de micronutrientes.
3. Realizar un estudio de mercado para determinar cuánto estarían dispuestos a pagar los consumidores por el producto desarrollado.
4. Seguir desarrollando productos a partir de la harina obtenida de *P.juliflora* para poder aprovecharla al máximo y que los consumidores puedan alimentarse de una mejor manera. Además, realizar estudios de mezcla de otros ingredientes nativos del corredor seco como el morro (*Crescentia alata*), fruto de la región, y así enriquecer el producto en cuanto a nutrientes.
5. Realizar un manual de uso y aplicaciones del fruto de *P. juliflora* para que las personas puedan aprender a usar la harina.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaya, Nadezda. 2009. *Effects of access to information on farmer's market channel choice: The Case of Potato in Tiraque Sub-watershed (Cochabamba - Bolivia)*. Tesis Virginia Polytechnic Institute and State University. 102 págs.
2. Arnero, Miguel. 2015. «La vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) en la alimentación de ganado». Tesis Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 46 págs.
3. Badui, Salvador. 2013. *Química de los Alimentos*. 5ª edición. México: Editorial Pearson. 744 págs.
4. Capparelli, Aylen. 2008. «Caracterización cuantitativa de productos intermedios y residuos derivados de alimentos de algarrobo (*Prosopis flexuosa* y *P. chilensis*, fabaceae): aproximación experimental aplicada a restos arqueobotánicos desecados». *Revista darwiniana*. [Chile] **46** (2): 175-201
5. Carpenter, Roland, *et. al.* 2002. *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. 2ª edición. Zaragoza: Editorial Acribia S.A. 191 págs.
6. Cerón, Andrea. 2006. «Determinación de la digestibilidad “in vitro” de la proteína, contenido de fitatos y lisina disponible en variedades criollas de maíz del estado de Hidalgo». Tesis. Universidad autónoma del estado de Hidalgo. 78 págs.
7. Chile. 2009. Instituto de Salud Pública. *Procedimiento para determinación de metales en alimentos, método espectrofotometría de absorción atómica*. Chile, Laboratorio Nutrientes, Aditivos y Contaminantes. 4 págs.
8. Code of Federal Regulations (CFR). 2009. *Nutrition labeling of foods*. US Government Printing Office, Washington DC.
9. Coles, Richard; D. McDowell y M. Kirwan. 2003. *Food Packaging Technology*. Estados Unidos, CRC Press. 362 págs.
10. Colmenares, Ana. 2014. *Espectrofotometría ultravioleta visible de absorción atómica en llama, determinación de hierro en harinas*. Universidad del Valle de Guatemala, Laboratorio de Análisis sensorial de alimentos. 3 págs.
11. Dench, Jane. *et. al.* 1980. «Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum L.*) flour and two protein isolates». *Journal of the science of food and agriculture*. **32** (6): págs. 557-564.
12. Estrada, María. 2012. «Determinación de valor nutritivo y aceptabilidad de preparaciones elaboradas con el fruto molido de *Prosopis juliflora*. Estudio realizado en la Aldea Flor del Café, San Pedro Pinula, Jalapa. Guatemala» Tesis Universidad Rafael Landívar. 74 págs.

13. Farmacopea de los Estados Mexicanos (FEUM). *MGA 1031. Densidad aparente y densidad compactada de polvos*. Consulta a usuarios de la FEUM, métodos generales de análisis. 4 págs.
14. Felker, Peter. 2009. *Unusual physiological properties of the arid adapted tree legume Prosopis and their applications in developing countries*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. págs. 221-255
15. Food and Agriculture Organization (FAO). *El género Prosopis “algarrobos” en América Latina y el Caribe, distribución, bioecología, usos y manejo*. <http://www.fao.org/docrep/006/ad314s/AD314S06.htm> [28/01/2017]
16. Food and Agriculture Organization. 2007. *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. Reporte en conjunto de FAO/ONU/OMS consultación. 295 págs.
17. Food and Agriculture Organization. 2016. *Corredor seco América Central*. Organización de las Naciones Unidas. 3 págs.
18. García, Claudia. 2008. *Estimación de vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas*. Revista Ingeniería, San José. 18 (1); Págs. 57-64.
19. Guatemala. 2010. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Diagnóstico a nivel macro y micro del corredor seco y definición de las líneas estratégicas de acción del MAGA*. Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo. 37 págs.
20. Guatemala. 2010. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS). *Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2008 (ENSMI-2008/09)*. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)/Instituto Nacional de Estadística (INE)/Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC). 522 págs.
21. Guatemala. 2015. Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONASAN). *Plan estratégico de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2016-2020*. SESAN. Guatemala. 48 págs.
22. Heaney, FR, et. al. 1982. *Calcium nutrition and bone health in the elderly*. The American Journal of Clinical Nutrition. 36; Págs. 986-1013.
23. Hernández, Juan y R. Marroquín. 2006. *Recuperación y conservación del árbol de usos múltiples “Campeche” (Prosopis juliflora.Swartz-DC) por medio de la participación comunitaria en 7 aldeas de la región semiárida de Guatemala*. CONCYT. Guatemala. 137 págs.
24. Holtzman, John. 2003. *Monitoring, verification and evaluation unit agricultural policy reform program*. Abt Associates Inc., Bethesda. 32 págs.
25. Ibáñez, Francisco y Y. Barcina. 2001. *Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones*. Barcelona: Editorial Springer. 141 págs.

26. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2007. *Tabla de composición de alimentos en Centroamérica*. 2ª edición. Guatemala. INCAP. 128 págs.
27. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2010. *Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP*. Guatemala. INCAP. 222 págs.
28. Kilcast, David y Persis Subramaniam. 2011. *Food and beverage stability and shelf life*. 1ª ed. Cambridge: Woodhead Published Limited. 848 págs.
29. Marroquín, Ricardo. 2009. «*Prosopis juliflora* (Campeche) un árbol virtuoso que nos ofrece alimento constante». *Revista Agrocultura*. [Guatemala] 4 (16): 13-16.
30. Municipalidad de San Cristóbal Acasaguastlán. 2010. *Monografía*. 68 págs. Con acceso [23/02/2017]
31. Nielsen, Suzanne. 2010. *Food Analysis*. 4ª ed. Nueva York: Editorial Springer. 585 págs.
32. Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). *Seguridad alimentaria y nutricional*.
http://www.paho.org/gut/index.php?option=com_content&view=article&id=184:seguridad-alimentaria-y-nutricional&Itemid=254 [23/02/2017]
33. Palacios, Ramón. 2006. «Los mezquites mexicanos: biodiversidad y distribución geográfica». *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. XLI (2) 99-121.
34. Pérez, Horacio. 2016. «Bromatología de la vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) como alternativa para consumo sustentable en la comarca lagunera». Tesis Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 70 págs.
35. Platt, Luis. 2013. «Efecto de la adición de hidrocoloides y enzima xilanasa en las propiedades viscoelásticas y texturales de la masa y tortilla a partir de harina de maíz extruida». Tesis Universidad de Sonora. Capítulo 7, 15 págs.
36. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2013. *Evaluación del bienestar humano y ambiente en el corredor seco oriental de Guatemala*. PNUD. 40 págs.
37. Rodríguez, Elvia, et. al. 2014. «Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata*) en México». *Revista Ra Ximhai*. [México]. X (3): 173-193.
38. Rothman, Lori y M. Parker. 2009. *Just About Right (JAR) Scales: Design, usage, benefits and risks*. ASTM. Pensilvania. 110 págs.
39. Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA). 2012. *Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad*. Ministerio de Economía de Guatemala. 45 págs.

40. Robertson, Gordon. 2009. *Food Packaging and Shelf Life, A Practical Guide*. Florida: CRC Press. 388 págs.
41. Sequeira, Tiago, *et. al.* 2012. *A guide to Rapid Market Appraisal (RMA) for agricultural products*. CIAT, CRS y Helvetas. 114 págs.
42. Tórtola, Luis. 2015. «El ecosistema en el corredor seco de Guatemala». Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 164 págs
43. UNICEF. 2010. *Estado mundial de la infancia*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. 100 págs.
44. Vivek, B. *et. al.* 2008. *Mejoramiento de maíz con calidad de proteína (QPM): protocolos para generar variedades QPM*. México D.F. CIMMYT. 56 págs.
45. Wang, J. y J. Kinsella. 1976. «Functional properties of novel proteins: alfalfa leaf protein». *Journal of Food Science*. 41: Págs. 286-292

XI. ANEXOS

A. Sondeo

1. Entrevista a consumidores

Entrevista consumidores

Buen día, las siguientes preguntas ayudarán a conocer mejor al consumidor y su relación con el mezquite. Serán de mucho apoyo para el desarrollo de la tesis “Obtención de harina comestible a partir de vaina de Mezquite (*Prosopis sp.*) para las comunidades de San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso” que tiene como objetivo principal mejorar las características sensoriales de la harina de mezquite para que sus nutrientes puedan ser aprovechados. De antemano, agradezco su participación y colaboración.

Nombre: _____

Fecha y lugar de entrevista:

No. de entrevista: _____

1. ¿Consumes mezquite? ¿Por qué razón?
2. ¿Qué partes del mezquite consumes? ¿En qué tipos de preparación y con qué frecuencia?
3. ¿Dónde consigue el mezquite que consumes? Si es comprado, ¿dónde lo consigue y a qué precio?

4. ¿Ha probado usted algún producto hecho a base de harina de mezquite? Si probó la harina de mezquite indicar dónde la probó y en qué tipo de preparación la probó (eg. Pan, tamal). Si compró el producto en base a harina de mezquite preguntar dónde lo compró, a qué precio y con qué frecuencia los compra

5. ¿Le han gustado?

Tipo de producto	Me gustan mucho	Me gustan	Me gustan poco	Me disgustan	Me disgustan mucho
Pan					
Tamalitos					
Tortillas					
Fresco					

6. ¿Qué le parece el sabor, textura y olor de los productos hechos a base de harina de mezquite? (Bueno, malo, normal)

Tipo de producto	Sabor	Textura	Olor
Pan			
Tamalitos			
Tortillas			
Fresco			

Comentarios:

7. ¿Qué producto le gustaría probar realizado a base de harina de mezquite?

B. Cuadros y figuras importantes

1. Sondeo

Figura 26. Aldea en donde se llevaron a cabo las entrevistas de sondeo



Fuente: Propia

Figura 27. Siembras de *P. juliflora* en El Rancho, El Progreso



Fuente: Propia

Figura 28. Personas en El Rancho que cuentan con *P. juliflora* en terreno propio



Fuente: Propia

2. Análisis físicos de harinas de *P. juliflora* y *P. vidualiana*

Figura 29. Análisis de proteínas (Khjeldal)



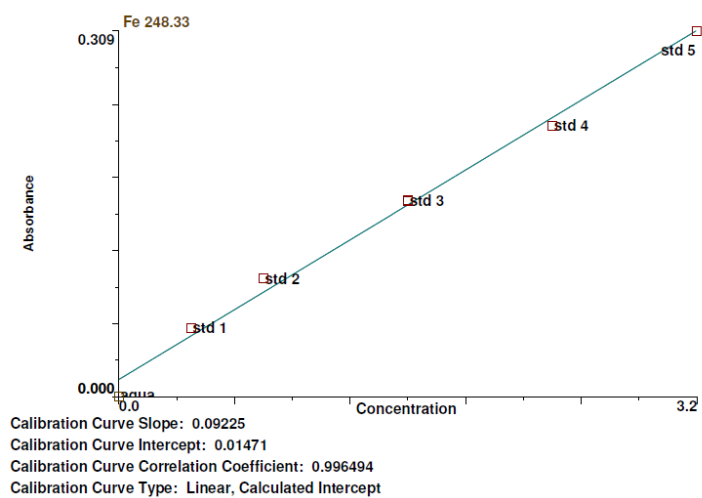
Fuente: Propia

Figura 30. Análisis de grasas en muestras (Soxhlet)



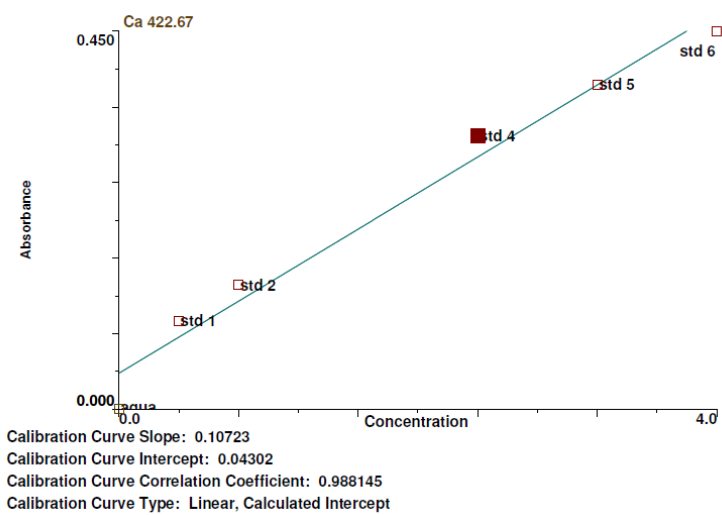
Fuente: Propia

Figura 31. Curva de calibración de hierro para la determinación en harinas



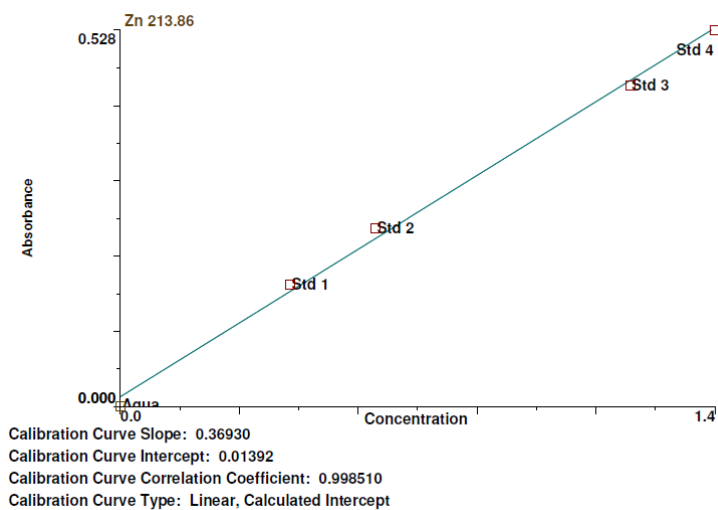
Fuente: Propia

Figura 32. Curva de calibración de calcio para la determinación en harinas



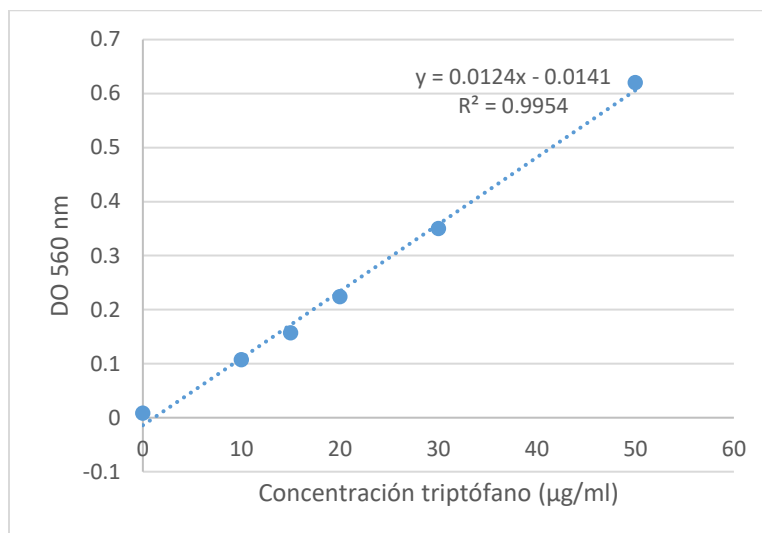
Fuente: Propia

Figura 33. Curva de calibración de zinc para la determinación en harinas



Fuente: Propia

Figura 34. Curva de calibración de triptófano para la determinación en harinas



Fuente: Propia

Figura 35. Muestras de harina de *P. juliflora* para la determinación de triptófano

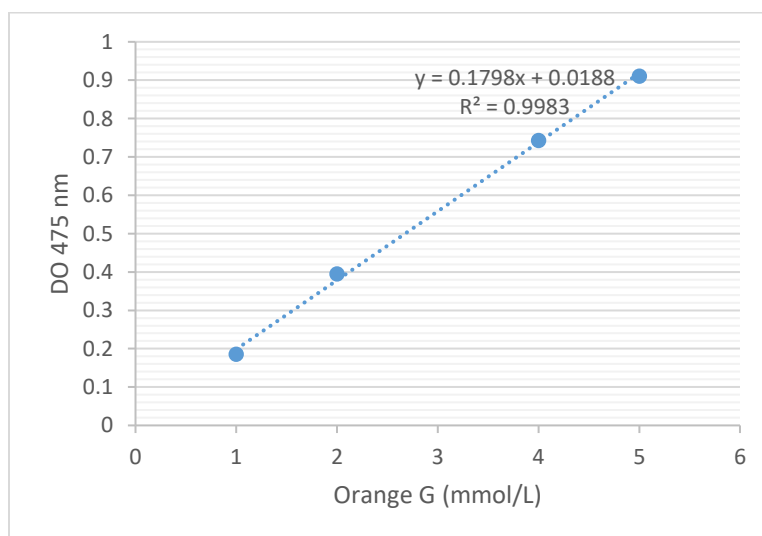
Fuente: Propia

Figura 36. Muestras de harina de *P.vidaliana* para la determinación de triptófano



Fuente: Propia

Figura 37. Curva de calibración de lisina para la determinación en harinas



Fuente: Propia

Figura 38. Muestras de harinas de *Prosopis* para la determinación de lisina



Fuente: Propia

Figura 39. Muestras de harinas de *Prosopis* en agitación para la determinación de lisina



Fuente: Propia

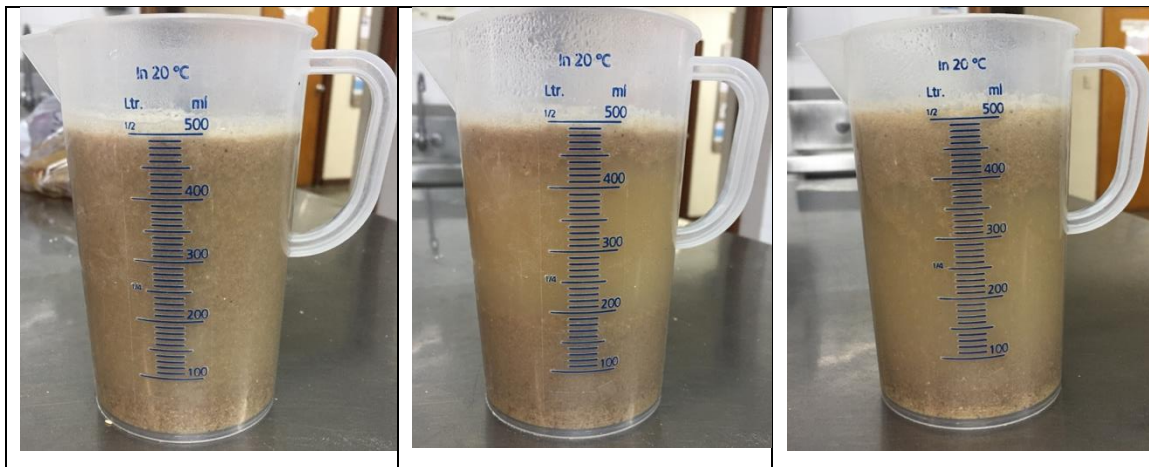
3. Pruebas para formulación de producto final

Figura 40. Pruebas de formulaciones de atol



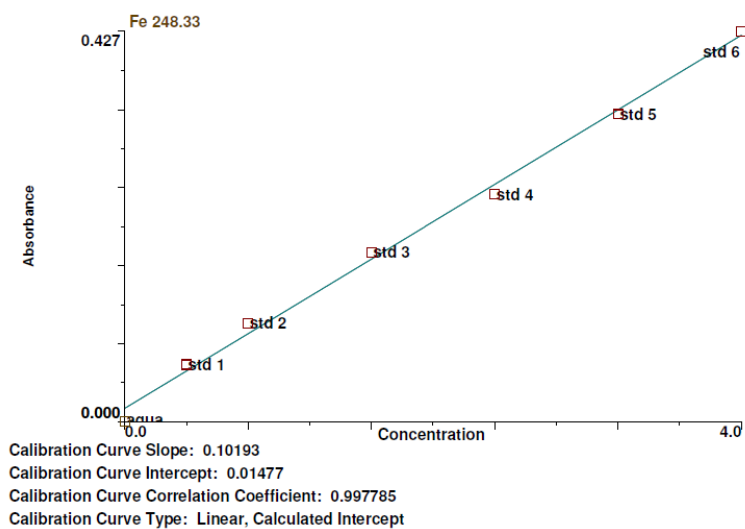
Fuente: Propia

Figura 41. Pruebas de estabilizante, inicio de prueba, prueba con goma arábica (1%) y prueba con goma xantán (0.1%) (izquierda a derecha)



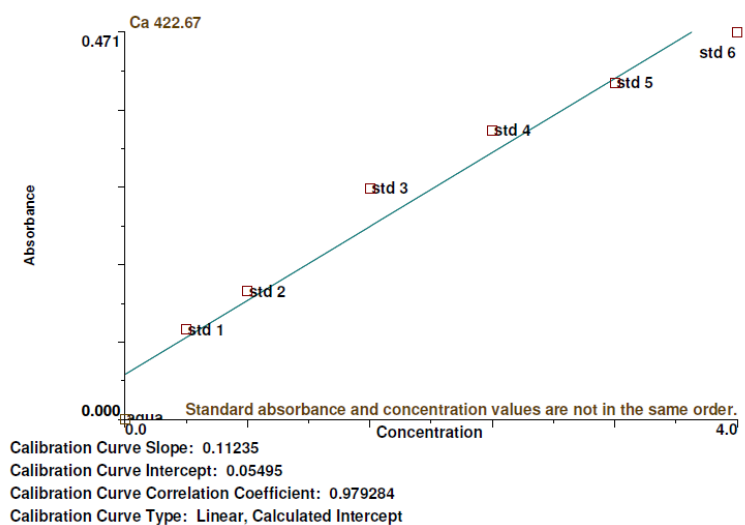
4. Pruebas químicas de producto final

Figura 42. Curva de calibración de hierro para la determinación en producto final



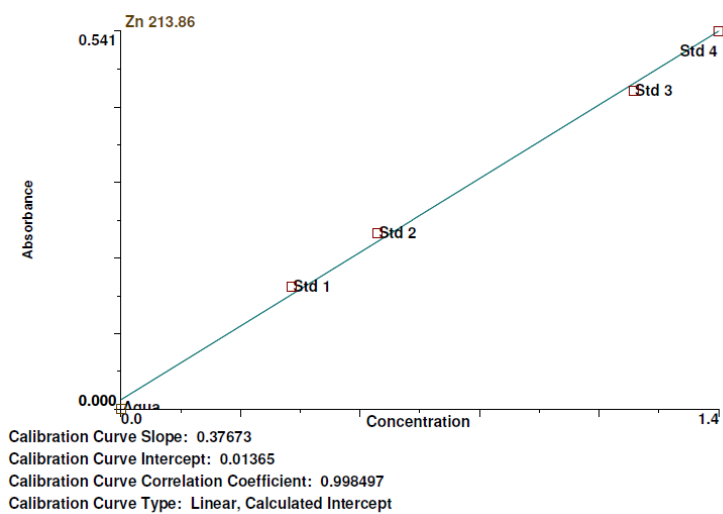
Fuente: Propia

Figura 43. Curva de calibración de calcio para la determinación en producto final



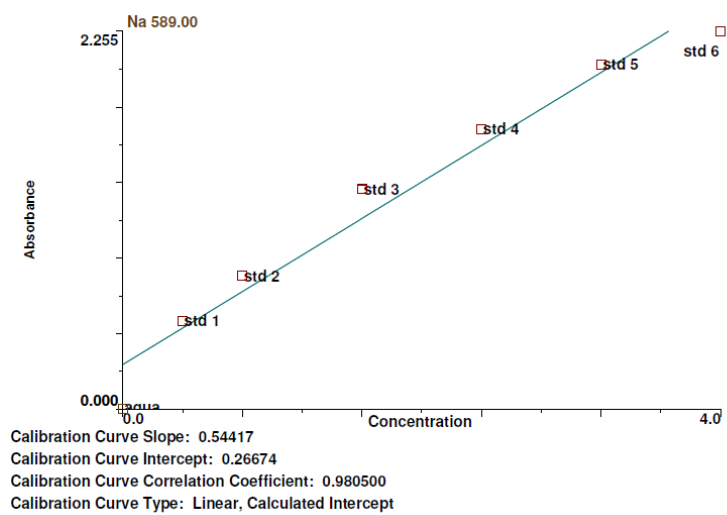
Fuente: Propia

Figura 44. Curva de calibración de zinc para la determinación en producto final



Fuente: Propia

Figura 45. Curva de calibración de sodio para la determinación en producto final



Fuente: Propia

Figura 46. Información nutricional de Incaparina

Información Nutricional	
Tamaño por Porción 18.75g (1 cda harina)	
Porciones por Paquete 24	
Cantidad Por Porción	
Energía 300 kJ (70 kcal)	
Energía de Grasa 50 kJ (10 kcal)	
	% VRN*
Grasa Total 1g	
Grasa Saturada 0 g	
Colesterol 0mg	
Sodio 0mg	
Carbohidratos 12g	
Azúcares 0g	
Fibra Dietética 2g	
Proteína 4g	8%
Vitamina A	4%
Vitamina B ₁	20%
Vitamina B ₂	20%
Vitamina B ₁₂	20%
Vitamina D	20%
Ácido Fólico	20%
Niacina	20%
Hierro	20%
Zinc	20%
Calcio	20%
* Valor de referencia del nutriente de acuerdo a FAO/OMS Codex alimentarius.	

Fuente: Alimentos S.A., 2017

5. Pruebas sensoriales producto final

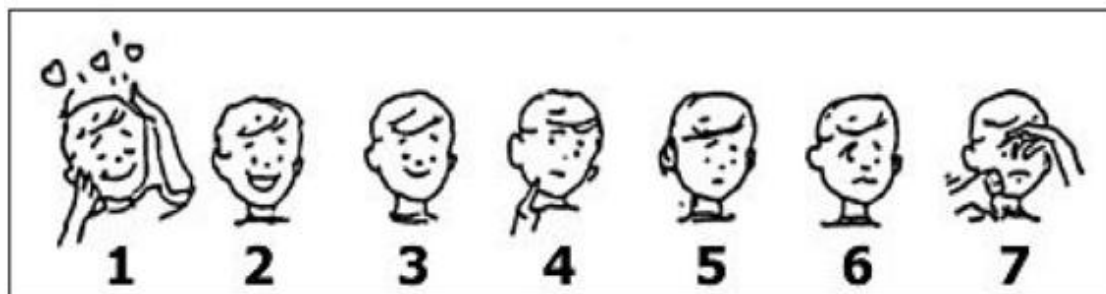
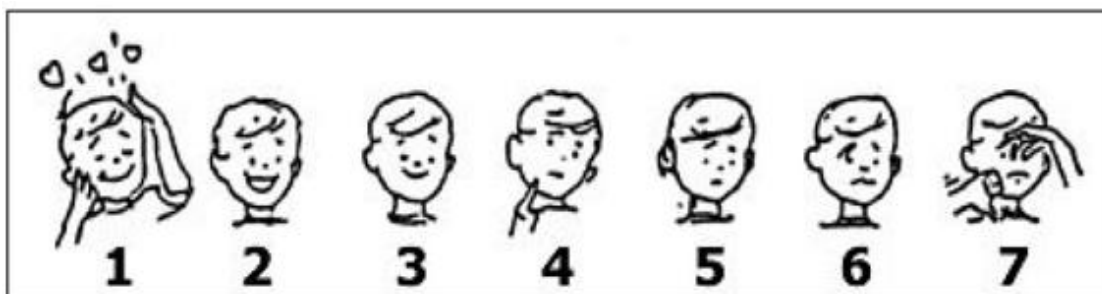
- a. Boleta de aceptabilidad de producto final por escala hedónica

Prueba sensorialEl Progreso18 de septiembre de 2017

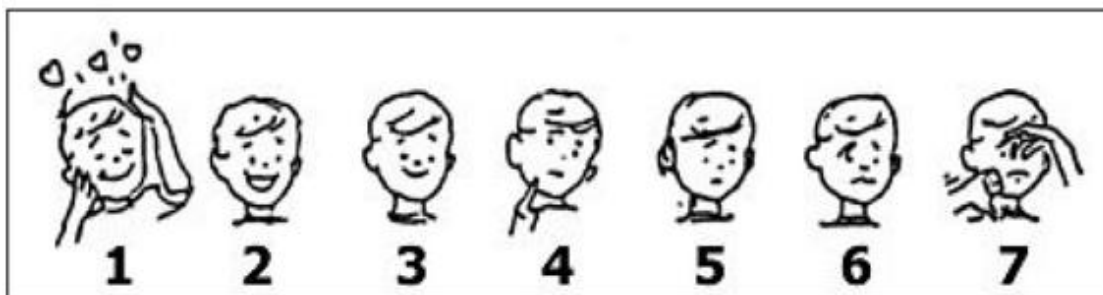
Edad: _____

Sexo: F M

Buen día, muchas gracias por su colaboración en esta prueba. Su opinión es de alto valor para este estudio. El objetivo principal es determinar si el atol formulado para el desarrollo de la tesis “Desarrollo de producto a partir harina de vaina de Mezquite (*Prosopis sp.*) para las comunidades de San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso” es de agrado para los consumidores.

MARQUE LA CARA CON LA QUE SE IDENTIFIQUE CON EL ATRIBUTO INDICADO**Por favor, pruebe la muestra delante de usted y califique el OLOR:****Por favor, pruebe la muestra delante de usted y califique el SABOR:**

Por favor, pruebe la muestra delante de usted y califique la CONSISTENCIA:



¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Figura 47. Repartición de muestras a consumidores



Fuente: Propia

Figura 48. Explicación y llenado de boletas



Fuente: Propia

Figura 49. Consumidor degustando muestra de atol



Fuente: Propia

Cuadro 28. Tabulación de resultados de análisis sensorial

Género	Edad	Resultados sensoriales			Promedio
		Olor	Sabor	Consistencia	
Femenino	6	7	7	7	7.00
Femenino	6	7	7	7	7.00
Femenino	6	7	7	7	7.00
Femenino	7	7	7	7	7.00
Femenino	7	7	7	7	7.00
Femenino	7	7	7	7	7.00
Femenino	7	7	7	7	7.00
Femenino	7	7	6	6	6.33
Masculino	7	7	7	7	7.00
Femenino	7	7	7	7	7.00
Masculino	8	7	7	7	7.00
Femenino	8	7	7	7	7.00
Masculino	8	7	7	7	7.00
Femenino	8	7	7	7	7.00
Femenino	9	6	7	7	6.67
Masculino	9	7	7	7	7.00
Masculino	10	7	7	7	7.00
Femenino	10	7	7	7	7.00
Masculino	11	7	7	7	7.00
Femenino	11	7	7	7	7.00
Masculino	11	7	7	7	7.00
Masculino	11	7	7	7	7.00
Femenino	12	7	7	7	7.00
Masculino	12	7	7	7	7.00
Femenino	12	7	7	7	7.00
Femenino	12	7	7	7	7.00
Femenino	12	7	7	7	7.00
Femenino	12	7	7	6	6.67
Femenino	13	7	7	7	7.00
Masculino	13	7	7	7	7.00
Masculino	13	7	7	7	7.00

Género	Edad	Resultados sensoriales			Promedio
		Olor	Sabor	Consistencia	
Masculino	14	7	7	7	7.00
Masculino	14	7	7	7	7.00
Masculino	14	7	5	6	6.00
Femenino	14	7	7	7	7.00
Femenino	14	7	6	7	6.67
Masculino	15	7	7	7	7.00
Femenino	15	7	7	7	7.00
Masculino	15	7	7	7	7.00
Masculino	15	7	7	7	7.00
Femenino	15	7	7	7	7.00
Femenino	15	7	7	7	7.00
Femenino	15	7	7	7	7.00
Femenino	15	7	7	7	7.00
Femenino	15	7	7	7	7.00
Masculino	16	7	7	7	7.00
Femenino	16	7	6	7	6.67
Femenino	16	7	7	7	7.00
Femenino	16	7	7	6	6.67
Masculino	17	7	7	7	7.00
Femenino	20	6	6	6	6.00
Femenino	21	7	7	7	7.00
Femenino	21	7	7	5	6.33
Femenino	21	7	6	7	6.67
Masculino	21	7	7	7	7.00
Masculino	22	7	7	7	7.00
Masculino	22	7	7	7	7.00
Masculino	22	5	7	7	6.33
Femenino	22	7	7	7	7.00
Femenino	24	7	7	7	7.00
Femenino	25	7	7	7	7.00
Femenino	26	5	6	7	6.00
Femenino	26	5	6	7	6.00

Género	Edad	Resultados sensoriales			Promedio
		Olor	Sabor	Consistencia	
Femenino	27	7	7	7	7.00
Masculino	27	4	6	7	5.67
Masculino	29	6	6	7	6.33
Masculino	30	7	7	7	7.00
Masculino	30	7	6	5	6.00
Femenino	30	7	7	7	7.00
Femenino	31	7	7	7	7.00
Femenino	32	7	7	7	7.00
Masculino	34	5	5	5	5.00
Femenino	35	7	7	7	7.00
Femenino	37	6	7	7	6.67
Masculino	38	7	7	6	6.67
Femenino	39	7	3	3	4.33
Masculino	40	7	7	7	7.00
Masculino	41	6	7	7	6.67
Femenino	41	7	7	7	7.00
Femenino	41	7	7	7	7.00
Femenino	41	6	7	5	6.00
Femenino	43	7	7	7	7.00
Femenino	43	6	6	6	6.00
Femenino	43	7	7	7	7.00
Masculino	45	7	6	7	6.67
Femenino	45	7	7	7	7.00
Masculino	47	7	7	7	7.00
Masculino	48	7	7	7	7.00
Femenino	49	7	7	7	7.00
Femenino	49	7	7	7	7.00
Masculino	50	7	7	5	6.33
Masculino	52	7	7	7	7.00
Masculino	52	7	7	7	7.00
Femenino	53	1	5	5	3.67
Masculino	53	7	7	7	7.00

Género	Edad	Resultados sensoriales			Promedio
		Olor	Sabor	Consistencia	
Femenino	53	7	7	7	7.00
Masculino	56	4	4	4	4.00
Masculino	56	7	6	7	6.67
Masculino	57	7	6	7	6.67
Masculino	57	7	7	5	6.33
Femenino	58	7	7	7	7.00
Femenino	58	7	7	7	7.00
Masculino	59	7	7	6	6.67
Femenino	59	7	7	7	7.00
Femenino	75	7	7	7	7.00
Femenino	75	7	2	6	5.00
Masculino	75	7	7	7	7.00
Femenino	77	7	7	7	7.00
Femenino	81	7	7	7	7.00
Femenino	82	7	7	7	7.00
PROMEDIO		6.76	6.71	6.73	6.73
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.80	0.78	0.70	0.60

C. AOAC método oficial 925.10 (Determinación de sólidos totales y humedad en harina)

1. Calentar previamente cápsula a 130±3°C
2. Pesar 2g de muestra homogenizada y colocarlo dentro de recipiente
3. Colocarlo en horno por 1 hora manteniendo a 130±3°C
4. Trasladar a desecador
5. Pesar luego de tener la muestra a temperatura ambiente

Ecuación 11:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{F - T}{S} * 100$$

Donde:

F= Peso de contenedor + residuo de sólidos

T= Peso de contenedor vacío

S= Peso de muestra inicial

Ecuación 12:

$$\% \text{ sólidos} = 100\% - \% \text{ de humedad}$$

(AOAC, 2005)

D. AOAC método oficial 923.03 (Determinación de cenizas en harina)

1. Pesar de 3-5 g de harina en un crisol que previamente ha sido IGNITED, enfriado en desecador y pesado.
2. Colocar crisol en mufla a 550°C hasta obtener polvo gris
3. Dejar enfriar en desecador
4. Pesar

Ecuación 13:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{S}{F - T} * 100\%$$

Donde:

F= Peso de contenedor + residuo de cenizas

T= Peso de contenedor vacío

S= Peso de muestra inicial

(AOAC, 2005)

E. AOAC método oficial 2003.06 (Determinación de grasas en harina)

1. Pesar 10g de harina
2. Secarlos con método descrito en el apartado A
3. Colocar harina seca en contenedor de extracción de Soxhlet

4. Agregar hexano hasta cubrir toda la muestra
5. Asegurar contenedores de Soxhlet en columnas de extracción
6. Programar extracción por 20 minutos
7. Asegurar el correcto reflujo para completar la extracción
8. Subir los dedos que contienen la muestra (sin tocar el solvente) y extraer en esta posición por 40 minutos.
9. Destilar todo el solvente que se pueda de los recipientes.
10. Remover recipientes de extracción y colocarlo en campana de extracción para remover todo el solvente que quedó con la muestra
11. Secar contenedores en horno a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ por 30 minutos para remover humedad
12. Enfriar en desecador hasta temperatura ambiente
13. Pesar

Ecuación 14:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{S}{F - T} * 100\%$$

Donde:

F= Peso de contenedor + residuo de grasa

T= Peso de contenedor vacío

S= Peso de muestra inicial

(AOAC, 2005)

F. AOAC método oficial 920.87 (Determinación de proteínas en harina por método de Kjeldahl)

1. Colocar muestra pesada (0.7-2.2 g) en matraz de digestión
2. Agregar 3 perlas de vidrio, 10 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5 g de sulfato cúprico y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado
3. Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250 ml de hidróxido de sodio al 15%. El disco poroso produce la división de los humos en finas burbujas con el fin de facilitar la absorción y para que tenga una duración prolongada debe ser limpiado con regularidad antes de su uso. Los depósitos de sulfito sódico se eliminan con ácido clorhídrico. Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15% adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada.
4. Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición 15-20 minutos más. Si la muestra tiende a formar espuma, agregar ácido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar calentamiento lentamente.
5. Enfriar y agregar 200 ml de agua
6. Conectar el matraz con aparato de destilación, agregar 100 ml de NaOH al 30% lentamente por el embudo y cerrar la llave
7. Destilar no menos de 150 ml en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colector en:
 - a. 50 ml de una solución ácido sulfúrico 0.1 N, 4 a 5 gotas de rojo de metilo y 50 ml de agua destilada. Asegurar un exceso de H_2SO_4 para que se pueda realizar la retrotitulación. Titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N hasta color amarillo o
 - b. 50ml de ácido bórico al 3%. Titular con ácido clorhídrico 0.1 N hasta pH 4.6 mediante medidor de pH calibrado con soluciones tampón pH4 y pH 7, o en presencia del indicador Tashiro hasta pH 4.6.

Ecuación 15:

$$\%N = \frac{14 * N * V * 100}{m * 1000}$$

Ecuación 16:

$$\% Proteína = \frac{14 * N * V * 100 * factor}{m * 1000}$$

Donde:

$V = 50 \text{ ml H}_2\text{SO}_4 \text{ 0.1- gasto NaOH 0.1N o gasto de HCl 0.1 N}$

$m =$ masa de la muestra en gramos

Factor= 6.25 para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general

5.7 para cereales y derivados de soya

5.95 arroz

(AOAC, 2005)

G.AOAC método oficial 991.43 (Determinación de fibra total, soluble e insoluble dietética)

1. Reactivos a utilizar:

- a. Soluciones de etanol: Colocar 895 ml de etanol al 95% en balón aforado de 1L y aforar con agua destilada (Solución al 85%). Colocar 821 ml de etanol al 95% en bolón aforado de 1L y aforar con agua destilada (Solución al 78%).
- b. Solución α -amilasa. Almacenar a 0-5°C
- c. Proteasa: Preparar 50 mg/ml de solución de la enzima en MES-TRIS buffer.
- d. Amiloglucosidasa: Almacenar a 0-5°C. 2000-3300 unidades/ml de almidón/glucosa oxidasa-peroxidasa.
- e. Solución de limpieza: Preparar una solución de 2% de líquido surfactante.
- f. MES: 2-(N-morpholino) ácido etanosulfónico
- g. TRIS: Tris(hidroximetil)aminometano
- h. MES-TRIS: 0.05M MES, 0.05M TRIS, pH 8.2 a 24°C. Disolver 19.52 g de MES y 12.2 g de TRIS en 1.7 L de agua destilada. Aju pH a 8.2 con NaOH 6M y aforar a 2L con agua destilada.
- i. Solución ácido clorhídrico 0.561 M: Agregar 93.4 ml de HCl 6M a 700 ml de agua destilada en balón aforado de 1L, aforar.

2. Preparación de prueba de suspensión.

- a. Pesar 1.000 ± 0.005 g de muestra (duplicado), en beakers altos de 600 ml.
- b. Agregar 40 ml de buffer MES-TRIS
- c. Agitar con agitador magnético hasta que la muestra esté bien diluida
- d. Agregar 50 μ L de solución α -amilasa mezclando a velocidad lenta.
- e. Cubrir beakers con aluminio
- f. Incubar con baño de agua a 95-100°C por 15 minutos con agitación continua (empezar tiempo hasta que el agua esté a 95°C)
- g. Remover beakers de agua caliente y enfriar hasta 60°C. Remover papel aluminio.
- h. Raspar y dispersar cualquier gel formado en el fondo del beaker con una espátula.
- i. Enjuagar las paredes del beaker y espátula con 10 ml de agua destilada
- j. Agregar 100 μ L de solución de proteasa a cada beaker.
- k. Cubrir con papel aluminio e incubar a $60 \pm 1^\circ\text{C}$ por 30 minutos con agitación continua.
- l. Remover papel aluminio. Agregar 5 ml de HCl 0.561 M en beakers mientras se agita.
- m. Ajustar pH a 4.0-4.7 a 60°C agregando solución de NaOH 1M o HCl 1M
- n. Agregar 300 μ L de solución de amilogucosidasa mientras se agita.
- o. Cubrir con papel aluminio e incubar $60 \pm 1^\circ\text{C}$ por 30 minutos con agitación constante

3. Determinación de fibra dietética total

- a. A cada muestra digerida previamente agregar 225 ml (medido después de calentado) de etanol al 95% a 60°C
- b. Remover del baño y cubrir beakers con hojas grandes de papel aluminio
- c. Dejar precipitar por 1 hora a temperatura ambiente
- d. Mojar y redistribuir una cama de Celite en un crisol previamente tarado utilizando 15 ml de etanol al 78%
- e. Aplicar succión a crisol para emparejar el Celite en vidrio fritado
- f. Filtrar el contenido en beaker a crisol. Utilizando piseta con etanol al 78% y espátula de hule, transferir todas las partículas al crisol.
- g. Utilizando vacío, lavar el residuo 2 veces cada uno con porciones de 15 ml de etanol al 78%, etanol al 95% y acetona.
- h. Secar crisol con residuo a 105°C por toda la noche
- i. Enfriar crisol en desecador por una hora.

- j. Pesar crisol que contiene fibra dietética con Celite
 - k. Restar peso de crisol y Celite (1.0 g)
 - l. Con uno de los residuos determinar proteína, utilizando N*6.25 como factor de conversión.
Determinar también contenido de cenizas
 - m. Restar del peso de crisol y Celite.
4. Determinación de fibra dietética insoluble
- a. Mojar y redistribuir la cama de Celite en crisol previamente tarado utilizando 3 ml de agua destilada
 - b. Aplicar succión a crisol para distribuir Celite uniformemente
 - c. Filtrar el digerido con enzimas de la sección de preparación de prueba de suspensión a crisol.
 - d. Enjuagar beaker y luego lavar el residuo 2 veces con 10 ml de agua destilada a 70°C
 - e. Combinar filtrado con lavados y transferir a beaker de 600 ml previamente tarado, reservar para determinación de fibra dietética soluble.
 - f. Utilizar vacío para lavar el residuo 2 veces con: 15 ml de etanol al 78%, etanol al 95% y acetona.
 - g. Seguir pasos de h-k de sección anterior
5. Determinación de fibra dietética soluble
- a. Realizar pasos de a-e de sección anterior hasta combinar el filtrado y los lavados con agua en beakers de 600 ml previamente tarados
 - b. Pesar los beakers con la solución combinada de filtrado y lavados y estimar volúmenes
 - c. Agregar 4 volúmenes de etanol al 95% precalentado a 60°C
 - d. Utilizar una porción de etanol a 60°C para lavar el frasco de filtración
 - e. Alternando, ajustar la masa de solución de filtrado y lavados de agua a 80 g por medio de adición de agua destilada y agregar 320 ml de etanol al 95% a 60°C.
 - f. Dejar precipitar a temperatura ambiente por 1 hora.
 - g. Seguir pasos de “Determinación de fibra dietética total” de d-k.
6. Cálculos
- a. Determinación de blanco

Ecuación 17:

$$B = \frac{BR_1 + BR_2}{2} - P_B - A_B$$

Donde:

BR₁ y BR₂= pesos de residuos (mg) para determinación duplicada de blancos

P_B y A_B= pesos (mg) de proteína y cenizas (respectivamente) determinadas en residuos de blanco

b. Determinación de fibra dietética (g/100 g)

Ecuación 18:

$$DF = \frac{\left[\frac{(R_1 + R_2)}{2} \right] - P - A - B}{\frac{M_1 + M_2}{2}} * 100$$

Donde:

R₁ y R₂= Pesos (mg) de residuo de duplicados

P y A= Pesos (mg) de proteína y cenizas respectivamente

B= Peso de blanco (mg)

Para la determinación de Fibra dietética total se puede determinar independientemente o sumando los resultados de los análisis de fibra dietética soluble e insoluble.

(AOAC, 2005)