

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de los Alimentos



Caracterización fisicoquímica, nutricional y funcional de okra (*Abelmoschus esculentus*) de rechazo y evaluación de su aplicación en la formulación de un alimento complementario listo para consumir (ACLC).

Trabajo de graduación presentado por María de los Angeles Palomo Fuentes para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala,

2021



**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de los Alimentos



Caracterización fisicoquímica, nutricional y funcional de okra (*Abelmoschus esculentus*) de rechazo y evaluación de su aplicación en la formulación de un alimento complementario listo para consumir (ACLC).

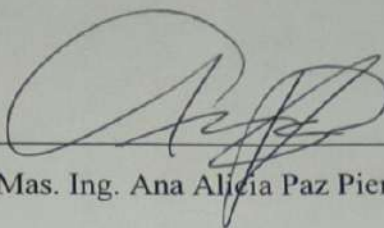
Trabajo de graduación presentado por María de los Angeles Palomo Fuentes para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala,

2021

Vo.Bo.:

(f)

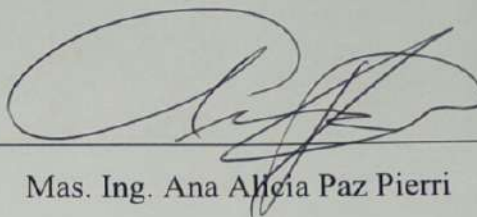


---

Mas. Ing. Ana Alicia Paz Pierri

Tribunal examinador

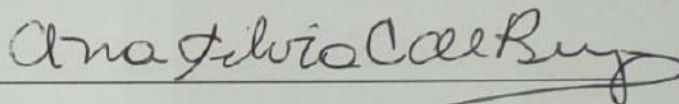
(f)



---

Mas. Ing. Ana Alicia Paz Pierri

(f)



---

MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)



---

Lcda. Ana Lucía Kroker

Guatemala, 24 de febrero de 2021

## **Agradecimientos**

A mi Creador, Padre y Señor Jesucristo.

Gracias por regalarme la oportunidad de estudiar la carrera universitaria de mis sueños, por acompañarme cada día, por la sabiduría y motivación para hacer este trabajo. Por su amor reflejado en todos los que me ayudaron durante los últimos cinco años y por la certeza que su mano me da para todo lo que falta en mi vida profesional.

A mis papás

Por siempre estar, por su apoyo incondicional y por creer en mí desde el primer día.

A mi hermana

Por animarme con su sola compañía, por su ejemplo de determinación y fe, por cada broma y su cariño.

A la Fundación Juan Bautista Gutiérrez

Por haber confiado y seguir confiando en mí, por su acompañamiento y cariño como otra familia.

A mis amigos

Soza, Daniel, Marielos, Anny, Christian y todos los demás. Gracias por su apoyo incondicional todos estos años, por quererme como soy, no los merezco y siempre voy a estar agradecida con Dios por ustedes.

A mis tutores de vida

Eugenia Calderón, Evelyn Hernández, Víctor Hugo Jiménez, Jose Luis Álvarez e Ingrid Cardona. Por enseñarme a apuntar mis ojos a Cristo, por orar por mí, escucharme y ser ejemplo al pelear la buena batalla.

A mis maestros, Iliana y Byron

Por su comprensión siempre, su disposición a enseñar más, por responder todas mis preguntas, creer y acompañarme en mis metas. Especialmente a Ana Alicia Paz por su acompañamiento en este proceso, por su motivación constante y por creer en mí.

A Alimentos Congelados S.A

Por tan amablemente brindarme toda la materia prima para este trabajo, especialmente a la Ing. Canjura por creer en la investigación y estar dispuesta a apoyarme.

# Índice

Agradecimientos .....	i
Lista de cuadros .....	iv
Lista de figuras .....	v
Resumen .....	vi
1. Introducción .....	1
2. Antecedentes .....	2
2.1 Pérdidas poscosecha .....	2
2.2 Okra de rechazo, usos potenciales .....	3
2.3 Alimentos complementarios y terapéuticos listos para consumir (ACLC y ATLC) ....	5
3. Justificación .....	6
4. Objetivos .....	8
4.1 General .....	8
4.2 Específicos .....	8
5. Marco teórico .....	9
5.1 Pérdidas poscosecha .....	9
5.2 Desnutrición .....	10
5.3 Okra de rechazo como potencial fuente de proteína .....	13
5.4 Beneficios de la okra ( <i>Abelmoschus esculentus</i> ) .....	15
5.5 Antinutrientes en semillas de okra .....	18
5.6 Propiedades funcionales de harinas .....	20
5.7 Formulaciones alternativas de Alimentos terapéuticos y complementarios listos para consumir (ATLC, ACLC) .....	23
5.8 Determinaciones analíticas .....	24
6. Metodología .....	26
6.1 Evaluación de fruto y semillas en crudo .....	26
6.2 Obtención de harinas .....	28
6.3 Caracterización de harinas .....	31

6.4 Formulación de ATLC con base de okra .....	37
6.5 Reporte de datos.....	39
7. Resultados y discusión .....	40
7.1 Evaluación de fruto en crudo .....	40
7.2 Obtención de harinas .....	42
7.3 Evaluación de propiedades funcionales .....	44
7.4 Evaluación de composición nutricional .....	49
7.5 Formulación de un alimento complementario listo para consumir.....	51
8. Conclusiones.....	58
9. Recomendaciones .....	59
10. Referencias .....	60
11. Anexos .....	67

## Lista de cuadros

Cuadro 1: Composición proximal de semilla de okra .....	16
Cuadro 2: Formulación estándar de ATLC .....	23
Cuadro 3: Requisitos organolépticos para alternativas ATLC .....	23
Cuadro 4: Evaluación de fruto de okra fresca .....	40
Cuadro 5: Evaluación semillas frescas .....	41
Cuadro 6: Rendimiento y humedad final de harina de vaina y de semilla de okra .....	43
Cuadro 7: Capacidad de absorción de agua, de aceite y capacidad emulsificante de harina de vaina y de semilla de okra .....	46
Cuadro 8: Capacidad espumante de harina de vaina y de semilla de okra .....	46
Cuadro 9: Concentración mínima de gelificación de harina de vaina y de semilla de okra .....	47
Cuadro 10: Viscosidad en soluciones de harina de vaina de okra .....	48
Cuadro 11: Análisis proximal de la harina seca de semilla y de vaina de okra .....	50
Cuadro 12: Contenido de calcio, hierro y zinc en harina de vaina y semilla de okra .....	50
Cuadro 13: Contenido de fitato y radios molares de harina de semilla de okra .....	51
Cuadro 14: Restricciones del modelo de optimización del menor costo .....	53
Cuadro 15: Restricción de contenido de aminoácidos teórico .....	54
Cuadro 16: Formulación final de ACLC .....	54
Cuadro 17: Parámetros evaluados en el ACLC .....	55
Cuadro 18: Composición proximal evaluada en el ACLC .....	55
Cuadro 19: Análisis y mediciones a fruto en crudo .....	67
Cuadro 20: Análisis y mediciones a semilla en crudo .....	69
Cuadro 21: Parámetros de semillas frescas de okra .....	70
Cuadro 22: Análisis de tamaño de partícula .....	71
Cuadro 23: Composición nutricional de ingredientes del ACLC .....	72
Cuadro 24: Costo de materia prima del ACLC .....	74

## Lista de figuras

Figura 1: Índice de Capacidad de Resiliencia (RCI) en Centroamérica.....	11
Figura 2: Proyección de Inseguridad Alimentaria en Guatemala.....	12
Figura 3: Impacto de la reducción de los servicios esenciales de salud en Guatemala (Modelo LiST).....	13
Figura 4: Sembrado de Okra en Escuintla, Guatemala.....	14
Figura 5: Okra de rechazo en Guatemala .....	15
Figura 6: Análisis a fruto en crudo .....	26
Figura 7: Análisis de semilla en crudo .....	27
Figura 8: Obtención de harina de pericarpio .....	28
Figura 9: Obtención de harina de semilla.....	29
Figura 10: Diagrama de proceso, obtención de harina de vaina y de semilla de okra .....	30
Figura 11: Determinación de contenido de fitato en harina de semilla de okra .....	36
Figura 12: Preparación de ACLC .....	37
Figura 13: Diagrama de proceso de elaboración de un ACLC.....	38
Figura 14: Evaluación de fruto en crudo .....	41
Figura 15: Obtención de harina de vaina y de semilla de okra.....	43
Figura 16: Tamaño de partícula de harina de vaina y de semilla de okra .....	44
Figura 17: Estabilidad de espuma de harina de vaina y de semilla de okra .....	47
Figura 18: Prueba de gelificación en harinas de okra.....	48
Figura 19: Gráfica de solubilidad protéica de harinas de okra .....	49
Figura 20: Pruebas preliminares con harina de vaina de okra.....	52
Figura 21: Comparación de apariencia de ACLC desarrollado con un producto a base de maní .....	56
Figura 22: Gráfica de la curva patrón de albúmina de suero bovino.....	71
Figura 23: Gráfica de la curva patrón de nitrato de hierro (III) nona-hidratado .....	72
Figura 24: Mejora en formulaciones de ACLC .....	73
Figura 25: Prueba de empaque en PET metalizado.....	73

## Resumen

Guatemala, junto con gran parte del mundo tiene graves problemas de pérdida poscosecha. En Guatemala cada año se reportan más de 23,875 toneladas métricas en residuos de cosechas registradas (FAO, 2017). Junto con esta grave situación, en países en vías de desarrollo como Guatemala coexiste el problema de la desnutrición infantil y la inseguridad alimentaria. Utilizar las pérdidas poscosecha para aumentar la disponibilidad de alimento es una forma sustentable de contribuir a la solución de ambos problemas.

Un vegetal con alto potencial nutritivo para su aprovechamiento es la okra. En esta investigación se buscó caracterizar fisicoquímica, funcional y nutricionalmente la okra (*Abelmoschus esculentus*) de rechazo y evaluar su posible aplicación en la formulación de un alimento complementario listo para consumir (ACLC), este tipo de alimentos se utiliza precisamente como tratamiento comunitario para la malnutrición aguda.

Las propiedades físicas evaluadas en la okra de rechazo señalaron características de un fruto maduro, no apto para los criterios de consumo directo. Sin embargo, las harinas obtenidas presentaron buenas características funcionales. El contenido de polisacáridos en la harina de okra favoreció la viscosidad, textura y capacidad emulsificante que la harina puede proveer a las matrices de alimentos. Mientras que la harina de semilla de okra presentó un alto contenido de proteína con 21.63%, por lo que puede ser utilizada para aumentar el valor proteico de alimentos. Por último, el alimento desarrollado utilizando harina de semilla de okra cumplió con estándares de actividad de agua, contenido de proteína, carbohidratos y grasa del programa mundial de alimentos (WFP, 2016), para ser catalogado como un alimento complementario listo para consumir (ACLC).

# 1. Introducción

La pérdida poscosecha es un problema grave a nivel mundial. Las pérdidas globales de alimentos van desde 30% en cereales, hasta cifras mayores a 50% para frutas y verduras en países desarrollados (FAO, 2017). En Guatemala cada año se reportan más de 23,875 toneladas métricas en residuos de cosechas registradas (FAO, 2017).

Junto con las pérdidas poscosecha, en países en vías de desarrollo como Guatemala coexiste el problema de la desnutrición infantil y la inseguridad alimentaria. Guatemala es el primer país de América Latina y El Caribe y el sexto a nivel mundial con mayor porcentaje de niños con desnutrición crónica menores de cinco años (ICEFI, 2011). Las mayores deficiencias son proteína, hierro y zinc. Por su parte la desnutrición aguda se reportó como un 1.4% en la encuesta ENSMI (2017). Lamentablemente en el año 2020, debido a la pandemia Covid-19, la situación está agravándose y se prevé un aumento en los casos de desnutrición y de inseguridad alimentaria aguda (Espina, 2020).

Utilizar las pérdidas poscosecha para aumentar la disponibilidad de alimento es una forma sustentable de contribuir a la solución de ambos problemas. La okra, es un fruto con alto potencial nutritivo. Tanto la vaina como sus semillas son una fuente de proteína (18-41% base seca) con una composición de aminoácidos comparables con la soya. Además, provee de micronutrientes como el Zinc y Hierro (Adelakun, *et al.* 2012).

En esta investigación se buscó caracterizar nutricional y funcionalmente la vaina y semilla de okra (*Abelmoschus esculentus*) para determinar su potencial uso en la industria. Al evaluar las características físicas de la okra, esta presentó propiedades como mayor dureza y aumento de grosor de pericarpio, característicos de un fruto maduro. La harina de vaina de okra que se obtuvo, presentó una alta capacidad de absorción de agua, de aceite, capacidad emulsificante y viscosidad, esto debido a su alto contenido de polisacáridos. Por su parte la harina de semilla de okra presentó un contenido de proteína de 21.63%, junto con altas capacidades de absorción de agua y aceite.

Finalmente, se evaluó el uso de harina de okra en formulaciones de alimentos complementarios listos para consumir (ACLC). El alimento desarrollado utilizando harina de semilla de okra cumplió con los estándares de actividad de agua, contenido de proteína, carbohidratos y grasa del programa mundial de alimentos (WFP, 2016) para ser catalogado como un alimento complementario listo para consumir (ACLC). Este alimento podría ser producido en el país a menor costo, para su posible aplicación en programas nutricionales a través de tratamientos de desnutrición aguda moderada en niños mayores a seis meses.

## 2. Antecedentes

### 2.1 Pérdidas poscosecha

Las pérdidas poscosecha pueden referirse a pérdidas cuantitativas o cualitativas en varias etapas del proceso. Se consideran las actividades interrelacionadas desde la cosecha, procesamiento y empaque, hasta la distribución. A nivel mundial las pérdidas ascienden hasta \$680 billones para países y aproximadamente \$310 billones en países en desarrollo (Sawicka, 2019). Junto con estas cifras alarmantes, en países en desarrollo coexiste el problema de la desnutrición infantil y la inseguridad alimentaria. Cerca de 200 millones de niños menores de 5 años sufren desnutrición crónica en todo el mundo. Guatemala con un 46.5% de niños sufriendo esta condición se sitúa en niveles semejantes a los de algunos países africanos y asiáticos y como el primero en Latinoamérica (ICEFI, 2011).

Utilizar los desechos después de la cosecha, especialmente en los países en desarrollo, puede ser una solución sostenible para aumentar la disponibilidad de alimentos, disminuir el hambre y desnutrición y mejorar las condiciones de vida de los agricultores (Sawicka, 2019). Muchos de los frutos descartados aún son comestibles, valiosos en compuestos como proteínas, lípidos, almidón, fibra dietética y micronutrientes. Además, aprovechar las pérdidas poscosecha tiene impactos positivos en el medio ambiente y el clima (Affognon *et al*, 2015).

Este tipo de iniciativas ya se ha abordado para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) principalmente el objetivo No.2: poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. Además, todos los ODS guardan entre sí una estrecha relación causal, por lo que contribuir a la seguridad alimentaria y dar valor a las pérdidas poscosecha, incide en el objetivo No.1: poner fin a la pobreza (ONU, 2018).

Un ejemplo es la comunidad de estados latinoamericanos y caribeños (CELA), que ha incluido la reducción de pérdidas de alimentos como un componente de su Plan de Acción para Alimentos, Seguridad nutricional y erradicación del hambre 2025. Su objetivo es contribuir a lograr resultados concretos que se traduzcan en mejoras significativas en la calidad de vida de las comunidades, destinadas a la erradicación de la pobreza, garantizando la seguridad alimentaria y nutricional (FAO, 2015).

#### 2.1.1 Uso de pérdidas poscosecha para consumo

Guatemala ya cuenta con experiencias positivas en la reducción de pérdidas post cosecha por el adecuado uso de estos subproductos. En el Departamento de Sololá el 74.6% de la población vive en la pobreza, lo que lleva al 72.3% a padecer desnutrición crónica. En 2009, los agricultores locales informaron unas 54,5 toneladas de pérdidas en sus cultivos de zanahoria (8% de la producción total). Por lo tanto, se hizo un esfuerzo mediante el uso de la maquinaria adecuada para reducir las pérdidas de alimentos, generar ingresos y suministrar productos alimenticios nutritivos. La solución consistió en la recolección, procesamiento, extracción, pasteurización y envasado de jugo, y la elaboración de harina a partir de la pulpa. Al establecer y operar una fábrica de jugos (2013), los desechos del producto se redujeron a menos del 1% (FAO-Gamboá, 2015).

Otro ejemplo es el Departamento de Retalhuleu, donde se realiza harina de las cáscaras de las naranjas, esta puede usarse como alimento funcional. Las cáscaras se procesan y embalan para varios usos (máscaras, infusiones, cápsulas e ingredientes y piensos para las industrias de alimentos para humanos y mascotas). Los residuos sólidos se han reducido en un 5%, los procesadores de jugo han aumentado sus ingresos netos de las ventas en un 10% a través de la venta de cáscara de naranja fresca y se le ha suministrado a la población un alimento funcional. De esta manera, los residuos y residuos ahora contribuyen al presupuesto familiar de algunos hogares agrícolas (FAO-Gamboá, 2015).

## **2.2 Okra de rechazo, usos potenciales**

Dentro de los alimentos ricos en proteína y con grandes pérdidas, se encuentra la okra con un alto potencial nutricional. La harina de okra entera y de semillas de okra ha sido utilizadas para mejorar el perfil nutricional de distintos alimentos:

### **2.2.1 Concentrado de proteína**

Jideani y Bello (2009) compararon las propiedades funcionales de harina de okra, concentrado de proteína de alto y bajo mucílago y aislado de proteína de bajo mucílago para su aplicación en otros alimentos. La investigación señala que la preparación de concentrados con alto mucílago puede ser más factible que la eliminación del mucílago para la extracción proteica, debido al bajo rendimiento de la extracción. El concentrado proteico de alto mucílago y la harina produjeron una actividad emulsificante cercana al 100%. Estos productos ricos en mucílago forman una película continua y altamente viscosa en las interfaces por medio de complejas interacciones intermoleculares. El mucílago de okra puede contribuir a mejorar la funcionalidad especialmente a las propiedades emulsificantes de viscosidad y captación de agua en productos proteicos (Jideani, 2009).

### **2.2.2 Mucílago y sus polisacáridos**

Los polisacáridos en extractos de okra son predominantemente pectinas. Estos biopolímeros tienen amplias aplicaciones en la industria de alimentos en sistemas secos e hidratados. Ghorri (2014) evaluó la funcionalidad de pectinas de okra extraídas a pH 6 en formulaciones farmacéuticas y de alimentos. Los extractos de okra mostraron un potencial como emulsificantes en ambientes ácidos, esta propiedad puede ser utilizada en emulsiones hidrofóbicas o encapsulación de nutrientes (Ghorri, 2014).

El mucílago del fruto también tiene potencial. Sus aplicaciones en alimentos incluyen su uso como aditivo en formulaciones de adhesivos a base de harina e incluso ha sido utilizado como aditivo en India para la clarificación del jugo de caña (Fekadu, 2015). Sus polisacáridos espesos y viscosos, además de espesar sopas y guisos se han utilizado como un sustituto de grasa en las galletas de chocolate y en el postre lácteo congelado de chocolate (Sengkhampan *et al.*, 2009).

### **2.2.3 Harina de fruto entero**

Además del uso de los extractos, se ha evaluado la aplicación de harina de okra en diferentes alimentos. Akoja y Coker (2018) en Nigeria, evaluaron la factibilidad de suplementar galletas de harina de trigo con harina de okra para mejorar su valor nutricional. Los resultados mostraron un aumento significativo de proteína (10.56-21.93%), cenizas y fibra. Así como una diferencia significativa en propiedades funcionales como absorción de agua, aceite, capacidad espumante y de emulsión. Los resultados sensoriales promedio reflejaron un “gusto moderado” en términos de aceptabilidad.

### **2.2.4 Harina de semillas de okra**

Las semillas también se han utilizado en diferentes estudios. En general se puede utilizar para fortificar harinas de cereales para aumentar su contenido de proteínas, cenizas, aceite y fibra (Adelakun *et al*, 2009). Por ejemplo, Abouel-Yazeed (2019) realizó una investigación para evaluar las características físicas, químicas y la aplicación de semillas secas de okra como fortificante de alimentos. El polvo de las semillas mostró tener alto contenido de proteína con aminoácidos esenciales, con ácidos grasos insaturados como linoléico y oléico. Además de una fuente potencial de antioxidantes, con características funcionales para ser aplicado como fortificante en varios alimentos como Nuggets de pollo o galletas. Adetuyi (2012) evaluó la harina desgrasada de semillas de okra para la fortificación de harina de plátano. Se midió la composición química, características funcionales y disponibilidad de zinc en las mezclas de harina. El contenido nutricional de la harina aumentó significativamente ( $P \leq 0.05$ ), la proteína de 3.88 a 11.38%, el contenido de fibra; 3.03 a 16.30% mientras que el contenido de grasas y carbohidratos se redujo significativamente ( $P \leq 0.05$ ) a medida que aumentó el porcentaje de harina de semilla de okra desgrasada.

Por último, las semillas al secarse, tostarse y molerse también han sido utilizadas como aditivo o sustituto de café. Gbadegesin *et al* (2018) utilizó las semillas tostadas para la fortificación de fufu (producto fermentado a partir de yuca) instantáneo, la proteína aumentó de 3.64 a 11.13% y en general aumento el valor nutricional del producto. Los análisis sensoriales recomendaron una sustitución de hasta 10% de harina de semillas de okra tostadas.

Como se presenta, la okra ha sido utilizada por sus propiedades funcionales y con el fin de aumentar el valor nutricional, especialmente el contenido de proteína del alimento. En esta investigación se buscó utilizar la okra de rechazo como ingrediente de un Alimento complementario listo para consumir (ACLC), estos alimentos son diseñados y dirigidos principalmente a la terapia de la desnutrición crónica grave sin complicaciones. En países de África se han comenzado a desarrollar ACLC con base de cereales, semillas y leguminosas como alternativas al uso de mantequilla de maní con el fin de reducir el costo, incorporar ingredientes locales y proveer productos aceptables a poblaciones no tratadas.

## **2.3 Alimentos complementarios y terapéuticos listos para consumir (AACL y ATLC)**

Los alimentos terapéuticos y complementarios son alimentos diseñados para fines terapéuticos específicos, generalmente nutricionales, como una forma de suplemento dietético. El ATLC es una mezcla de nutrientes diseñada y dirigida principalmente a la terapia de la desnutrición aguda grave sin complicaciones, el AACL a diferencia tiene menos contenido de proteína y puede utilizarse para tratamiento de desnutrición crónica. Ambos son alimentos ricos en energía, enriquecidos con micronutrientes, blandos, triturables o bebibles que pueden administrarse directamente sin cocinarlos. Generalmente son un producto a base de maní y leche en polvo con cantidades especificadas de micronutrientes.

En países de África se han comenzado a desarrollar ATLC con base de cereales, semillas y leguminosas como alternativas al uso de mantequilla de maní con el fin de reducir el costo, incorporar ingredientes locales y proveer productos más aceptables a poblaciones no tratadas.

### **2.3.1 AACL en Guatemala**

En Guatemala el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por medio del Programa de Seguridad Alimentaria y Nutricional ha desarrollado un Protocolo para el tratamiento ambulatorio de niños con desnutrición aguda moderada. El protocolo indica que el tratamiento ambulatorio nutricional de niños con desnutrición aguda moderada se puede realizar por dos formas: tratamiento con ATLC (por no más de 15 días) o tratamiento con alimentos locales (haciendo mezclas de alimentos tradicionales como fuente de proteína, carbohidratos, vitaminas, minerales y grasas). Dentro de los programas de salud del gobierno son pocos los niños con desnutrición aguda que han tenido acceso a un ATLC, la marca más común es Plumpy Nut que debe ser importado, principalmente de Estados Unidos. Algunas ONG's en Guatemala también buscan la rehabilitación nutricional de los niños por medio de este tratamiento, pero el alcance es limitado (MSPAS, 2009).

En Guatemala ha habido pocos desarrollos de alimentos terapéuticos, suplementarios o similares. El principal alimento de este tipo es NutriListo, un AACL (alimento complementario listo para consumir) desarrollado por la empresa Maní+ junto con el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Este alimento se utiliza para la prevención de la desnutrición crónica en Guatemala, una porción de tan solo 15g proporciona 82 kcal, 3 g de proteína, 6 g de grasa y 5 g de carbohidratos. El INCAP condujo una prueba de aceptabilidad en áreas rurales y urbanas, los resultados indicaron que la aceptabilidad es igualmente alta entre madres, niñas y niños, que es de fácil consumo en el hogar. Actualmente el producto se encuentra en expansión por medio de acuerdos con organizaciones afines (Listo Maní+, 2019). Considerando lo expuesto, en esta investigación se buscó evaluar la aplicación de harina de okra de descarte en formulaciones de AACL. Para de esta forma responder a la creciente necesidad de insumos de recuperación nutricional para niños con desnutrición.

### 3. Justificación

La pérdida poscosecha es un problema grave a nivel mundial. Aproximadamente 1/3 de los alimentos producidos en el mundo para consumo humano se pierde o se desperdicia, esto representa hasta \$680 billones para países en desarrollo y aproximadamente \$310 billones en países en desarrollo (Sawicka, 2019). Las pérdidas globales de alimentos van desde 30% en cereales, hasta cifras mayores a 50% para frutas y verduras en países desarrollados (FAO, 2017).

Las pérdidas poscosecha pueden referirse a pérdidas cuantitativas o cualitativas en varias etapas del proceso. Se consideran las actividades interrelacionadas desde la cosecha, procesamiento y empaque, hasta la distribución. Guatemala también ha reportado pérdidas posteriores a la cosecha en los sectores de cultivos de frutas, vegetales y alimentos básicos. Según datos de la FAOSTAT (2017), cada año se reportan más de 23,875 toneladas métricas en residuos de cosechas registradas en Guatemala.

Junto con estas cifras alarmantes, en países en desarrollo coexiste el problema de la desnutrición infantil y la inseguridad alimentaria. Cerca de 200 millones de niños menores de 5 años sufren desnutrición crónica en todo el mundo. Guatemala con un 46.5% de niños sufriendo esta condición se sitúa en niveles semejantes a los de algunos países africanos y asiáticos y como el primero en Latinoamérica (ICEFI, 2011). Por su parte la desnutrición aguda se reportó como un 1.4% (2008-2009), (ENSMI, 2017). Sin embargo, este año la situación está agravándose, el impacto de la pandemia covid-19 incrementará la inseguridad alimentaria de los hogares más vulnerables y se prevé un aumento en los casos de desnutrición aguda y crónica (Espina, 2020). De hecho, el análisis de inseguridad alimentaria aguda del la CIF (Clasificación Integrada de la seguridad alimentaria en Fases) proyectó en su último informe un 29% de personas (139 mil) en inseguridad alimentaria aguda para el trimestre de junio-agosto 2020, esto en microrregiones vulnerables de Guatemala, El Salvador y Honduras. Previendo a su vez un incremento de desnutrición crónica infantil por COVID-19 de aproximadamente 900,000 casos en Centroamérica (SICA, 2020).

En este problema la malnutrición proteico-energética (MPE) es la más frecuente, existen dos formas, Kwashiorkor (justas calorías pero proteína insuficiente) y Marasmo (insuficientes calorías y proteína) (Bain, 2013). En adición a MPE, los niños están afectados por deficiencias de micronutrientes, siendo las principales en Guatemala el hierro y zinc. Además, es importante señalar que la desnutrición actúa como un círculo vicioso: los niños con desnutrición crónica y/o aguda, van a tener menor capacidad intelectual/cognitiva, esto producirá bajo rendimiento escolar y capacidad de aprender y finalmente, un adulto con menor potencial. Además, las mujeres desnutridas tendrán bebés con bajo peso lo que aumenta las posibilidades de desnutrición en las siguientes generaciones (UNICEF, 2011). Este ciclo no solo influye en los afectados, sino en todo el país. De hecho el costo de la desnutrición se calcula como 11.4% del PIB (PMA-CEPAL 2009).

Atacar estos problemas es parte de las metas mundiales expresadas en los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS), estas aspiraciones a su vez se expresan como metas regionales y nacionales. Un ejemplo es la comunidad de estados latinoamericanos y caribeños (CELA), que ha incluido la reducción de pérdidas de alimentos como un componente de su

Plan de Acción para Alimentos, Seguridad nutricional y erradicación del hambre 2025 (FAO, 2015). Como respuesta a este tipo de iniciativas Guatemala ya cuenta con experiencias positivas en la reducción de pérdidas post cosecha por el adecuado uso de estos subproductos. En 2013, en respuesta a pérdidas de cultivos de zanahoria en Sololá, se estableció una fábrica de jugos y producción de harina de pulpa reduciendo las pérdidas del fruto de 8% a menos de 1%. Otro ejemplo es en Retalhuleu, donde los residuos sólidos de cáscaras de naranja se han reducido en un 5% por la fabricación de harina que se vende como alimento funcional. Además, los procesadores de jugo han aumentado sus ingresos netos de las ventas en un 10% a través de la venta de cáscaras de naranja (FAO-Gamboá, 2015). Estos ejemplos muestran que muchos de los frutos descartados aún son comestibles, valiosos en compuestos como proteínas, lípidos, almidón, fibra dietética y micronutrientes. Se necesita la aplicación de procesos tecnológicos para el aprovechamiento de estos descartes y su aplicación en productos alimenticios de alto valor nutricional.

Uno de los frutos con este potencial es la okra. Esta es una vaina de color verde reconocida como “el perfecto vegetal del aldeano”, ha sido utilizada para fortificar harinas y cereales de desayuno. Tanto la vaina como sus semillas son una fuente de proteína (18-41% base seca) con una composición de aminoácidos comparables con la soya. Además, provee de micronutrientes como el Zinc y Hierro (Adelakun, *et al.* 2012).

La demanda de okra en Guatemala es muy escasa, por lo que solamente se cultiva para exportación. Debido a que se requiere de altas temperaturas y un riego constante, las áreas en donde se cultiva Okra en Guatemala son La Fragua, Zacapa y Nueva Concepción, Escuintla (Martínez, 2017). No se han recolectado datos de las pérdidas de okra en Guatemala. Pero en países como Ghana y Benin, en África subsahariana, las pérdidas van de 16-18% en granja y aproximadamente un 6% a nivel minorista (Kitinoja 2010). La mayor parte de las pérdidas se debe a producto sobre madurado (difícil de masticar) y daños físicos en el transporte o almacenamiento.

Utilizar las pérdidas post-cosecha para aumentar la disponibilidad de alimento contribuirá a la solución de estos dos problemas que coexisten en países en vías de desarrollo. Es una solución sustentable que puede mejorar la nutrición y la calidad de vida de los productores.

Un método de tratamiento que aborda directamente la desnutrición, son los alimentos terapéuticos y complementarios listos para consumir. Los alimentos terapéuticos listos para consumir (ATLC) son un método de tratamiento comunitario de la malnutrición aguda junto con los alimentos complementarios listos para consumir (ACLIC). Estos últimos, a diferencia, tienen menos cantidad de proteína y pueden ser utilizados para tratamiento de desnutrición crónica. Son alimentos diseñados para fines nutricionales, como una forma de suplemento dietético. Por lo tanto, en esta investigación se buscó evaluar la aplicación de harina de okra de descarte en formulaciones de ACLIC. Y de esta forma responder a la creciente necesidad de insumos de recuperación nutricional para niños con desnutrición, sobretodo por la reducción y limitaciones de los servicios esenciales de salud como efecto de COVID-19.

## 4. Objetivos

### 4.1 General

Caracterizar funcional y nutricionalmente la okra (*Abelmoschus esculentus*) de rechazo y evaluar su posible aplicación en la formulación de un alimento complementario listo para consumir (ACLC).

### 4.2 Específicos

1. Evaluar las propiedades físicas de la okra (*Abelmoschus esculentus*) de rechazo y las propiedades funcionales de las harinas obtenidas de la vaina y de la semilla de okra.
2. Determinar la composición química proximal de la harina de vaina y harina de semilla de okra (*Abelmoschus esculentus*) de rechazo, así como su contenido de minerales y de fitato como antinutriente.
3. Formular un alimento complementario listo para consumir (ACLC) en el que se incluya harina de okra (*Abelmoschus esculentus*) de descarte y el cual cumpla con los requerimientos nutricionales de organizaciones de salud internacionales.

## 5. Marco teórico

### 5.1 Pérdidas poscosecha

Las pérdidas post-cosecha se refieren a la merma cuantitativa y cualitativa de alimentos en diversas operaciones posteriores a la cosecha. Este sistema incluye actividades lógicamente interconectadas dentro de la posproducción. Al considerar el sistema como un todo, pueden ocurrir pérdidas: en la cosecha; durante el procesamiento preliminar; en manejo; durante el transporte y la distribución; en el almacenamiento debido a plagas, derrames, deterioro y contaminaciones; durante el procesamiento debido a tecnologías ineficientes; y finalmente durante la comercialización (Affognon *et al*, 2015).

Las pérdidas posteriores a la cosecha generalmente pueden clasificarse como pérdida de peso debido al deterioro, la pérdida de calidad, la pérdida de valor nutricional, la pérdida de viabilidad y la pérdida comercial final (Sawicka, 2019). A nivel mundial, la cantidad de alimentos perdidos y desperdiciados en las regiones de altos ingresos es mayor en las fases más alejadas de la cadena alimentaria, y viceversa en las regiones de bajos ingresos, donde se pierden y desperdician más alimentos en la fase inicial. En los países en desarrollo una cantidad significativa de productos generalmente se pierde en las operaciones después de la cosecha debido a la falta de conocimiento, tecnología inadecuada para la cosecha, tecnología de transporte, procesamiento y / o infraestructura deficiente (Sawicka, 2019).

Aproximadamente 1/3 de los alimentos producidos en el mundo por año para consumo humano se pierden o desperdician. Las pérdidas y el desperdicio de alimentos totalizan aproximadamente \$ 680 mil millones en países industrializados y alrededor de \$ 310 mil millones en países en desarrollo. Las pérdidas globales de alimentos durante un año se cuantifican alrededor de 30% de cereales; 40–50% para tubérculos y frutas y hortalizas; 20% para semillas oleaginosas, carne y productos lácteos; y 35% para peces (Sawicka, 2019).

#### 5.1.1 Pérdidas post-cosecha en Guatemala

En Guatemala, se han reportado pérdidas posteriores a la cosecha en los sectores de cultivos de frutas, vegetales y alimentos básicos. Según datos de la FAOSTAT (2017), cada año se reportan más de 23,875 toneladas métricas en residuos de cosechas registradas en Guatemala. Sin embargo, excepto en el caso de los cultivos de alimentos básicos, donde hay algunos datos disponibles, no hay suficiente información disponible para cuantificar las pérdidas en todo el país y su impacto en la economía. Las mayores pérdidas en los cultivos de alimentos básicos, principalmente maíz, ocurren en la región norte del país (Ixcán, Polochic y El Petén) debido a las fuertes lluvias y las altas temperaturas durante la mayor parte del año. Las pérdidas posteriores a la cosecha en cultivos de maíz y frijol pueden llegar al 50% a nivel de granja (IICA, 2013). Conforme a lo mencionado anteriormente, las mayores causas de pérdida poscosecha en frijol y maíz fueron por falta de conocimiento y tecnología, a través de daños causados por trabajadores en la fase de selección y cosecha, así como los daños por plagas, roedores y animales (Delgado *et al*, 2017).

El MAGA ha liderado la realización de acciones estratégicas dirigidas a promover la seguridad alimentaria de las familias. La política no contiene propuestas específicas para otros cultivos. Por ejemplo, el cultivo de frutas genera 41,000 empleos permanentes en áreas rurales, lo que contribuye a la economía del país y reduce la pobreza. Aunque los productores de fruta informan pérdidas posteriores a la cosecha, tales pérdidas aún no se cuantifican ni se abordan (IICA, 2013).

## **5.2 Desnutrición**

Junto con las pérdidas poscosecha en países en vías de desarrollo como Guatemala, coexiste el problema de la desnutrición infantil y la inseguridad alimentaria. La desnutrición es el conjunto de manifestaciones clínicas, alteraciones bioquímicas y antropométricas causados por la asimilación deficiente de alimentos por el organismo (MSPA, 2009). La malnutrición-proteino-energética (MPE) es la más común, existen dos manifestaciones. Kwashiorkor, como consecuencia de un consumo justo en calorías, pero deficiente en proteínas. En este cuadro el niño presenta edema o hinchazón en la cara y extremidades y el cabello es quebradizo y decolorado. También puede presentarse como marasmo, por consecuencia de un consumo ineficiente de calorías y proteínas y carencia de vitaminas y minerales, se caracteriza por un adelgazamiento patológico y ausencia de tejido muscular (MSPAS, 2009). Junto con la carencia de proteínas, la deficiencia de vitaminas y micronutrientes también es un problema. En Guatemala las principales deficiencias son el hierro y zinc. La falta de hierro puede causar anemia y reduce la capacidad mental y física. Además, durante la infancia reduce la capacidad de aprendizaje y el desarrollo motor, así como el crecimiento; también daña el sistema de defensa contra las infecciones. Mientras que la carencia de zinc puede causar diarrea, úlceras, problemas de cicatrización de heridas y caída del cabello (UNICEF, 2011).

Lamentablemente Guatemala es el primer país de América Latina y El Caribe y el sexto a nivel mundial con mayor prevalencia de desnutrición crónica en niños menores de cinco años (ICEFI, 2011). El promedio nacional de desnutrición crónica es de 46.5% (ENSMI, 2017). El país supera por más de 35% el promedio de América Latina y el Caribe, y por más de 16% el promedio mundial. Esto hace que Guatemala se sitúe cerca de países africanos con carencias extremas como Madagascar, Ruanda y Malawi. Por su parte, la desnutrición aguda ha descendido durante los últimos años, se reportó como un 1.4% para el periodo entre 2008-2009 (ENSMI, 2017).

### **5.2.1 Impacto de la desnutrición**

El impacto de la desnutrición sobre el desarrollo infantil representa una cadena perpetua no sólo para este grupo de población, sino para todo el país. La desnutrición limita las posibilidades de romper el círculo de la pobreza por sus efectos adversos en la salud, la educación y los ingresos futuros de quien la padece (ICEFI, 2011). El costo de la desnutrición se calcula como 11.4% del PIB (PMA-CEPAL 2009). Se trata de un ciclo donde niños con desnutrición crónica van a tener menor capacidad intelectual/cognitiva, esto producirá bajo rendimiento escolar y capacidad de aprender y finalmente, un adulto con menor potencial.

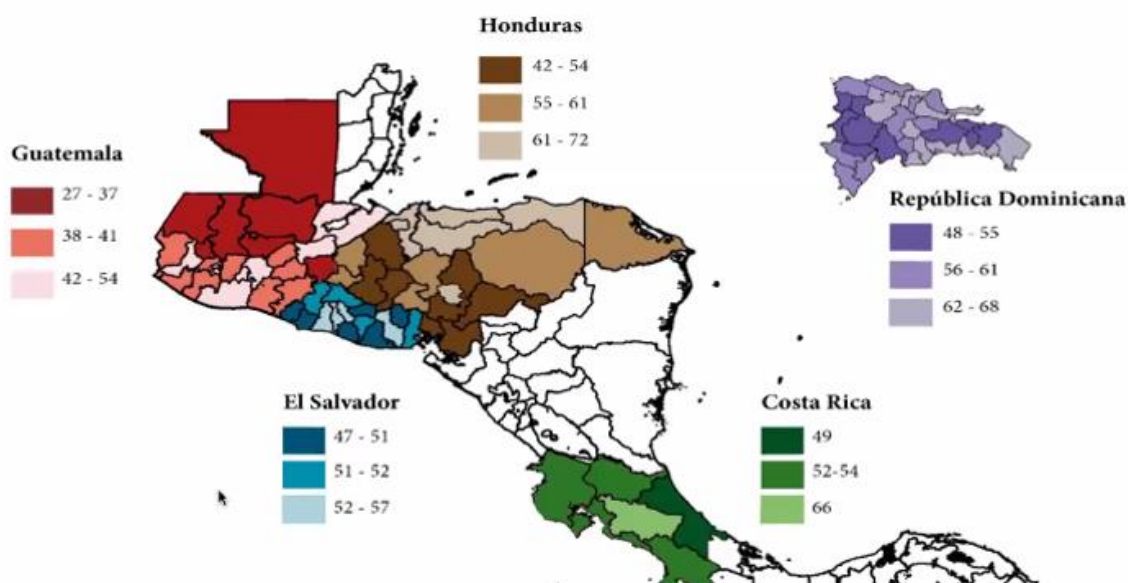
Este ciclo, además, es trasladado de generación en generación, especialmente entre la población rural, indígena, mujer y pobre. El 13.0% de las mujeres con una edad menor a los 18 años ha sido madre, según la ENSMI (2017). Las mujeres que están desnutridas antes y durante el embarazo están más propensas a tener hijos desnutridos, afectando así su desarrollo físico y cognitivo. El peso al nacer refleja el estado de salud y nutrición de la madre, en nuestro país el porcentaje de bajo peso al nacer (<2.5 kg) varía entre 18-15% para adolescentes menores de 19 años. Este es un importante predictor de la salud del recién nacido, su supervivencia y desarrollo, un niño con bajo peso al nacer es propenso a malnutrición y en casos severos, a discapacidades cognitivas.

### 5.2.1 Impacto de pandemia COVID-19 en la desnutrición

En el año 2020 la situación está agravándose, el impacto de la pandemia covid-19 junto con la llegada del periodo de hambre estacional en Guatemala, incrementará la inseguridad alimentaria de los hogares más vulnerables y se prevé un aumento en los casos de desnutrición aguda y crónica (Espina, 2020).

Según la PROGRESAN-SICA (2020) Guatemala presenta los menores Índices de Capacidad de Resiliencia (RCI) en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región centroamericana (Figura No.1). Este índice se basa en un análisis riguroso de cómo los hogares hacen frente a las perturbaciones y los factores de estrés. Según esto se prevé que la pandemia y sus efectos de crisis sanitaria, desempleo y crisis económica, tendrán un fuerte impacto negativo en la seguridad Alimentaria y Nutricional de nuestro país.

Figura 1: Índice de Capacidad de Resiliencia (RCI) en Centroamérica

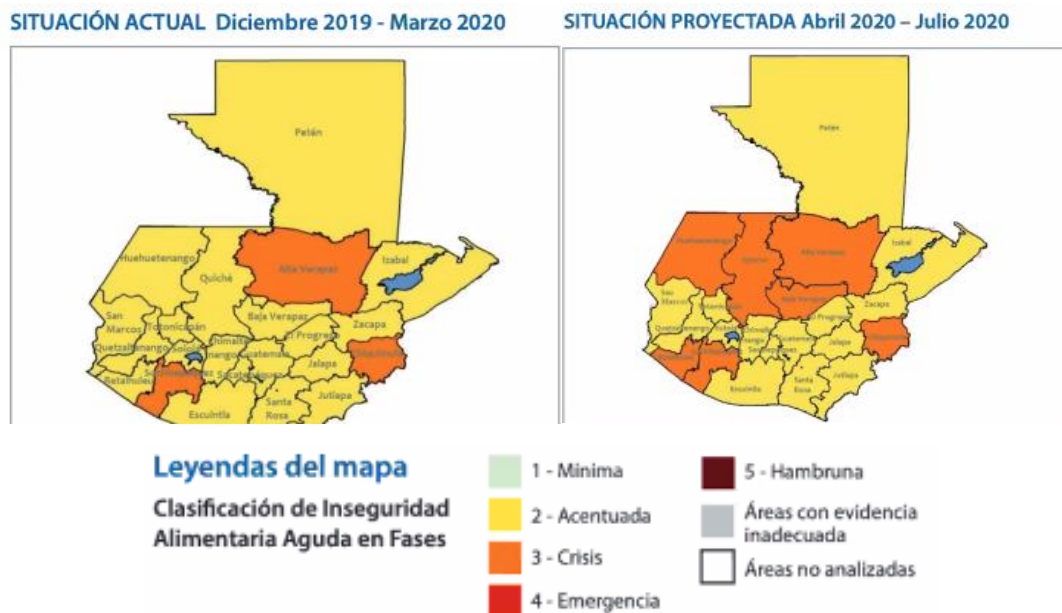


(PROGRESAN-SICA, 2020)

En la misma línea el análisis de inseguridad alimentaria aguda de la CIF (Clasificación Integrada de la seguridad alimentaria en Fases) proyectó en su último informe un 29% de personas (139 mil) en inseguridad alimentaria aguda para el trimestre de junio-agosto 2020, esto en microrregiones vulnerables de Guatemala, El Salvador y Honduras. Previendo a su vez un incremento de desnutrición crónica infantil por COVID-19 de aproximadamente 900,000 casos en Centroamérica (PROGRESAN-SICA, 2020). En la Figura No.2 se observa la proyección de inseguridad alimentaria en Guatemala en los siguientes meses como consecuencia de la pandemia.

Se prevé globalmente 135 millones de personas en inseguridad alimentaria aguda, de estos, 4.4 millones en Centroamérica, siendo 3.1 millones correspondientes a Guatemala. A su vez 2.5 millones de guatemaltecos estarán en crisis (Fase 3) y 568,000 en emergencia (Fase4). (PROGRESAN-SICA, 2020)

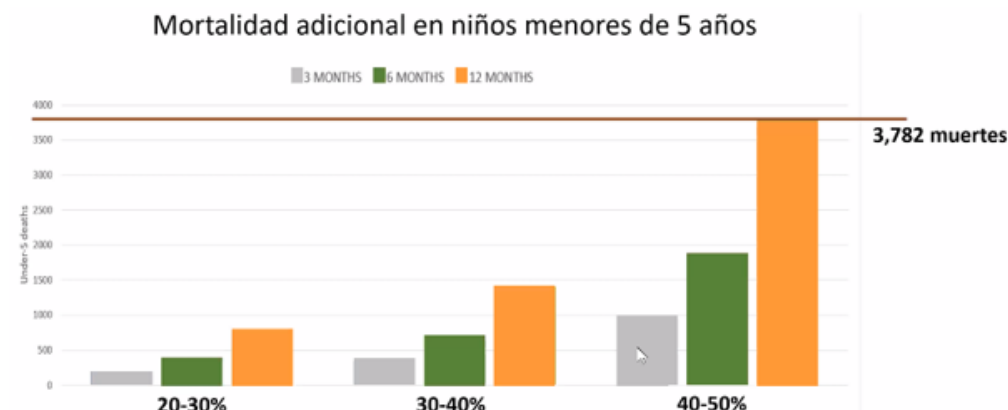
Figura 2: Proyección de Inseguridad Alimentaria en Guatemala



(PROGRESAN-SICA, 2020)

A su vez la crisis sanitaria como consecuencia de COVID-19 conllevará la reducción de los servicios esenciales de salud en Guatemala. En la Figura No.3 se observa la proyección de muertes adicionales de niños menores de 5 años con desnutrición aguda. La reducción de un 40-50% de servicios básicos durante 12 meses tendrá como consecuencia un estimado de 3,782 muertes adicionales.

Figura 3: Impacto de la reducción de los servicios esenciales de salud en Guatemala (Modelo LiST)



(Robertson *et al*, 2020)

En respuesta, el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) ha desarrollado un Plan de Contingencia Regional que incluye a Centroamérica y República Dominicana. Este plan tiene como uno de sus ejes principales la Salud y Gestión de Riesgo, cuyo objetivo es evitar crisis alimentarias de aún mayor magnitud, ya que personas desnutridas serán más vulnerables ante el virus Covid-19. Una de las estrategias más importantes será la recuperación nutricional en los casos de desnutrición aguda, para los cuales serán necesarios los alimentos complementarios listos para consumir (ACLC).

### 5.3 Okra de rechazo como potencial fuente de proteína

La okra es uno de los frutos menos estudiados, pero con un gran potencial. Okra (*Abelmoschus esculentus*) es un cultivo vegetal que pertenece a la familia Malvaceae, con origen en Etiopía. Ahora este cultivo está ampliamente extendido y crece en partes trópicas, subtropicales y templadas del mundo (Mihretu, Wayessa y Adugna, 2014). Es una vaina de color verde reconocida como “un perfecto vegetal de aldeano” por sus aportes nutricionales. Su principal beneficio es su alto contenido de proteína de “buena calidad”. Una proteína de buena calidad está definida como aquella que cubre la necesidad de aminoácidos esenciales. El contenido de proteína en el fruto entero de okra puede variar entre 15-21% y hasta 41% (base seca) en sus semillas.

Además, su perfil de aminoácidos es comparable con el de la soya, destacan los aminoácidos esenciales, leucina y lisina (Jideani y Bello, 2009) (Akoja y Coker, 2018). Además, provee de micronutrientes como el Zinc y Hierro (Adelakun, *et al.* 2012). Estudios predicen una mayor necesidad de fuentes de proteína en las siguientes décadas (Chardigny y Walrand, 2016). La soja se ha utilizado significativamente como suplemento rico en proteínas en alimentos procesados, pero existen otras fuentes vegetales poco investigadas como la okra. Se requiere de investigación para evaluar su potencial como alternativa de proteína vegetal.

### 5.3.1 Okra en Guatemala

La okra es un cultivo no tradicional en Guatemala, establecido para exportación. Presenta áreas de producción en La Fragua, Zacapa y Nueva Concepción, Escuintla ya que mejora su crecimiento en climas cálidos. El cultivo se ha extendido debido a la demanda de los mercados extranjeros (Martínez, 2017). Tal como las hortalizas, la cosecha de okra también reporta pérdidas. Lamentablemente no se han encontrado datos de las magnitudes de sus pérdidas en Guatemala. Sin embargo un meta-análisis realizado por Affognon, *et al* (2015) en África Subsahariana declara que las magnitudes de pérdidas poscosecha en okra pueden llegar hasta un  $23.4 \pm 4.5\%$ . En países como Ghana y Benin, en África subsahariana las pérdidas van de 16-18% en granja y aproximadamente un 6% a nivel minorista (Kitinoja 2010). La mayor parte de las pérdidas se debe a producto sobre madurado (difícil de masticar) y daños físicos en el transporte o almacenamiento. En general para futas y verduras estas pérdidas de calidad pueden disminuir los precios causando pérdidas económicas de 16-40% (Kitinoja, 2010).

Las pérdidas de okra por lo general son tiradas ya que el fruto sobre maduro no puede ser consumido porque su desarrollo de fibra no permite que siquiera pueda ser cortado con un cuchillo (Adetuyi, 2012). Sin embargo, estudios señalan que las concentraciones de azúcares y proteínas son aún mayores en días tardíos de cosecha (5 a 9 días) (Agbo *et al*, 2008) Esto sugiere que estas “pérdidas” pueden ser procesadas en harina para el enriquecimiento proteico de diferentes alimentos. A continuación, se presentan los usos que globalmente se ha dado a la okra en otros alimentos.

Figura 4: Sembrado de Okra en Escuintla, Guatemala



(Martínez, 2017)

Figura 5: Okra de rechazo en Guatemala



(Elaboración propia)

#### 5.4 Beneficios de la okra (*Abelmoschus esculentus*)

La okra es una siembra multipropósito debido al uso de sus hojas frescas, brotes, flores, vainas, tallos y semillas (Mihretu, Wayessa y Adugna, 2014). Las vainas inmaduras se consumen como vegetales, pueden usarse en ensaladas, sopas y guisos, frescos o secos, fritos o hervidos. Ofrece consistencia mucilaginoso después de la cocción. A menudo, el extracto obtenido de la fruta se agrega a diferentes recetas como sopas, guisos y salsas para aumentar la consistencia (Maramag, 2013). A continuación, se describen sus beneficios:

##### 5.4.1 Proteína

La proteína juega un papel importante en la nutrición humana. El contenido de aminoácidos, sus proporciones y su digestibilidad en humanos caracteriza el valor biológico de una proteína (Ewa *et al*, 2011). La Okra es considerada para suplementar otros alimentos debido a su contenido de fibra dietética, minerales y su equilibrio de aminoácidos esenciales (lisina y triptófano) en la proteína de sus semillas, esto a diferencia de las proteínas de los cereales y las legumbres que generalmente son deficientes de estos aminoácidos (Sanjeet *et al*, 2010). La composición de aminoácidos de la proteína en las semillas de okra es similar al de la soya, incluso con un índice de eficiencia protéica mayor (Adetuyi, 2012), este perfil proteico la convierte en un complemento adecuado para las dietas a base de legumbres o cereales (Ndangui, 2010).

El perfil de aminoácidos también ha sido evaluado en las semillas de okra. Los mayores aminoácidos esenciales fueron leucina (6.71%), seguido por lisina (5.22%). Mientras que los mayores aminoácidos no esenciales fueron ácido glutámico (16.93%), seguido por ácido aspártico (11.8%) y arginina (10.39%) (Abouel-Yazeed, 2019). A continuación, se detalla la composición proximal en % según diferentes referencias. Se muestra que el contenido de proteína evaluado en las semillas puede variar entre 18-41% en base seca.

Cuadro 1: Composición proximal de semilla de okra

Contenido de humedad (%)	Contenido de Proteína (%)	Contenido de fibra (%)	Contenido de cenizas (%)	Carbohidratos (%)	Referencias
6.35	19.10	20.00	4.63	NR	Calsir <i>et al.</i> (2005)
10.38	41.11	31.04	3.42	10.60	Adelakun <i>et al.</i> (2009)
9.45	24.85	23.44	5.68	36.83	Ndangui <i>et al.</i> (2010)
13.99	22.14	14.01	4.01	6.69	Soares <i>et al.</i> (2012)
2.69	18.96	14.40	5.21	21.28	Dhruve <i>et al.</i> (2015)
9.95	28.21	22.62	5.21	NR	Acikgoz <i>et al.</i> (2016)

NR-no reportado

(Omoniyi *et al.*, 2018)

#### 5.4.2 Aceite

Las semillas de okra son una fuente de proteína y aceite. Su cultivo principalmente como hortalizas, tiene potencial para el cultivo de semillas oleaginosas esenciales porque sus semillas pueden contener una gran cantidad de aceite, hasta 20-40% según el método de extracción (Sorapong, 2012) (MEF,2013). El aceite consiste principalmente de ácido linoléico (hasta 38.35%) además de ácido oléico (24.38%). Ambos ácidos grasos insaturados, esenciales para la nutrición humana (Abouel-Yazeed, 2019).

#### 5.4.3 Carbohidratos

Los carbohidratos en su mayoría están presentes en forma de mucílago. Cuando el fruto está verde o inmaduro sus principales componentes son galactosa (25%), ramnosa (22%), ácido galacturónico (27%) y aminoácidos (11%). El mucílago es altamente soluble en agua. Su solución en agua tiene un valor de viscosidad intrínseca de aproximadamente el 30%. (Kumar *et al.*, 2009), El mucílago de la okra puede ser extraído como una goma viscosa por varios procedimientos. Dentro de sus propiedades destacan alta solubilidad al agua, plasticidad, elasticidad y viscosidad.

#### 5.4.4 Minerales

Los minerales son considerados esenciales para la nutrición humana, son vitales para el bienestar mental y físico en general. Son componentes importantes de huesos, dientes, tejidos, músculos, sangre y células nerviosas (Soetan *et al.*, 2010). El potasio, el sodio, el magnesio y el calcio son los elementos principales en las vainas, que contienen aproximadamente el 17% de semillas. Las vainas frescas son bajas en calorías (20 por 100 g), prácticamente sin grasa, altas en fibra y tienen varios nutrientes valiosos, incluido alrededor del 30% de los niveles recomendados de vitamina C (16 a 29 mg), 10 a 20% de folato (46 a 88 mg) y aproximadamente 5% de vitamina A (14 a 20 RAE). Tanto la piel de la vaina (mesocarpio) como las semillas son una excelente fuente de zinc (Bakre *et al.*, 2009). Fekadu (2018) reportó un contenido en mg/100g de 81.77 de calcio, 14.04 de hierro, 4.95 de zinc, 147.74 de potasio y 1007.16 de fósforo en semillas de okra en Etiopía.

### 5.4.5 Antioxidantes

La vainas y semillas también son ricos en compuestos fenólicos, las semillas pueden tener un contenido fenólico total entre 34.89-39.39 mg GAE/100 g con un porcentaje de inhibición (DPPH) entre 46.38 y 64% (Graham *et al*, 2017). Los antioxidantes como los flavonoides eliminan los radicales e inhiben el inicio de la cadena o rompen la propagación de la cadena (la segunda línea de defensa) contra el estrés oxidativo. Esta capacidad no solo se ha encontrado en las semillas. Liao *et al* (2012) realizaron un análisis comparativo de fenólicos totales y flavonoides totales y capacidad antioxidante de diferentes órganos (flores, frutos, hojas y semillas) y diferentes fracciones de enriquecimiento de extractos de agua de la planta de *A. esculentus* (Okra). Confirmaron la presencia fructífera de fenólicos totales y flavonoides totales relacionados con la capacidad antioxidante en todos los extractos de los órganos de la planta, aunque el porcentaje varió. En la flor de “Okra” se encontró la mayor cantidad de fenoles y flavonoides totales.

### 5.4.2 Beneficios medicinales

La okra también es utilizada para tratar problemas digestivos. Los polisacáridos presentes en vainas inmaduras “Okra” poseen considerables propiedades anti-adhesivas (ayudan a eliminar el adhesivo entre las bacterias y el tejido del estómago, evitando que los microorganismos se propaguen). Los polisacáridos de “Okra” fueron particularmente efectivos para inhibir la adhesión de *Helicobacter pylori*, una bacteria que habita en el estómago y puede causar gastritis y úlceras gástricas si no se controla (Messing *et al*, 2014). El fruto también tiene alto contenido de fibra dietética, que se requiere para la salud del colon y la salud digestiva en general. La fibra que ofrece “Okra” ayuda a limpiar el sistema intestinal, permitiendo que el colon opere con mayor efectividad. La fibra soluble también ayuda a reducir el colesterol en suero mientras que su contenido de pectina puede ayudar a reducir el colesterol alto en sangre modificando la creación de bilis dentro de los intestinos (Ngoc *et al*, 2008).

Por otra parte, su contenido de minerales como folato y vitamina C son útiles para un feto durante el embarazo. Además del ácido fólico también desempeña un papel muy importante en la formación del tubo neural del feto desde la cuarta hasta la 12ª semana de embarazo (Zaharuddin, 2014). Su contenido de vitamina A y betacaroteno también son beneficiosos para la salud de la vista y juegan un papel en las membranas mucosas saludables, ayudando al sistema digestivo a funcionar adecuadamente (Georgiadisa *et al*, 2011). El zinc es importante para la síntesis de proteína y energía del metabolismo, su deficiencia resultado de una dieta pobre o malabsorción, puede causar enanismo y dermatitis (Adelakun, 2009).

Todos estos beneficios sugieren que la okra es una fuente asequible de proteínas, minerales, vitaminas, fibra dietética y ácidos grasos cuyo consumo contribuye a una buena nutrición. Promover el consumo este vegetal podría proporcionar fuentes baratas de mejorar el estado nutricional de agricultores de subsistencia, además de ser usado como suplemento para colaborar la reducción de la prevalencia de desnutrición. Cabe mencionar que el contenido nutricional de los frutos puede variar según las condiciones agro-ecológicas, factores genéticos y estado de madurez (Fekadu, 2018) por lo que es necesario evaluar el contenido de las muestras de okra utilizadas en este estudio.

## **5.5 Antinutrientes en semillas de okra**

Al considerar el valor nutricional de un alimento, es importante tomar en cuenta la biodisponibilidad de sus nutrientes. Esto se refiere a qué tan bien un nutriente puede ser absorbido y usado por el cuerpo. Puede ser afectado por varios factores como la presencia de antinutrientes como fitatos, oxalatos, taninos y polifenoles en alimentos, el contenido de fibra, la competencia con otros nutrientes y la acidez del intestino (Woldegiorgis, 2015).

Los antinutrientes son compuestos químicos sintetizados en alimentos por el metabolismo normal de las especies, generalmente se han desarrollado para su propia defensa. También se conocen como “metabolitos secundarios” en las plantas. Se ha demostrado que son altamente activos biológicamente y se relacionan principalmente con alimentos de origen vegetal. Estos constituyen uno de los principales inconvenientes que limitan las cualidades nutricionales de los alimentos ya que reducen la utilización máxima de nutrientes, proteínas, vitaminas y minerales. Algunos pueden ser nocivos para la salud, pero también pueden tener efectos beneficiosos al consumirse en la cantidad apropiada (Fekadu y Ratta, 2014). Las semillas de okra no son la excepción, también pueden contener trazas de factores antinutricionales, que tienen efectos adversos sobre la biodisponibilidad de algunos minerales como el calcio, el hierro y el zinc. Los principales antinutrientes encontrados en semillas de okra (Fekadu, 2018) son:

### **5.5.1 Taninos**

Los taninos son compuestos polifenólicos astringentes de plantas amargas. Tienen múltiples grupos hidroxilo fenólicos que conducen a la formación de complejos con proteínas, con iones metálicos y con otras macromoléculas como los polisacáridos. Los taninos tienen pesos moleculares que varían de 500 a más de 3000. Son termoestables y disminuyen la digestibilidad de las proteínas en animales y humanos, probablemente al hacer que las proteínas no estén parcialmente disponibles o al inhibir las enzimas digestivas. Se sabe que los taninos están presentes en los productos alimenticios e inhiben las actividades de la tripsina, la quimiotripsina, la amilasa y la lipasa. También disminuyen la calidad de las proteínas de los alimentos e interfieren con la absorción de hierro en la dieta (Fekadu y Ratta, 2014).

### **5.5.2 Fitatos**

El fitato es la forma de sal del ácido fítico, se encuentra en plantas, animales y en el suelo. Está presente principalmente como una sal de los cationes mono y divalentes  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  y  $Ca^{2+}$  y se acumula en las semillas durante el período de maduración (Fekadu y Ratta, 2014). El fitato sirve como depósito de cationes, de grupos fosforilo de alta energía y, al quelar el hierro libre, como un potente antioxidante natural. La presencia de fitato en los alimentos se ha asociado con una menor absorción de minerales debido a su estructura, tiene una alta densidad de grupos fosfato cargados negativamente que forman complejos muy estables con iones minerales divalentes y trivalentes como  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  /  $3^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  y  $Cu^{2+}$ , lo que causa falta de disponibilidad para la absorción intestinal (Woldegiorgis, 2015). El fitato funciona en una amplia región de pH. Los altos niveles de consumo de alimentos que contienen fitato darán lugar a una deficiencia de minerales, dependiendo de qué más se esté consumiendo, es más preocupante si predomina la ingesta de cereales (Fekadu y Ratta, 2014).

### 5.5.3 Oxalato

Una sal formada a partir de ácido oxálico se conoce como oxalato. Se forman fuertes enlaces entre el ácido oxálico y varios otros minerales, como el calcio, el magnesio, el sodio y el potasio. El oxalato de calcio es insoluble y tiene la tendencia a precipitarse (o solidificarse) en los riñones o en el tracto urinario, formando cristales cuando los niveles son lo suficientemente altos. Estos cristales juegan un papel en la formación de cálculos renales en el tracto urinario cuando el ácido se excreta en la orina, por lo que puede ser nocivo para la salud humana. Por otra parte cuando se libera, el ácido oxálico forma sales solubles en agua con iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , haciéndolos inaccesibles para el cuerpo. Si los alimentos con cantidades excesivas de ácido oxálico se consumen regularmente, es probable que ocurran deficiencias nutricionales (Fekadu y Ratta, 2014).

PhD Fekadu (2018) en Etiopía evaluó la composición nutricional y los factores antinutricionales de las semillas de okra cultivadas en diferentes áreas del oeste de Etiopía. El contenido de fitato en 100 g de semillas secas varió entre 0.39-0.46 mg de fitato, 0.74-0.75 mg de oxalato y entre 0.71-3.78 mg de taninos. Es importante poder interpretar cómo el contenido de antinutrientes puede afectar la biodisponibilidad de los nutrientes como minerales. Uno de los métodos para determinar la biodisponibilidad consiste en medir la relación molar de antinutriente/ minerales en los alimentos y la dieta (Woldegiorgis, 2015). Según distintas muestras, se han calculado los valores críticos superiores para los radios molares:  $[\text{fitato}]:[\text{calcio}] > 0.24$ ,  $[\text{fitato}]:[\text{hierro}] > 1$ ,  $[\text{fitato}]:[\text{zinc}] > 15$ ,  $[\text{fitato}] * [\text{calcio}] / [\text{zinc}] > 0.5$  (Woldegiorgis, 2015) y  $[\text{oxalato}]:[\text{calcio}] > 1 \text{ mol/kg}$  (Fekadu, 2018). Fekadu (2018) también reportó los radios molares fitato: calcio, fitato: hierro, fitato: zinc, oxalato: calcio y fitato\*calcio:zinc, los valores variaron entre 0.0025-0.0037, 0.0017-0.0041, 0.0063-0.106, 0.0020-0.0051 and 0.0140-0.0175, respectivamente. Si bien los valores fueron menores que los críticos, es necesario la evaluación de pretratamientos para una posible disminución de su concentración.

### 5.5.4 Pretratamientos a semillas

Estudios han demostrado que los pretratamientos como remojo o el escaldado podría mejorar la calidad de las semillas y los productos de granos. Adalakun *et al* (2009) investigó la influencia del remojo y blanqueo en el rendimiento, composición proximal y las actividades antioxidantes de la harina de semilla de okra. Ambos pretratamientos resultaron en un aumento en el rendimiento y contenido de proteína. El remojo también aumentó ligeramente la capacidad antioxidante mientras que el blanqueo la redujo. Adalakun *et al* (2012) sometió muestras de okra a diferentes pretratamientos: remojo, escaldado, malteado y tostado. Los pretratamientos de semillas de okra redujeron el contenido de la mayoría de minerales y resultaron en un aumento en la capacidad de absorción de agua y aceite, disminución en la capacidad de emulsión y estabilidad y disminución en la capacidad y estabilidad de la espuma. No se encontraron referencias sobre los contenidos antinutricionales de semillas de okra cultivada en Guatemala.

## 5.6 Propiedades funcionales de harinas

En la incorporación de harina de okra en otros alimentos también se busca la mejora en propiedades funcionales. Las propiedades funcionales son características fisicoquímicas de los alimentos que reflejan su naturaleza e interacciones con otros componentes. Ayudan a predecir y evaluar con precisión cómo las nuevas proteínas, grasas, carbohidratos (almidón y azúcares) y fibra pueden comportarse en sistemas alimentarios específicos (Chinaza *et al*, 2019).

Las propiedades funcionales incluyen capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, actividad de emulsión, estabilidad de emulsión, capacidad de espuma, estabilidad de espuma, densidad aparente, viscosidad, entre otras. Estas propiedades están influenciadas por los componentes del material alimenticio, así como por las estructuras de estos componentes (Chinaza *et al*, 2019). A continuación, se describen las propiedades funcionales más comunes para harinas:

### 5.6.1 Capacidad de absorción de agua

Es la cantidad de agua absorbida por los alimentos. El proceso de hidratación se logra cuando las moléculas de almidón y proteína crean interacciones hidrofílicas y enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua (Chinaza *et al*, 2019).

Un valor alto de esta propiedad se puede atribuir a muchos componentes hidrofílicos contenidos en el alimento tales como carbohidratos (especialmente polisacáridos) y proteínas (especialmente residuos de aminoácidos polares) que tienen una alta afinidad por las moléculas de agua. También puede deberse al aumento en la solubilidad y lixiviación de la amilosa, así como a la pérdida de la estructura cristalina del almidón. El requerimiento de absorción de agua difiere según el producto y la formulación. En productos horneados una baja capacidad de absorción de agua puede provocar bajo volumen y estructura interna firme; mientras que una capacidad mayor que la requerida puede propiciar moho en el producto, miga abierta, gran volumen, entre otras características (Chinaza *et al*, 2019).

En general es una propiedad funcional significativa requerida en los alimentos, especialmente aquellos que involucran el manejo de la masa, es importante en la consistencia y el volumen de los productos, así como en las aplicaciones de horneado. Además, un valor alto de absorción de agua puede resultar útil en productos donde se requiere una buena viscosidad, como sopas y salsas (Chandra *et al*, 2014).

### 5.6.2 Capacidad de absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite es la interacción de las cadenas de lípidos con las cadenas laterales no polares de las proteínas. Es por eso que, la tasa de absorción de aceite es muy alta en alimentos con alto contenido de proteínas. Además, depende de factores intrínsecos como la conformación de proteínas, la composición de aminoácidos y la polaridad o hidrofobicidad de la superficie (Chinaza *et al*, 2019).

Harinas con una alta capacidad de absorción de aceite son potencialmente beneficiosas en las interacciones estructurales en los alimentos, especialmente para mejorar

la palatabilidad, la extensión de la vida útil y la retención del sabor, particularmente en productos de carne o panadería donde es deseable la absorción de grasas (Chandra *et al*, 2014). Alimentos con esta propiedad también se usan como ingrediente funcional en formulaciones de salchichas, coberturas batidas, tortas de ángel y esponjas, postres de grasa, etc (Chinaza *et al*, 2019).

### **5.6.3 Capacidad de formación de espuma y su estabilidad**

La capacidad de formación de espuma se mide como la cantidad de área interfacial que puede crear un alimento (Chinaza *et al*, 2019). Mientras que la estabilidad de la espuma se refiere a la capacidad de la proteína de este alimento para estabilizarse contra tensiones gravitacionales y mecánicas (Chandra *et al*, 2014). La proteína es la principal responsable de la formación de espuma, ambas propiedades dependen de la película interfacial formada, que mantiene la suspensión de burbujas de aire y disminuye la velocidad de unión de las partículas (Chinaza *et al*, 2019).

La espuma es un coloidal de muchas burbujas de gas atrapadas en un líquido o sólido (Chandra *et al*, 2014). Para producir espuma se requiere de trabajo mecánico para aumentar el área de superficie y componentes que disminuyan la tensión superficial. La estructura de las proteínas también tiene un impacto. Para las proteínas globulares, la desnaturalización parcial por calor aumenta las propiedades espumantes. La estructura se despliega gradualmente y expone sitios y colas hidrofóbicas, esto permite que pueda adsorberse más rápidamente a las interfaces aire-agua y reducir la tensión interfacial. Sin embargo, la desnaturalización extensiva por calor de las proteínas, disminuye su capacidad de formación de espuma (Chinaza *et al*, 2019).

Siempre hay una relación inversa entre la capacidad espumante y la estabilidad de la espuma. Las harinas con alta capacidad espumante pueden formar grandes burbujas de aire rodeadas por una película de proteína más delgada y menos flexible. En consecuencia, estas burbujas de aire pueden colapsar fácilmente y disminuir la estabilidad de la espuma (Chinaza *et al*, 2019). La buena capacidad de espuma y la estabilidad son atributos deseados para las harinas destinadas a la producción de diversos productos horneados, como pasteles de ángel, muffins, galletas, etc., y también funcionan como agentes funcionales en muchas otras formulaciones de alimentos (Chinaza *et al*, 2019).

### **5.6.4 Capacidad emulsionante y estabilidad de emulsión**

La capacidad emulsionante está asociada con el de aceite, residuos de aminoácidos no polares en la superficie de las proteínas y su combinación con el agua y otros componentes polares. Estas combinaciones de dos componentes inmiscibles, se llaman emulsiones. En la emulsión, un líquido (llamado fase dispersa) se dispersa en la otra fase (llamada fase continua). En cuando a la estabilidad de la emulsión, es la capacidad del sistema para resistir los cambios y alteraciones en sus propiedades fisicoquímicas con el tiempo (Chinaza *et al*, 2019).

La estabilidad de la emulsión puede aumentar considerablemente cuando se forman películas altamente cohesivas por la absorción de moléculas de proteínas globulares rígidas que son más resistentes a la deformación mecánica (Chandra *et al*, 2014). El aumento de la

actividad de la emulsión y su estabilidad durante el procesamiento son propiedades funcionales primarias de la proteína en alimentos como productos cárnicos triturados, aderezos para ensaladas y postres congelados (Chandra *et al*, 2014).

### **5.6.5 Densidad aparente**

Se define como la masa de muchas partículas de alimento dividida entre el volumen total que ocupan. Esta densidad está medida sin la influencia de ninguna compresión. Depende de factores como la geometría, el método de medición, el tamaño de partícula, el contenido de humedad inicial, las propiedades de la superficie y la densidad sólida de los materiales (Chinaza *et al*, 2019).

Es una propiedad funcional de harinas, polvos, partículas finas, gránulos y otros sólidos divididos de alimentos (o ingredientes alimentarios). La variación en la densidad aparente de los alimentos podría deberse a su contenido de almidón, cuanto mayor sea más probable será el aumento de la densidad aparente. Una alta densidad aparente de las harinas sugiere su idoneidad para la aplicación en preparaciones alimenticias (Chandra *et al*, 2014).

### **5.6.6 Solubilidad de nitrógeno**

Por medio de esta prueba se espera evaluar la solubilidad de la proteína según el pH. Permite determinar el rango de pH del punto isoeléctrico de las proteínas. A este pH, se produce una solubilidad mínima debido a la repulsión mínima entre los aminoácidos constituyentes (Adebowale *et al*, 2005).

Un perfil de alta solubilidad de proteína es requerido en algunas formulaciones de alimentos. Posiblemente en horneados, bebidas carbonatadas, postres, etc. La solubilidad de las proteínas también afecta en gran medida otras funcionalidades como la emulsificación, la formación de espuma y la gelificación por lo que una alta solubilidad de las proteínas indica amplias aplicaciones (Adebowale *et al*, 2005).

Otras mediciones como la viscosidad, pH y acidez también pueden caracterizar las propiedades funcionales de un alimento. La viscosidad de una solución de harina será reflejo de su contenido y gelatinización de almidón, su contenido otros polímeros como hidrocoloides, así como el grado de absorción de agua e hinchazón del grano. Mientras que la acidez está relacionada con el desarrollo de buen sabor en productos horneados (Akoja y Coker, 2018).

Como se ha descrito, la evaluación de las propiedades funcionales de un alimento es importante para conocer la versatilidad de sus aplicaciones. En esta investigación se evaluará las propiedades funcionales de la harina de vaina y semilla de okra, así como su aplicación en formulaciones de galletas dulces de trigo.

## 5.7 Formulaciones alternativas de Alimentos terapéuticos y complementarios listos para consumir (ATLC, ACLC)

Los alimentos terapéuticos y complementarios son alimentos diseñados para fines terapéuticos específicos, generalmente nutricionales, como una forma de suplemento dietético. El ATLC es una mezcla de nutrientes diseñada y dirigida principalmente a la terapia de la desnutrición aguda grave sin complicaciones, el ACLC a diferencia tiene menos contenido de proteína y puede utilizarse para tratamiento de desnutrición crónica. Ambos son alimentos ricos en energía, enriquecidos con micronutrientes, blandos, triturables o bebibles que pueden administrarse directamente sin cocinarlos. Generalmente son un producto a base de maní y leche en polvo con cantidades especificadas de micronutrientes, proporcionando energía equivalente al requerimiento de la OMS, es decir, 520-550 Kcal / 100gm. Los ingredientes comunes de un ATLC estándar se dan a continuación:

Cuadro 2: Formulación estándar de ATLC

<b>Ingrediente</b>	<b>% Formulación</b>
Leche entera en polvo	30
Azúcar	28
Aceite vegetal	15
Mantequilla de maní	25
Mix de vitaminas y minerales	1.6

(Vijay y Bhawesh, 2015)

En países de África se han comenzado a desarrollar ATLC con base de cereales, semillas y leguminosas como alternativas al uso de mantequilla de maní con el fin de reducir el costo, incorporar ingredientes locales y proveer productos más aceptables a poblaciones no tratadas. UNICEF ha coordinado con expertos los requerimientos que estas formulaciones alternativas deberían de tener, dentro de los que resaltan:

Cuadro 3: Requisitos organolépticos para alternativas ATLC

Textura	Suave, homogénea, pasta espesa, fácil de extraer del sobre. Debe ser una pasta uniforme sin grumos ni arenosa, que tenga un tamaño de partícula pequeño (tamaño <200 micras) para minimizar la separación de fases, la granularidad y la fuga de aceite del sobre. La pasta no debe provocar la masticación cuando es consumida por la población objetivo.
Sabor y olor	La pasta debe tener un agradable sabor dulce y fresco. La pasta RUTF debe estar libre de olores y sabores extraños tales como (pero no limitado a) quemado, chamuscado, rancio, malteado, agrio o rancio.
Color	La pasta de color debe tener un color crema a marrón claro o anaranjado. No debe tener un matiz opaco, gris u otro color anormal. No debe mostrar evidencia de calentamiento excesivo (materialmente oscurecido o quemado).

(UNICEF, 2019)

### **5.7.1 Antinutrientes en ATLC y ACLC**

Como se ha mencionado anteriormente los antinutrientes son componentes que pueden unirse y capturar micronutrientes (principalmente minerales esenciales) y aminoácidos o proteínas contenidos en las formulaciones de ATLC, lo que hace que no estén disponibles para la absorción en el tracto digestivo, lo que resulta en un valor nutricional total más bajo del producto. Algunos ejemplos de antinutrientes son el ácido fítico, inhibidores de proteasa y lipasa, taninos, entre otros. Sin embargo, investigaciones han demostrado que procesos como fermentación, tostado, remojo o fermentación puede disminuirlos (UNICEF, 2019).

Los antinutrientes también están presentes en las formulaciones de ATLC o ACLC a base de maní, porque el maní contiene niveles significativos de ácido fítico. Por lo tanto, UNICEF (2019) recomienda utilizar el nivel de antinutrientes presente en una formulación estándar (a base de maní) como un valor límite superior de referencia para todas las formulaciones alternativas de ATLC o ACLC.

### **5.7.2 Biodisponibilidad de nutrientes**

La biodisponibilidad relativa de nutrientes en la matriz alternativa es un punto clave. Se sabe que los niños con desnutrición tienen menor acidez gástrica, insuficiencia pancreática y absorción de nutrientes. Se recomienda utilizar algunos micronutrientes representativos (como hierro y zinc) como trazadores por métodos como etiquetado por radio o utilizando biomarcadores. Otras técnicas alternativas no invasivas es la evaluación de heces, medición del aumento de peso para análisis indirecto y medición de estado de micronutrientes antes y después del tratamiento (UNICEF, 2019).

Aparte de los mencionados anteriormente. Otros pre-requisitos para formulaciones de ATLC o ACLC son: cumplimiento de los lineamientos y estándares de OMS y Codex, ser producido en una instalación que cumpla con los requerimientos de calidad, tener un análisis de vida útil respaldado por datos de estabilidad y tener un estudio de aceptabilidad o eficacia según la formulación (UNICEF, 2019).

## **5.8 Determinaciones analíticas**

### **5.8.1 Determinación de fitato**

No existe un reactivo específico para la determinación de fitato. Por lo tanto, La determinación de los fitatos depende de la cuantificación de inositol o fosfato que se utiliza como herramienta de cuantificación indirecta o la relación estequiométrica entre los fitatos con algún catión que es fácil de medir. Los métodos cuantitativos para fitatos se presentan bajo determinación colorimétrica, cromatografía de intercambio iónico, HPLC, entre otros (Sivakumaran y Kothalawala, 2018).

Las técnicas instrumentales como HPLC tienden a tener una preparación de muestra más compleja y en algunos casos un mayor tiempo de medición. En este estudio se utilizará una determinación colorimétrica con el reactivo de Wade. Este método se basa en la reacción entre el cloruro férrico y el ácido sulfosalicílico en ácido mediano, formando un complejo con un color rosado peculiar leído a 500 nm. En presencia de fitato, el Fe (III) se une al ácido fosfato, lo que conduce a una disminución de la absorbancia debido al desplazamiento del complejo original formado (Agostinho *et al*, 2016).

## 6. Metodología

### 6.1 Evaluación de fruto y semillas en crudo

#### 6.1.1 Análisis a fruto en crudo

- Peso promedio de fruto
- Largo promedio de vaina
- Diámetro promedio de vaina
- Se realizó un corte longitudinal a la vaina para medir el ancho promedio del pericarpio.
- Se extrajo manualmente las semillas de cada vaina y se pesaron para encontrar el peso promedio de semillas por vaina y la relación en porcentaje de semillas en fruto entero.
- Se utilizó un penetrómetro con escala de 0-13kg  $\pm$  0.13kg modelo FT 237 con punta de ½ centímetros para medir la dureza del fruto.

Figura 6: Análisis a fruto en crudo

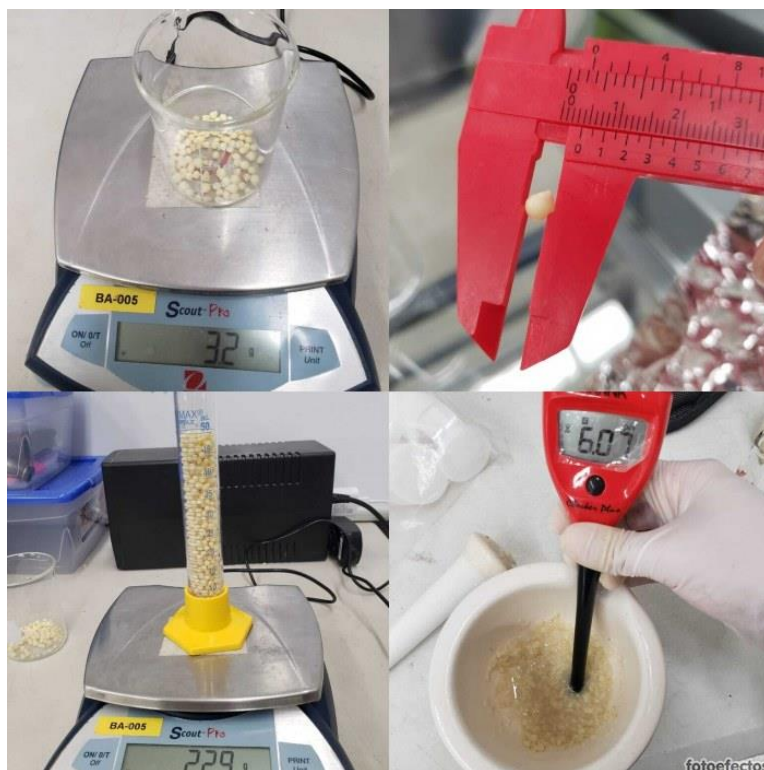


(Elaboración propia)

### 6.1.2 Análisis a semillas en crudo

- Peso de 100 semillas
- Diámetro promedio de semillas
- Se obtuvo la densidad de aparente según el método de WHO (2012)
  - Se introdujo en una probeta tarada de 50 ml ( $\pm 0.5$ ml) las semillas necesarias para alcanzar el volumen, buscando nivelar sin compacta
  - Se pesó la cantidad de semillas dentro de la probeta
  - Se calculó densidad aparente dividiendo los gramos de semilla dentro de 50 ml (g / ml).
- Medición de pH.
  - Se trituro la muestra de semillas frescas utilizando un mortero y pistilo
  - Se añadió agua destilada a la mezcla
  - Se introdujo el medidor de pH (Hanna HI 98103) dentro de la muestra para la lectura de pH.

Figura 7: Análisis de semilla en crudo



(Elaboración propia)

## 6.2 Obtención de harinas

### 6.2.1 Obtención de harina de pericarpio

- Se inició con el lavado del fruto con agua para eliminar la suciedad, polvo adherido y materiales no deseados.
- Cloración. Se sumergió el fruto por 10 min en una solución a 100ppm de cloro (Suslow T, 2013) y luego se lavó con agua potable.
- Cada fruto se cortó longitudinalmente y se le retiraron manualmente las semillas, estas se apartaron.
- Se cortó el pericarpio del fruto en pedazos pequeños (aproximadamente 1x1 cm) utilizando cuchillos de acero inoxidable.
- Se obtuvo el contenido de humedad del pericarpio utilizando una balanza de humedad Ohaus con una precisión de 0.01%.
- Se pesaron los trozos de pericarpio cortados para ser secados
- Se secaron los trozos de pericarpio en un deshidratador a 40°C durante 8 horas.
- Se obtuvo el contenido de humedad del pericarpio seco utilizando una balanza de humedad Ohaus con una precisión de 0.01%, se buscó que la muestra tuviera un contenido de humedad entre 9 y 13% (Adelakun *et al*, 2012).
- Se pesaron los trozos de pericarpio secos
- Con los pesos de muestra antes y después de secado se calculó el rendimiento de secado.
- Se molieron los trozos de pericarpio seco utilizando un molino de ciclón.
- Se empacó la harina de vaina en bolsas polietileno aluminizado y se almacenó en desecador hasta que se necesiten para análisis.

Figura 8: Obtención de harina de pericarpio



(Elaboración propia)

### 6.2.2 Obtención de harina de semillas

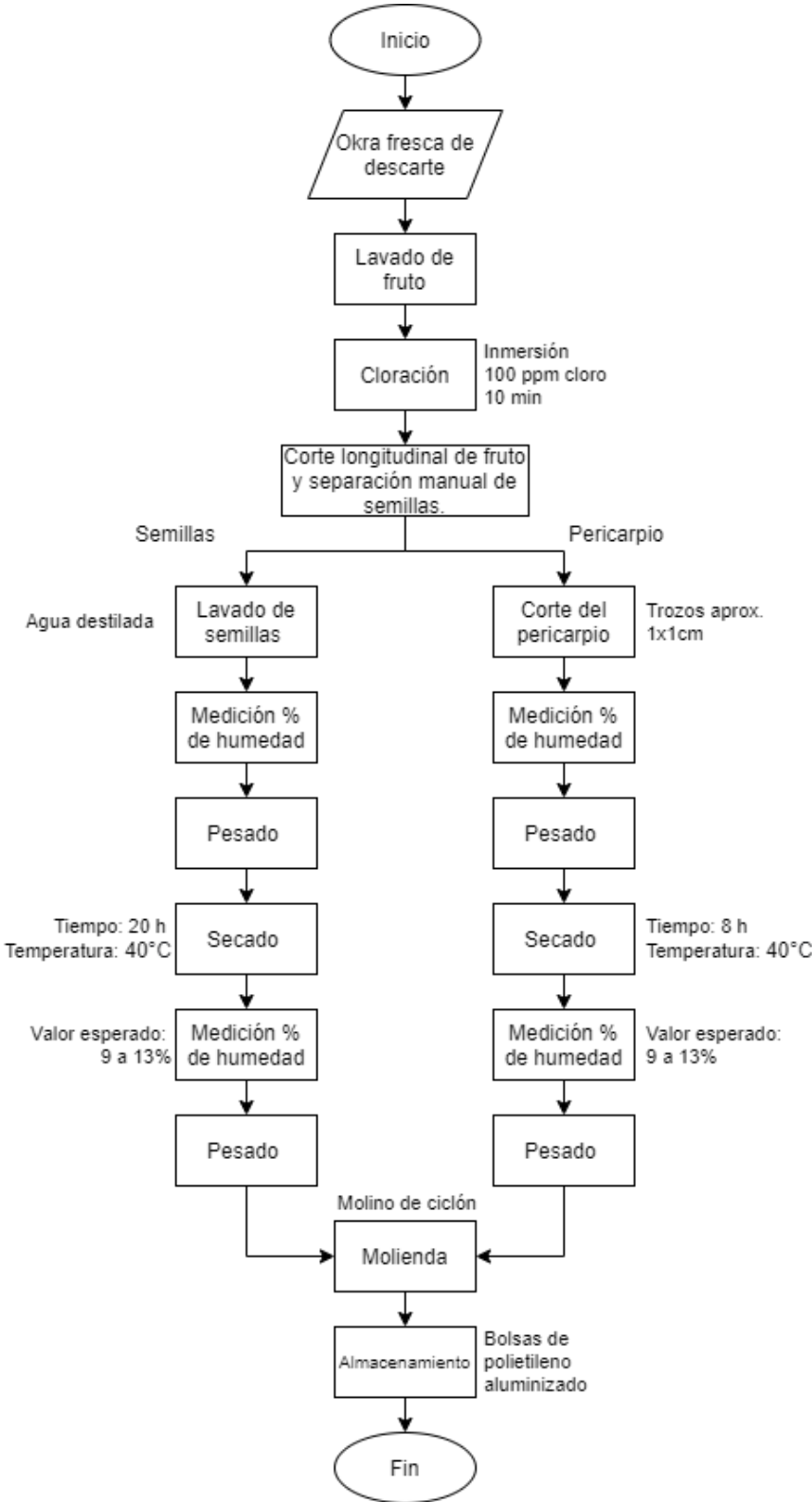
- Las semillas reservadas se lavaron con agua destilada y se dejaron escurrir.
- Se pesaron las semillas frescas para ser secadas
- Las semillas frescas se secaron en un deshidratador a 40°C durante 20 horas.
- Se obtuvo el contenido de humedad de las semillas secas utilizando una balanza de humedad Ohaus con una precisión de 0.01%, se buscó que la muestra tuviera un contenido de humedad entre 9 y 13% (Adelakun *et al*, 2012).
- Se pesaron las semillas secas
- Con los pesos de muestra antes y después de secado se calculó el rendimiento de secado.
- Se molieron las semillas secas utilizando un molino de ciclón.
- Se empacó la harina de semilla en bolsas polietileno aluminizado y se almacenó en desecador hasta que se necesiten para análisis.

Figura 9: Obtención de harina de semilla



(Elaboración propia)

Figura 10: Diagrama de proceso, obtención de harina de vaina y de semilla de okra



(Elaboración propia)

## 6.3 Caracterización de harinas

### 6.3.1 Caracterización de harina de pericarpio

- Determinación de composición proximal:
  - Análisis de humedad (método AOAC 925.10)
  - Análisis de cenizas (método AOAC 923.03)
  - Análisis de proteína total / Kjeldahl (método AOAC 920.87)
  - Análisis de grasa (método AOAC 922.06)
  - Determinación de contenido de carbohidratos por diferencia.  
El análisis se realizó en duplicado.
- Determinación de contenido de minerales por espectrometría de emisión atómica-plasma acoplada, Método EPA6010D (EPA, 2018):
  - Calcio
  - Hierro
  - Zinc
- Capacidad de absorción de agua. Se utilizó el método de (Chandra y Samsheer, 2013):
  - En un tubo tarado de centrífuga se pesaron tres gramos de muestra de harina con 30 ml de agua destilada.
  - Se agitó vigorosamente la muestra por 15 segundos.
  - Al terminar de agitar se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 min
  - La mezcla en el tubo se centrifugó durante 30 min
  - Se decantó cuidadosamente el sobrenadante
  - Se invirtió el tubo y se dejó drenar durante 10 minutos
  - Se pesó el tubo y la capacidad de absorción de agua se expresó como el aumento porcentual del peso de la muestra.  
El análisis se realizó en triplicado.
- Capacidad de absorción de aceite. Se utilizó el método de (Chandra y Samsheer, 2013):
  - En un tubo tarado de centrífuga se pesaron tres gramos de muestra de harina con 30 ml de aceite de canola
  - Se agitó vigorosamente la muestra por 15 segundos.
  - Al terminar de agitar se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 min
  - La mezcla en el tubo se centrifugó durante 30 min
  - Se decantó cuidadosamente el sobrenadante
  - Se invirtió el tubo y se dejó drenar durante 10 minutos
  - Se pesó el tubo y la capacidad de absorción de aceite se expresó como el aumento porcentual del peso de la muestra.  
El análisis se realizó en triplicado.

- Capacidad emulsificante. Se utilizó el método de (Chandra y Samsheer, 2013) con ligeras modificaciones:
  - Se preparó la emulsión (un gramo de harina, 20g de aceite de canola y 20g de agua destilada)
  - La emulsión se agitó durante 30 minutos en una estufa agitadora sin temperatura.
  - En un tubo centrífuga, centrifugar la emulsión durante 5 min.
  - La capacidad emulsificante se calculó como la altura de la capa de emulsión, expresada como porcentaje de la altura total de la mezcla. El análisis se realizó en triplicado.
  
- Estabilidad de emulsión. Para evaluar la estabilidad de emulsión se utilizó el método de (Chandra y Samsheer, 2013) con ligeras modificaciones:
  - Se preparó la emulsión (un gramo de harina, 20g de aceite de canola y 20g de agua destilada)
  - La emulsión se agitó durante 30 minutos en una estufa agitadora sin temperatura.
  - En un tubo centrífuga, la emulsión se calentó a 80°C durante 30 min en un baño de agua
  - Se centrifugó la emulsión durante 5 min.
  - La estabilidad de la emulsión se calculó como la altura de la capa de emulsión, expresada como porcentaje de la altura total de la mezcla. El análisis se realizó en triplicado.
  
- Capacidad espumante. Se utilizó el método de Adebawale *et al.*, (2005):
  - En un beaker se mezcló 0.5g de harina de vaina con 33 ml de agua destilada durante 5 minutos en un estufa agitadora sin temperatura.
  - Utilizando una batidora de mano, se batió la mezcla durante 5 minutos a alta velocidad.
  - El contenido total junto con la espuma se vertió en una probeta graduada de 50 ml.
  - El volumen de espuma se leyó después de 30 segundos y se expresó como capacidad de emulsificación, de la siguiente forma:

$$\% \text{ Cap. espumante} = \frac{\text{volumen después de batido} - \text{volumen antes de batido}}{\text{volumen antes de batido}} * 100$$

El análisis se realizó en triplicado.

- Estabilidad de espuma. Para su evaluación se continuó con el método de Adebawale *et al* (2005):
  - Se observó el volumen de espuma remanente en un intervalo de 30, 60, 90 y 120 minutos.

- La estabilidad de espuma a estos tiempos se reportó como:

$$\% \text{ Estabilidad de espuma} = \frac{\text{volumen de espuma después de } t \text{ minutos}}{\text{volumen de espuma inicial}} * 100$$

El análisis se realizó en triplicado.

- Capacidad de gelificación. La menor capacidad de gelificación fue determinada por el método de Adebawale *et al* (2005):
  - Se prepararon tubos de ensayo con concentraciones de 2, 4, 6, 8 y hasta 20 % (peso/volumen) con 5 ml de agua destilada.
  - Las suspensiones se calentaron por una hora en agua hirviendo.
  - Los tubos se enfriaron por 2 horas a aproximadamente a 4°C
  - La concentración mínima de gelificación fue en la que la muestra no se cayó ni resbaló cuándo el tubo se invirtió.

El análisis se realizó en triplicado.

- Viscosidad
  - Se prepararon soluciones de 1% y 2% de harina de vaina de okra en agua destilada.
  - Se realizó la medición con un viscosímetro digital VISCO a temperatura ambiente, con una velocidad de 200 rpm y utilizando el huso A1 y el beaker L.

Las mediciones se realizaron en triplicado.

- Solubilidad de nitrógeno. Se utilizó el método de Bradford (1976) para proteínas solubles:

*Preparación de reactivo de Coomasie*

- Se pesó 50 mg de reactivo de Coomasie y se disolvió en 25 ml de etanol.
- A la mezcla se le agregó 50mL de ácido fosfórico 80% y se llevó a 100mL con agua destilada.
- Se agitó durante 30 min (agitador magnético), se aforó a 500 ml con agua destilada y se filtró.

*Preparación de Curva Patrón*

- Se prepararon 25 ml de una solución madre de Albumina de Suero Bovino (BSA) de 2.0 mg/ml.

- Se preparó una serie de diluciones de BSA en agua consistiendo en las siguientes concentraciones: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 mg/ml.
- De estos estándares se transfirió 0.1 ml de cada uno a tubos limpios y secos.
- Se agregó 5mL de Reactivo de Coomasie, se mezcló en vortex (con cuidado) y se incubó a temperatura ambiente por lo menos 20 min.
- Se leyó la absorbancia a 595 nm contra un blanco sin proteína (agua destilada en lugar de BSA) y se realizó el cálculo de regresión lineal para la curva patrón.

#### *Efecto del pH en la Solubilidad*

- Se pesaron porciones de 0.5 g de harina de vaina y de okra en beakers y se les agregó 25 ml de agua destilada. Se utilizó un agitador magnético para mezclarlas.
- Las soluciones se ajustaron a pH de (2,3,4,5,6,7,8,9,10), utilizando HCl 1.0N ó NaOH 0.1N. y cada una se aforó a un volumen de 50 ml.
- Luego se extrajo con agitación por 15 min a temperatura ambiente.
- La mezcla se transfirió a un tubo para centrifuga y se centrifugó por 10 min.

#### *Medición de Concentración de Proteínas*

- Se determinó la concentración de proteína en el sobrenadante utilizando 0.1 ml de éste + 5mL de reactivo de Coomasie.
- La muestra se incubó a temperatura ambiente por lo menos 20 min y se leyó la absorbancia a 595 nm
- Utilizando la curva patrón, se calculó la cantidad de proteína soluble del extracto y la solubilidad de la proteína en la harina (expresada como porcentaje).

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{\text{peso de proteína soluble}}{\text{peso de proteína}} * 100$$

- Elaborar una gráfica de solubilidad Vs. pH.  
El análisis se realizó en triplicado.

### **6.3.2 Caracterización de harina de semillas de okra**

- Determinación de composición proximal:
  - Análisis de humedad (método AOAC 925.10)
  - Análisis de cenizas (método AOAC 923.03)
  - Análisis de proteína total / Kjeldahl (método AOAC 920.87)
  - Análisis de grasa (método AOAC 922.06)
  - Determinación de contenido de carbohidratos por diferencia.  
El análisis se realizó en duplicado.

- Determinación de contenido de minerales por espectrometría de emisión atómica-plasma acoplada, Método EPA6010D (EPA, 2018):
  - Calcio
  - Hierro
  - Zinc
  
- Capacidad de absorción de agua (descripción en inciso 6.3.1)
- Capacidad de absorción de aceite (descripción en inciso 6.3.1)
- Capacidad emulsificante (descripción en inciso 6.3.1)
- Estabilidad de emulsión (descripción en inciso 6.3.1)
- Capacidad espumante (descripción en inciso 6.3.1)
- Estabilidad de espuma (descripción en inciso 6.3.1)
- Capacidad de gelificación (descripción en inciso 6.3.1)
- Solubilidad de nitrógeno (descripción en inciso 6.3.1)
  
- Determinación de contenido de Fitato. Se utilizó el método de Wheeler y Ferrel, (1971):
  - Preparación de Curva Patrón*
    - Se prepararon soluciones de nitrato de hierro (III) nonahidratado al 0.1, 0.08, 0.06, 0.04 y 0.02% en agua destilada.
    - De la última solución se tomó una alícuota de 5ml en un beaker y se le añadieron 20 ml de 1.5 M Tiocianato de potasio.
    - Dentro del minuto siguiente a su preparación, se realizó la lectura en el espectrofotómetro a 480 nm y se realizó el cálculo de regresión lineal para la curva patrón.
  
  - Extracción de la muestra:*
    - Se pesaron 10 g de harina de semilla seca y molida y se mezcló con 50 ml de una solución al 3% de ácido tricloroacético (TCA).
    - La mezcla se agitó por 45 min, se colocó en un tubo de centrifuga y se centrifugó por 20 minutos. Se decantó y almacenó el sobrenadante.
    - Se extrajo una alícuota de 10 ml de sobrenadante a un tubo de centrifuga de 40 ml y se añadió 4ml de solución de cloruro de hierro (2mg/ml hierro férrico en solución de 3% TCA). Luego se calentó en baño maría por 45 min y como el sobrenadante no fue claro, se añadió 1-2 gotas de solución 3% sulfato de sodio en 3% TCA.
    - Se centrifugó 10-15 minutos y se desechó el sobrenadante
    - Luego se lavó el precipitado dos veces: Se añadió 20-25 ml de 3% TCA, se calentó en baño maría 10 minutos y se centrifugó 10 minutos. Se repitió un lavado con agua y se centrifugó por 10 minutos.
    - Se añadió al precipitado agua y 3 ml de 1.5 N NaOH, se mezcló. La mezcla se llevó a un volumen de 30 ml con agua y se calentó en baño maría por 30 minutos. Se utilizó papel Whatman No. 2 para filtrar en caliente la solución. Se lavó el precipitado con 60-70 de agua caliente y se descartó el filtrado.

- El precipitado se disolvió en el papel con 40 ml de 3.2 N ácido nítrico en un matraz de 100 ml. Se realizaron lavados del papel con agua y se utilizó agua destilada para llenar el matraz hasta 100 ml.
- Medición de concentración de fitato en la muestra:
- De la última solución se tomó una alícuota de 5ml en otro matraz de 100 ml y se diluyó a 70 ml de agua. Se le añadieron 20 ml de 1.5 M Tiocianato de potasio en el mismo matraz y se diluyó hasta un volumen de 100 ml.
- Dentro del minuto siguiente a su preparación, se realizó la lectura en el espectrofotómetro a 480 nm.
- Se calculó el contenido de hierro con la curva previa de nitrato de hierro (III) noahidratado y el contenido de fitato asumiendo un radio molecular 4:6 de hierro: fósforo.

$$\text{Fitato} \left( \frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \left( \frac{6}{4} \right) * \frac{A * C * 20 * 10 * 50 * 100}{1000 * S}$$

Donde:

A = absorbancia

C = concentración correspondiente a la absorbancia (mg/100g de nitrato de hierro III)

S = peso de la muestra

- Según el contenido de fitato de la harina de semilla y el contenido de minerales se calcularon los siguientes radios molares para evaluar la biodisponibilidad de los minerales:  
 [fitato]:[calcio]  
 [fitato]:[hierro]  
 [fitato]:[zinc]  
 [fitato] \* [calcio] / [zinc]  
 [oxalato]:[calcio]

Figura 11: Determinación de contenido de fitato en harina de semilla de okra



(Elaboración propia)

## 6.4 Formulación de ATLC con base de okra

### 6.4.1 Desarrollo de una herramienta de programación lineal.

- Se utilizó Microsoft Excel y el complemento Solver para la formulación de un alimento complementario.
- Se identificaron los ingredientes potenciales según su disponibilidad, precio y composición nutricional
- Se realizaron pruebas preliminares y se eliminaron los ingredientes que no fueran factibles funcionalmente
- Con la lista de ingredientes refinada, se definió la función objetivo como una optimización de cantidad de ingredientes para el menor costo. Las restricciones se definieron según los requerimientos del programa mundial de alimentos para un alimento complementario listo para consumir.

### 6.4.2 Preparación de fórmulas

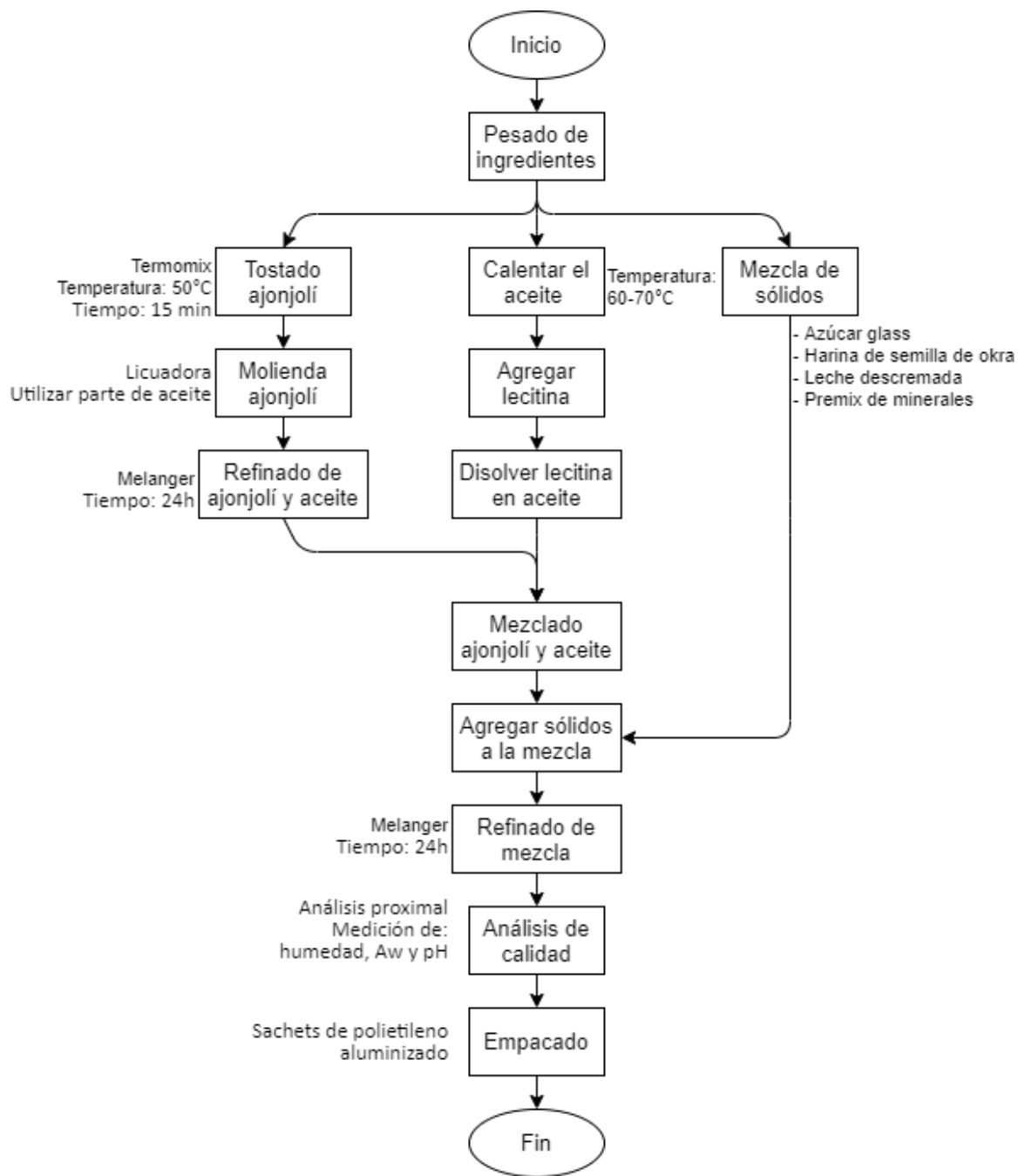
- Se realizaron varias iteraciones en la herramienta al modificar las restricciones y según las limitaciones funcionales del producto.
- Se prepararon 8 formulaciones en el laboratorio conforme a las evaluaciones previas de viabilidad de producción y calidad de las fórmulas (ver Figura No. 11)

Figura 12: Preparación de ACLC



(Elaboración propia)

Figura 13: Diagrama de proceso de elaboración de un ACLC



(Elaboración propia)

### 6.4.3 Análisis a formulación de ACLC

- Las formulaciones preparadas se probaron informalmente por personas familiarizadas con la investigación siendo importantes los parámetros de dulzura, resabio por la harina de semilla de okra y textura. Se escogió una formulación para su evaluación posterior.
- Se realizó una evaluación organoléptica de manera informal para asegurar que el producto cumple con las especificaciones de UNICEF (cuadro No.3).
- Medición de Aw.
  - Para la lectura se colocó una muestra del producto en el equipo AquaLab.
- Medición de pH.
  - Se introdujo el medidor de pH (Hanna HI 98103) dentro de la muestra para la lectura de pH.
- Viscosidad
  - Se realizó la medición con un viscosímetro digital VISCO a temperatura ambiente, con una velocidad de 60 rpm y utilizando el huso A3 y el beaker L.  
Las mediciones se realizaron en triplicado.
- Determinación de composición proximal:
  - Análisis de humedad (método AOAC 925.10)
  - Análisis de cenizas (método AOAC 923.03)
  - Análisis de proteína total / Kjeldahl (método AOAC 920.87)
  - Análisis de grasa (método AOAC 922.06)
  - Determinación de contenido de carbohidratos por diferencia.  
El análisis se realizó en triplicado

### 6.5 Reporte de datos

Las mediciones se reportaron como promedio  $\pm$  desviación estándar.

$$\bar{x} \pm \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n - 1}}$$

## 7. Resultados y discusión

La okra ha sido llamada “un vegetal perfecto para los aldeanos” por su alto valor nutricional, especialmente por la composición de aminoácidos de sus semillas cuyo balance es comparable con el de la soya (Akoja y Coker, 2018). En Guatemala la okra se cultiva para exportación, pero toneladas de okra de rechazo al año, son destinadas para pienso, sin beneficio económico.

Junto con las pérdidas post-cosecha, en Guatemala coexiste el grave problema de la desnutrición infantil y la inseguridad alimentaria. Guatemala es el primer país de América Latina y El Caribe y el sexto a nivel mundial con mayor porcentaje de niños con desnutrición crónica menores de cinco años (ICEFI, 2011). Por su parte, la desnutrición aguda se reportó como un 1.4% (2008-2009), (ENSMI, 2017). Lamentablemente en el año 2020, debido a la pandemia Covid-19, la situación está agravándose y se prevé un aumento en los casos de desnutrición y de inseguridad alimentaria aguda (Espina, 2020).

Uno de los de tratamientos a la desnutrición aguda y crónica moderada son alimentos complementarios listos para consumir (ACLC), así como alimentos terapéuticos listos para consumir (ATLC). Ambos están destinados a consumirse directamente del empaque y deben cumplir requisitos nutricionales estrictos. Relacionado con esto, el objetivo principal de este estudio fue la caracterización de la okra de descarte, así como la formulación de un ACLC utilizando okra junto con ingredientes locales, teniendo así una alternativa a los alimentos complementarios importados.

### 7.1 Evaluación de fruto en crudo

La okra debe ser cosechada en una etapa tierna de madurez. Generalmente el cultivo para un fruto tierno se da cerca de los siete días luego de floración, esto permite óptimo peso fresco, largo, diámetro y un pericarpio delgado (Amrit *et al*, 2017). En la presente investigación se utilizó okra de descarte, la cuál ha sido desechada por su madurez o porque no cumple los criterios de exportación. Se evaluaron características morfológicas de los frutos utilizados para relacionarlo con su estado de madurez, razón mayoritaria de su descarte.

Cuadro 4: Evaluación de fruto de okra fresca

Parámetro de fruto entero	Medición promedio
Peso fruto entero (g)	26.1 ± 5.5
Largo (cm)	14.3 ± 1.4
Diámetro (cm)	2.2 ± 0.2
Ancho pericarpio (mm)	1.3 ± 0.3
Textura (kg)	4.84 ± 0.76
Relación de semillas en fruto (%)	20.94 ± 3.91
Peso fresco de semillas por vaina (g)	5.5 ± 1.5
Humedad de pericarpio (%)	90.03 ± 0.91
Humedad de semillas (%)	87.30 ± 1.76

(Elaboración propia)

Cuadro 5: Evaluación semillas frescas

Parámetro de semilla	Medición promedio
Peso de 100 semillas (g)	3.47 ± 0.46
Diámetro promedio (mm)	4.66 ± 0.06
Densidad aparente (g/ml)	0.46 ± 0.01
pH	6.10 ± 0.04

(Elaboración propia)

Figura 14: Evaluación de fruto en crudo



(Elaboración propia)

La variedad de okra utilizada fue Clemson Spineless (Martinez, 2017) con un peso promedio de  $26.11 \pm 5.53$  g por fruto y un diámetro de  $2.23 \pm 0.20$  cm. El largo promedio del fruto fue de  $14.27 \pm 1.42$  cm, esto coincide con los resultados de la investigación de Amrit *et al* (2017) quién reportó un aumento en el largo de fruto luego de 8 días después de la floración. Según su investigación la okra cortada a los 10, 12 y 14 días luego de floración presenta largos de 14.10, 14.32 y 14.81 cm, respectivamente.

El ancho del pericarpio por su parte fue de  $1.32 \pm 0.35$  mientras que variedades Kashi Pragati y Kranti han presentado grosores entre 1.35 y 1.48 a los 12 y 14 días de corte luego de la floración. Este parámetro se desarrolla con la dureza de la okra, la cual fue de  $4.84 \pm 0.76$  kg. Esta dureza y aumento de grosor de pericarpio se atribuye al desarrollo de la fibra, la cual hace que el fruto sea menos crujiente e indeseable.

Otra característica del desarrollo de madurez es el diámetro de las semillas en los frutos utilizados, este fue en promedio de  $4.67 \pm 0.63$  mm, este tiende a aumentar conforme a la madurez. Amrit *et al* (2017) obtuvo resultados similares con diámetros entre 4.43 y 5.11 mm para semillas de okra cortada a los 10 y 12 días luego de floración. A esta misma etapa de cosecha los pesos de semillas por vaina en las variedades Kashi Pragati y Kranti, presentaron pesos entre 4.67 y 5.95 g, congruentemente el peso promedio de semillas por vaina en la okra utilizada fue de  $5.46 \pm 1.45$  g.

En general las características de las semillas presentaron una tendencia similar a la observada por Abouel-Yazzed (2019), quienes declararon una densidad aparente de 0.56 g/ml, un ancho de semilla de 4.90 mm y un pH de 6.43. Los parámetros evaluados pueden variar según la variedad del fruto, sin embargo, los resultados señalan características de un fruto maduro, no apto para los criterios de consumo directo, pero con potencial para otros usos.

## 7.2 Obtención de harinas

Esta investigación evaluó el valor nutricional y las propiedades funcionales de la okra de descarte cultivada en Guatemala para sus potenciales aplicaciones. Inicialmente se separaron las semillas de la vaina de okra para su análisis. Como se presentó en la Figura No.15 las semillas se lavaron previo al secado, esto para eliminar el exceso de mucílago en la superficie de la semilla y prever una reacción de Maillard, lo que podría afectar el resultado del análisis proximal.

Generalmente el secado de okra se realiza por deshidratación solar, cuyas temperaturas tienden a no superar los 50 °C. En esta investigación se utilizó una temperatura de 40°C en un deshidratador con el objetivo de prever mayores cambios estructurales y fisicoquímicos en el secado, el estudio de Minh *et al* (2019) encontró que muestras de okra secadas a esta temperatura obtuvieron mejor color, textura y sabor comparadas con muestras secadas a 60°C y 90°C.

Se colocó aproximadamente 120 g de muestra distribuidos uniformemente en cada una de las seis bandejas del deshidratador. Estudios de secado de okra han recomendado el secado con aire caliente ya que, a pesar de altos tiempos de secado, tiene los mayores índices de rehidratación y el menor cambio de color (Ismail, Seyhun y Doymaz, 2019). En el cuadro No. 6 se presentan los rendimientos del proceso de obtención de harina,  $8.04 \pm 0.75\%$  y  $10.39 \pm 0.82\%$  para la harina de vaina y de semilla, respectivamente. La okra es un alimento altamente perecedero por su alta humedad y sus actividades respiratorias, por lo que su secado permite mejorar la calidad de almacenamiento, disminuir las pérdidas post-cosecha y hacerla disponible fuera de época de cosecha (Minh *et al*, 2019).

Cuadro 6: Rendimiento y humedad final de harina de vaina y de semilla de okra

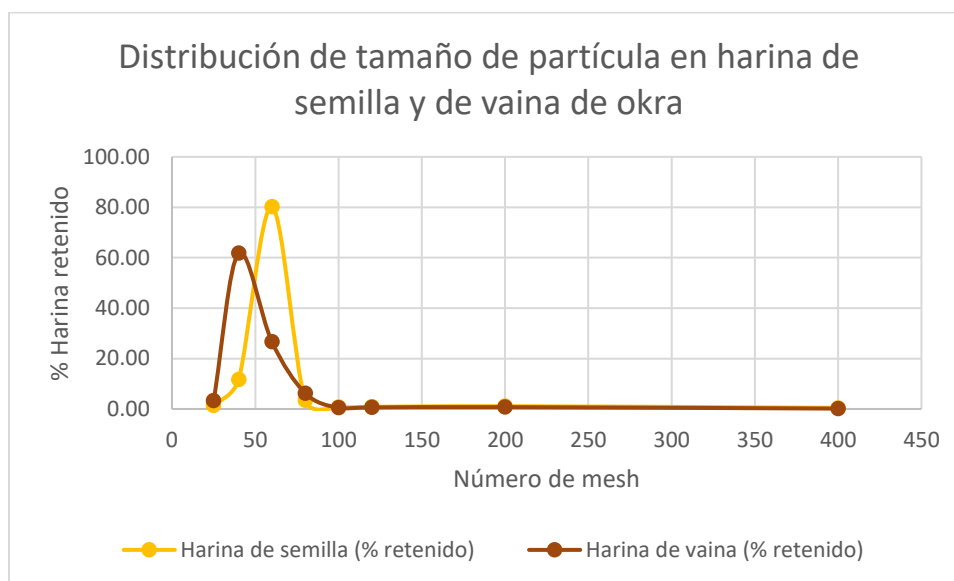
Harina secada	Rendimiento (%)	Humedad (%)
Harina de vaina de okra	8.04 ± 0.75	9.48 ± 0.69
Harina de semilla de okra (Elaboración propia)	10.39 ± 0.82	10.69 ± 0.35

Figura 15: Obtención de harina de vaina y de semilla de okra



(Elaboración propia)

Figura 16: Tamaño de partícula de harina de vaina y de semilla de okra



(Elaboración propia)

Luego del secado, la okra pasó por un proceso de molienda y se evaluó el tamaño de partícula. Esta propiedad es considerada una de las más importantes para la fluidez de los polvos (Mamat y Hill, 2018). Como se observa en la Figura 16 un 90.96% de harina de semilla y un 88.41% de harina de vaina de okra se encontraron retenidos en el mesh No. 40 y 60. El tamaño de partícula afecta otras propiedades funcionales de la harina. Un porcentaje con menor tamaño de partícula en la harina de vaina pudo permitir mayores propiedades de cohesión debido a una mayor área de contacto y fuerzas intermoleculares más fuertes; esto pudo favorecer la capacidad de absorción de agua, la viscosidad y la capacidad mínima de gelación como se verá posteriormente.

### 7.3 Evaluación de propiedades funcionales

Para que la okra de rechazo sea útil y tenga una exitosa aplicación en diferentes alimentos debe tener propiedades funcionales específicas. Las propiedades funcionales reflejan interacciones complejas entre las estructuras, conformación molecular, composiciones y propiedades fisicoquímicas de los componentes alimenticios. Son necesarias para una posible predicción de cómo las proteínas, grasas, carbohidratos y fibra del alimento puede comportarse en una matriz alimenticia, así como si pueden o no ser utilizadas para sustitución de algún ingrediente. Además, junto con las propiedades organolépticas, físicas y químicas; impactan en el producto final en términos de apariencia, textura, estructura y sabor (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019). En la presente investigación se evaluaron las propiedades funcionales de la harina de vaina y de semilla de okra.

Se evaluó la capacidad de absorción de agua, esta es la cantidad de agua que la harina es capaz de absorber. El proceso de hidratación se logra cuando las moléculas de almidón o polisacáridos y proteínas crean interacciones hidrofílicas y enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019). En el cuadro No. 8 se observa que la capacidad de absorción de agua fue de  $589.92 \pm 30.79\%$  para la harina de semilla y de  $971.25 \pm 48.87\%$  para la harina de vaina. Dentro de los factores que pudieron influir para una alta absorción de agua, se encuentra la alta proporción de polisacáridos en la harina de vaina, entre los cuales predominan las pectinas (Ghori *et al*, 2014). Estas son hidrofílicas y permiten atrapar mayor contenido de agua en la matriz, así como la absorción por proteínas y otros constituyentes hidrofílicos como fibra. La contribución de la cantidad de mucílago en la absorción de agua también se encontró en el estudio de Jideani y Bello (2009) en el que los extractos proteicos de okra con mayor contenido de mucílago tuvieron casi el doble de absorción de agua. Una alta capacidad de absorción de agua es importante en consistencia y volumen de los productos, así como en aplicaciones de horneado.

Por su parte se observa que las capacidades de absorción de aceite variaron entre  $143.92 \pm 2.13$  y  $186.17 \pm 7.91\%$  para la harina de semilla y vaina respectivamente. Estos valores de absorción se pueden atribuir al contenido de proteínas, generalmente la tasa de absorción de aceite es mayor con un alto contenido de proteínas ya que las cadenas laterales no polares de aminoácidos pueden formar interacciones con las cadenas de hidrocarburos de los lípidos (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019), la conformación proteica e hidrofobicidad también pueden afectar (Chandra y Samsher, 2013). Esta característica es beneficiosa en interacciones estructurales en alimentos ya que puede mejorar la palatabilidad, la retención de sabor y extender la vida útil.

También se evaluó la capacidad emulsificante y la estabilidad de emulsión de las harinas. Como se observa en el cuadro No. 8, la harina de vaina de okra presentó una excelente capacidad, con  $98.81 \pm 1.19\%$ , esta propiedad se puede atribuir a su alto contenido de hidrocoloides que, al incrementar la viscosidad del medio, ayudan a crear y mantener la suspensión de los glóbulos de la fase dispersa (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019). El mucílago además puede actuar como un emulsificante beneficiando los enlaces hidrófilo-lipófilo (Jideani y Bello, 2009). Las soluciones se expusieron a  $80^{\circ}\text{C}$  para evaluar la estabilidad de la emulsión ya que la temperatura acelera la desestabilización al afectar la viscosidad y la interacción de la fase dispersa (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019). Ambas harinas presentaron alta estabilidad con valores cercanos a las soluciones no sometidas a temperatura.

Cuadro 7: Capacidad de absorción de agua, de aceite y capacidad emulsificante de harina de vaina y de semilla de okra

<b>Propiedad funcional</b>	<b>Harina de vaina de okra</b>	<b>Harina de semilla de okra</b>
Capacidad de absorción de agua (%)	971.25 ± 48.87	589.92 ± 30.79
Capacidad de absorción de aceite (%)	186.17 ± 7.91	143.92 ± 2.13
Capacidad emulsificante (%)	98.81 ± 1.19	28.66 ± 1.574
Estabilidad de emulsión (%)	96.95 ± 2.587	21.95 ± 2.987

(Elaboración propia)

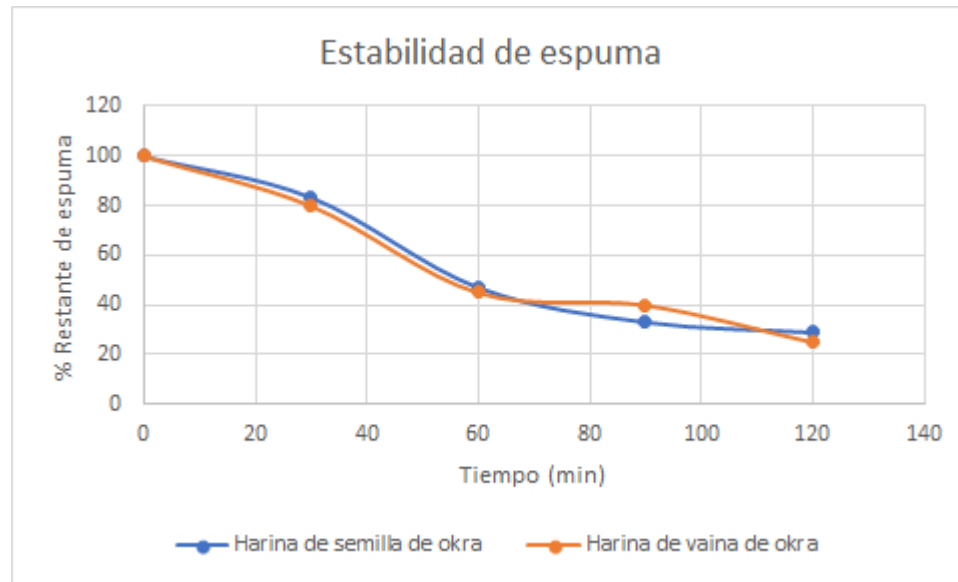
Por otro lado, las capacidades espumantes fueron mucho menores que las otras propiedades evaluadas, un  $3.13 \pm 0.00\%$  para la harina de semilla y un  $4.51 \pm 0.47\%$  para la harina de vaina de okra. En general la capacidad espumante y su estabilidad dependen de la película interfacial formada por las proteínas que mantiene la suspensión de burbujas de aire (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019). La poca capacidad de formación de espuma se relaciona inversamente con su alta estabilidad, como se observa (Figura 17) más del 25% de la espuma formada por las harinas permaneció estable luego de 120 minutos, esto se debe a que al formar burbujas de menor tamaño éstas están rodeadas por una película de proteína más gruesa lo que promueve su estabilidad.

Cuadro 8: Capacidad espumante de harina de vaina y de semilla de okra

<b>Harina secada</b>	<b>Capacidad espumante (%)</b>
Harina de semilla de okra	4.51 ± 0.47
Harina de vaina de okra	3.13 ± 0.00

(Elaboración propia)

Figura 17: Estabilidad de espuma de harina de vaina y de semilla de okra



(Elaboración propia)

La formación de geles es una propiedad funcional relevante en un componente alimentario, ya que está ligado directamente a la textura y viscoelasticidad. Los polímeros ramificados forman enlaces entre cadenas para formar progresivamente biopolímeros más grandes, al formar una única molécula macroscópica el sistema alimentario ya no fluye y es muy viscoso, esta concentración se conoce como el punto de gelificación (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019). Se observa en el cuadro No. 9 que la harina de okra tuvo su punto de gelificación al 4%, la mitad de la concentración de la harina de semilla (8%) (Figura No.18). Esto se puede deber al mayor contenido de carbohidratos e hidrocoloides en la harina de vaina de okra ya que estos aumentan las interacciones entre las moléculas de proteínas, lo que mejora la capacidad gelificante (Chinaza, Somtochukwu y Chinelo, 2019).

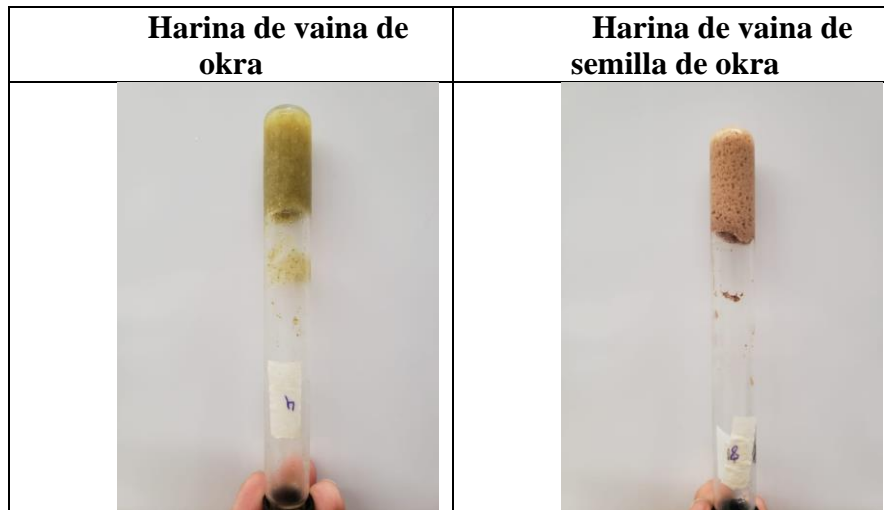
Junto a esta propiedad se midió la viscosidad para la harina de vaina de okra a 1 y 2%, los resultados se presentan en el cuadro No.10. Los resultados de viscosidad se pueden relacionar al alto contenido de pectinas en la harina, que, como se muestra en su propiedad de gelación, esto impacta altamente la viscosidad.

Cuadro 9: Concentración mínima de gelificación de harina de vaina y de semilla de okra

Harina secada	Concentración mínima de gelificación (%)
Harina de vaina de okra	4.0
Harina de semilla de okra	8.0

(Elaboración propia)

Figura 18: Prueba de gelificación en harinas de okra



(Elaboración propia)

Cuadro 10: Viscosidad en soluciones de harina de vaina de okra

Harina secada	Viscosidad (cP)
Solución harina de vaina de okra (1%)	94.3 ± 6.65
Solución harina de vaina de okra (2%)	188.4 ± 5.71

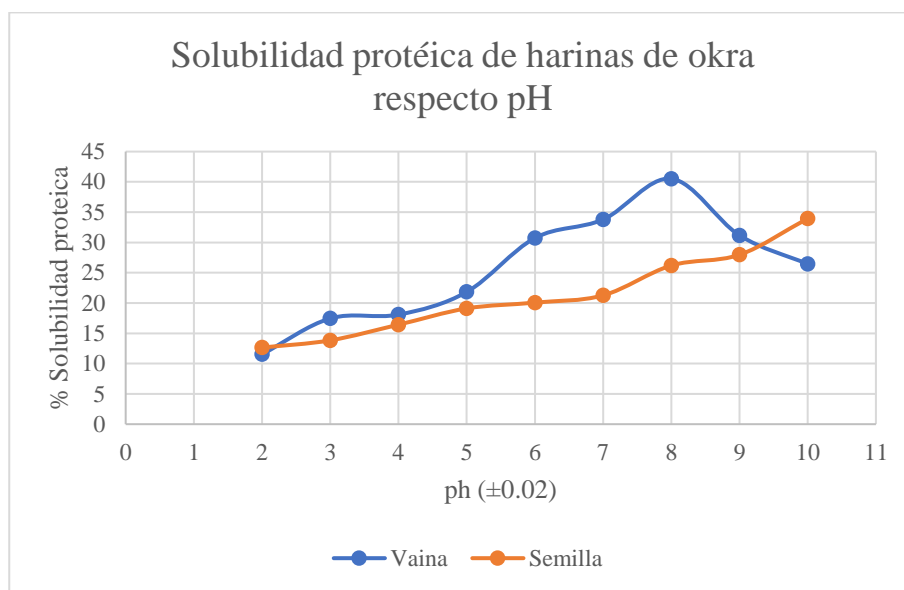
(Elaboración propia)

La solubilidad proteica se presenta en la Figura No. 19. Generalmente la solubilidad se reduce conforme el pH aumenta hasta alcanzar el punto isoeléctrico, seguido de un aumento en la solubilidad conforme aumenta el pH (Adebowale, Adeyemi y Oshodi, 2005). Para ambas harinas, la curva presentó una tendencia creciente y no en forma de U, lo que señala una mayor solubilidad en su punto isoeléctrico. Esto se relaciona con una alta concentración de residuos hidrofílicos en su superficie (Baudi, 2013). La solubilidad de la harina de vaina presentó resultados similares a los de Jideani y Bello (2009) cuyo estudio evaluó la solubilidad de harina de okra completa a un pH de 7.

Una alta solubilidad de proteína es deseable para obtener funcionalidad óptima en alimentos que requieren propiedades de gelación, emulsificación y capacidad espumante. Una mayor solubilidad proteica (Jideani y Bello, 2009) y viscosidad en la harina de vaina pueden afectar positivamente su capacidad espumante.

Además, la alta solubilidad de estas harinas en un rango ácido indica que pueden ser útiles en formulaciones de alimentos ácidos ricos en proteínas, también puede afectar positivamente propiedades funcionales (Adebowale, Adeyemi y Oshodi, 2005).

Figura 19: Gráfica de solubilidad protéica de harinas de okra



(Elaboración propia)

Los resultados de las propiedades funcionales de harina de vaina y de semilla de okra concuerdan con investigaciones previas. Jideani y Bello (2009) evaluó las propiedades de aislados proteicos, concentrados proteicos y harina completa de okra, las capacidades de absorción de agua y emulsificación de la okra completa fueron cercanos a la de la harina de vaina en esta investigación.

#### 7.4 Evaluación de composición nutricional

En el cuadro No. 11 se presentan los resultados de la composición proximal, estos análisis son altamente influenciados por la variedad, madurez, condiciones de cultivo y el proceso de análisis del alimento. Sin embargo, los resultados presentaron similitudes con investigaciones previas, la composición química de la harina de vaina fue similar a la encontrada por Minh *et al* (2019) para okra entera seca. Mientras que el 21.63% de proteína en la harina de semilla de okra fue conforme con la revisión de Omoniyi *et al* (2018), en el que los valores de proteína variaron entre 18.96 y 41.11% para harina de semilla de okra con humedades entre 2.69 y 13.99%. Cabe resaltar que el contenido de grasa encontrado (1.98%) en la semilla de okra fue menor que el encontrado en varias investigaciones, como Omoniyi *et al* (2018) reporta, el contenido de grasa varió entre 14.01 y 31.04%, esta diferencia se puede relacionar con la variedad del fruto, así como el lugar de plantación, lo cual ha sido estudiado de forma muy escasa en Latinoamérica.

Cuadro 11: Análisis proximal de la harina seca de semilla y de vaina de okra

Harina secada	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)
Harina de semilla de okra	9.48 ± 0.69	8.56 ± 0.02	21.63 ± 0.21	1.98 ± 0.44	58.35
Harina de vaina de okra	10.69 ± 0.00	8.08 ± 0.04	8.31 ± 0.75	1.15 ± 0.06	71.77

(Elaboración propia)

Además, se evaluó el contenido de micronutrientes. La harina de semilla presentó un contenido de calcio, hierro y zinc de 301.9, 4.28 y 7.79 mg/100g, respectivamente. Mientras que la harina de vaina de okra 961.20, 3.96 y 5.40 mg/100g, respectivamente. Para ambas harinas el contenido de calcio fue el mayor, lo que concuerda con Raghuvanshi *et al.*, (2001) quién reportó contenidos de calcio cercanos a 429.0 mg/100g en okra seca. Los valores encontrados de hierro fueron menores a los reportados por Fekadu H, *et al.* (2016 y 2018) mientras que el contenido de zinc fue cercano.

Cuadro 12: Contenido de calcio, hierro y zinc en harina de vaina y semilla de okra

Harina secada	Calcio (mg/kg)	Hierro (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
Harina de semilla de okra	3019.0 ± 18.11	42.8 ± 0.39	77.9 ± 0.70
Harina de vaina de okra	9612.0 ± 57.67	39.6 ± 0.36	54.0 ± 0.49

(Elaboración propia)

Fitato es un quelante estable, considerado antinutriente por su capacidad de quelar minerales divalentes y prevenir su absorción (Fekadu, 2018). En el cuadro No. 13 se observa que la muestra de harina de semilla de okra presentó un contenido de fitato de 39.74 mg/100g, estos resultados concuerdan con los reportados por Musa A. (2008) de 33.09 mg/100g en okra seca. El contenido de fitato es importante para interpretar cómo puede afectar la biodisponibilidad de los minerales, uno de los métodos utilizados es la medición de la relación molar antinutriente:mineral.

En el cuadro No. 13 se presentan los radios molares para calcio, hierro y zinc. Para su evaluación, existen valores críticos superiores teóricos: [fitato]:[calcio]> 0.24, [fitato]:[hierro]> 1, [fitato]:[zinc]> 15, [fitato] \* [calcio] / [zinc]> 0.5 (Woldegiorgis, 2015). Como se observa, el contenido de fitato junto con el contenido de minerales presentaron radios molares menores al valor crítico. Esto indica que la absorción de calcio, hierro y zinc no son afectadas adversamente por el fitato. Estos son resultados son relevantes para aplicaciones nutricionales de la harina de semilla de okra en otros productos.

Cuadro 13: Contenido de fitato y radios molares de harina de semilla de okra

Contenido fitato en harina de semilla de okra (mg/100g)	Radios molares			
	Fitato : Calcio	Fitato : Hierro	Fitato : Zinc	Fitato*Calcio : Zinc
39.74	0.008	0.786	0.505	0.004

(Elaboración propia)

## 7.5 Formulación de un alimento complementario listo para consumir

Un alimento complementario listo para consumo es un suplemento alimenticio para el tratamiento de la desnutrición crónica o aguda moderada en niños de 6 meses en adelante. Dentro de las características de este alimento destaca que está destinado a consumirse directamente del empaque y ser administrado en el hogar. Generalmente se hace con aceites o grasas de semillas, con legumbres, cereales, azúcar, leche en polvo, aceites vegetales, vitaminas y minerales (WFP, 2016). Comúnmente este tipo de alimentos son una pasta a base de maní, producidos en países desarrollados desde dónde deben ser importados para tratar la desnutrición crónica y aguda en países en desarrollo (Ryan *et al*, 2014).

En la presente investigación se diseñó una herramienta de programación lineal para el desarrollo de un alimento complementario, de forma que se pudieran identificar combinaciones óptimas de ingredientes para su formulación. Se buscó utilizar la harina de okra de descarte e ingredientes nacionales de bajo costo para cumplir con los requisitos de nutrientes de un ACLC según la declaración del programa mundial de alimentos (WFP, 2016).

Inicialmente se investigó respecto a ingredientes candidatos, la lista incluyó: cereales, legumbres, semillas, nueces y aceites. Dado que se buscaba incluir okra y que los demás ingredientes fueran nativos y de fácil acceso, se investigaron los cultivos en los departamentos de Guatemala en los que se cultiva okra, Escuintla y Zacapa (Martínez, 2017). Según el perfil departamental de Escuintla por MINECO (2017) la producción de granos básicos se centra especialmente en la producción de ajonjolí y maíz, mientras que el frijol se cosecha en cantidades pequeñas para consumo familiar. También se produce cacao y en la mayor cantidad se produce azúcar de caña. Por su lado el perfil departamental de Zacapa señala que se cosecha principalmente maíz y frijol (MINECO, 2017). De acuerdo con esto, inicialmente se consideraron como posibles ingredientes base: el maíz, ajonjolí, frijol, harina de vaina y harina de semilla de okra. Junto a estos ingredientes se incluyeron para complemento nutricional: leche descremada en polvo, azúcar, como también aceites y grasas disponibles en el mercado: aceite de canola, oleína de palma, y aceite de soya.

Algunos de los ingredientes candidatos se eliminaron conforme se realizaron pruebas preliminares para evaluar la factibilidad de su inclusión. La harina de vaina de okra fue eliminada como posible candidato debido a que con su inclusión no se lograba la textura deseada, su alto contenido de polisacáridos, en especial pectina (Ghori *et al*, 2014) favoreció

la absorción de la mayoría de contenido de aceite por lo que se dificultaba la inclusión de todos los sólidos (Figura 20). Además, su contenido de 8.31% de proteína hacía necesaria una cantidad mayor de harina para proveer un mayor aporte proteico. Por su parte el frijol fue eliminado porque su color impactaría fuertemente la formulación, oscureciéndola.

Figura 20: Pruebas preliminares con harina de vaina de okra



(Elaboración propia)

Luego de las pruebas preliminares se investigó la información nutricional de todos los ingredientes candidatos, se asumió que el contenido de nutrientes no cambió en el proceso. Se utilizó la tabla de composición de alimentos del INCAP (2012) así como literatura del alimento (Anexos, cuadro No.23). El precio de los ingredientes se obtuvo de publicaciones del MAGA y MINECO (Anexos, cuadro No.24) y se consideró el de la okra de rechazo a un 10% del precio normal.

La programación lineal es una técnica utilizada para minimizar o maximizar una función objetivo sujeta a varias restricciones (Ryan *et al*, 2014). En esta investigación la herramienta fue configurada para elegir los pesos de los ingredientes como variables, minimizando el costo por unidad de 98.4g y cumpliendo con las especificaciones del programa mundial de alimentos (WFP, 2016). Se definió este peso como restricción considerando 1.1g de premix de micronutrientes y 0.5g de emulsificante. El premix de minerales consiste en una mezcla de vitaminas y minerales diseñada para su inclusión en alimentos complementarios y terapéuticos listos para consumir. Por su parte, se utilizó lecitina de soya como emulsificante según la dosis máxima (5000 mg/kg) permitida por el Codex (2019) para la categoría No. 13.2 de Alimentos complementarios para lactantes y niños pequeños. Todos los macronutrientes, los ácidos grasos omega 3 y omega 6, el contenido máximo de sodio y el mínimo de proteína proveniente de ingredientes lácteos, se incluyeron como limitaciones en el problema de optimización para ACLC (cuadro No. 14).

Cuadro 14: Restricciones del modelo de optimización del menor costo

<b>Restricción</b>	<b>Instrucción</b>	<b>Valor definido (ATLC)*</b>	<b>Valor definido (ACLCL)**</b>
Peso	=	98.4	98.4
Mínimo de calorías (cal)	>=	520	510
Máximo de calorías (cal)	<=	550	560
Mínimo de proteína (g)	>=	13	11
Máximo de proteína (g)	<=	16.5	16
Mínimo de grasa (g)	>=	26	26
Máximo de grasa (g)	<=	36.6	36
Mínimo carbohidratos (g)	>=	41	41
Máximo carbohidratos (g)	<=	58	58
Máximo de sodio (mg)	<=	290	270
Mínimo de proteína láctea (g)	>=	5.5	5.5
Mínimo de Omega 6 (g)	>=	1.73	2.6
Máximo de Omega 6 (g)	<=	6.11	5.77
Mínimo de Omega 3 (g)	>=	0.17	0.17
Máximo de Omega 3 (g)	<=	1.53	1.44
Mínimo lisina (g)	>=	0.96583	0.96583
Mínimo metionina (g)	>=	0.31311	0.31311
Mínimo triptófano (g)	>=	0.21012	0.21012
Mínimo de azúcar	>=	20	20
Todas las variables	>=	0	0

\*(WHO, 2007)

\*\* (WFP, 2016)

Cabe mencionar que la restricción del mínimo de proteína láctea se consideró tomando en cuenta los requerimientos de UNICEF para renovaciones en alimentos terapéuticos listos para consumir (ATLC) que utilizan alternativas al maní (UNICEF, 2019). Aunado a los estándares internacionales se fijó como restricción que el producto tuviera como mínimo la misma cantidad teórica de aminoácidos provenientes de la leche y maní de una formulación base de alimento complementario. Se asumió una formulación base con un contenido de leche de 25% y de maní del 27% (Weber J. *et al*, 2016) y contenidos teóricos de lisina, metionina y triptófano (cuadro No. 15), estos fueron otra restricción para la formulación del ACLC. Además, se definió la restricción funcional de azúcar respecto al sabor dulce necesario encontrado en las pruebas preliminares.

Cuadro 15: Restricción de contenido de aminoácidos teórico

Alimento	Porcentaje de formulación base ACLC	Contenido aminoácidos (%)		
		Lisina	Metionina	Triptófano
Leche descremada	25 **	2.86*	0.99*	0.51*
Maní	27 **	0.929	0.243	0.306
Contenido objetivo (%)		0.966	0.313	0.210

\*(Dairy Export Council, 2009)

\*\* (Weber J. *et al*, 2016)

Se realizaron varias iteraciones en la herramienta al modificar las restricciones y según las limitaciones funcionales del producto. Se prepararon una serie de formulaciones en el laboratorio (Figura No. 24 en anexos) conforme a las evaluaciones previas de viabilidad de producción y calidad de las fórmulas. Y estas se probaron informalmente por personas familiarizadas con la investigación, siendo importantes los parámetros de dulzura, resabio por la harina de semilla de okra y textura.

Se escogió una formulación prometedora para su refinación y evaluación, cuya formulación se presenta en el cuadro No. 16. La mayor limitación para la inclusión de harina de semilla de okra fue que presentaba un resabio ligeramente amargo; sin embargo, su inclusión al 17.62% en una formulación con vainilla disminuyó su percepción. El ajonjolí por su parte, fue un ingrediente clave en la funcionalidad del alimento ya que se hizo una pasta que sirvió de base para la inclusión de todos los sólidos y luego de la refinación el ajonjolí permitió obtener una textura parecida a la de mantequilla de maní.

Cuadro 16: Formulación final de ACLC

Ingrediente	Formulación (%)
Aceite oleína palma	27.13
Leche descremada	20.24
Azúcar glass	19.97
Harina de semilla de okra	17.62
Ajonjolí	13.13
Premix de minerales	1.10
Lecitina de soya	0.50
Aceite canola	0.17
Vainilla en polvo	0.15

(Elaboración propia)

En los cuadros No. 17 y 18 se presentan los análisis realizados a la formulación final. Se observa que el producto cumple con el requerimiento de tener una actividad de agua entre 0.2 y 0.5 (WFP, 2016), para ser microbiológicamente estable a pesar de que su pH no es ácido. Además, su viscosidad fue alta con un promedio de 6,026.85 cP. Respecto a los parámetros nutricionales se evaluó la composición nutricional del producto. Debido a que la composición nutricional de cada ingrediente fue teórica, en las iteraciones del programa se buscó superar los límites inferiores de contenido de proteína. Se observa que el producto resultó con una composición proximal de proteína de un  $11.02 \pm 0.29\%$ , lo que es conforme con el mínimo de proteína requerido para un ACLC.

Además de un 11.02% de contenido de proteína, el producto presentó un contenido de carbohidratos dentro del rango de 41 a 58%, mientras que su contenido de grasa se aproxima al límite superior de 36% con 36.28%. Todos los demás parámetros nutricionales expuestos en el cuadro No. 15 cumplieron de forma teórica gracias a la herramienta de programación lineal. Por lo tanto, según los resultados, el producto desarrollado cumple los requerimientos nutricionales para ser un alimento complementario listo para consumir (ACLC), esto según el Programa mundial de alimentos (WFP, 2016). Cabe mencionar que este resultado podría transformarse en un alimento terapéutico listo para consumir al lograr elevar el contenido de proteína a un mínimo de 13%.

Cuadro 17: Parámetros evaluados en el ACLC

<b>Parámetro</b>	<b>Medición promedio</b>		
Actividad de agua	0.471	±	0.015
pH	6.437	±	0.032
Viscosidad (cP)	6,026.85	±	240.18

(Elaboración propia)

Cuadro 18: Composición proximal evaluada en el ACLC

ACLC	<b>Humedad (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Carbohidratos (%)</b>
	2.41 ± 0.18	4.29 ± 0.04	11.02 ± 0.29	36.28 ± 3.72	46.00

(Elaboración propia)

Figura 21: Comparación de apariencia de ACLC desarrollado con un producto a base de maní



Muestra a la izquierda: ACLC desarrollado en esta investigación

Muestra a la derecha: ACLC comercial, a base de maní.

Como se observa en la Figura 21 luego de la refinación, el producto tuvo una textura suave y homogénea. El análisis informal resaltó un sabor dulce y suave pero poco común, esto debido a que se trata de una nueva forma de consumo de estos ingredientes. En la Figura 21 se compara la apariencia del ACLC desarrollado versus uno comercial a base de maní. El color más oscuro del producto desarrollado se puede atribuir al contenido de harina de semilla de okra.

La herramienta de programación lineal identificó con éxito formulaciones de alimentos complementarios listos para consumir que cumplieran con los requerimientos nutricionales internacionales, minimizando el costo de materia prima. En el cuadro No. 24 en anexos, se presenta el costo de materia prima por 100 y 15g de producto, siendo de Q1.57 y Q0.24, respectivamente. Estos datos permiten hacer una comparación aproximada con el costo de materia prima de un ACLC a base de maní, actualmente se comercia un ACLC en Guatemala con un precio de Q2.00 por sobre de 15g. Esto señala que formulaciones alternativas, a base de productos nacionales como la desarrollada en esta investigación, puede ser competitiva en el mercado. Por otra parte, se realizaron pruebas de empaque con PET metalizado utilizando una cantidad de 15 gramos. Se recomienda esta presentación (Figura 25 en anexos) debido a que es más fácil de consumir y asegura un mejor almacenamiento que porciones de 100g que, al no ser consumidas inmediatamente pueden exponerse a contaminación ya abiertas.

Como se ha visto a lo largo de esta investigación, la okra fresca de descarte variedad Clemson Spineless presentó características de un fruto maduro. El largo y diámetro de vaina se relaciona con propiedades de un fruto luego de 12-14 días luego de floración mientras que una mayor dureza y aumento de grosor de pericarpio señalaron el desarrollo de la fibra en el fruto. Esta fibra hace que el producto sea menos crujiente e indeseable, confirmando que no era apta para los criterios de exportación y que se debe consumir de una forma alternativa.

La harina de vaina de okra que se obtuvo, resaltó por su alta capacidad de absorción de agua, de aceite, capacidad emulsificante y viscosidad, esto debido a su alto contenido de polisacáridos. Estas propiedades la hacen de interés funcional para alimentos que requieran aumentar viscosidad, dar textura o una alta capacidad emulsificante. El mucílago presente en la vaina puede ser utilizado como sustituto de grasa en postres, como aditivo para aumentar viscosidad, en emulsiones, encapsulaciones y procesos de secado (Citalán, 2021). Por su parte la harina de semilla de okra presentó un contenido de proteína de 21.63%, también con buenas propiedades de absorción de agua y aceite. Esta harina puede ser utilizada para mejorar el valor nutricional de productos, especialmente, aumentar el contenido de proteína. Además, al evaluar el contenido de fitato en la harina de semilla de okra se encontró que ninguno de sus radios molares fitato:mineral sobrepasó el valor crítico, lo que indica que la absorción de calcio, hierro y zinc no es afectada adversamente por el fitato.

Por último, se propuso el desarrollo de un alimento complementario listo para consumir (ACLC), se obtuvo una formulación alternativa con 11.02% de proteína. El producto cumple con los requerimientos de actividad de agua, contenido de proteína, carbohidratos y grasa del programa mundial de alimentos (WFP, 2016). Se utilizó como base para el producto un 17.62% de harina de semilla de okra además de ajonjolí y leche descremada. Con esto se buscó reducir el costo de materia prima frente a ACLC a base de maní, la formulación tuvo un costo de Q1.57/100g. Luego de la refinación el producto presentó una textura suave y homogénea, un sabor dulce y un color más oscuro que los ACLC de maní debido su contenido de semilla de okra. Este alimento tiene la ventaja de poder ser producido en el país para su posible aplicación en programas nutricionales para tratar la desnutrición crónica o aguda moderada en niños mayores a seis meses.

Cabe mencionar que previo a su aplicación, se requiere de ensayos de aceptabilidad con los consumidores objetivo: niños, evaluar la vida útil del producto, los costos de producción y calidad y, sobre todo, un ensayo clínico para evaluar su efectividad en el tratamiento de la desnutrición. Esta herramienta y el proceso realizado en esta investigación puede adaptarse para crear nuevas formulaciones de otros alimentos según las necesidades nutricionales locales, la disponibilidad de ingredientes y las restricciones de costo y calidad.

## 8. Conclusiones

1. Las propiedades físicas evaluadas en la okra de rechazo señalaron características de un fruto maduro. El largo y diámetro de vaina se relaciona con propiedades de un fruto luego de 12-14 días luego de floración mientras que una mayor dureza y aumento de grosor de pericarpio señalaron el desarrollo de la fibra en el fruto. Esta fibra hace que el producto sea menos crujiente e indeseable, confirmando que no era apta para los criterios de exportación.
2. Los análisis realizados a la harina de vaina de okra señalan propiedades funcionales favorables, una alta capacidad de absorción de agua con 971.25%, de absorción de aceite con 186.17%, de emulsificación con 98.81% y una mínima concentración de gelación de 4%. Esto se puede atribuir al alto contenido de polisacáridos, especialmente pectina en la okra (Ghori *et al*, 2014).
3. La harina de semilla de okra presentó altas capacidades de absorción de agua y de aceite, 589.92% y 143.92%, respectivamente; además de un alto contenido de proteína con 21.63%, por lo que puede ser utilizada para aumentar el valor proteico de alimentos, sobretodo en matrices que requieran absorción de agua o aceite.
4. Al evaluar el contenido de fitato en la harina de semilla de okra, ninguno de sus radios molares fitato:mineral sobrepasó el valor crítico, lo que indica que la absorción de calcio, hierro y zinc no es afectada adversamente por el fitato.
5. El alimento desarrollado utilizando harina de semilla de okra cumplió con los estándares de actividad de agua, contenido de proteína, carbohidratos y grasa del programa mundial de alimentos (WFP, 2016) para ser catalogado como un alimento complementario listo para consumir (ACLC).
6. En el ACLC desarrollado se utilizó como base un 17.62% de harina de semilla de okra además de ajonjolí y leche descremada como principales fuentes de proteína. El producto presentó un contenido de proteína del 11.02%, de grasa del 36.28% y de carbohidratos del 46%, cumpliendo con los requisitos internacionales para su categoría.
7. Luego de la refinación de la mezcla de ingredientes el producto presentó una textura suave y homogénea. La inclusión de vainilla en la formulación disminuyó la percepción del resabio de okra ligeramente amargo y le proveyó un sabor dulce, el color fue más oscuro que los ACLC de maní debido al color de la semilla de okra.
8. Para el empaque del producto se sugiere utilizar PET metalizado en porciones de 15 gramos ya que, al ser un alimento denso y calórico, esto facilita su consumo inmediato.

## 9. Recomendaciones

1. Realizar un análisis de contenido de antinutrientes: oxalato y tanino en harina de semilla de okra y evaluar la biodisponibilidad de minerales por medio del cálculo de relaciones molares antinutriente:mineral.
2. En general se recomienda que, para utilizar la herramienta de programación lineal para formulaciones, se evalúe previamente la composición nutricional de cada ingrediente de modo que no haya grandes variaciones entre las restricciones nutricionales y la composición real. De esta misma forma sería posible hacer iteraciones con datos reales para alcanzar el mínimo de 13% de proteína en el ATLC desarrollado.
3. Se recomienda determinar mediante un panel sensorial, cuál es el límite superior de inclusión de okra en la formulación para que no se perciba ningún resabio amargo. Además, se recomienda estandarizar los tiempos de refinación de la pasta de ajonjolí y del producto final para alcanzar la textura deseada.
4. Conforme a las propiedades funcionales de las harinas de okra, se recomienda evaluar el contenido de fibra en la harina de semilla y de vaina de okra.
5. Hacer un análisis de vida útil según su estabilidad sensorial, considerando principalmente la separación de grasa
6. Realizar un análisis sensorial de aceptabilidad del ACLC desarrollado en comparación con uno a base de maní entre niños sanos. Al tratarse de niños es posible considerar aceptación basado en varios criterios, como por ejemplo: percepción de afán/rechazo o resistencia del niño, así como un consumo mínimo de la ración de ACLC de prueba.
7. Se recomienda extraer un concentrado de proteína con alto mucílago de la harina de vaina de okra para utilizarlo como aditivo en aplicaciones que requieran un aumento de viscosidad o gelación o utilizarlo para la misma función en matrices en las que el color verde no tenga un impacto negativo.
8. Respecto a la producción de harinas se sugiere disminuir el tamaño de partícula de la harina de vaina y de semilla de okra a menos de 250  $\mu\text{m}$ , utilizando molinos de ultrafinos con el fin de que su aplicación no afecte la textura o apariencia del producto.
9. En general se recomienda luego de haber aprobado un ensayo clínico, considerar el uso de este producto en población para el tratamiento de la desnutrición.

## 10. Referencias

1. Abouel-Yazeed A. (2019). *Incorporation of Okra Seeds Powder to Employ in some Foodstuffs Based on its Physical, Chemical and Sensorial Evaluation*. Journal of Food and Dairy Sciences., Mansoura Univ., Vol. 10 (7): 231-236
2. Adebowale Y, Adeyemi I y Oshodi A (2005). *Functional and physicochemical properties of flours of six Mucuna species*. African Journal of Biotechnology 4 (12), pp. 1461-1468
3. Adelakun O., Oyelade O., Ade-Omowaye B., Adeyemi I. y Vande M. (2009) *Influence of pre-treatment on yield, chemical and antioxidant properties of Nigerian okra seed (Abelmoschus esculentus Moench) flour*. Food Chem Toxicol. 47(3):657-61.
4. Adetuyi, F., Ajala, L., & Ibrahim, T. (2012). *Effect of the addition of defatted "Okra" seed (abelmoschus esculentus) flour on the chemical composition, functional properties and zn bioavailability of plantain (musa paradisiacal linn) flour*. JMBFS / Adetuyi et al. 2012: 2 (1) 69-82.
5. Affognon H, Mutungi C, Sanginga P y Borgemeister C (2015). *Unpacking Postharvest Losses in Sub-Saharan Africa: A Meta-Analysis*. World Development 66, pp. 49–68 <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.002>
6. Agbo, AE., Gnakri, D., Beugre, GM., Fondio, L., & Kouame, C. (2008). *Maturity degree of four "Okra" fruit varieties and their nutrients composition*. Elect. J. Food Plant Chem. 5:1-4. <http://www.worldagroforestry.org/publication/maturity-degree-four-okra-fruits-varieties-and-their-nutrients-composition>
7. Agostinho A., Oliveira W., Santos D. y Carinhanha J. (2016). *Simple and Sensitive Spectrophotometric Method for Phytic Acid Determination in Grains*. Food Analytical Methods. (9) pp 2087–2096 DOI 10.1007/s12161-015-0387-0
8. Akoja S y Coker O. (2018) *Physicochemical, functional, pasting and sensory properties of wheat flour biscuit incorporated with Okra powder*. International Journal of Food Science and Nutrition. 3 (5) 64-70.
9. AOAC (2005). *Official Methods of Analysis*. Extraído de: <http://www.eoma.aoac.org/>
10. Bakre, L. G., & Jaiyeoba, K. T. (2009). *Effects of drying methods on the physicochemical and compressional characteristics of "Okra" powder and the release properties of its metronidazole tablet formulation*. Archives of Pharmacal Research, 32 (2), 259-67.
11. Barnwal A., Pal A.K., Tiwari A., Pal S. y Sing A. (2017). *Effect of Picking Stages on Fruit and Seed Development in Okra [Abelmoschus esculentus (L.) Moench] Cultivars Kashi Pragati and Kashi Kranti*. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology. 10 (6): 695-701.
12. Bhandare P., Madhavan P., Rao B. y Someswar N. (2010). *Determination of arginine, lysine and histidine in drug substance and drug product without derivatisation by using HILIC column LC technique*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 2(5) pp 580-586

13. Bradford M. (1976). *A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding*. Analytical Biochemistry. 72, 248-254.
14. Chandra S. y Samsher. (2013). *Assessment of functional properties of different flours*. African Journal of Agricultural Research. 8(38), 4849-4852.
15. Chandra S., Singh S. y Kumari D. (2014). *Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits*. Journal of Food Sciences Technology. 52(6) pp 3681–3688
16. Chardigny J. y Walrand S. (2016). *Plant protein for food: opportunities and bottlenecks*. Oilseeds & Fats Crops and Lipids. DOI: 10.1051/ocl/2016019.
17. Chinaza A., Somtochukwu I. y Chinelo E. (2019). *The functional properties of foods and flours*. International Journal of Advanced Academic Research. Sciences, Technology and Engineering. 5 (11) ISSN: 2488-9849
18. Choudhury N. *et al* (2018). *Ready-to-Use Therapeutic Food Made From Locally Available Food Ingredients Is Well Accepted by Children Having Severe Acute Malnutrition in Bangladesh*. Food and Nutrition Bulletin. 39(1) 116-126.
19. Citalán M. (2021). *Desarrollo de polvo de melón por el método de espuma, empleando albúmina de huevo y mucílago de okra como agente espumante*. Universidad del Valle de Guatemala.
20. Codex Alimentarius (2019). *Norma general para los aditivos alimentarios*. Codex Stan 192-1995. FAO. OMS.
21. Dairy Export Council (2009). *Reference Manual for U.S. Milk Powders*. Arlington, VA: U.S. Dairy Export Council. p41. Extraído de : <http://usdec.files.cms-plus.com/DGN/AbstractPDFs/NutrCompOfSMP.pdf>
22. Delgado L, Shuster M y Torero M (2017). *Reality of Food Losses: A New Measurement Methodology*. MPRA (Munich Personal RePEc Archive), No. 80378. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/80378/>
23. Egbekunke K, Akin-Indowu P, Oladigbolu A, Adebo U y Aderonmu O. (2017). *Nutrient and Antinutrient Composition of Okra as Influenced by Botanical and Synthetic Pesticides*. International Journal of vegetable science. DOI: 10.1080/19315260.2017.1331386
24. Elik A, Kocak D, Aysar N, Yavuz A y Gogus F. (2019). *Strategies to Reduce Post-Harvest Losses for Fruits and Vegetables*. International Journal of Scientific and Technological Research. 5(3). DOI: 10.7176/JSTR/5-3-04
25. EPA (2018). "Method 6010D (SW-846): *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*," Revision 4. Environmental Protection Agency (EPA). U.S. Extraído de : <https://www.epa.gov/esam/epa-method-6010d-sw-846-inductively-coupled-plasma-atomic-emission-spectrometry>
26. ENSMI (2017). *VI Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2014-2015*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplán).
27. Espina C (2020). *OMS: 774 mil 864 personas en situación vulnerable por efectos del COVID-19*. El periódico. Extraído de: <https://elperiodico.com.gt/nacion/2020/03/26/oms-774-mil-864-personas-en-situacion-vulnerable-por-efectos-del-covid-19/>
28. Ewa, C, Agnieszka, G, & Adametal, F. (2011). *“The content of protein and of amino acids in Jerusalem artichoke tubers (Helianthus tuberosus L.) of red*

- variety Rote Zonenkugel*,"*Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, vol.10, no.4, pp.433–441.
29. FAO (2015). *Food losses and waste in latin america and the caribbean*. Extraído de: <http://www.fao.org/3/a-i4655e.pdf>.
  30. Fekadu H y Ratta N. (2014). *Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects*. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 3(4): 284-289
  31. Fekadu H, Haki G, Fekadu B, Rakshit S y Ashagrie Z. (2018). *Nutritional and antinutritional evaluation of indigenous ethiopian okra (Abelmoschus Esculentus) seed accessions*. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and development*. 18(1): 13019-13033
  32. Fekadu H, Ratta N, Desse G, Woldegiorgis A y Fekadu B. (2015). *Nutritional quality and health benefits of "Okra" (Abelmoschus esculentus): A review*. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 4(2): 208-215
  33. Fekadu H., Beyene F. y Desse G. (2013). *Effect of Traditional Processing Methods on Nutritional Composition and Anti-nutritional Factors of Anchote (Coccinia abyssinica (lam.) Cogn) Tubers Grown in Western Ethiopia*. *J Food Process Technol*. 4(7): 249-251.
  34. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017) *FAOSTAT: Crops*. FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
  35. Frontela C, Scarino ML, Ferruzza S, Ros G and C Martínez. *Effect of dephytinization on bioavailability of iron, calcium and from infant cereals assessed in the Caco-2 cell model*. *World J. Gastroenterol*.2009;28:1977–1984. <https://www.wjgnet.com/1007-9327/full/v15/i16/1977.htm>
  36. Gbadegesin, A., Odunlade T., y Otunola E. (2018). *Nutritive and sensory properties of okra fortified instant fufu*. *International Food Research Journal* 25(3): 1031-1035.
  37. Gemede HF and N Ratta *Antinutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects*. *Int. J. Nutr. Food Sci*.2014; 3:284–289.
  38. Georgiadisa, N., Ritzoulisa, C., Siouraa, G., Kornezoua, P., Vasiliadoub, C., & Tsioptsiasa, C. (2011). *Contribution of "Okra" extracts to the stability and rheology of oil-in-water emulsions*. *Food Hydrocolloids*, 25(5), 991–999.
  39. Ghorri M., Alba K., Smith A. y Conway B (2014). *Okra extracts in pharmaceutical and food applications*. *Food Hydrocolloids* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.04.024>
  40. Graham, J.O., Agbenorhevi, J.K.and Kpodo, F.M. (2017). *Total phenol content and antioxidant activity of okra seeds from different genotypes*. *American Journal of Food and Nutrition*. 5, (3), 90-94.
  41. ICEFI (2011). *Protegiendo la nueva cosecha. Un análisis del costo de erradicar el hambre en Guatemala, 2012-2021*. Instituto Centroamericano de estudios fiscales y UNICEF.
  42. INCAP (2012). *Tabla de composición de Alimentos de Centroamérica*. Instituto de nutrición de Centro américa y Panamá (INCAP) y Organización Panamericana de la Salud (OPS). Segunda Edición. Extraído de: <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/tablacalimentos.pdf>
  43. Institute for Cooperation o Agriculture (IICA) (2013). *Postharvest Loss Challenges Discussion Paper*. Office of Agriculture, Biotechnology, and

- Textile Trade Affairs Bureau of Economic and Business affairs. <https://2009-2017.state.gov/documents/organization/220958.pdf>
44. Ismail O., Seyhun A. y Doymaz I. (2019). *Drying of Okra by Different Drying Methods: Comparison of Drying time, Product Color Quality, Energy Consumption and Rehydration*. Athens Journal of Sciences. 6 (3) 155-168.
  45. Jideani V y Bello B (2009). *Functional properties of okra protein products containing different levels of mucilage*. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.7 (2): 252-255.
  46. Khasnabis J., Rai C. y Roy A (2015). *Determination of tannin content by titrimetric method from different types of tea*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 7(6) pp 238-241
  47. Kitinoja L. (2010). *WFLO Grant Final Report. Identification of Appropriate Postharvest Technologies for Improving Market Access and Incomes for Small Horticultural Farmers in Sub-Saharan Africa and South Asia*. World Food Logistics Organization Grant Number 52198.
  48. Kumar, R., Patil, MB., Patil, SR., & Paschapur, MS. (2009). *Evaluation of Abelmoschus esculentus mucilage as paracetamol suspension*. Intl. J. Pharm. Tech. Res. 1:658-665.
  49. Liao, H, Liu, H., & Yuan, K. (2012). *A new flavonol glycoside from the Abelmoschus esculentus Linn*. Pharmagnosy Magazine, 8, 12-5.
  50. Listo Mani+ (2019). *Listo*. Empowered by Maní+ and INCAP. Extraído de: <https://listo.gt/nutrilisto-span>
  51. Loarca E. (2005). *Elaboración de mezclas de Malanga-Ajonjolí para la producción de alimentos listos para servir*. Centro universitario de suroccidente. Instituto de Investigación y desarrollo de suroccidente. Mazatenango, Suchitepéquez. Extraído de: <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2005-014.pdf>
  52. Mademgne K (2016). *Developing sensory evaluation methods for consumers with low-literacy levels aplicable in developing countries*. Department of Food Science. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of Pretoria. South Africa.
  53. Mamat H. y Hill S.E. (2018). *Structural and functional properties of major ingredients of biscuit*. International Food Research Journal 25(2): 462-471
  54. Maramag, R. P. (2013). *Diuretic potential of Capsicum frutescens L., Corchorus olitorius L., and Abelmoschus esculentus L*. Asian journal of natural and applied science, 2 (1). 60-69.
  55. Martinez I. (2017). *Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y la calidad del fruto de okra (Hibiscus esculentus L. var Esmeralda Dardo) en la finca el Ujuxte, Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala, C.A*. Universidad de San Carlos de Guatemala
  56. Maxon E y Rooney L (1972). *Evaluation of methods for tanin análisis in sorghum grain*. American Association of cereal chemist. Vol 49. Pp 720-728.
  57. MEF, (2013). *Biology of "Okra". Series of crop specific biology document*. Ministry of Environmental and Forest Government of India. p1-8.
  58. Messing, J., Thöle, C., Niehues, M., Shevtsova, A., Glocker, E., & Hensel, A. (2014). *Antiadhesive properties of Abelmoschus esculentus ("Okra")*

- immature fruit extract against Helicobacter pylori* adhesion. PLoS One, 9(1), e84836.
59. Mihretu, Y., Wayessa, G., & Adugna, D. (2014). *Multivariate Analysis among “Okra” (Abelmoschus esculentus (L.) Moench) Collection in South Western Ethiopia*. Journal of Plant Sciences 9(2):43-50.
  60. MINECO (2017). *Perfil Departamental Escuintla*. Ministerio de Economía. Versión 01 Extraído de : [https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/escuintla\\_2.pdf](https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/escuintla_2.pdf)
  61. MINECO (2017). *Perfil Departamental Zacapa*. Ministerio de Economía. Versión 01 Extraído de : [https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/zacapa\\_0.pdf](https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/zacapa_0.pdf)
  62. Minh N., Bach L., et al (2019). *Production of Dried Tea from Okra (Abelmoschus Esculentus)*. J. Pharm. Sci. & Res. 11 (2), 279-283
  63. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Protocolo para el tratamiento a nivel hospitalario de la desnutrición aguda severa y sus complicaciones en el paciente pediátrico*. Programa de Seguridad Alimentaria y Nutricional. Tercera edición. Páginas totales: 55
  64. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Protocolo para el tratamiento Ambulatorio de Niños con Desnutrición Aguda Severa sin Complicaciones en la Comunidad. Vice-ministerio de Hospitales*. Programa de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PROSAN). Páginas totales: 49
  65. Musa A. (2008). *Effect of sun drying on the nutritive value of okra (Hibiscus esculentus)*. B.SC. Agric. Department of Food Science and Technology. University of Khartoum.
  66. Naik V., Patil N., Aparadh V. y Karadge B. (2014). *Methodology in determination of oxalic acid in plant tissue: a comparative approach*. Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences 5(2) pp 1662-1672
  67. Ndangui, C.B., Kimbonguila, A., Nzikou, J.M., Matos, L., Pambou, N.P .G., Abena, A.A., Silou, Th., Scher, J., & De sobry, S. (2010). *Nutritive Composition and Properties Physico-chemical of gumbo (Abelmoschus esculentus L.) Seed and Oil*. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 2(1): 49-54.
  68. Ngoc, T., Ngo, N., Van, T., & Phung, V. (2008). *Hypolipidemic effect of extracts from Abelmoschus esculentus L. (Malvaceae) on Tyloxapol-induced hyperlipidemia in mice*. Warasan Pheasatchasat, 35, 42–46.
  69. Omoniyi S., Idowu M. y Adeola A. (2018). *Potential domestic and industrial utilizations of okra seed: a review*. Annals. Food Science and Technology. 19(4). [www.afst.valahia.ro](http://www.afst.valahia.ro)
  70. Organización de las Naciones Unidas (2018). *Objetivos de Desarrollo: de los ODM los ODS*. Extraído de: <https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>
  71. Paul B., Chanda S., Das S., Singh P., Pandey B., y Giri S. (2014). *Mineral Assay in Atomic Absorption Spectroscopy*. The Beats of Natural Sciences. 1 (4).
  72. PMA-CEPAL (2006). León A, Martínez R, Espíndola E y Schejtman A. *Pobreza, hambre y seguridad alimentaria en Centroamérica y Panamá*. División de Desarrollo social. Naciones Unidas.

73. PROGRESAN-SICA (2020). *Análisis de Inseguridad Alimentaria Aguda de la CIF (Clasificación Integrada de la seguridad alimentaria en Fases)*. Extraído de: [https://www.sica.int/documentos/informe-del-analisis-de-situacion-de-inseguridad-alimentaria-aguda-mtfrl-octubre-2019\\_1\\_120808.html](https://www.sica.int/documentos/informe-del-analisis-de-situacion-de-inseguridad-alimentaria-aguda-mtfrl-octubre-2019_1_120808.html)
74. Raghuvanshi, R. S.; Rashmi, S.; Sing, R.; Ratana, S.(2001). *Nutritional Composition of uncommon foods and their role in meeting micronutrients needs*. International Journal of food Science and Nutrition. 52(4): 331-335 C.V Mosby Company, USA. Pp: 112-118.
75. Ryan K., Adams K., et al (2014). *A comprehensive linear programming tool to optimize formulations of ready-to-use therapeutic foods: an application to Ethiopia*. AJCN. doi: 10.3945/ajcn.114.090670
76. Robertson T, Carter E., et al (2020). *Early estimates of the indirect effects of the COVID-19 pandemic on maternal and child mortality in low-income and middle-income countries: a modelling study*. LancetGlob Health 8: e901-08.
77. Sanjeet K., Sokona D., Adamou H., Alain R., Dov P., & Christophe, K. (2010). "Okra" (*Abelmoschus spp.*) in West and Central Africa: Potential and progress on its improvement. African Journal of Agricultural Research Vol. 5(25), pp. 35903598.
78. Sawicka B. (2019). *Post-harvest Losses of Agricultural Produce*. Springer Nature Switzerland AG, Zero Hunger, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69626-3\\_40-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69626-3_40-1)
79. Sengkhamparn, N., Verhoef, R., Schols, HA., Sajjaanantakul, T., & Voragen, AGJ. (2009). *Characterization of cell wall polysaccharides from "Okra" (Abelmoschus esculentus (L.) Moench)*. Carbohydr. Res., 344:1824-1832.
80. Sivakumaran K. y Kothalawala S. (2018) *An overview of the analytical methods for food phytates*. International Journal of Chemical Studies. 6(1) pp 2016-2020
81. Soetan KO, Olaiya CO and OE Oyewole. *The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review*. Afr. J. Food Sci. 2010;4: 200-222. 26
82. Sorapong Benchar, (2012). "Okra" (*Abelmoschus esculentus(L.) Moench*) as a Valuable Vegetable of the World. Ratar. Povrt. 49:105-112.
83. Suslow T. (2013). *Chlorination in the production and postharvest handling of fresh fruits and vegetables*. University of California – Davis. <http://postharvest.ucdavis.edu>
84. Torre R. (2013). "Evaluación de la efectividad nutricional de la pasta de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) como sustituto de la pasta de soya en el crecimiento de codornices (*Coturnix coturnix*)". Universidad San Francisco de Quito. Extraído de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2785/1/108877.pdf>
85. UNICEF (2011). *La desnutrición infantil. Causas, consecuencias y estrategias para su prevención y tratamiento*. Extraído de: <https://www.unicef.es/sites/unicef.es/files/Dossierdesnutricion.pdf>
86. UNICEF (2019). *Expert Meeting on Ready-to-Use-Therapeutic Foods (RUTF) UNICEF, Supply Division | Report 1 | 2nd-3rd*.

87. Vijay D. y Bhawesh R. (2015) *Ready to Use Therapeutic Food (RUTF): An Overview*. Scientific Online. Advances in life sciences and health. 2 (1)
88. WFP (2016). *World Food Programme. Technical Specifications for Ready-to-Use Supplementary Food (RUSF)*. Version : 16.0, Specification reference : MIXRSF000
89. WHO (2012). *Bulk density and tapped density of powders. Final text for addition to The International Pharmacopoeia*. Extraído de: [https://www.who.int/medicines/publications/pharmacopoeia/Bulk-tapped-densityQAS11\\_450FINAL\\_MODIFIEDMarch2012.pdf](https://www.who.int/medicines/publications/pharmacopoeia/Bulk-tapped-densityQAS11_450FINAL_MODIFIEDMarch2012.pdf)
90. WHO (2007). *Community-Based management of severe acute malnutrition*. A Joint Statement by WHO, UNICEF, WFP. ISBN: 9789280641479
91. Weber J. *et al*, (2016). *Acceptability of locally produced ready-to-use therapeutic foods in Ethiopia, Ghana, Pakistan and India*. Maternal & Child Nutrition. DOI: 10.1111/mcn.12250
92. Weeler E y Ferrer R (1971). *A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions*. American Association of cereal Chemists, Inc. Vol 48. Pp 313- 319.
93. Woldegiorgis AZ, Abate D, Haki GD and GR Ziegler (2015). *Major, minor and toxic minerals and anti-nutrients composition in edible mushrooms collected from Ethiopia*. Food Process. Technol. 2015; 6:134–142.
94. Zaharuddin, N.D., Noordin, M.I, & Kadivar, Ali. (2014). *The Use of Hibiscus esculentus(“Okra”) Gum in Sustaining the Release of Propranolol Hydrochloride in a Solid Oral Dosage Form*. BioMed Research International, Article ID 735891, 8 pages

## 11. Anexos

Cuadro 19: Análisis y mediciones a fruto en crudo

No.	Peso de fruto fresco (g)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Textura (kg)	Ancho (cm)
1	32.8	16.40	2.32	5.1	0.141
2	27.2	15.00	2.30	5.5	0.170
3	31.3	16.00	2.20	3.9	0.100
4	21.8	12.80	2.30	5.0	0.125
5	25.6	14.34	2.10	5.2	0.080
6	33.3	16.00	2.02	5.1	0.140
7	30.2	13.30	2.41	5.6	0.160
8	29.7	14.10	2.54	4.3	0.150
9	29.6	15.60	2.34	4.3	0.140
10	22.8	14.50	2.20	4.0	0.125
11	27.4	14.30	2.50	6.5	0.160
12	23.9	13.40	2.20	4.8	0.140
13	20.7	13.00	2.34	4.3	0.110
14	34.4	15.80	2.11	5.0	0.120
15	17.7	12.80	2.52	4.6	0.115
16	22.7	13.60	1.91	5.1	0.100
17	24.5	14.00	2.40	3.9	0.140
18	32.7	15.20	2.20	4.1	0.075
19	25.7	14.90	2.50	4.1	0.130
20	32.5	16.90	2.24	4.8	0.130
21	31.4	16.40	2.41	4.8	0.150
22	15.3	11.30	2.02	3.6	0.100
23	18.5	13.70	1.90	4.5	0.100
24	26.6	13.50	2.26	5.8	0.070
25	19.5	12.30	2.00	4.8	0.120
26	18.1	11.90	2.01	4.6	0.100
27	21.7	13.30	2.13	4.7	0.120
28	23.7	14.40	2.04	4.6	0.115
29	23.3	13.80	2.16	4.2	0.135
30	19.1	14.40	2.00	3.9	0.100
31	20.40	12.81	1.93	4.5	0.120
32	32.50	16.40	2.50	5.2	0.120
33	20.60	12.70	2.00	4.0	0.150
34	29.50	12.90	2.36	5.2	0.100

<b>No.</b>	<b>Peso de fruto fresco (g)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Textura (kg)</b>	<b>Ancho (cm)</b>
35	29.00	15.60	2.40	5.5	0.160
36	18.70	12.22	2.08	3.9	0.100
37	26.70	15.04	2.13	5.5	0.120
38	33.80	16.40	2.30	5.8	0.300
39	25.60	12.54	2.15	5.8	0.150
40	27.30	15.00	2.31	5.5	0.120
41	36.90	14.60	2.18	7.0	0.160
42	32.70	16.70	2.46	5.3	0.160
43	19.20	11.64	2.02	3.7	0.130
44	20.60	13.82	2.00	3.5	0.150
45	20.20	14.1	1.83	4.8	0.130
46	31.10	15.9	2.60	6.1	0.135
47	23.60	14.42	2.25	4.5	0.120
48	33.40	14.12	2.64	5.30	0.180
49	28.20	15	2.36	5.00	0.160
50	31.80	14.5	2.50	5.40	0.150
<b>Promedio</b>	<b>26.11</b>	<b>14.27</b>	<b>2.23</b>	<b>4.84</b>	<b>0.132</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>5.53</b>	<b>1.42</b>	<b>0.20</b>	<b>0.76</b>	<b>0.035</b>

(Elaboración propia)

Cuadro 20: Análisis y mediciones a semilla en crudo

No.	Peso semillas por vaina	% de semilla en fruto	Diámetro de semilla (cm)
1	6.5	19.82	0.38
2	4.3	15.81	0.50
3	6.0	19.17	0.46
4	4.4	20.18	0.54
5	5.7	22.27	0.45
6	6.8	20.42	0.34
7	7.0	23.18	0.57
8	5.6	18.86	0.54
9	6.1	20.61	0.40
10	4.0	17.54	0.54
11	5.5	20.07	0.38
12	5.0	20.92	0.40
13	4.9	23.67	0.40
14	6.7	19.48	0.56
15	6.1	34.46	0.56
16	3.6	15.86	0.53
17	4.6	18.78	0.54
18	6.6	20.18	0.49
19	5.3	20.62	0.58
20	6.9	21.23	0.37
21	5.6	17.83	0.49
22	2.0	13.07	0.53
23	4.7	25.41	0.50
24	4.8	18.05	0.37
25	2.9	14.87	0.44
26	3.1	17.13	0.43
27	4.3	19.82	0.50
28	4.7	19.83	0.47
29	4.6	19.74	0.55
30	4.4	23.04	0.50
31	4.1	20.10	0.45
32	7.5	23.08	0.50
33	6.0	29.13	0.43
34	4.1	13.90	0.44
35	7.2	24.83	0.39

No.	Peso semillas por vaina	% de semilla en fruto	Diámetro de semilla (cm)
36	4.6	24.60	0.37
37	5.2	19.48	0.44
38	6.8	20.12	0.40
39	7.0	27.34	0.46
40	7.9	28.94	0.41
41	8.0	21.68	0.54
42	7.9	24.16	0.50
43	3.7	19.27	0.45
44	3.7	17.96	0.40
45	4.1	20.30	0.52
46	7.4	23.79	0.42
47	4.9	20.76	0.51
48	7.6	22.75	0.45
49	6.9	24.47	0.46
50	5.8	18.24	0.48
<b>Promedio</b>	<b>5.5</b>	<b>20.94</b>	0.47
<b>Desviación estándar</b>	<b>1.4</b>	<b>3.91</b>	0.06

(Elaboración propia)

Cuadro 21: Parámetros de semillas frescas de okra

Repetición	Peso de 100 semillas (g)	Densidad aparente (g/ml)	pH
1	4.0	0.456	6.07
2	3.2	0.458	6.13
3	3.2	0.466	6.10
<b>Promedio</b>	<b>3.5</b>	<b>0.460</b>	<b>6.10</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>0.5</b>	<b>0.005</b>	<b>0.03</b>

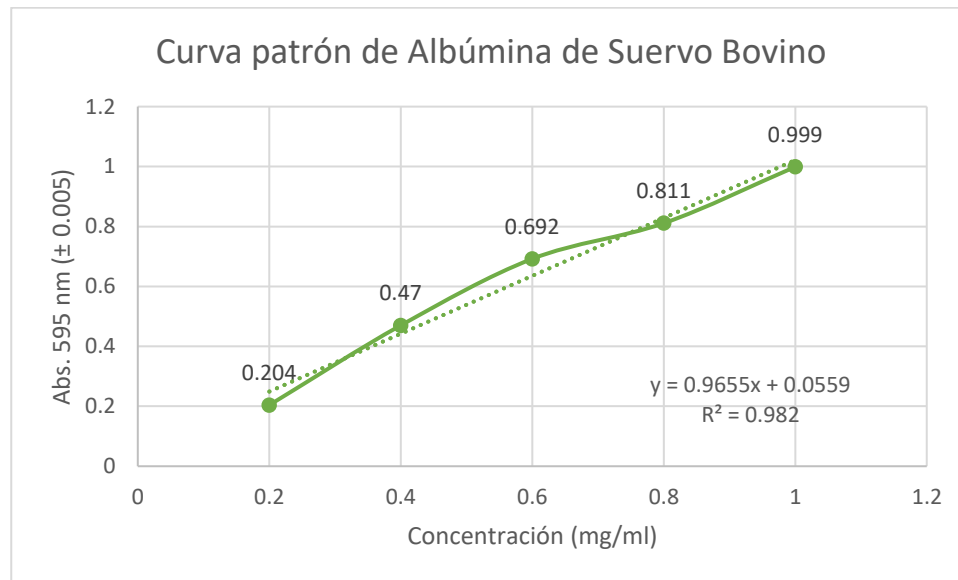
(Elaboración propia)

Cuadro 22: Análisis de tamaño de partícula

No. Mesh	Diferencia (g de harina de semilla retenida)	Harina de semilla (% retenido)	Diferencia (g de harina de vaina retenida)	Harina de vaina (% retenido)
25	0.2932	1.46	0.6979	3.32
40	2.3478	11.72	12.9714	61.78
60	16.07	80.24	5.5918	26.63
80	0.6842	3.42	1.3209	6.29
100	0.1447	0.72	0.0985	0.47
120	0.1719	0.86	0.1300	0.62
200	0.2247	1.12	0.1539	0.73
400	0.0905	0.45	0.0315	0.15
<b>Total</b>	20.027	100.00	21.00	100.00

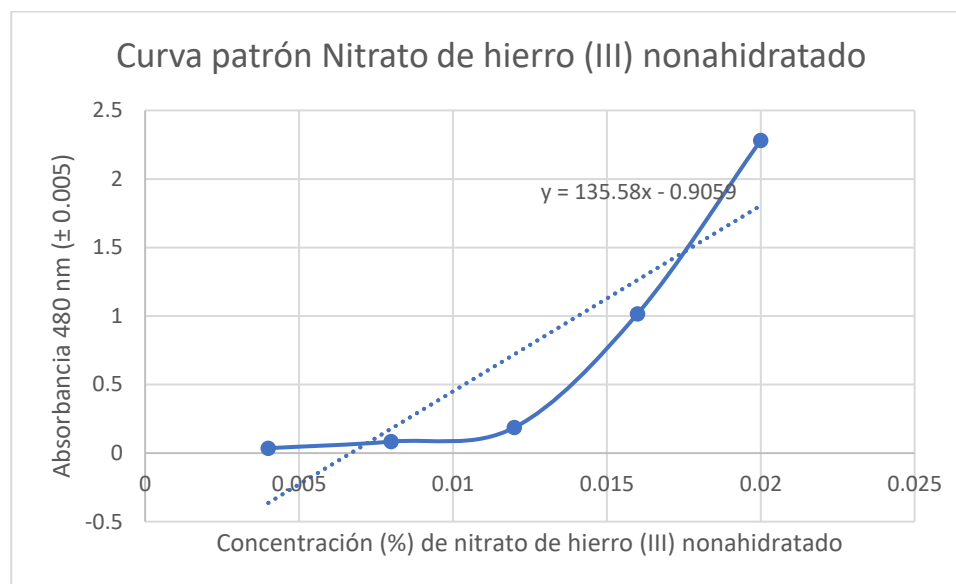
(Elaboración propia)

Figura 22: Gráfica de la curva patrón de albúmina de suero bovino



(Elaboración propia)

Figura 23: Gráfica de la curva patrón de nitrato de hierro (III) nona-hidratado



(Elaboración propia)

Cuadro 23: Composición nutricional de ingredientes del ACLC

Ingrediente	Kcal/g	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Omega-6 (C18:2) (%)	Omega-3 (C18:3) (%)	Sodio (mg/g)	Lisina (%)	Metionina (%)	Triptófano (%)
Maíz	3.75	8.00	4.50	68.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
Harina de semilla de okra	334.35	21.64	1.97	57.52	0.00	0.00	0.00	1.22	0.23	0.44
Aceite canola	9.00	0.00	100.00	0.00	18.50	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aceite oleína palma	9.00	0.00	100.00	0.00	11.60	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Azúcar	4.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Leche descremada (a)	3.81	35.00	1.40	57.00	0.00	0.00	5.70	2.86	0.99	0.51
Ajonjolí (b)	623.28	22.99	53.46	12.55	19.67	0.32	0.00	1.30	1.40	0.78
Aceite soya	9.00	0.00	100.00	0.00	53.20	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00

(INCAP, 2012)

(a) (Dairy Export Council, 2009)

(b) (Loarca, 2005), (Torre, 2013)

Figura 24: Mejora en formulaciones de ACLC



(Elaboración propia)

Figura 25: Prueba de empaque en PET metalizado



(Elaboración propia)

Cuadro 24: Costo de materia prima del ACLC

<b>Ingrediente</b>	<b>Formulación (%)</b>	<b>(Q/g)</b>	<b>Costo (Q)</b>
Aceite oleína palma (a)	27.12	0.011	0.291
Leche descremada (c )	20.24	0.030	0.615
Azúcar (b)	19.97	0.017	0.334
Harina de semilla de Okra	17.62	0.004	0.075
Ajonjolí (b)	13.13	0.007	0.088
Premix de minerales ( e)	1.10	0.140	0.154
Lecitina de soya (d)	0.50	0.018	0.009
Aceite canola (a)	0.17	0.016	0.003
Vainilla (d)	0.15	0.030	0.005
<b>Costo por 100g (Q)</b>			<b>1.574</b>
<b>Costo por 15g (Q)</b>			<b>0.236</b>

(a) Proveedor Idealsa

(b) MAGA

(c) Alprisa. Alimentos Prisa S.A.

(d) Distribuidora El Caribe

(e) SternVITAMIN