

---

## TITULACIÓN INTEGRAL CON EL PRODUCTO

### TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA OBTENCIÓN DE  
CONCENTRADOS PROTEICOS A PARTIR DE GARBANZO (*Cicer  
arietinum*) DE SEGUNDA CALIDAD, UTILIZANDO ENZIMAS  
COMERCIALES”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTA:**

**AURORA JANETH LLANES BERNAL**

**DIRECTOR:**

**M.C. EDNA NATHALIE MAÑÓN RIOS**

**CODIRECTOR:**

**DR. HERVEY RODRÍGUEZ GONZÁLEZ**

**SINALOA DE LEYVA, SIN.**

**FEBRERO 2018**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	VIII
AGRADECIMIENTO .....	IX
RESUMEN .....	X
GLOSARIO.....	XII
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1. Origen del garbanzo.....	3
2.2. Morfología del garbanzo .....	3
2.3. Normas del Codex para garbanzo .....	5
2.3.1. Factores de calidad generales .....	6
2.3.2. Contenido de humedad .....	6
2.3.3. Materias extrañas.....	6
2.3.4. Semillas tóxicas o nocivas .....	7
2.3.5. Calidad comercial para garbanzo.....	7
2.4. Estadísticas de producción internacional y nacional .....	8
2.5.1. Proteínas.....	11
2.5.2. Almidón .....	11
2.5.3. Lípidos.....	12
2.5.4. Carbohidratos.....	13
2.5.5. Vitaminas y minerales .....	13
2.6. Propiedades funcionales de la harina del garbanzo.....	13
2.7. Concentrados proteicos .....	14
2.9. Utilidades de los concentrados proteicos .....	18
2.9.1. Embutidos .....	19

---

2.9.2. Propiedades de hidratación.....	19
2.9.3. Propiedades emulsionantes .....	20
<b>III. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
<b>V. HIPOTESIS .....</b>	<b>23</b>
<b>VI. OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
4.1. Objetivo general.....	24
4.2. Objetivos específicos .....	24
<b>VII. METODOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
7.1. Área de estudio .....	25
7.2. Obtención de la harina de garbanzo .....	25
7.3. Obtención del concentrado proteico.....	25
7.4. Hidrólisis ácida .....	25
7.4.1. Hidrólisis acida incorporando la enzima lipasa .....	26
7.4.2. Hidrólisis acida incorporando la enzima proteasa.....	26
7.4.3. Hidrólisis acida incorporando enzimas lipasa y proteasa. ....	27
7.5. Precipitación isoelectrica.....	28
7.6. Concentrado proteico .....	28
7.7. Liofilización.....	29
7.8. Análisis químicos proximales .....	30
7.8.1. Humedad .....	30
7.8.2. Cenizas.....	30
7.8.3. Análisis proximal de proteína.....	31
7.8.4. Extracto etéreo .....	32
7.8.5. Fibra cruda.....	32

---

---

7.8.6. Extracto libre de Nitrogeno (ELN) .....	35
7.8.7. Rendimiento del proceso de obtención de concentrado proteico .....	36
<b>VIII. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
8.1. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo .....	37
8.2. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo, utilizando lipasa.....	38
8.3. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando proteasa... ..	38
8.4. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando lipasa y proteasa.....	39
8.4.1. Parámetros de calidad del proceso del concentrado proteico .....	40
8.4.2. Características físicas de los concentrados proteicos .....	40
8.4.3. Rendimiento proteico total del proceso obtenido del concentrado proteico de la harina de garbanzo .....	42
8.4.4. Rendimiento proteico total del proceso obtenido del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando lipasa .....	42
8.4.5. Rendimiento proteico total del proceso obtenido del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando proteasa .....	42
<b>IX. DISCUSION.....</b>	<b>45</b>
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>XII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>50</b>
<b>XIII. ANEXOS .....</b>	<b>52</b>
13.1. ANEXO 1. Determinación de humedad.....	52
13.1.2. Equipos:.....	52

---

---

13.1.3 Materiales y reactivos: .....	52
13.1.4. Procedimiento:.....	52
13.1.5. Cálculos: .....	53
13.2. Anexos 2. Determinación de cenizas .....	53
13.2.1 Equipos:.....	54
13.2.2. Materiales y reactivos: .....	54
13.2.3. Procedimiento .....	54
13.2.4. Cálculos:.....	55
13.3. Anexos 3. Determinación de proteína .....	55
13.3.1. Uso del digestor .....	57
13.3.2. Uso del destilador .....	58
13.3.3. Solución alcalina .....	59
13.3.3.2. Solución receptora .....	59
13.3.3.3. Uso del destilador .....	60
13.3.3.4. Titular .....	60
13.3.3.5. Cálculos: .....	61
13.4. Anexos 4 Determinación de lípidos .....	61
13.4.1. Procedimiento del Método de Soxhlet .....	63
13.4.2. Cálculos .....	64
13.5. Anexos 5. Fibra cruda .....	64
13.5.1. Procedimiento del método: de hidrólisis sucesivas.....	65
13.5.2. Cálculos .....	67
13.6. Anexos 6. Resultado de los análisis Bromatológicos .....	68

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Morfología del garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> L) (Govantes 2017). .....	4
<b>Figura 2</b> Estructura del grano de garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> ) (Cubero, 1987).....	5
<b>Figura 3.</b> Exportaciones mundiales de garbanzo en toneladas en el año 2015 .....	8
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de valor de la producción por entidad federativa .....	9
<b>Figura 5.</b> Principales entidades productoras (SIAP, 2015) .....	9
<b>Figura 6.</b> Harina de garbanzo.....	26
<b>Figura 7.</b> Recuperación del sobrenadante.....	27
<b>Figura 8.</b> Precipitado de las proteínas de la harina de garbanzo.....	28
<b>Figura 9.</b> Concentrado proteico.....	29
<b>Figura 10.</b> Concentrado proteico liofilizado. ....	29
<b>Figura 11.</b> Crisol a peso constante.....	30
<b>Figura 12.</b> Incineración.....	31
<b>Figura 13.</b> Análisis proximal de proteína .....	31
<b>Figura 14.</b> Análisis de lípidos método Soxtec Avanti. ....	32
<b>Figura 15.</b> Análisis de cenizas método de hidrólisis acida.....	33
<b>Figura 16.</b> Bomba de vacío. ....	34
<b>Figura 17.</b> Lavados a vacío adición de octanol.....	34
<b>Figura 18.</b> Incinerado de las muestras en mufla. ....	35
<b>Figura 19.</b> Aspecto y aroma de las muestras obtenidas en los diferentes análisis.. ..	44
<b>Figura 20.</b> Sistema del digestor.....	57
<b>Figura 21.</b> Uso del destilador. ....	59
<b>Figura 22.</b> Análisis de lípidos .....	62
<b>Figura 23.</b> Determinación lípidos: que se recopila en el matraz bola.....	63

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química de garbanzo (% bs mg/100 g).....	10
<b>Tabla 2.</b> Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo, concentrado proteico y almidón. ....	37
<b>Tabla 3.</b> Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo con lipasa, concentrado proteico, almidón y proteína desengrasada.....	38
<b>Tabla 4.</b> Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo con proteasa, concentrado proteico, almidón y proteína desengrasada.....	39
<b>Tabla 5.</b> Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo con lipasa y proteasa, concentrado proteico, almidón y proteína desengrasada. ....	40
<b>Tabla 6.</b> Parámetros fisicoquímicos de calidad de concentrado proteico de la harina de garbanzo. ....	41
<b>Tabla 7.</b> Resultados de rendimiento de los concentrados proteicos. ....	43
<b>Tabla 8.</b> Resultados de rendimiento de los concentrados proteicos desengrasados. ....	44
<b>Tabla 9.</b> Formula de porcentaje de Humedad.....	53
<b>Tabla 10.</b> Formula de porcentaje de cenizas. ....	55
<b>Tabla 11.</b> Formula de porcentaje de extracto libre de Nitrógeno. ....	61
<b>Tabla 12.</b> Formula de porcentaje de lípidos.....	64
<b>Tabla 13.</b> Formula de porcentaje de fibra. ....	67
<b>Tabla 14.</b> Resultados de análisis de la harina de garbanzo.....	68
<b>Tabla 15.</b> Resultado de análisis de concentrado proteico.....	68
<b>Tabla 16.</b> Resultados del almidón de garbanzo 100g/l .....	69
<b>Tabla 17.</b> Resultados de análisis de la proteína desengrasada.....	69

---

## DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico con todo mi amor y cariño a mis padres Francisca Bernal Valdez y Alejandro Llanes Angulo, por su sacrificio y esfuerzo, para darme la oportunidad de estudiar, a mis abuelos, a mi novio por brindarme su amor, que me inspira a seguir adelante, apoyándome en todas mis decisiones, por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado brindándome su comprensión, cariño y amor, a mis primas favoritas que son tres corazones importante en mi vida son las hermanas del alma, a mi hermano por decirme que estaba loca que no me fuera a otra universidad fue el que me aliento a estudiar mi carrera.

Especialmente todas las personas que me ayudaron a seguir desarrollando la tesis y me dijeron que no me diera por vencida para terminar la tesis lo cual parecía imposible, mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis todas esas personas que tratan de acerté sentir inferior, porque solo callaba cuando me decían que no lo lograría, siempre tuve mi mente enfocada en un sueño, agradecida con la vida por brindarme tanta felicidad y las fuerzas necesarias para creer en mí y superar cualquier obstáculo, porque al escribir la historia de mi vida no dejare que nadie más sostenga el lápiz.



---

## AGRADECIMIENTO

- Al **Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva** por darme la oportunidad de formarme como profesional y permitirme cumplir esta meta.
- Al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)**- unidad Sinaloa, del instituto politécnico nacional por brindarme la oportunidad de poder realizar la residencia de licenciatura en conjunto con todo el equipo de trabajo.
- Al **Dr. Hervey Rodríguez González** por creer en mí y brindarme la oportunidad de realizar mi residencia apoyarme y recibirme en el laboratorio de bromatología del departamento de acuacultura.
- A la **M. en C. Edna Nathalie Mañón ríos** por asesorarme a lo largo de mi residencia, por compartirme sus conocimientos, y brindarme su apoyo y confianza, así como por estar siempre dispuesta ayudarme a solucionar las diferentes situaciones que fueron surgiendo durante el proyecto.
- A la **M. en C. Rosario Alicia Fierro Coronado**, por compartir sus conocimientos y experiencias apoyarme como si fuera una de sus estudiantes, así como por la confianza y la amistad que me brindo desde que llegué, por su paciencia y la orientación que siempre me otorgo, sus consejos, asesorías.
- A la empresa **Productores Unidos del Rio Petatlán (PURP)** ubicadas en Guasave, Sinaloa por su cooperación y amabilidad al brindar la muestra del garbanzo y por la información otorgada.
- A mis asesores y maestros por estar en mi formación académica para alcanzar este logro.
- A mis compañeros y amigos por estar siempre conmigo por apoyarme en las buenos y en los malos momentos

---

## RESUMEN

La sobre población humana y la alta demanda de alimentos es solo una consecuencia de la escasez de alimentos. Estas necesidades han impulsado a la búsqueda de nuevas alternativas para la producción de alimentos con alto contenido de proteínas, por lo que se propone la utilización del garbanzo (*Cicer arietinum L*) de segunda calidad. El presente trabajo tiene como objetivo determinar el rendimiento de la obtención de un concentrado proteico a partir de garbanzo de segunda calidad, el cual se molió y se tamizó a 460  $\mu\text{m}$ . Posteriormente, se realizó una hidrólisis ácida y precipitación isoeléctrica. Una vez obtenido el concentrado, se realizó el análisis bromatológico del obtenido. Finalmente, se determinó el rendimiento del proceso para obtención del concentrado. La composición química proximal de la harina de garbanzo fue de 7.21% de humedad, 19.72% de proteína, 5.88% de lípidos, 2.98% de cenizas, 9.28% de fibra, 63.33% de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN). Posteriormente, se obtuvo hidrolizados utilizando enzimática comerciales (lipasa y proteasa), con el objetivo de mejorar el rendimiento. La mayor concentración de proteína (87.55%) se obtuvo en el tratamiento que no se agregó enzima. Para el contenido de lípidos (15.56%), se puede observar que la menor concentración se encuentra cuando se utiliza proteasas durante el proceso. El mayor rendimiento de proteína registrado, se encuentra en el tratamiento que se utilizaron proteasas (83.31%), por lo que se recomienda que se utilice proteasas para registrar mayor eficiencia durante el proceso de obtención de concentrados proteicos.

## GLOSARIO

**Alimentos nutritivos.-** Son aquellos que aportan al organismo los nutrientes, las vitaminas, las calorías y demás componentes necesarios para tener un rendimiento óptimo a lo largo del día.

**Carbohidratos.-** Son compuestos orgánicos formados por carbono, hidrogeno y oxígeno, presentan la formula general  $C_x(H_2O)$ .

**Cenizas.-** Se denomina así a la materia inorgánica (sales minerales) que constituyen a los alimentos.

**Concentrado proteico.-** Aquel producto alimenticio obtenido de harinas de origen vegetal y animal. A estas harinas se les ha elevado el contenido proteico mediante una serie de tratamientos originando un producto alimenticio con menos contenido de grasa, mayor contenido de proteínas y con un valor nutritivo y económico aceptable.

**Enzimas:** son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles: una enzima hace que una reacción química que es energéticamente posible, pero que transcurre a una velocidad muy baja, sea cinéticamente favorable, es decir, transcurra a mayor velocidad que sin la presencia de la enzima.

**Fibra.-** Son todas las sustancias orgánicas formadas principalmente por glúcidos estructurales vegetales, tales como celulosa (90%) y hemicelulosa, pero también contienen algo de lignina, que es una sustancia muy poco digerible que se relaciona con la porción fibrosa de los tejidos vegetales.

**Garbanzo.-** El garbanzo (*Cicer arietinum*) es una especie de leguminosa adaptada en el ámbito mediterráneo.

**Harina.-** Producto que resulta de moler algunos cereales, tubérculos u otros alimentos.

**Humedad.-** Es la cantidad de agua contenida en el alimento la cual permite determinar su capacidad de conservación y de propagación bacteriana.

**Liofilización.-** Es un proceso en el que se congela el alimento y una vez congelado se introduce en una cámara de vacío para que se separe el agua por sublimación. De esta manera, se elimina el agua desde el estado sólido de alimento al gaseoso del ambiente sin pasar por estado líquido.

**Lípidos.-** Son un conjunto de moléculas orgánicas, la mayoría biomoléculas, compuestas principalmente por carbono e hidrogeno en menor medida oxígeno, aunque también pueden contener fosforo, azufre y nitrógeno, que tienen como característica principal el ser hidrofóbicas o insolubles en agua. Los lípidos cumplen funciones diversas en los organismos vivos, entre ellas las de reserva energética (triglicéridos), la estructural (fosfolípidos de las bicapas) y la reguladora (esteroides).

**Nutrición.-** Es el conjunto de procesos físicos que suministran la energía necesaria para los organismos y proporcionan las moléculas básicas para su organización estructural y funcional.

**Proteína cruda.-** Fracción que incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico presentes en ingredientes y alimentos. Se expresa porcentualmente como proteína cruda (nitrógeno total x 6.25), ya que los alimentos contienen alrededor del 16% de nitrógeno ( $100 \div 16 = 6.25$ ).

## I. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento demográfico de la población mundial determina la necesidad de encontrar nuevas fuentes proteicas, que complementen a las ya existentes, para satisfacer la demanda de este nutrimento, donde la escasez de proteínas de origen animal y su elevado costos conllevan a serios problemas de desnutrición, consecuencia del aumento de enfermedades generadas por los malos hábitos de alimentación con el estilo de la vida moderna, en este sentido se ha dirigido el interés hacia el aprovechamiento de las proteínas vegetales, son de menor costo y en muchos casos contenidos proteicos altos. Con la finalidad de incorporarlas en la elaboración de productos alimenticios.

Las características fisicoquímicas y las interacciones con otros componentes en el alimento, determinan el valor de una proteína dentro de un sistema alimenticio. Por consiguiente, para ser utilizadas en aplicaciones alimentarias las proteínas deben tener, en adición a su valor nutricional, ciertas propiedades funcionales que le confieren capacidad para suministrar textura, estabilidad física y otras condiciones deseables en el producto que la incorporen.

Se han realizado estudios sobre la obtención de concentrados y aislados proteicos de fuentes vegetales, así como también acerca de las propiedades funcionales de los mismos; lo cual incrementa la producción y el uso de esos materiales como ingredientes y en la fortificación de alimentos. Los hidrolizados se pueden producir por métodos químicos (con ácidos o bases) o biológicos (con enzimas) (Vioque, 2001). En la hidrólisis enzimática las enzimas proteolíticas hidrolizan a las proteínas (Whitaker, 1994). La propiedad fundamental de un hidrolizado que va a determinar sus características es su grado de hidrólisis, es decir, el porcentaje de enlaces peptídicos rotos en relación a la proteína original. Los hidrolizados extensivos son destinados a una alimentación especializada y tienen un grado de hidrólisis superior al 10% (Vioque, 2001).

Sin embargo estos hidrolizados tienen un costo elevado y son importados por lo que es necesario buscar alimentos con un alto contenido de proteína para su utilización como sustrato en los hidrolizados. *El Cicer arietinum* conocido comúnmente como garbanzo, es una planta herbácea que pertenece a la familia fabácea, subfamilia papilionoides y del género *Cicer*. Es una leguminosa cuyos frutos son redondas con las valvas coriáceas, y una o dos semillas en su interior, posee un alto valor nutritivo de carbohidratos, vitaminas, proteínas, almidón y lípidos más que otras legumbres destacando el hierro que casi triplica al de la carne.

Tomando como base el valor nutricional del garbanzo, se considera importante determinar el rendimiento y su aprovechamiento de las semillas de garbanzo de segunda calidad para la obtención de un aislado proteico de la harina de garbanzo para determinar las condiciones que permitan obtener un concentrado proteico, así como la evaluación química nutricional y funcional de dicho concentrado proteico. La necesidad de este tipo de información motiva la realización del presente estudio, cuyo propósito fundamental es aportar datos que permitan definir el potencial uso de las proteínas del garbanzo como materia prima en la industria alimentaria para la elaboración de embutidos, con un alto contenido proteico como un sustantivo de la carne para los veganos y vegetarianos.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Origen del garbanzo

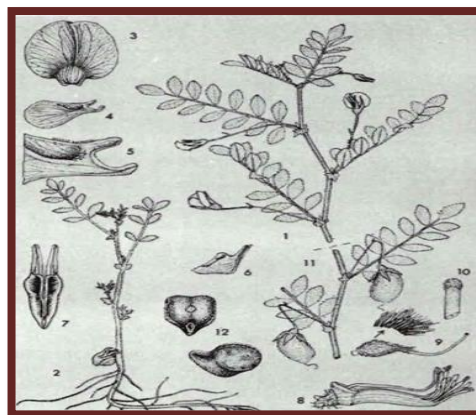
El cultivo del garbanzo pertenece a la familia fabácea, subfamilia Papilionoides y el género *Cicer* se clasificó dentro de la tribu Vicieae Alef posteriormente, y dado que sus características eran diferenciadas, fue considerado como una tribu por sí sola, *Cicereae Alef*. Van der Maesen (1972), (citado por De Miguel, 1991), el cual incluye dentro de este género ocho especies anuales y treinta y una perennes. Más tarde, fueron añadidas cuatro especies más. Entre esta, *C. reticulatum* es la más próxima al garbanzo y ha sido considerada como subespecie silvestre de *C. arietinum*. Mientras que, *C. biiuam* Y *C. echinosmrmum*, eran morfológicamente más parecidos al garbanzo que *C. reticulatum*.

Es muy antiguo presenta bajos requerimientos para su siembra, se ha cultivado desde el comienzo de la agricultura hace más de 9,500 a. C. (Redden & Berger, 2007; (Frimpong, 2010). El tipo Kabuli entro a la india a través de Kabul, capital de Afganistán hace unos dos siglos y que recibió el nombre de "Kabuli chana" en hindú, Asia Central, Cercano Oriente y Zona Centro del Mediterráneo. Numerosas especies de plantas fueron domesticadas y aprovechadas en el oriente hace 11,000 años (Talebi, Naji, & Fryaz, 2008). El cultivo prosperó en diversas regiones de México, llegando después de competir con el garbanzo producido en España, en relación a su calidad y buenos rendimientos (Crispín & López, 1976)

### 2.2. Morfología del garbanzo

El género (*C. arietinum*). Es planta de raíces profundas, tallos vellosos y fuertes, bastante ramificados, que pueden llegar hasta una altura de 30, 50 cm de altura (figura 1). Su hábito de crecimiento varía de erecto a rastro, es velluda y glandulosa, de hojas emparipinadas, sin zarcillos y uniformemente epuvinadas, con foliolos dentados típicos y estípulas lanceoladas y dentadas. Los tallos son de 1 a 3 cm de diámetro, con 3 a 10 ramas principales, la raíz es típica y puede desarrollar nódulos bacterianos sus hojas están compuestas de 15 foliolos

insertados en pequeños pedicelos. Los folíolos son típicamente dentados, tienen forma oval a elíptica y presentan una gran variación incluso dentro de la misma hoja (Govantes & Montañes, 2017). Las flores se caracterizan por ser blancas, violetas, azul celeste o rosadas, con la corola formada por cinco pétalos desiguales. El fruto se presenta en vainas cuyo contenido es de una o dos semillas. Comúnmente son globosas y ligeramente aplastadas y lobuladas por un lado. Hilio en el ápice, puntiagudo con la calaza en medio, el extremo de la semilla es redondeado; su superficie es de tegumento ligeramente rugosa; los colores de la semilla, según la variedad son: blanco, mate, crema, café, rojizo y negro (Coronel, 1980). El tamaño de los granos varía de grandes a medianos y pequeños; los primeros pesan 0.5 g o más, los segundos entre 0.1 y 0.15 g y los pequeños menos de 0.1 g (Coronel, 1980). Sus componentes principales son testa y cotiledón. La primera representa del 5-6% del peso del grano seco mientras que el cotiledón constituye del 83-84%. De acuerdo al cultivar, la forma del garbanzo puede ser redonda, semi redondo, arrugada, semi arrugada y ex albuminosa. Existen dos tipos de garbanzo en base a su color y distribución geográfica: Desi (origen en la India) que pueden ser de color café, café luminoso, amarillo, naranja, negro o verde y Kabuli (origen en la región del Mediterráneo y el Medio Oriente) de color blanco a crema (Chavan *et al.*, 1989).



**Figura 1.** Morfología del garbanzo (*Cicer arietinum* L.): 1, tallo; 2, plántula; 3, estandarte; 4, ala; 5, detalle del ala; 6, quilla, vista lateral; 7, quilla vista horizontal; 8, anteras; 9, ovarios; 10, estilo y estigma; 11, rama fructífera; 12, (Govantes 2017).



La estructura del grano de garbanzo (*Cicer arietinum*) (figura 2). El grano posee una capa externa donde se presentan varias estructuras. Estas son: hilio, micrópilo y rafe. El hilio es una cicatriz ovalada, que se sitúa en la mitad de una orilla o filo del grano y que queda cuando se separa del pedúnculo de la vaina. El micrópilo es una pequeña abertura en la cubierta del grano, a un lado del hilio, que es el lugar donde el tubo polínico entra en el óvulo. El rafe es una pequeña costilla a lado del hilio, opuesta al micrópilo y representa la base del pedúnculo que en la madurez se encuentra fundido con la cubierta seminal (Cubero, 1987).

Los granos se clasifican de acuerdo a normas de estándares que deben cumplir factores de calidad siendo inocuas y apropiadas para el consumo humano, permitiendo niveles estandarizados de humedad, siendo libres de materias extrañas, semillas tóxicas o nocivas, cumpliendo con los factores para su comercialización.

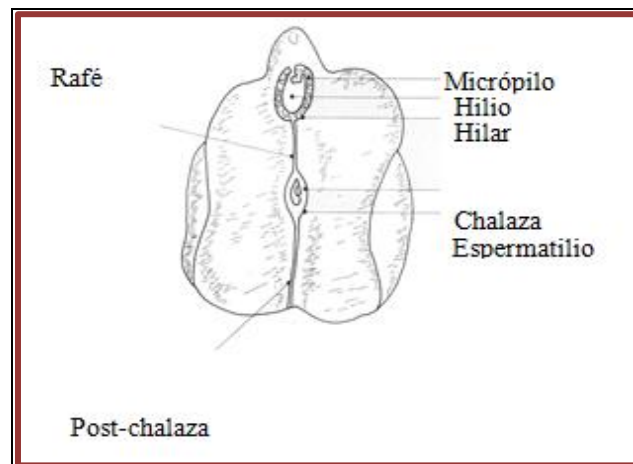


Figura 2. Estructura del grano de garbanzo (*Cicer arietinum*) (Cubero, 1987).

### 2.3. Normas del Codex para garbanzo

El Codex Alimentarios establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), tiene por objeto proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos.

Según la primera edición denominada: Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales del Codex Alimentarios, se detallan a continuación las normas del Codex para determinadas legumbres entre las que se incluye el garbanzo:

### **2.3.1. Factores de calidad generales**

- Las legumbres deberán ser inocuas y apropiadas para el consumo humano.
- Las legumbres deberán estar exentas de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
- Las legumbres deberán estar exentas de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

### **2.3.2. Contenido de humedad**

Se permiten dos niveles máximos de humedad para ajustarse a las distintas condiciones climáticas y prácticas de comercialización, se sugiere el valor más bajo 14% de contenido de humedad para los países con climas tropicales o cuando el almacenamiento a largo plazo (más de un año agrícola) es una práctica comercial normal. El valor de 16% de contenido de humedad se propone para climas más moderados o cuando el almacenamiento a corto plazo es la práctica comercial normal.

### **2.3.3. Materias extrañas**

Materia mineral u orgánica (polvo, ramitas, tegumentos, semillas de otras especies, insectos muertos, fragmentos o restos de insectos y otras impurezas de origen animal). Las legumbres no deberán contener más de 1 por ciento de materias extrañas, de las cuales no más de 0,25 % será de materia mineral y no más de 0,10 % de insectos muertos, fragmentos o restos de insectos y/u otras impurezas de origen animal.

#### 2.3.4. Semillas tóxicas o nocivas

Los productos regulados por las disposiciones de esta Norma estarán exentos de las siguientes semillas tóxicas o nocivas, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

#### 2.3.5. Calidad comercial para garbanzo

La apreciación se realiza sobre la totalidad de la muestra de 500 gramos. Los parámetros analizados son:

- Forma y rugosidad del grano: La forma con su mayor o menor forma redondeada y su rugosidad, va de liso a rugoso.
- Tamaño y uniformidad del grano: El tamaño y la homogeneidad de la semilla son los parámetros más importantes en la selección de material genético para producir garbanzo de exportación. Son deseables tamaños grandes (tipo Kabuli) precisándose un calibre mínimo de 7 mm. en las transacciones comerciales internacionales. Esto supone un peso de 34-35 gramos/ 100 semillas (82 a 85 semillas por Onza). El tamaño de la semilla es heredable aunque puede ser afectado por la localización, el clima y las enfermedades, tales como la rabia. La selección de variedades de invierno tiene el inconveniente de grano más pequeño. Se expresa en granos por onza (28,75 gr.). Se realizan tres pesadas de la cantidad indicada y se cuentan las semillas en cada una de esas muestras, calculándose la media.
- Color y tono de la piel: Todas las variedades tienen el color amarillo característico de esta leguminosa, con distintas tonalidades que van del claro al oscuro (Valdunciel Perez, 2007).

La tractiva presentación del grano es de suma importancia para su comercialización. La clasificación se realiza de acuerdo con un estándar de calibres, ya que los diferentes tamaños tienen distintos destinos industriales. El calibre se determina de acuerdo con la dimensión mínima de los granos, mediante

criba de agujeros circulares, comienza con granos de calibre inferior a siete milímetros pueden tener dos destinos: semillas para la próxima campaña o para la molienda (Agrovoz, 2017)

#### 2.4. Estadísticas de producción internacional y nacional

El garbanzo es la quinta leguminosa en importancia sobre la base de producción de grano, después de soya, cacahuate, frijol y chícharo. En el mundo se producen, 14,2 millones de toneladas distribuidas en una superficie de 14.8 millones de hectáreas (FAO, 2015) de las cuales, Australia es el principal productor, seguido por Rusia, India, México, Canadá y Argentina (figura 3).

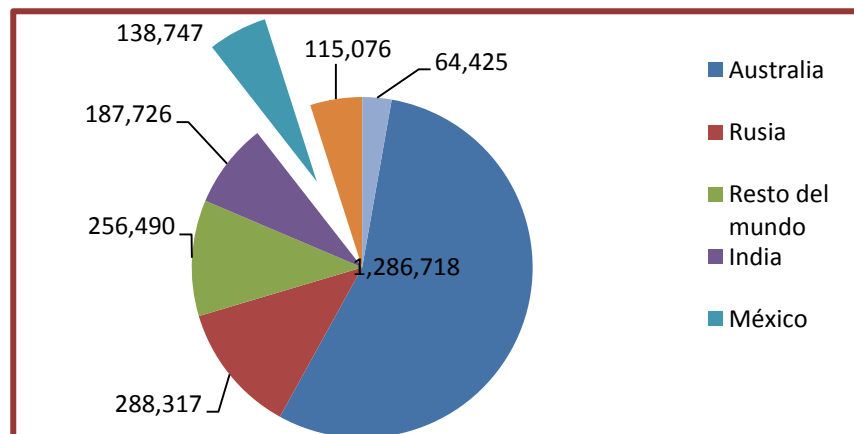


Figura 3. Exportaciones mundiales de garbanzo en toneladas en el año 2015 (FAO, 2015).

En México los principales estados productores de garbanzo son: Sinaloa, Sonora y Michoacán con un porcentaje de producción para el 2016 de 62.8%, 23% y 6.9%, respectivamente. (Figura 4).

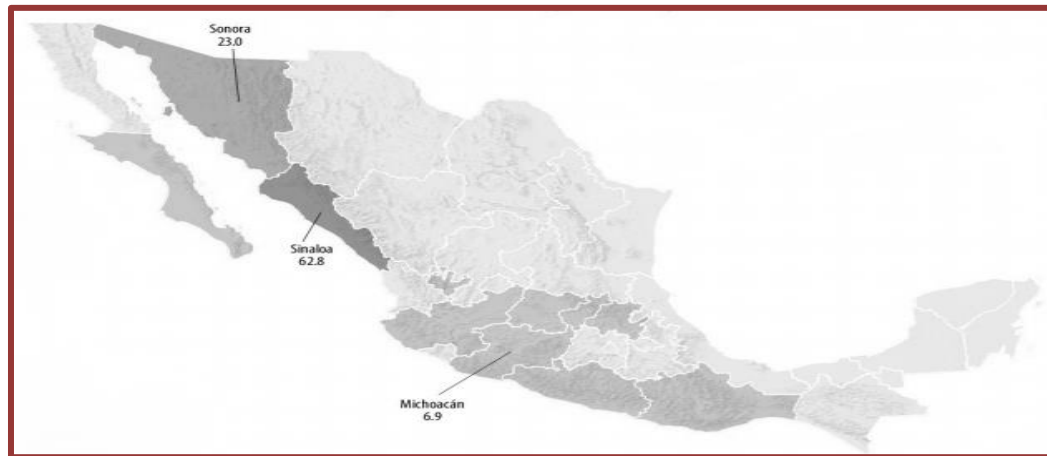


Figura 4. Porcentaje de valor de la producción por entidad federativa (SIAP, 2016).

Tan solo en el 2016, según lo reportado por el Sistema de Información de Agentes Promotores (SIAP), en México se cultivaron 80 mil hectáreas que generaron una producción de 138 mil toneladas (figura 5).

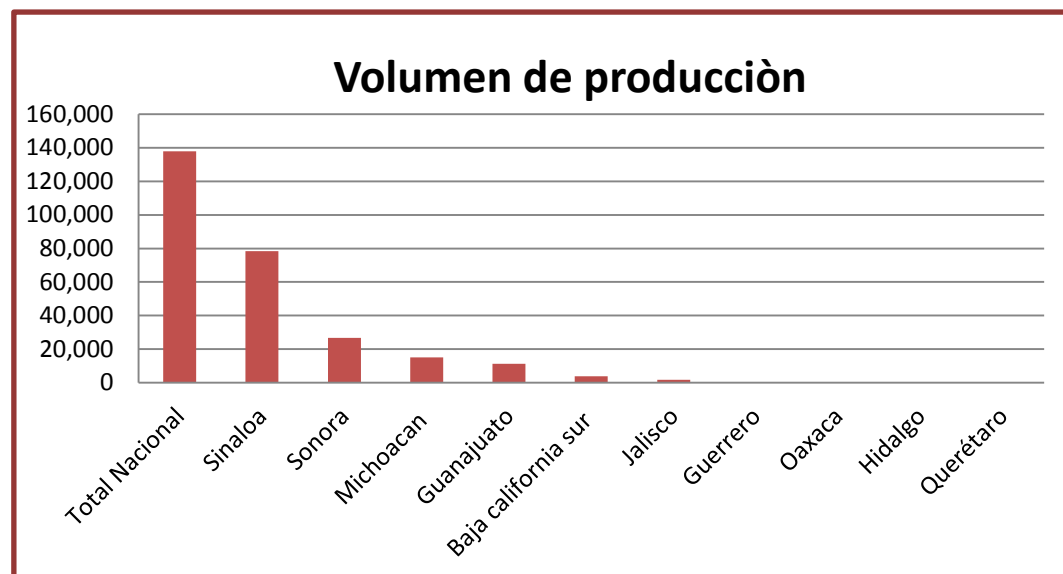


Figura 5. Principales entidades productoras (SIAP, 2015).

## 2.5. Propiedades nutricionales del garbanzo

En la Tabla 1 la composición química del garbanzo muestra un alto contenido de grasa y fibra, mientras que la cantidad de proteína permanece alrededor del 22%.

La calidad de las proteínas del garbanzo hidrolizado y los aislados se han explorado con el fin de mejorar su calidad nutricional (Muhammad, Lloyd, Rashida y Mian, 2007). Su contenido de fibra soluble lo hace efectivo en la disminución de colesterol en sangre. Además, posee cantidades importantes de vitaminas (ácido ascórbico y niacina) y minerales (Ca, P, Mg, Na, Fe, K) y, representa un excelente suministro de ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico) (Salunhke et al., 1982).

**Tabla 1.** Composición química de garbanzo (% bs mg/100 g).

Componente	Entero	
	Rango	Promedio
Proteína	12-31	22
Carbohidratos Totales	51-71	61
Almidón	37-50	44
Azúcares solubles	4-9	6
Fibra cruda	1-14	7
Fibra dietaría	11-27	19
Cenizas	3-4	3
Grasas	3-7	5
Ácidos grasos saturados	1	1
Ácidos grasos insaturados	3.56	3.56
Vitaminas		
Tiamina	0.3-0.4	0.3
Piridixonia	1	1
Niacina	2-3	2
Calcio	103-259	186
Magnesio	119-168	141
Hierro	3-10	7

<sup>a</sup> Re); <sup>b</sup> Williams y Singh (1987); <sup>c</sup> Chavan *et al.*, (1987); <sup>d</sup> ddy *et al.*, (1984)

### 2.5.1. Proteínas

El garbanzo se encuentra clasificado entre los granos cuyo contenido en proteínas es alto, teniendo en promedio 22% (bs) (Haard y Chism, 1998). Factores que causan variación en el contenido de proteína incluye carácter genético, localización geográfica y condiciones de crecimiento (Chavan et al., 1989).

Varía significativamente cuando se considera la masa total del grano seco (17-20%) y cuando es descascarado incrementa (25.3-28.9%). En varios estudios se han reportado diferencias en la concentración de proteína cruda de kabuli y desi. La calidad de la proteína del garbanzo resulta ser, mejor que otras leguminosas tales como del frijol negro (*Vigna mungo L.*), judía mungo (*Vigna radiata L.*) y frijol rojo (*Cajanus cajan L.*). La mayoría de las proteínas que se encuentran en el garbanzo son principalmente de reserva y se clasifican a base sus propiedades de solubilidad, las más importantes son las globulinas representando un 57% de la proteína total. Las glutelinas se encuentran en un 18%, las albúminas 12% y las prolaminas 3% (Singh y Jambunathan, 1982). Las proteínas de reserva del garbanzo son deficientes en aminoácidos que contienen azufre, tales como metionina, cisteína y triptófano. Sin embargo, el contenido de lisina y arginina es alto en comparación con los cereales. Por esta razón la combinación de leguminosas y cereales proporcionan los aminoácidos esenciales necesarios para una adecuada nutrición (Duranti, 2006)

### 2.5.2. Almidón

El almidón es el principal componente que constituye de las leguminosas, con mayor reserva de polisacáridos en el garbanzo varía entre 37-50 %, siendo mayor en el garbanzo tipo Kabuli que en el tipo desi (Frimpong, 2010). En la tabla 2 se muestran los carbohidratos complejos presentes en el grano de garbanzo, del cual destaca por encontrarse en mayor proporción (51-71%) y en menor cantidad la fibra dietética soluble (11-27%). El almidón se encuentra localizado dentro de unos pequeños gránulos que presentan estructura cristalina, estos gránulos no son

solubles en agua fría, aunque pueden absorber cierta cantidad de agua originando un pequeño hinchamiento, El almidón está constituido por dos grandes polímeros: la amilosa, polisacárido no ramificado que presenta configuración helicoidal y la amilopectina, que es un polímero muy ramificado y con un mayor peso molecular. Sus propiedades funcionales vienen determinadas por la organización de estas macromoléculas en la estructura granular y por la relación amilosa/amilopectina que se establece en el gránulo de almidón (Vasanthan & Hoover, 1992). Algunos autores han reportado que el contenido de almidón total en las semillas de garbanzo es de 525g/kg base seca y aproximadamente el 35% del almidón total se considera almidón resistente se refiere a todo el almidón y los productos de degradación que se resisten a la digestión intestinal, pero que se mantienen en el colon de los seres humanos, donde son fermentados por las bacterias presentes (Topping & Clifton, 2017).

### 2.5.3. Lípidos

El contenido de lípidos varía de 3-7%. Los ácidos grasos insaturados constituyen el 67% de los lípidos totales, siendo los principales el oleico (22%) y el linoleico (43%). Dentro de los ácidos grasos saturados el más importante es el palmítico el cual representa 9% de los lípidos totales (Salunkhe *et al.*, 1982). El ácido linoleico es el ácido graso mayoritario en las semillas de muchas leguminosas, tales como soya, garbanzo, guisantes, lentejas (Vioque y Maza, 1970; Sosulski y Gadan, 1988) y representa entre el 40 y 50% del total de ácidos grasos de triglicéridos y fosfolípidos, la mayoría asociados con proteínas aisladas de garbanzo (Sánchez *et al.*, 1999). Este ácido es altamente susceptible a la oxidación, debido a la degradación enzimática o por auto oxidación, y en sistemas acuosos presentan una estabilidad menor que la de ácidos grasos con un alto grado de insaturación, tales como ácido linoleico o docosahexaenoico (Miyashita, 1993). Los ácidos grasos insaturados de las leguminosas están implicados en la reducción de los niveles de colesterol en el suero sanguíneo e hígado; así como también en el desarrollo fisiológico y funciones del cerebro y la retina. Durante el procesamiento



de almacenamiento de leguminosas, los lípidos interactúan con hidroxilo para formar redes estables con proteínas (Williams y Singh, 1987).

#### **2.5.4. Carbohidratos**

El garbanzo es una gran fuente de carbohidratos y de proteínas, representa alrededor del 80% del peso seco total del grano, Más del 50% (bs) corresponde a carbohidratos (51-71%). Posee una cantidad sustancial de fibra dietaría (20-23%), principalmente de celulosa y hemicelulosa. La concentración de fibra cruda está directamente relacionada al contenido de testa, el cual varía ampliamente según la variedad (Williams y Singh, 1987). Otros carbohidratos presentes son los oligosacáridos de la familia de rafinosa (rafinosa, estaquiosa y verbascosa) cuyo contenido representa de 4-9% (bs) del peso del grano (Reddy *et al.*, 1984). Verbascosa, estaquiosa y rafinosa ( $\alpha$ -galactosil derivados de sucrosa) son asociadas con la tolerancia a la desecación y almacenamiento de las semillas (Obendorf, 1997) y también influyen en la producción de flatulencia.

#### **2.5.5. Vitaminas y minerales**

El garbanzo contiene vitaminas hidrosolubles y liposolubles. Del grupo del complejo B destacan la riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>) que se asocia con el contenido de proteínas, por lo que alimentos ricos en proteínas son fuentes importantes de niacina; la vitamina B<sub>6</sub> se presenta en tres formas químicas: piridoxina, piridoxal y piridoxamina (Wood y Grusak, 2007). El garbanzo es una fuente rica en piridoxina. El contenido de fosfato baria de 15-557 mg/g y de vitamina C, 4mg/100g, contiene alta concentración de caroteinoides, hasta 49mg/100 g de B-caroteno, propulsor de la vitamina A, por otra parte el garbanzo contiene 13.7 mg/100g de vitamina E (Wood y Grusak; 2007; Jukanti et al, 2012).

### **2.6. Propiedades funcionales de la harina del garbanzo**

Las propiedades funcionales se definen como "cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afectan y modifican algunas características de un alimentó y

contribuye a la calidad final del producto (Sikprski, 2007; Badui, 1993). Las propiedades más importantes de las proteínas que afectan la apariencia, el color, la jugosidad, sensación en la boca y la textura de una gran variedad de alimentos, así como las operaciones de corte, picado, mezcla, formación de masa, fibras y el transporte de material alimenticios (Sikprski, 2007).

Las propiedades funcionales del garbanzo al incorporarlas en diversos alimentos. Tales como sopas, alimentos extruidos y listos para su consumo y productos de panificación entre otros han sido estudiadas (Boye et al 2010)

## 2.7. Concentrados proteicos

Los concentrados proteicos son la forma comercial más purificada de proteínas, puesto que contienen 90% o más de este nutriente. En el caso de las leguminosas se obtienen al eliminar los carbohidratos, polisacáridos, oligosacáridos, (azucares) y otros componentes indeseables de las semillas descascarilladas de estos vegetales (Huesa, 1983).

El proceso de aislamiento se basa en las diferencias de solubilidades y en el punto isoeléctrico de las distintas fracciones proteicas que componen a la semilla. Para la obtención de los aislados se parte de harinas desgrasadas que hayan recibido un tratamiento térmico mínimo, efectuándose la extracción de las proteínas, por lo general, con agua o álcalis a un valor de pH que depende de la solubilidad de las proteínas que serán aisladas (por lo común mayor de 7.5); los polisacáridos y otras sustancias contenidas en el residuo insoluble se separan por centrifugación. Basándose en el punto isoeléctrico de las fracciones proteicas de las semillas, se ajusta el pH del extracto a un determinado valor a fin de que precipiten la mayor cantidad posible de sus proteínas. Los concentrados proteicos provenientes de fuentes vegetales juegan un papel importante en muchas formulaciones de nuevos productos alimenticios. La aceptabilidad de tales preparaciones proteicas depende de su calidad sensorial, valor nutricional y de sus propiedades funcionales, todas las cuales son afectadas por el método de obtención (Naczki *et al.*, 1986).

El rendimiento del aislado proteico está en función de la extracción de proteínas de la semilla y de las condiciones de la precipitación isoeléctrica. Con el fin de lograr el mayor rendimiento posible en la obtención del aislado se debe procurar que la extracción de proteínas sea máxima. Son varias las condiciones que influyen sobre la extracción proteica: pH, temperatura, tiempo de extracción, relación harina-extractante, efectos de sales (King et al 1985).

La esencia de la hidrólisis proteica es el rompimiento del enlace peptídico y en consecuencia la generación de péptidos de menor tamaño o incluso aminoácidos libres. La escisión de estos enlaces puede producirse por métodos químicos o biológicos. Los primeros incluyen la hidrólisis mediante el tratamiento con ácidos o bases. Por otro lado los métodos biológicos son aquellos que utilizan una proteasa para romper los enlaces peptídicos (Vioque y Millán, 2005). Las características que deben cumplir estos hidrolizados para formar parte de una dieta entera son: que sea osmóticamente equilibrados, hipoalergénicos, presenten un alto valor nutritivo, comparable al de a protein a de partida teniendo un sabor agradable.

## **2.8. Concentrados enzimáticos a partir de proteínas**

La hidrólisis enzimática presenta indudables ventajas frente a la tradicional hidrólisis química, acida o alcalina (Guadix y col, 2000). En la hidrólisis enzimática se mantiene el valor nutritivo, ya que no se produce degradación de los componentes separados, mientras que la hidrólisis alcalina destruye los aminoácidos arginina y cisteína y la hidrólisis acida elimina el triptófano y desamina los aminoácidos serina y treonina (Guadix y col, 2000). Las propiedades funcionales de los hidrolizados proteicos son influenciadas por la especificidad de las enzimas proteolíticas y enzimas lipolíticas usadas, la naturaleza física y química de la proteína utilizada y las condiciones de la hidrólisis (Mahmoud, 1994). Los parámetros críticos a los que se deben dar seguimiento son temperatura, tiempo de hidrólisis y pH para controlar las características del producto, como distribución de aminoácidos, peso molecular, y cantidad de residuos de proteína. Los materiales y condiciones utilizados en la hidrólisis deben ser controlados para

el sabor, solubilidad y ciertas propiedades físicas del producto hidrolizado (Lahl y Braun, 1994).

### 2.8.1. Enzimas proteolíticas

Las enzimas proteolíticas, llamadas así por su capacidad de hidrolizar las proteínas, se producen a partir de tejidos y exudados vegetales (como la papaína, mexicaina y ficina), glándulas animales (tripsina y quimotripsina) y a partir de microorganismos como las proteasas bacterianas y fúngicas (Cruz y Victoria, 1993). Las proteasas se clasifican según:

- Su origen: animal, vegetal, bacteriano o fúngico,
- Su acción catalítica: en endopeptidasas o proteinasas si rompen al azar el interior de las cadenas peptídicas y exopeptidasas o peptidasas, si se separan aminoácidos y dipéptidos de los extremos de las cadenas polipeptídicas.
- La naturaleza química de su sitio activo: Serino proteasas, proteasas sulfhidríticas, proteasas que contienen metal, y proteasas ácidas (Reed, 1975)

Las primeras enzimas proteolíticas utilizadas en la industria alimentaria fueron proteasas pancreáticas de origen animal (Guadix y col, 2000). Las enzimas capaces de digerir todas las macromoléculas de los alimentos están presentes en el intestino delgado.

### 2.8.2. Lipasa

Estas enzimas lipolíticas, tienen como función principal catalizar la hidrólisis de los triglicéridos, liberando glicerol. Es decir que, al hidrolizar las uniones de los ésteres de los triglicéridos, provocan que los productos creados puedan ser eliminados en un medio acuoso al ser más solubles. Los productos creados son monoglicéridos, diglicéridos o glicerol. Estas enzimas suelen requerir un pH neutro o alcalino de 7-7,5 a 9. La lipasa más empleada en el mundo de la

restauración es la lipasa proveniente de candida cylindracea. Wolbers y Cremonesi entre otros, emplean esta lipasa para la limpieza de lienzos o la eliminación de Paraloid® B-72

### 2.8.2. Proteasa

Son enzimas proteolíticas, actúan rompiendo los enlaces que unen los aminoácidos de la proteína facilitando su digestión. Son consideradas un aditivo alimentario y se nombra como E-1101i. Se considera un potenciador del sabor, estabilizador y se utiliza en el tratamiento de harinas. Estas enzimas hidrolizan la unión entre el carboxilo de un aminoácido y el grupo  $\alpha$ -amino del siguiente aminoácido dentro de la proteína.

Aunque en ocasiones se emplean indiferentemente, el término peptidasas se suele emplear para definir a las enzimas que cortan péptidos pequeños, mientras que proteasas o proteínas se aplica más frecuentemente para las enzimas capaces de hidrolizar péptidos mayores y proteínas.

Las proteasas pueden encargarse de romper enlaces peptídicos específicos, denominándose en éste caso proteólisis limitada o pueden encargarse de romper un péptido completo de aminoácidos, denominándose en éste caso, proteólisis ilimitada.

En el cuerpo humano las principales proteasas son las pancreáticas (tripsina, quimiotripsina y la carboxi-peptidasa) son secretadas en forma inactiva (tripsinógeno, quimiotripsinógeno y procarboxipeptidasa) y son activadas al llegar al intestino gracias a la enteroquinasa, proteasa secretada por la mucosa gástrica. Este es un mecanismo para proteger los tejidos corporales de la acción de estas enzimas. Las proteasas se inactivan mediante la fijación de proteínas inhibitoras fuertemente al sitio activo de la enzima ([www.iib.unsam.edu](http://www.iib.unsam.edu), 2017)

Las proteasas pueden obtenerse de diferentes fuentes como animales (quimosina, tripsina y peptina), vegetales (bromelaína, papaína) bacterias u hongos. En general son enzimas estables incluso a temperaturas elevadas (85°C).

## 2.9. Utilidades de los concentrados proteicos

Existen diversas utilidades de los concentrados proteicos, en las que destacan para el consumo humano, debido a su calidad nutricional y valor biológico, se emplean para obtener alimentos con fuentes de alto valor biológico y disponibilidad proteica, se usan para aumentar el contenido de proteínas en diversos productos, desde bebidas de alto contenido proteico, como suplementos alimenticios, para deportistas de alto rendimiento, productos para vegetarianos hasta barras proteicas (Barbagallo, 2017)

El más desarrollado tecnológicamente se viene empleando desde hace muchos años como ingredientes, cumpliendo funciones específicas en distintos productos y procesos incluyendo mejorar las características nutricionales, retrasar su deterioro incluso se puede emplear como mejoradores de textura, aumentar o disminuir su solubilidad, formación de espuma, capacidad de emulsificación o coagulación, prevenir interacciones indeseables, remover olores o sabores (Braun, 1994). Estos hidrolizados se elaboran con enzimas, ácidos, compuestos alcalinos, pero la hidrólisis enzimática es la preferida sobre los métodos químicos para producir hidrolizados con aplicaciones nutricionales (Lahl y Braun, 1994).

Así mismo, actualmente han tomado importancia en la elaboración de los embutidos para incrementar la retención de agua y grasas y mejorar los valores nutricionales (más proteínas, menos grasas), ([www.agromeat.com](http://www.agromeat.com), 2017)

### 2.9.1. Embutidos

Según el Código Alimentario Español, los embutidos son un tipo de derivado cárnico, preparados a partir de las carnes autorizadas, picadas o no, sometidas o no a procesos de curación, adicionadas o no de despojos comestibles y grasas de cerdo, productos vegetales, condimentos y especias, e introducidos en tripas naturales o artificiales (Ruiz de las Heras, 2017)

De acuerdo a los ingredientes se clasifican los diferentes tipos de embutidos: embutidos de carne, vísceras, sangre y fiambres. Estos productos también se pueden diferenciar según sean: crudos (sin tratamiento térmico), y dentro de los crudos hay frescos y ahumados, o escaldados (cocinados en agua caliente) o si son mezclas de ingredientes o puros según su consistencia, color, será aquel producto que este o haya estado introducido en una tripa. Entre los embutidos más consumidos de carne encontramos: chorizo, lomo embuchado, morcón, salchichón, fuet, salchicha, butifarra, sobrasada, entre los de viseras incluyen la longaniza gallega, la sabadeña, o la salchicha de hígado y los de sangre más representativos son las morcillas y botagueñas. (Ruiz de las Heras, 2017)

Unas de las características deseables para considerar una harina potencial a ser incluida en el proceso de elaboración de embutidos es: propiedades de hidratación y emulsificación.

### 2.9.2. Propiedades de hidratación

La capacidad de retención de agua (WHC, por sus siglas en inglés) es la capacidad de una matriz de proteína de absorber y retener el agua (Johnson 2007) mientras que la capacidad de absorción de agua, se define como la cantidad de agua absorbida por gramo de material proteico. La importancia de la WHC de las proteínas, es determinada por su alto grado de interacción con el agua y depende de algunos parámetros tales como el tamaño de partícula, factores excéntricos como temperatura, pH, concentración, estructuras

---

conformacionales balance hidrófilo/hidrófobo de aminoácidos y presencia de lípidos, azúcares y aminoácidos con las proteínas (Han Y Khan, 1990).

### **2.9.3. Propiedades emulsionantes**

Existen varios factores que influyen sobre estas propiedades como las características estructurales y químicas, el grado de hidrólisis, el contenido y arreglo de los aminoácidos, el peso molecular, las regiones hidrofobias y las condiciones que prevalecen en medio tales como la temperatura, pH y efectos iónicos (Sikorski, 2007)



### III. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, se ha observado un creciente interés por el consumo de alimentos nutricionales como consecuencia del aumento de enfermedades generadas por los malos hábitos de alimentación con el estilo de la vida moderna, han surgido nuevas investigaciones enfocadas a obtener alimentos a partir de fuentes vegetales, las cuales son de menor costo, y en muchos casos con contenidos proteicos altos. El garbanzo es uno de los productos que más ha aportado en el mejoramiento de la nutrición del hombre, debido a su alto contenido de proteínas ya que nos aporta alrededor del 20% proteínas, 44 % almidón (Williams y Singh 1987). La desnutrición en México se ha venido consolidando en los últimos años, sin embargo, su desarrollo se ha limitado principalmente por los costos de alimentación que son muy elevados, en México se siembran 80 mil hectáreas de garbanzo, generan una producción alrededor de 138 mil toneladas de granos (SIAP 2015) debido a la productividad de grano que no cumple con los calibres comercializables, o que no cumplen con las normas del Codex Alimentarios establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, exigidas en el mercado son almacenados en un silos hasta que se venden al productor que lo destinara a la alimentación de animales como parte componente, debido al gran número de oportunidades de transformación que presenta el garbanzo, se contribuye una importante e interesante alternativa para determinar el rendimiento de concentrado proteico de la harina de garbanzo considerando potencial al ser incluida en el proceso de elaboración de alimentos industrializados como los embutidos por su alto contenido de proteínas y de almidón, mejorando sus propiedades nutricionales aportando un mayor contenido proteico una mejora de hidratación, emulsificación, textura y sabor al producto industrializado generando valor agregado al grano de bajo calibre, beneficiando al agricultor, al consumidor aporta un producto novedoso con altos valores nutricionales en proteínas vitaminas siendo un sustantivo de la carne para los veganos y vegetarianos.

---

#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las proteínas no cárnicas son comúnmente utilizadas en la fabricación de alimentos. Las proteínas de soya son, por mucho, las más utilizadas en la fabricación de alimentos y están disponibles en una variedad de formas, como polvos, harinas y gránulos, inclusive de forma húmeda. Sin embargo, el precio de la soja disponible aumentó más de 10 dls en el mercado de Chicago, al subir 2.89% y alcanzar los 379.2 dólares por tonelada, después de los recortes de producción estimados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) en su último informe.

México es el tercer productor de garbanzo a nivel mundial, produciendo 389 mil toneladas, de las cuales el 5% son subproductos, debido a que no presentan el calibre adecuado para su comercialización y en la actualidad es utilizado para la alimentación de animales de granja (vacas, cerdos, etc.), pero con un precio de venta inferior, de hasta un 95% del grano para la alimentación humana. Por lo tanto, las empresas dedicadas a la comercialización de granos, habitualmente no comercializan los subproductos y son regalados a sus empleados. Así mismo, en los últimos, se ha observado un creciente interés para darle valor agregado a los productos agrícolas para no ser comercializados como materia prima. Por lo tanto, el presente proyecto busca mejorar el rendimiento del proceso de obtención de un concentrado proteico que permita darle valor agregado a un subproducto del garbanzo, para ser utilizado como fuente de proteína.

---

## V. HIPOTESIS

El concentrado proteico obtenido a partir del garbanzo de segunda calidad presentará un alto rendimiento, atreves de las enzimas comerciales que permiten optimizar el proceso de la obtención de hidrolizados.

---

## VI. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

- Determinación del rendimiento de la obtención de un concentrado proteico a partir de garbanzo (*Cicer arietinum*) de segunda calidad, utilizando encimas comerciales.

### 4.2. Objetivos específicos

- Evaluación de calidad física y nutrimental (análisis bromatológico) del concentrado proteico de la harina de garbanzo
- Obtener el valor de proteína cruda de un concentrado proteico de la harina de garbanzo mediante la hidrólisis por variaciones en el pH
- Determinar el rendimiento del concentrado proteico de harina de garbanzo de segunda calidad
- Obtener concentrados proteico de la harina de garbanzo mediante el uso de la enzima lipasa, proteasa y la combinación de ambas (proteasa y lipasa).
- Determinar variaciones en la composición proximal (análisis bromatológicos) a los diferentes concentrados proteicos obtenidos.
- Evaluar la capacidad de gelatinización de los concentrados proteicos.

---

## VII. METODOLOGÍA

### 7.1. Área de estudio

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-Sinaloa). La preparación de ingredientes y formulación de los concentrados se desarrollaron en los laboratorios de Nutrición acuícola.

### 7.2. Obtención de la harina de garbanzo

Para obtener la harina de garbanzo extruida se empleó cinco kilogramos de granos de garbanzo blanco Sinaloa de calibre 76/80 el cual se considera un subproducto debido a que por su tamaño no es comercializado para consumo humano. Este insumo fue proporcionado por PURP, S.A. DE C.V. Guasave, Sinaloa. El garbanzo se molió (molino Perc Grindmaster modelo -500) y se tamizo en una malla nº 35 (0.460  $\mu\text{m}$ .), los restos que no pasaron la malla se molieron y se tamizo nuevamente, toda la harina se homogenizó y peso. Finalmente se obtuvieron 3.347 kilogramos de harina de garbanzo, teniendo una perdida hasta este paso de un 33% del peso inicial (5kg).

### 7.3. Obtención del concentrado proteico

Para la obtención del concentrado proteico se utilizan cuatro técnicas, con el objetivo de determinar en cual se presenta mayor eficiencia del proceso. Las técnicas que se realizarán son las siguientes:

### 7.4. Hidrólisis ácida

Una vez que se obtuvo la harina de garbanzo se procedió a la obtención del concentrado proteico, para ello se inició con la adición de agua destilada haciendo una mezcla de harina-agua con una relación 1:10. Para iniciar con las primeras pruebas se procesó únicamente 100 gramos de harina en esta ocasión (figura 6). Se ajustó el pH a 9 utilizando NaOH 2N manteniendo la mezcla en agitación

constante sobre una placa magnética, después de ajustar el pH se dejó en agitación una hora más a temperatura ambiente.



**Figura 6.** Harina de garbanzo, a la izquierda cien gramos de la harina obtenida de las semillas de garbanzo Blanco Sinaloa. A la derecha la mezcla de harina-agua destilada con una relación 1:10 y para el ajuste de pH a nueve.

#### 7.4.1. Hidrólisis acida incorporando la enzima lipasa

Una vez que se obtuvo la harina de garbanzo se procedió a la obtención del concentrado proteico, para ello se inició con la adición de agua destilada haciendo una mezcla de harina-agua con una relación 1:10. Para iniciar con las primeras pruebas se procesó únicamente 100 gramos de harina en condiciones [180mg/100g] a pH a 7.7 utilizando NaOH 2M manteniendo la mezcla en agitación constante sobre una placa magnética, después de ajustar el pH se dejó en agitación una hora más a temperatura ambiente.

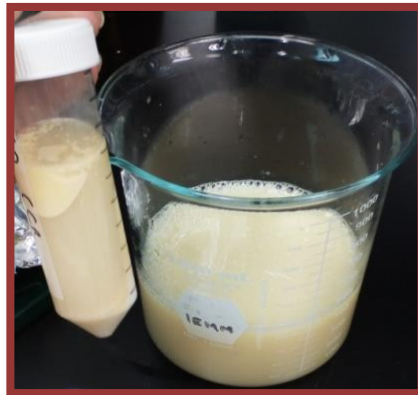
#### 7.4.2. Hidrólisis acida incorporando la enzima proteasa

Una vez que se obtuvo la harina de garbanzo se procedió a la obtención del concentrado proteico, para ello se inició con la adición de agua destilada haciendo una mezcla de harina-agua con una relación 1:10. Para iniciar con las primeras pruebas se procesó únicamente 100 gramos de harina en condiciones [50mg/100g] se ajustó el pH a  $\geq 8$  con temperatura de 60°C utilizando NaOH 2M manteniendo la mezcla en agitación constante sobre una placa magnética, después de ajustar el pH se dejó en agitación 2 horas más a temperatura ambiente.

### 7.4.3. Hidrólisis ácida incorporando enzimas lipasa y proteasa.

Una vez que se obtuvo la harina de garbanzo se procedió a la obtención del concentrado proteico, para ello se inició con la adición de agua destilada haciendo una mezcla de harina-agua con una relación 1:10. posteriormente para iniciar con las primeras pruebas se procesó únicamente 100 gramos de harina con condiciones [180mg/100g] se ajustó el pH a 7.7 utilizando NaOH 2N manteniendo la mezcla en agitación constante sobre una placa magnética adicionarle la enzima lipasa, después de ajustar el pH se dejó en agitación una hora más a temperatura ambiente, posteriormente Se ajustó el pH a 8 con temperatura de 55-60°C utilizando NaOH 2M manteniendo la mezcla en agitación constante sobre una placa magnética, después de ajustar el pH se dejó en agitación 2 horas más a temperatura ambiente.

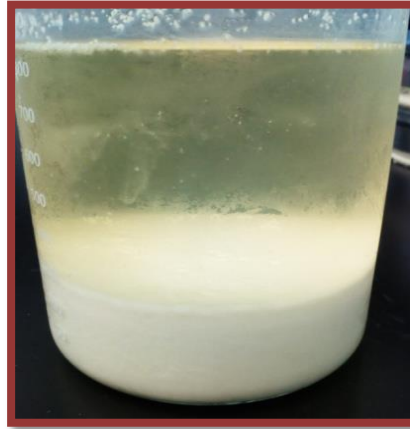
La suspensión se pasó a tubos Falcón de 50 ml colocando la misma cantidad en gramos a todos los tubos para su posterior centrifugación (4500 rpm/40 min a 28°C). Se recuperó el sobrenadante (figura 7) y se descartó el almidón (la pastilla, en realidad se reguardo a 4°C por el momento por si se requiere realizar algún tipo de análisis).



**Figura 7.** Recuperación del sobrenadante, en el tubo se observan tres fases: la superior son lípidos, la siguiente son las proteínas solubles y en el fondo del tubo queda la fracción insoluble (principalmente almidón). En el vaso de precipitado se recuperaron las proteínas solubles de todos los tubos después de la centrifugación.

## 7.5. Precipitación isoelectrica

El sobrenadante fue llevado a precipitación isoelectrica bajo condiciones acidas, ajustando el pH a 4.9, posteriormente la suspensión se dejó en reposo durante toda la noche (16 horas) a cuatro grados centígrados para favorecer la precipitación (figura 8).

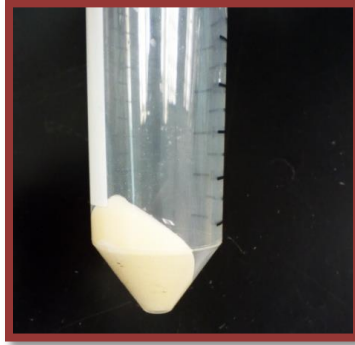


**Figura 8.** Precipitado de las proteínas de la harina de garbanzo, en el fondo se observa la parte de las proteínas después de la precipitación isoelectrica bajo condiciones acidas y 16 horas de reposo a 4°C.

## 7.6. Concentrado proteico

La suspensión se homogenizó para pasarlo a tubos Falcón nuevos de 50 ml (con el mismo peso cada tubo), las proteínas se empestillaron por centrifugación (4500 rpm/40 min a 20°C), se descartó el suero (sobrenadante) y la pastilla (figura 9) se congeló por al menos una hora a -80°C.

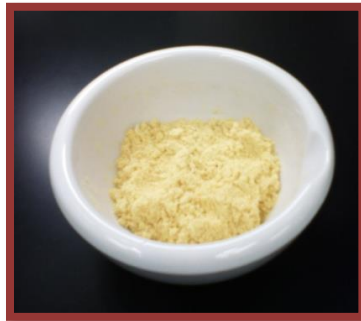




**Figura 9.** Concentrado proteico en el tubo se muestra la pastilla de proteínas obtenida después de la precipitación y centrifugación de la misma.

### 7.7. Liofilización

Las pastillas congeladas fueron secadas por liofilización (48 horas), posteriormente la muestra se dejó descongelar, se recuperó las pastillas de todos los tubos y se pulverizaron (figura 10) obteniéndose una harina de color amarillo, regularmente este es de color blanquecino, este color amarillo nos sugiere que la muestra obtenida presenta alto contenido de grasas por lo que se sugirió desengrasar la proteína.



**Figura 10.** Concentrado proteico liofilizado se obtuvo un polvo seco de color amarillo.

## 7.8. Análisis químicos proximales

### 7.8.1. Humedad

Se pesaron 2,000 g de la muestra en una balanza analítica (figura 11) en un crisol de porcelana, previamente secado a peso constante, extendiendo la muestra en el crisol, se colocó en una estufa TERLAB a 105 °C y se desecó durante 4 horas. Se retiró el crisol de la estufa se enfrió en un desecador durante 40 minutos y se pesó la muestra seca en una balanza analítica, (Anexo 1) por diferencia de peso se calculó la humedad de la muestra, con la siguiente formula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{muestra húmeda}) - (\text{peso del crisol} + \text{muestra seca})}{\text{peso de la muestra húmeda}} \times 100$$



**Figura 11. Crisol a peso constante se** observa los 200 mg de muestra en el crisol a peso constante colocándolo en el secar durante 40 minutos para realizar el análisis de humedad

### 7.8.2. Cenizas

El contenido de ceniza se determinó mediante calcinación de la muestra en el horno Mufla Thermolyne 6000 (figura12) a 600 °C durante 5 horas. Se pesaron 2 g de la muestra y se colocó en un crisol con peso constante, se calcinó, se dejó enfriar en un desecador, por último se pesó contenido solo as cenizo (Anexo 2).

$$\% \text{ cenizas} = \frac{\text{peso crisol con cenizas} - \text{peso crisol vacio}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$



**Figura 12.** Incineración de la Harina de garbanzo en una mufla a 600°C para determinar cenizas.

### 7.8.3. Análisis proximal de proteína

El contenido de proteína se determinó a partir de la composición de nitrógeno total de las muestras, mediante la técnica Kjeldahl, empleando un factor de conversión para expresar el resultado en porcentaje de proteína (6.25). El método consistió en la digestión de las muestras en un sistema de Digestión (Foss Kjeltec 2400) como lo muestra la figura 13 con ácido sulfúrico concentrado a 400°C a la que se le



adiciono un catalizador seguido de una destilación con NaOH en un Sistema de Destilación (Foss Kjeltec 8200) al 40% en presencia de una solución indicadora con ácido bórico al 4%. Por último se realizó una titulación con HCL 0.1N (Anexo 3)

**Figura 13.** Análisis proximal de proteína sistema completo para el análisis de nitrógeno según el método Kjeldahl.

#### 7.8.4. Extracto etéreo

El contenido de extracto etéreo de la muestra se determinó mediante el método Soxtec, de extracción en caliente de grasa, con un (equipo de extracción Soxhlet Avanti Foss Tecator 2010 (figura 14) usando éter de petróleo 40:60 (Anexo 4).



Figura 14. Análisis de lípidos método Soxhlet Avanti.

#### 7.8.5. Fibra cruda

El contenido de fibra cruda se determinó mediante una digestión acida de las muestras desengrasadas con  $H_2SO_4$ , seguida de una digestión básica con NaOH, se realizó en el sistema de extracción de fibra (Labconco). Para determinar la fibra cruda se pesaron los gramos de las muestras desengrasadas en contenedor de plástico azul para pesaje, se registró el peso, se marcó con lápiz los círculos de papel whatman, se realizaron dobleces en cuatro partes, registrando su peso, manipulando con pinzas el papel y con guantes limpios.

Se vacía la muestra en el vaso de extracción de 600 ml rotular el vaso, se lavan los residuos de la muestra del contenedor de pesaje sobre el vaso con parte de los 200 ml de ácido sulfúrico (1.25%), se termina de vaciar los 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% en el vaso de extracción, se agregan 3 gotas de octanol (pipeta pastewr), acomodando todos los vasos en el digestor de fibra (figura 15),

posteriormente se abrió levemente la llave de agua, poniendo la parrilla al máximo y se espera a que empiece a hervir todas las muestras, se cambian las parrilla de máximo 3-3.5 cuando empiezan a hervir todas las muestras, se dejó hervir durante 30 minutos estando al pendiente para que espuma no suba.



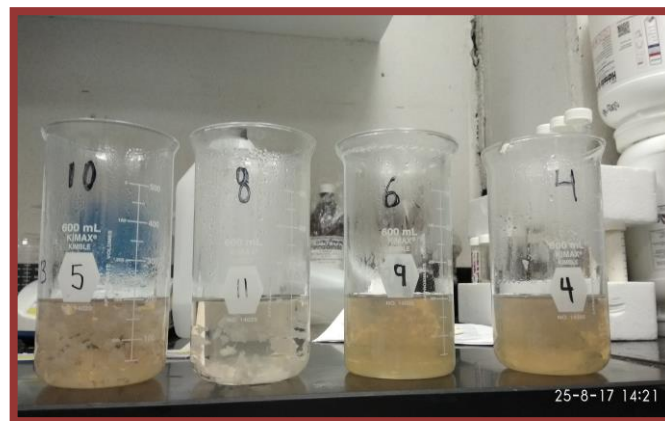
**Figura 15.** Análisis de cenizas método de hidrólisis acida sistema de extracción de fibra.

Calentar agua para las destilada e hidróxido de sodio al 1.25% en una placa de calentamiento (para 6 muestras utilizar 1.200 L de agua) se apaga el digestor después de los 30 minutos, se filtra el contenido del vaso a través de una manta con ayuda de un tubo bûchner y se retiran 2L a vacío en caliente se debe manipular con guantes el vaso caliente, se apaga y prender bomba de vacío (Figura 16).



**Figura 16.** Bomba de vacío.

Se lavó cuatro veces con 50 ml de agua destilada caliente incluyendo los residuos del vaso de vidrio (se mide con probeta y se pasa a una piseta para facilitar los lavados, se transfiere el residuo que queda en la manta al vaso de extracción con ayuda de 200 ml de hidróxido de sodio hirviendo (se midió con probeta y se pasó a una piseta para facilitar el lavado de la manta) agregamos 3 gotas de octanol ya que estén todas las muestras (figura 17).



**Figura 17.** Lavados a vacío adición de octanol.

Acomodamos todos los vasos en el digestor de fibra nuevamente realizando el mismo procedimiento anterior dejando hervir durante 30 minutos estando, filtrando de nuevo al vacío a través del papel Whatman cada vez con guantes, rotulado con lápiz (manipular con pinzas), se cuida que durante el vacío no se rompa el papel

whatman, se debe hacer con interrupciones el encendido y apagado de la bomba, se lavó una vez con 50 ml de HCL al 1% a temperatura ambiente, posteriormente lavar cuatro veces con 50 ml de agua destilada caliente, lavando una vez más con 50 ml de alcohol etílico al 95% a temperatura ambiente, trasferir el papel con todo el residuo a un crisol de porcelana a peso constante (60°C toda la noche y enfriar 40 minutos en el desecador, manipulando con pinzas) secando los crisoles con el papel en el horno a 120 grados durante dos horas, transfiriendo al desecador con pinzas, dejando enfriar durante 40 minutos, además se pesa (manipulando con pinzas) registrando el resultado, por ultimo incineramos (figura 18) durante 30 minutos (apagar la mufla dejar enfriar 14 horas mínimo a 600°C, retirando los crisoles de la mufla colocando en el desecador (manipular con pinzas) pesando y registrando los datos (Anexo 5).



Figura 18. Incinerado de las muestras en mufla.

#### 7.8.6. Extracto libre de Nitrogeno (ELN)

El contenido de extracto libre de nitrógeno se determinó por la diferencia de 100 menos la suma de los demás nutrientes

$$\%E.L.N. = 100 - (\% \text{ de cenizas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ de extracto etéreo} + \% \text{ de fibra})$$

---

### 7.8.7. Rendimiento del proceso de obtención de concentrado proteico

Los resultados del rendimiento de proteína se muestran en la tabla 8. Fueron determinados con la siguiente fórmula para obtener el rendimiento proteico total del proceso comparando el inicio contra el final.

**Formula**  $(W_{prot. PF} \div W_{prot. MP}) \times 100$

Dónde:

W Prot. PF: Peso de la proteína del producto final.

W Prot. MP: Peso de la proteína en materia prima.



## VIII. RESULTADOS

### 8.1. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo

La composición química proximal de la harina de garbanzo fue de 7.21% de humedad, 19.72% de proteína, 5.88% de lípidos, 2.98% de cenizas, 2.98% de fibra, 63.33% de E.L.N. (Tabla 2; Anexo 6).

El primer concentrado obtenido presenta valores de 67.01% de proteína y 23.61% de lípidos. Un subproducto obtenido de la primera concentración de proteína, es almidón, el cual contiene un 12.72 % de proteína, las cuales pudieran ser las proteínas solubles.

Posterior al desengrasado, el segundo concentrado de proteínas el cual presentó un valor de 87.55 % de proteína (Tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo, concentrado proteico y almidón.

	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Fibra	ELN
Harina de garbanzo	7.21 ± 0.04	2.98 ± 0.02	19.72 ± 0.82	5.88 ± 0.03	2,98	63.33
Concentrado proteico	--	--	67.01 ± 0.88	23.61 ± 0.09		
Almidón	--	--	12.72 ± 3.00	--		
Proteína desengrasada	--	--	87.55 ± 0.42	--		

N= 3, ± desviación estándar.

## 8.2. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo, utilizando lipasa.

El primer concentrado obtenido presenta valores de 64.09% de proteína y 25.75% de lípidos. Un subproducto obtenido de la primera concentración de proteína, es el almidón, el cual contiene un 4.67% de proteína, las cuales pudieran ser las proteínas solubles.

Posterior al desengrasado, el segundo concentrado de proteínas el cual presentó un valor de 80.63% de proteína (Tabla 3)

**Tabla 3.** Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo con lipasa, concentrado proteico, almidón y proteína desengrasada.

	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	E.L.N. (%)
Concentrado proteico con lipasa	1.78	1.51	64.09	25.75	9.28	63.28
Almidón con lipasa	13.06	1.93	4.63	1.67	9.28	82.50
Proteína desengrasada con lipasa	--	--	80.63	--		

## 8.3. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando proteasa

El primer concentrado obtenido presenta valores de 61.99% de proteína y 15.56% de lípidos. Un subproducto obtenido de la primera concentración de proteína, es el almidón, el cual contiene un 4.63% de proteína, las cuales pudieran ser las proteínas solubles.

Posterior al desengrasado, el segundo concentrado de proteínas el cual presentó un valor de 81.43% de proteína (Tabla 4)

**Tabla 4.** Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo con proteasa, concentrado proteico, almidón y proteína desengrasada.

	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	E.L.N. (%)
Concentrado proteico con proteasa	4.35	3.4	61.99	15.56	9.28	63.28
Almidón con proteasa	13.06	1.93	4.63	1.67	9.28	9.73
Proteína desengrasada con proteasa	--	--	81.43	--		

#### 8.4. Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de los productos obtenidos de la elaboración del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando lipasa y proteasa

El primer concentrado obtenido presenta valores de 59.39% de proteína y 22.53% de lípidos. Un subproducto obtenido de la primera concentración de proteína, es el almidón, el cual contiene un 5.24% de proteína, las cuales pudieran ser las proteínas solubles.

Posterior al desengrasado, el segundo concentrado de proteínas el cual presentó un valor de 76.40% de proteína (Tabla 5)

**Tabla 5.** Análisis proximales realizados a la harina de garbanzo con lipasa y proteasa, concentrado proteico, almidón y proteína desengrasada.

	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	E.L.N. (%)
Concentrado proteico con lipasa y proteasa	9.34	2.1	59.39	22.53	3.59	6.70
Almidón con lipasa y proteasa	6.04	3.6	5.24	2.24	25.47	79.45
Proteína desengrasada con lipasa y proteasa	--	--	76.40	--		

#### 8.4.1. Parámetros de calidad del proceso del concentrado proteico

Con la finalidad de obtener un concentrado proteico de la harina garbanzo de calidad adecuada para la elaboración de embutidos, se realizó un análisis fisicoquímico (tabla 3) y nutrimental de los concentrado de la harina de garbanzo.

#### 8.4.2. Características físicas de los concentrados proteicos

Las principales características físicas es evaluar de los concentrado proteico de la harina de garbanzo se presentan en la tabla 6, donde podemos observar el concentrado proteico, presenta muy buena consistencia, buen color y olor, respecto el concentrado sin desengrasar presenta una tonalidad amarillenta (figura 19)

**Tabla 6.** Parámetros fisicoquímicos de calidad de concentrado proteico de la harina de garbanzo.

<b>Parámetro</b>	<b>Concentrado proteico de la harina de Garbanzo</b>
<b>Color(amarillo)</b>	+
<b>Textura</b>	Fina
<b>Apariencia</b> <b>Harina fina, sin grumos</b>	+
<b>pH</b>	9

(+) Se utiliza para diferir intensidad de color y apariencia

#### **8.4.3. Rendimiento proteico total del proceso obtenido del concentrado proteico de la harina de garbanzo**

Como resultado de nuestra investigación obtuvimos de los 100 g de harina de garbanzo presenta 19.72% de proteína inicial, 13.98g de rendimiento del concentrado proteico. El rendimiento proteico total del proceso (RP) comparando el inicial contra el final donde presenta 67.00% de proteína cruda, 70.89% de rendimiento de proteína del proceso sin desengrasar (Tabla7), adicionalmente se observó la presencia de grasas en la muestra, por lo que se procedió a hacer la extracción de lípidos para desengrasar, presenta 10.95g de proteína desengrasada, 87.55% de proteína cruda, 55.52% de rendimiento de proteína desengrasada (Tabla 8).

#### **8.4.4. Rendimiento proteico total del proceso obtenido del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando lipasa**

Presenta 14.69g de rendimiento de concentrado proteico, 64.99% de proteína cruda, 74.49% de rendimiento de proteína del proceso sin desengrasar (Tabla7), adicionalmente se observó la presencia de grasas en la muestra, por lo que se procedió a hacer la extracción de lípidos para desengrasar, presenta 11.46g de proteína desengrasada, 80.63% de proteína cruda, 58.11% de rendimiento de proteína del proceso desengrasada (Tabla8).

#### **8.4.5. Rendimiento proteico total del proceso obtenido del concentrado proteico de la harina de garbanzo utilizando proteasa**

Presenta 16.43g de rendimiento de concentrado proteico, 61.99% de proteína cruda, 83.31% de rendimiento de proteína del proceso sin desengrasar (Tabla7) adicionalmente se observó la presencia de grasas en la muestra, por lo que se procedió a hacer la extracción de lípidos para desengrasar, presenta 12.81g de proteína desengrasada, 81.43% de proteína cruda, 64.95% de rendimiento de proteína del proceso desengrasada (Tabla8)

El proceso de concentrado proteico de la harina de utilizando lipasa y proteasa presenta 15.99g de rendimiento de concentrado proteico, 59.39% de proteína cruda, 81.08% de rendimiento de proteína del proceso.

83.31% de rendimiento proteico y 12.81% de pureza, disminuyendo el rendimiento del concentrado proteico de ambas enzimas presenta 15.99g de concentrado proteico, 81.08% de rendimiento proteico y 11.64% de pureza (tabla7)

**Tabla 7.** Resultados de rendimiento de los concentrados proteicos.

Inicial (con lípidos)	Proteína Cruda (%)	Rendimiento (g)	Rendimiento de proteína del proceso (%)
Concentrado proteico de la harina de garbanzo	67.00	13.98	70.89
Concentrado proteico de la harina de garbanzo con lipasa	64.09	14.69	74.49
Concentrado proteico de la harina de garbanzo con proteasa	61.99	16.43	83.31
Concentrado proteico de la harina de garbanzo con proteasa y lipasa	59.39	15.99	81.08

Adicionalmente se observó la presencia de grasas en la muestra, por lo que se procedió a hacer la extracción de lípidos para desengrasar el concentrado proteico para determinar el rendimiento de la misma (tabla 8).

**Tabla 8.** Resultados de rendimiento de los concentrados proteicos desengrasados.

	Proteína Cruda (%)	Proteína desengrasada (g)	Rendimiento de proteína del proceso desengrasada (%)
Concentrado proteico de la harina de garbanzo	87.55	10.95g	55.52
Concentrado proteico de la harina de garbanzo con lipasa	80.63	11.46g	58.11
Concentrado proteico de la harina de garbanzo con proteasa	81.43	12.81g	64.95
Concentrado proteico de la harina de garbanzo con proteasa y lipasa	76.40	11.64g	59.02



**Figura 19.** Aspecto y aroma de las muestras obtenidas en los diferentes análisis, las diferentes muestras se observan de color blanquecino, excepto el concentrado proteico sin desengrasar, el cual presenta una tonalidad amarilla. En cuanto al aroma, lo pierden prácticamente en su totalidad las dos muestras de concentrados proteico, mientras que el almidón lo conserva.



## IX. DISCUSION

Se han realizado investigaciones de los concentrados proteicos dentro de los cuales se encuentra una gran variedad de estudios de origen animal y vegetal. De las fuentes de origen vegetal se encuentran concentrados de semilla de Girasol (*Helianthus annuus*), lenteja (*Lens esculenta*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), chícharo (*Pisum sativum*) y soya (*Glicine max*). Sin embargo con respecto al garbanzo existe muy poca información sobre el rendimiento proteico, por lo cual realizamos la presente investigación donde obtuvimos como resultado de los 100g de harina de garbanzo 19.72% de proteína inicial, 13.98% de rendimiento de concentrado proteico, 70.89% de rendimiento de proteína del proceso.

Posteriormente se procedió a hacer la extracción de lípidos para desengrasar el concentrado proteico y determinar el rendimiento de la misma el cual presentó 87.55% de proteína cruda, 10.95g de proteína desengrasada y 55.52% de rendimiento de proteína desengrasada del proceso.

De acuerdo a los resultados reportados por Flores *et al* (2016) referente al rendimiento de proteína fue de 68.27% es menor al resultados obtenido en la presente investigación de 70.89%, cabe señal que probablemente parte de la proteína quedo en el almidón, desnaturaliza las proteínas provocando un descenso de las proteínas solubles, no solubles y a la agregación de moléculas desplegadas.

En la definición de aislado proteico se señala que es un material caracterizado por contener al menos el 90% de proteína, entonces el proceso de producción de un aislado proteico consiste básicamente en una concentración y/o purificación de la proteína de la fuente hasta lograr un valor 90% (Ulloa et al., 2012).

El cuál de los análisis bromatológicos del concentrado proteico de la harina de garbanzo 76/80 extruida evidencia un porcentaje de proteína 19.72% el cual se encuentra dentro del rango (V. G. Aguilar-Raymundo y Vélez-Ruiz, 2013).

Así mismo, los valores de lípidos (5.88%) resultaron ser inferiores a los obtenidos en estas investigaciones (5.0-6.2%). Esto puede deberse a que el garbanzo empleado para este trabajo es considerado de segunda clase, dado que su calibre es (76/80) es menor al ser requerido para ser comercializado para su consumo humano, parámetro que puede tener relación con la calidad nutricional del grano.

Al usar en forma individual enzimas lipolíticas (lipasa) durante la hidrólisis de una hora disminuyó el grado de proteína presentando 64.09%, aumentando a 14.69g de concentrado proteico, 74.49% de rendimiento de proteína del proceso sin desengrasar, se procedió a hacer la extracción de lípidos para desengrasar el concentrado proteico para determinar el rendimiento de la misma presenta 68.63% de proteína cruda, 11.46g de proteína desengrasada mejorando a un 58.11% de rendimiento del proteína desengrasada del proceso.

Al hidrolizar las uniones de los esteres de los triglicéridos, provocan que los productos creados puedan ser eliminados en un medio acuoso al ser más soluble, se observa un importante aumento en el grado de hidrólisis obtenido con la enzima proteolíticas (proteasa). Presenta el mayor rendimiento con 16.43% de concentrado proteico, 61.99% de proteína cruda, 83.31% mayor rendimiento de proteína del proceso.

Se procedió a hacer la extracción de lípidos para desengrasar el concentrado proteico para determinar el rendimiento de la misma presenta 81.43% de proteína cruda, 12.81g de proteína desengrasada mejorando a un 64.95% de rendimiento del proteína desengrasada del proceso.

Esto es debido a que esta enzima rompen o hidrolizan las uniones peptídicas en los polipéptidos, creando fragmentos más pequeños e hidrosolubles: oligopéptidos y raramente aminoácidos.

La variación de los resultados podría atribuirse al tipo de enzima, el mayor grado de hidrólisis fue obtenido con la combinación proteasa, esto es debido a que la

primera enzima va actuar sobre los enlaces péptidos que la primera enzima no pudo hidrolizar.

Se emplean para obtener alimentos con fuentes de alto valor biológico y disponibilidad proteica, se usan para aumentar el contenido de proteínas en diversos productos desde bebidas de alto contenido proteico, como suplementos alimenticios, en productos, de panificación, elaboración de embutidos, entre otros (Barbagallo, 2017).

El subproducto del concentrado proteico es el almidón el cual de cada 100g de la harina de garbanzo se obtiene 63g de almidón % almidón actualmente el almidón se utiliza para la transformación de energía y biocombustible, de los 100 g de harina de garbanzo 13.98 gr de concentrado proteico, el cual tiene 67.00% de proteína cruda, al desengrasar la proteína se obtuvo 23% de lípidos el cual corresponde a 3.06gr de grasa.

Aunque se obtiene poca cantidad de aceite este puede ser utilizado para la producción de biocombustibles, se obtuvieron 10g de proteína desengrasada, Aumentando su rendimiento en un 13.98 %.

---

## X. CONCLUSIONES

1. Al evaluar la calidad física y nutrimental del concentrado proteico de la harina de garbanzo, se concluye que presenta todas las características físicas y nutrimentales adecuadas que caracterizan a un concentrado proteico de calidad.
2. El porcentaje de proteína cruda del concentrado de proteína obtenido de harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) mediante la hidrolisis es de 87.55%.
3. El rendimiento de la obtención de un concentrado proteico a partir de harina de garbanzo de segunda calidad es de 13.98g de concentrado proteico, 70.89% de rendimiento de proteína del proceso, 67% de proteína cruda y 10.95g de proteína desengrasada, con un rendimiento 55.52% proteína del proceso desengrasada.
4. El mayor rendimiento de proteína registrado, se encuentra en el tratamiento que se utilizaron proteasas (83.31%), por lo que se recomienda que se utilice proteasas para registrar mayor eficiencia durante el proceso de obtención de concentrados proteicos.

---

## XI. RECOMENDACIONES

Como recomendación para mejoras del proyecto se sugiere continuar con la elaboración de los concentrados proteicos de la harina de garbanzo debido a que presenta características físicas y nutrimentales adecuadas, para lo cual se deberán continuar con los análisis para determinar el rendimiento proteico, realizando lavados al almidón para que aumente su contenido. Así mismo, se recomienda que se optimicen el proceso para mejorar el rendimiento mediante la utilización de enzimas que no hidrolicen previamente la harina, así mismo realizar análisis de acidez de las enzimas con la finalidad de identificar el pH óptimo para su hidrolización y su activación, facilitando de esta manera el proceso.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

Chavan, J. K., Kadam, S. S., & Salunkhe, D. K. (1987). Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L).

Coronel, F. (1980). Sistemas de producción del cultivo de Garbanzo en el Área de Influencia del CIAPAN. *Foleto Técnico* .

Crispín, M., & López, G. (1976). El garbanzo un cultivo importante en México.

Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*.

Frimpong, A. (2010). *A study of chickpea (Cicer arietinum L) seed starch concentration, composition and enzymatic hydrolysis properties*. tesis de doctorado, Universidad de Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan.

Gamez, U. R. (2016). Produccion de garbanzo en Sinaloa. *El Debate* , pp. <https://www.google.com.mx/amp/s/www.debate.com.mx/amp/sinaloa/produccion-de-garbanzo-en-sinaloa>.

Garcia, P. (2009). *Fundación Produce Sinaloa, A.C.* Retrieved 07 de Octubre de 2017 from Fundación Produce sinaloa, A.C.: [www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/743-ocupa-mexico-tercer-lugar-de-produccion-de-garbanzo-en-el-mundo](http://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/743-ocupa-mexico-tercer-lugar-de-produccion-de-garbanzo-en-el-mundo)

Govantes, F., & Montañes, J. A. (2017). El cultivo del garbanzo. *Hojas divulgadoras del Ministerio de la acuicultura, pesca y alimentación* .

Huisman, J. &. (1994). Aspects of the nutritional quality and use of cool season food legumes in animal feed. *Expanding the Production and use of cool Season Food Legumes* .

Inifap. (2015). Cultivo del garbanzo, opcion de cultivo para exportar. sonora: tvaztecasonora.

Mejias , A., & Morales, J. (2017). El cultivo del grabanzo diseño para una agricultura sostenible. Ministerio de agricultura pesca y alimentacion.

Miguel, G. E. 1991. El garbanzo: Una alternativa para el secano. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España.

Redden, R. J., & Berger, J. D. (2007). History and origen of chickpea. Chickpea breeding and management. CAB International .

---

Rico, L. (2017). *Cicer arietinum* (Chickpea). Retrieved 5 de Octubre de 2017 from kew, Royal Botanic Gardens: <http://www.kew.org./scincer-conservation/plants-fungi/cicer-arietinum-chickpea>.

Ruiz, V. G.-R. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*cicer arietinum* l). *Temas selectos de ingeniería de alimentos* , 24.

SIAP. (2016). *Atlas agroalimentario* . From SIAP.

Topping, D. L., & Clifton, P. M. (2017). Short-chain Fatty acids and human clonic Function: roles of resistant sarch and nonstarch polysaccharides. *Physiological reviews* .

Toledo, R. E. (2017). Desarrollo y crecimiento de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC*.

Vasanthan, T., & Hoover, R. (1992). Effect of the fattening on starch structures and physicochemical properties. *Elsevier* , 45 (5), 337-347.

## XIII. ANEXOS

### 13.1. ANEXO 1. Determinación de humedad

Es fundamental conocer el contenido de agua en cada uno de los elementos que la compondrán; así mismo, es necesario vigilar la humedad en el alimento preparado, ya que a niveles superiores al 8% favorece la presencia de insectos y arriba del 14%, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias (Cockerell et aL., 1971). El método se basa en el secado de la muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo.

Todos los alimentos, incluyendo los deshidratados, contienen cierta cantidad de agua, de ahí la importancia de determinar con precisión en que cantidad se encuentra presente, ya que el agua es un factor determinante en la inhibición o prolongación de diferentes reacciones químicas enzimáticas o microbiológicas que pueden aumentar o reducir el valor nutritivo y la calidad de loa alimentos (Badui. 1986)

#### 13.1.2. Equipos:

- Horno de secado
- Balanza analítica. Precisión $\pm$ 0.001
- Desecadores (Con gel de sílice previamente acondicionado)
- Campana de extracción de humos

#### 13.1.3 Materiales y reactivos:

- Cápsula o crisol de porcelana
- Pinzas para crisol
- Espátula
- Muestra homogenizada (textura de polvo, molido y tamizada)

#### 13.1.4. Procedimiento:

1. una noche antes rotular con lápiz y poner a peso constante los crisoles a 60°C toda la noche
2. Enfriar en el desecador por cuarenta minutos los crisoles mover con pinzas.
3. Poner el horno a 105° C



4. Registrar el peso del crisol, manipularlo con pinzas.
5. Pesar con exactitud 2.000 g de muestra en el crisol (tarar antes de pesar la muestra), extendiendo la muestra en una capa lo más fina posible sobre la base del crisol. Registrar el peso de la muestra.
6. Colocar el crisol con la muestra en el horno a 105°C por cuatro horas. Manipular el crisol con pinzas
7. Retirar el crisol del horno y dejar enfriar en el desecador por 40 minutos.
8. Pesar la muestra más crisol (C+M) en balanza analítica
9. \*usar la muestra seca para lo de cenizas.
10. Registrar valores (ver formula en el Manual de Análisis proximales)

### 13.1.5. Cálculos:

Contenido de la humedad (%) =  $100 * ((B-C)/A)$

Dónde:

A= Peso de la muestra (g)

B= Peso del crisol + muestra húmeda (g)

C= Peso del crisol + muestra seca (g)

O bien:

**Tabla 9.** Formula de porcentaje de Humedad.

% Humedad =	$(\text{peso crisol} + \text{muestra húmeda}) - (\text{peso del crisol} + \text{muestra seca})$	X100
	Peso de la muestra húmeda	

### 13.2. Anexos 2. Determinación de cenizas

Al residuo fijo, seco que queda después de calentar una muestra biológica a 600°C en mufla. La fracción de cenizas representa el material contenido en la materia biológico ya que durante la incineración se eliminan por combustión todas las sustancias orgánicas contenidas en el alimento y al final queda un material de

coloración gris o blanca, dependiendo de la naturaleza de la muestra. La incineración a una temperatura mayor a 600°C provoca volatización de algunos componentes minerales tales como los cloruros, por lo que no es recomendable excederla.

### 13.2.1 Equipos:

- Horno de secado
- Balanza analítica. Precisión  $\pm 0.001$
- Desecadores (con gel de sílice previamente acondicionado)
- Campana de extracción de humos

### 13.2.2. Materiales y reactivos:

- Capsula o crisol de porcelana
- Pinzas para crisol
- Espátula
- Muestras homogenizadas (textura de polvo, molida y tamizada)

### 13.2.3. Procedimiento

1. Utilizar las muestras que salen de humedad (crisol + muestra seca).
2. Colocar el crisol con la muestra en la mufla manipulando con pinzas, programarla ciclo A, para que alcance los 600°C por 5 horas. Pasado este tiempo no abrir hasta después de 14 horas
3. Con ayuda de unas pinzas, sacar el crisol y dejar enfriar en un desecador por 40 minutos o hasta que alcance la temperatura ambiente
4. Pesar la muestra incinerada en la balanza analítica (crisol con muestra incinerada) manipular con pinzas
5. Registrar valores

### 13.2.4. Cálculos:

$$\text{Contenido de cenizas (\%)} = 100 * ((B - C) / A)$$

Dónde:

A = Peso de la muestra (g) usar datos de humedad: (peso de la muestra seca con crisol) – (peso del crisol)

B = Peso del crisol + cenizas (g) lo que sale de la mufla

C = Peso del crisol (g) registrado en datos de humedad

**Tabla 10.** Formula de porcentaje de cenizas.

% Cenizas =	(peso crisol con cenizas)- (peso del crisol vacío)	X100
	Peso de la muestra	

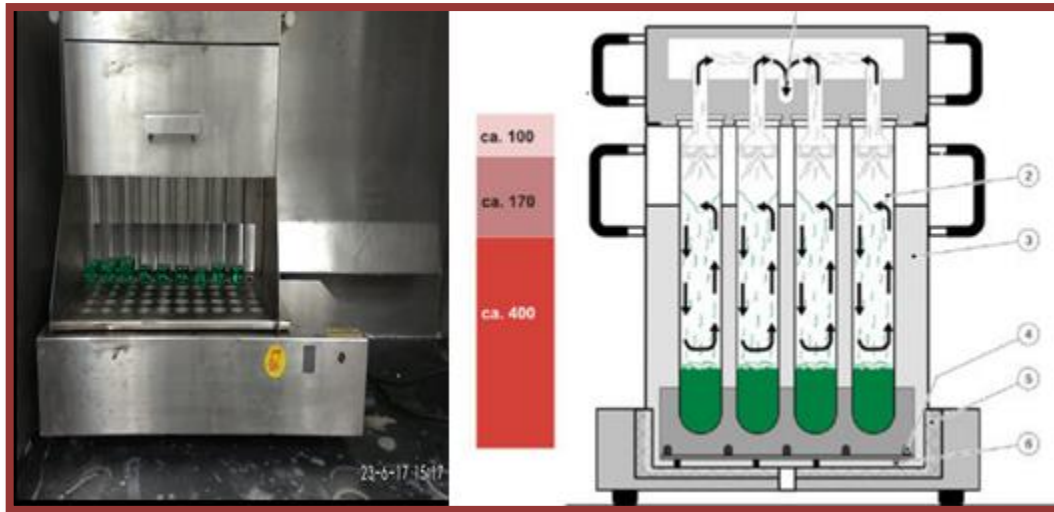
### 13.3. Anexos 3. Determinación de proteína

Algunos métodos fundamentan la determinación de proteínas de productos alimenticios en el hecho de que la proteína, en su mayor parte contiene nitrógeno, de tal manera que la determinación de nitrógeno total es muchas veces es un estimado del contenido total de proteínas (en la que incluye polipéptidos y aminoácidos). Por estos métodos se determina el nitrógeno total tanto orgánico (nitrógeno amino y amido) como nitrógeno no proteico (urea, aminoácidos, quitina, etc.) un ejemplo es el método de análisis de determinación de nitrógeno de Johan Kjeldahl público en el año 1883 su nuevo método para determinar nitrógeno en compuestos orgánicos y con el revolucionó el análisis de nitrógeno. El principio

por el cual se basa esta determinación es la consideración de la que la mayoría de las proteínas tienen una cantidad aproximada del 16% de nitrógeno, y a partir de este porcentaje se puede obtener el factor de 6.25, y al multiplicarlo dicho factor por la cantidad de nitrógeno obtenido, se estima el contenido de proteína de la muestra analizada.

La digestión conforme al método se basa en el principio de que la muestra se destruye por oxidación con ácido sulfúrico concentrado en ebullición. El nitrógeno se separa sin pérdidas de su matriz de enlace y se transforma completamente en nitrógeno amoniacal inorgánico ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ). Una vez finalizada la reacción de digestión, todo el nitrógeno de la muestra debe haberse convertido en nitrógeno amoniacal.

Desde el punto de vista técnico esto solo puede llevarse a cabo en matraces de fondo redondo lo suficientemente grandes y con calentadores de gases potentes la (figura 13) muestra un sistema de digestión (Foss Kjeltec 2400) con ácido sulfúrico en ebullición debería considerarse casi completamente en las paredes del tubo, concentrado a  $400^\circ\text{C}$ , (figura 13 muestra que se le adiciono una pastilla catalizadora en el tubo digestor, (figura 20) situación idealizada con la solución de digestión (verde), los vapores ácidos de condensación y un sistema de extracción añadido (se utilizó una campana de extracción) para los gases corrosivos resultantes de digestión.



**Figura 20.** Sistema del digestor, a la izquierda tenemos un sistema de digestor, solución de digestión verde. A la derecha en rojo tenemos: el perfil de temperatura en el tubo de digestión. 1-Aspiración, 2-Línea de flujo y zona de condensación, 3-Gradillas, 4- elemento de calefacción tubular, 5+6 aislamiento.

Para evitar el escape de gases en el laboratorio, el sistema de digestión suele estar unido a una campana de extracción de gases, se acaba la digestión, lo que se puede comprobarse en la solución de digestión verde debido a las sales de cobre.

### 13.3.1. Uso del digestor

- 1- Conectar al digestor el “sistema digestor (el aparatito) SEAL, analítica” (usar conector de rosca adaptado) y conectarlo a la corriente.
- 2- Previamente lavar con abundante agua destilada los tubos para digestor y secar en el horno (usar tubos no aforados) (guardados en puerta ingredientes)
- 3- Hacer cuadritos de papel whatman del mismo tamaño hacer dobleces a los lados para no tirar la muestra y tamaño chico que pueda entrar en el tubo digestor (manipular con pinzas y guantes)
- 4- Pesar 100 mg de la muestra por triplicado y poner en el tubo digestor (previamente rotulado).
- 5- Poner por triplicado papel sin muestra en tubos blanco.

- 6- Poner una pastilla (tableta) catalizadora en cada tubo.
- 7- Agregar 5 ml de ácido sulfúrico por cada tubo. Vaciar de la botella a un vaso de precipitado y medirlos 5 ml con una repetidora (en el cajón de pipetas esta la repetidora y las puntas).
- 8- Conectar y encender el digestor, bajar los tubos a las bases del digestor.
- 9- Cerrar la campana de extracción encendida y sellar la ventana p/evitar fuga de gases tóxicos.
- 10- Programar el equipo:  
Programa 3: 350°C, 25 min p/ subir temperatura 70 min de digestión.  
Dura dos horas.

### 13.3.2. Uso del destilador

Antes la destilación tenía que ser inyectada con mucho cuidado la solución alcalina concentrada en la solución de digestión de ácido sulfúrico y añadirse agua para diluirla es entonces cuando se podía iniciar el calentamiento para los tres líquidos (ácido sulfúrico, solución alcalina y agua destilada) se mezclan en una reacción exotérmica fuerte. El destilado se recoge en un matraz Erlenmeyer llena con aproximadamente. 70 ml de ácido bórico ubicada en la parte posterior del aparato y después se valora con ácido como disolución valorarte titulando con HCL 0.1N. (Figura 21).



**Figura 21.** Uso del destilador, A la izquierda tenemos el destilador en el cual en el matraz Erlenmeyer se le adiciono 70 ml de ácido bórico, en la derecha se valoró la titulación con HCL 0.1N

### 13.3.3. Solución alcalina

Se prepararon 10 L de solución Alcalina (NaOH 40%) se pesaron 4 kg de NaOH y se incorporaron al garrafón Alkali con ayuda de un embudo grande con cuidado usando bata manga larga y guantes, se adicionaron 9.5 L de agua destilada.

#### 13.3.3.2. Solución receptora

Se prepararon 10 L (ácido bórico al 4%) 400g- 10L con agua caliente, en una placa de calentamiento se calentó a 1.5L de agua destilada y se disolvió 100g de ácido bórico se pasó al garrafón correspondiente del destilador.

Adicionaron 3L más de agua destilada al tiempo (total 9 L). Se enfrió en un frízer el garrafón aforado.

Preparo 100g de verde de Bromofenol en 100 ml de etanol al 95%, 100 mg de rojo de metilo aforado en 100 ml de etanol al 95%, adicionaron a la solución receptora 100 ml de verde de bromofenol y 70 ml de rojo de metilo, aforando con agua destilada a 10 L.

### 13.3.3.3. Uso del destilador

1. Verificar que los depósitos tengan suficiente reactivo de agua destilada, álcali, y solución receptora.
2. Abrir la llave de paso del agua y verificar en la tarja que no esté saliendo caliente el agua, esperar hasta que salga fría o dejarla abierta para que no se caliente el equipo.
3. Encender el equipo conectando el regulador en la pared, encender el equipo en lado izquierdo, seleccionar programa 2 y dar enter en el botón naranja.
4. hacer una corrida sin muestra para que esté listo para analizar las muestras, colocar el tubo digestor en el equipo (manguera) verificar que este bien colocado.
5. Análisis de las muestras:  
Colocar el tubo digestor con la muestra cómo se mencionó en el paso 4 y colocar un matraz Erlenmeyer de 250 ml con 30 ml de solución receptora (de color rojo) en el sitio de la colecta de la muestra y corres el análisis con el botón naranja.
6. Esperar a que se colecte la muestra en el matraz aproximadamente 5 minutos.

### 13.3.3.4. Titular

1. Verificar que la pipeta de titulación este llena de HCL 0.1N.
2. No olvidar titular y registrar los matraz de los blancos
3. Sostener el matraz con la muestra colectada de la destilación bajo un goteo lento pero constante de HCL y en el momento que vira a un color rosa- canela detener el goteo.
4. Tomar lectura de los mililitros necesarios para saturar la solución y producir el cambio de color, registrarlos en formato de captura 2.
5. Realizar los cálculos para estimar la concentración de proteína.



### 13.3.3.5. Cálculos:

**Tabla 11.** Formula de porcentaje de extracto libre de Nitrógeno.

% Nitrógeno =	$(V_1 - V_2) \times N \times (14.007)$	X100
	Peso de la muestra (mg)	

Dónde:

$V_1$  = milímetros utilizados en la muestra de HcL

$V_2$  = mililitros utilizados en el blanco promedio de los 3 valores

N = Normalidad del HCL (0.1 N)

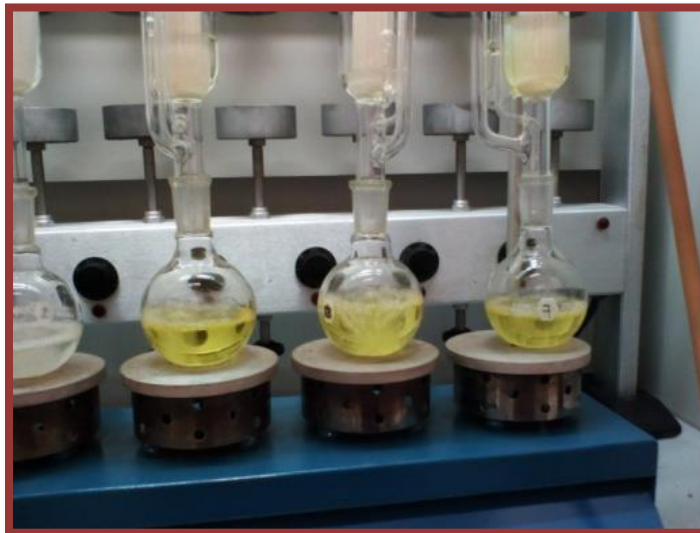
14.007 = constante – equivalentes del HCL

% Proteína =	% Nitrógeno (6.25)
--------------	--------------------

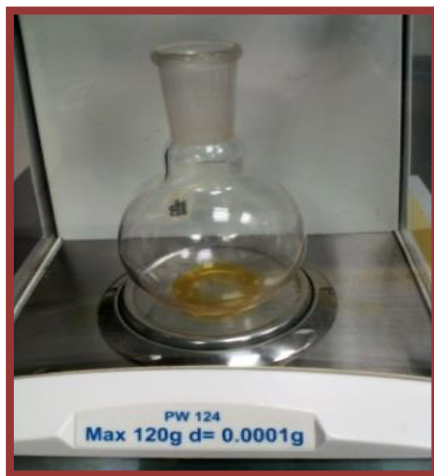
### 13.4. Anexos 4 Determinación de lípidos

Los lípidos, también conocidos como "grasas", son un grupo muy grande de compuestos orgánicos que tienen la características, entre otras, de ser muy solubles en solventes no polares, tales como éter, benceno, cloroformo, acetona, hexano, etc. , y bastantes insolubles en agua. No hay reacción química específica alguna para todo el grupo de los lípidos, por lo que la formación más común de determinarlos consistente en extraerlos cuantitativamente del material en que se encuentran, y precisamente como vehículo extractor se emplean a solventes no polares. El contenido por extracción con solventes no polares. El contenido de lípidos en los ingredientes alimenticios es actualmente denominado por extracción con solventes como éter de petróleo (AOAC, 1995). Otros solventes que también han sido usados en la extracción de lípidos incluyen cloroformo: metanol. Método

de Soxtec consiste en un equipo de reflujo el cual consta de un sistema de condensación además de un depósito dentro del cual en la (figura 22) se observa dónde se colocó la muestra dentro de un dedal de celulosa), y de los matraz bola a peso constante, donde se recolectan los lípidos y este evaporando el solvente, mismo que se condensa al pasar por el refrigerante y cae sobre la muestra en el depósito, y una vez que el nivel del éter llega a su punto máximo el depósito se vacía hacia el matraz vaso, con lo que inicia otro ciclo de extracción, mismo que se repite hasta el final del tiempo determinando, una vez que se lavaron las muestras 8 veces, se retira el matraz bola con la ayuda de unas pinzas sin tocarlo, se coloca dentro del horno durante 2 horas a 100°C hasta que no perciba el olor a éter que pudo quedar diluido en los lípidos, la eficiencia de este método depende del pretratamiento de la muestra y la selección del disolvente posteriormente se trasfiere al secador durante 40 minutos (figura 23) ilustra la cantidad de lípidos que recopila el matraz bola de la muestra el cual se pesa en una balanza analítica.



**Figura 22.** Análisis de lípidos: La harina de garbanzo, concentrado proteico, almidón, de la proteína desengrasada, en el cual se observa en matraz bola de la proteína desengrasa más la reducción de lípidos por su color más trasparente a diferencia de las demás muestras.



**Figura 23.** Determinación lípidos: que se recopila en el matraz bola.

#### 13.4.1. Procedimiento del Método de Soxhlet

1. Un día antes los matraces balón bola se rotulan los matraces se ponen a peso constante (60°C toda la noche manipular solo con pinzas).
2. Al día siguiente se dejan enfriar 40 minutos en el desecador a partir de este momento solo se manipulan con pinzas.
3. Pesar el matraz y registrar peso
4. Se pesan 2 gramos de muestra en un papel filtro para café rotulado con lápiz (doblarlo tres veces para obtener un cono para pesar la muestra)
5. Se colocan dentro del dedal un cartucho de celulosa (rotular los dedales igual que los matraz bola y se acomodan dentro del depósito de extracción (limpio y seco).
6. Se abre la llave del sistema de refrigeración (abrir agua de la llave), conectar a la corriente el equipo y encender campana de extracción
7. Se agregan 175 ml de éter de petróleo a los matraces bola manipulando con pinzas.
8. Se prende el sistema de calentamiento (perilla a máximo) donde están las matraces bola y una vez que ebulle el éter, se mantiene en ebullición para que se evapore y lavar la muestra con el disolvente.

9. Una vez que se lavaron las muestras 8 veces (dos horas), se extraen del equipo se escurre el extracto de éter, para luego dejarlas aireando en un lugar limpio y libre de polvo durante unas 2 horas hasta que ya no se perciba el olor a éter (este proceso hacerlo bajo una campana de extracción)
10. Los matraces bola que contienen los lípidos se introducen en el horno 2 horas a 100 grados centígrados para evaporar el éter que pudo quedar diluido en los lípidos.
11. Y las muestras sin lípidos se utilizan para determinar fibra cruda.
12. Se sacan los matraces del horno luego en el desecador por 40 minutos y se pasan para determinar el porcentaje de lípidos, y registrar valores en formato de captura 3 (manipular con pinzas).

### 13.4.2. Cálculos

Tabla 12. Formula de porcentaje de lípidos.

% Extracto etéreo =	Peso vaso con lípidos – peso vaso	X100
	Peso de la muestra	

### 13.5. Anexos 5. Fibra cruda

Varias técnicas químicas están disponibles para la estimación de carbohidratos en el alimento vegetales y animales. El método más comúnmente empleado divide a los carbohidratos en dos fracciones, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (ELN). La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble, después de extraer un material libre de grasas con ácido y álcali diluidos, bajo condiciones controladas. La fibra cruda es generalmente considerada como el componente carbohidrato no digerible de un determinado ingrediente o dieta. Entre los alimentos de origen vegetal, la

fibra cruda se compone principalmente de varias porciones de celulosa, hemicelulosa y lignina (esta última no es un carbohidrato, sino un compuesto aromático complejo, mientras que en productos animales, la fibra cruda se compone de varias proporciones de glucosa, mánanos y aminoazúcares.

### 13.5.1. Procedimiento del método: de hidrólisis sucesivas

1. Un día antes poner crisoles en el horno 70°C (etiquetar los crisoles con lápiz).
2. Un día después enfriar 40 minutos en el desecador y registrar peso (manipular con pinzas)
3. Pesarse la muestra desengrasada en un contenedor de plástico azul para pesaje (registrar el peso de la muestra).
4. Marcar con lápiz y pesar los círculos de papel Whatman no. 541 doblado en cuatro partes y registrar peso (manipular con pinzas el papel con guantes limpios)
5. Vaciar la muestra en el vaso de extracción de 600 ml (rotular vaso), lavar los residuos de la muestra del contenedor de pesaje sobre el vaso con parte de los 200 ml de ácido sulfúrico (1.25%) (lavar charolita azul).
6. Terminar de vaciar los 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% en el vaso y agregar 3 gotas de octanol (pipeta pasteur).
7. Acomodar todos los vasos en el digestor de fibra. Abrir levemente la llave de agua, poner la parrilla al máximo y esperar a que empiecen a hervir todas las muestras
8. Cambiar la parrilla de máximo a 3-3.5 cuando empiecen a hervir todas las muestras, dejar hervir 30 minutos y estar pendiente para no dejar que la espuma suba
9. Poner a calentar agua para las destilada e hidróxido de sodio al 1.25% en una placa de calentamiento. (para 6 muestras utilizaría 1.200l de agua).
10. Apagar el digestor después de los 30 minutos, filtrar el contenido del vaso a través de una manta con ayuda de un embudo buchner y quitaste (2L) a

- vacío en caliente, manipular con guantes el vaso caliente (apagar y prender bomba de vacío)
11. Lavar cuatro veces con 50 ml de agua destilada caliente incluyendo los residuos del vaso de vidrio (medir con probeta y pasarlo a una piceta para facilitar los lavados)
  12. Transferir el residuo que quedo en la manta al vaso de extracción con ayuda de 200 mililitros de hidróxido de sodio hirviendo (medir con probeta y pasarlo a una piceta para facilitar el lavado de la manta) y agregar 3 gotas de octanol ya que estén todas las muestras.
  13. Acomodar todos los vasos en el digestor de fibra. Poner la parrilla en máximo y esperar a que empiece a hervir todas las muestras
  14. Cambiar la parrilla de máximo a 3-3.5, dejar hervir 30 minutos y estar al pendiente para no dejar que la espuma suba.
  15. Filtrar de nuevo al vacío a través del papel Whatman no. 541 cada vez con guantes limpios marcado y pesado previamente (manipular con pinzas), cuidar que durante el vacío no se rompa el papel Whatman (hacerlo con interrupciones el encendido y apagado de la bomba de vacío)
  16. Lavar una vez con 50 ml de Cl. al 1% a temperatura ambiente
  17. Lavar cuatro veces con 50 ml de agua destilada caliente
  18. Lavar con 50 ml de alcohol etílico al 95% a temperatura ambiente
  19. Transferir el papel con todo y residuo a un crisol de porcelana a peso constante (60° toda la noche y enfriar 40 minutos en el desecador, manipular con pinzas)
  20. Secar los crisoles con el papel en el horno a 120 grados durante dos horas
  21. Posteriormente pasarlos al desecador con pinzas y dejar enfriar durante 40 minutos
  22. Pesar (manipular con pinzas)
  23. Incinerar durante 30 minutos. Apagar la mufla y dejar enfriar 14 horas como mínimo (NO abrir antes) a 600°
  24. Dejar los crisoles 40 minutos en el desecador (manipular con pinzas)

25. Pesar (manipular con pinzas).

### 13.5.2. Cálculos

**Tabla 13.** Formula de porcentaje de fibra.

% Fibra=	PRS – PP – PC	X100
	Peso de la muestra (g)	

Dónde:

Prs = peso del residuo seco (muestra desengrasada inicial)

Pp = peso del papel

Pc = peso de las cenizas

13.6. Anexo 6. Resultados de análisis

### 13.6. Anexos 6. Resultado de los análisis Bromatológicos

Tabla 14. Resultados de análisis de la harina de garbanzo.

7.21% HUMEDAD HARINA DE GARBANZO				
NO. CRISOL	CRISOL, (g)	MUESTRA (g)	Secado C+M	105°C-4h
13	30.7563	2.0006	32.6135	Hora inicio
14	23.6753	2.0003	25.5318	Hora termino
15	33.2319	2.0003	35.0805	
2.98% CENIZAS HARINA DE GARBANZO				
NO. CRISOL	CRISOL (g)	MUESTRA (g)	INCINERADO C+M	600°C-5h
4	25.2785	2.0004	31.9912	Hora inicio
5	34.4384	2.0002	34.4985	Hora termino
6	31.9323	2.0009	25.3381	
19.67% PROTEINAS HARINA DE GARBANZO				
NO. CRISOL	PESO MUESTRA (Mg)	ml DE LA MUESTRA	Máx T -25min	
5	100.1	2.6	Hora inicio Hora termino	
6	100.2	2.35		
7	100.3	2.3		
8	100.4	2.4		
5.88% LIPIDOS HARINA DE GARBANZO				
NO. CRISOL	PESO MUESTRA	PESO VASO	INCINERADO C+M	NO. DE SIFONES
10	2.0008	108.2983	108.4156	2 HORAS
11	2.0000	105.4671	105.5860	8 VECES
12	2.0006	110.3684	110.4853	
9.28% FIBRA CRUDA HARINA DE GARBANZO				
NO. CRISOL	PESO MUESTRA SECA	PESO VASO	CRISOL + MUESTRA SECA	CRISOL + MUESTRA CALCINADA
10	1.9025	1.3882	47.6581	46.2862
11	1.8919	1.3730	48.7552	47.4030
12	1.8932	1.3745	49.6066	48.2590

Tabla 15. Resultado de análisis de concentrado proteico

67.0 % PROTEINAS DE CONCENTRADO PROTEICO 100g/L				
NO. CRISOL	PESO MUESTRA (Mg)	ml DE LA MUESTRA	Máx T -25min	
9	100.2	7.7	Hora inicio Hora termino	
10	100.3	7.65		
11	100.3	7.9		
12	100.4	8.1		
23% LIPIDOS DE CONCENTRADO PROTEICO 100g/L				
NO. CRISOL	PESO MUESTRA	PESO VASO	INCINERADO C+M	NO. DE SIFONES
4	2.0009	108.5657	109.0357	2 HORAS
5	2.0003	101.5468	102.0178	8 VECES
6	2.0008	100.6395	101.1156	



**Tabla 16.** Resultados del almidón de garbanzo 100g/l

12.72% PROTEINAS DEL ALMIDON DE GARBANZO			
NO. CRISOL	PESO MUESTRA (Mg)	ml DE LA MUESTRA	Máx T -25min
13	100.0	1.35	Hora inicio Hora termino
14	100.3	1.2	
15	100.3	2.3	
16	100.4		

**Tabla 17.** Resultados de análisis de la proteína desengrasada

2.73% HUMEDAD DE LA PROTEÍNA DESENGRASADA				
NO. CRISOL	CRISOL, (g)	MUESTRA (g)	Secado C+M	105°C-4h
6	37.7625	2.0421	39.7484	Hora inicio
8	43.0388	2.0550	45.0376	Hora termino
9	43.7275	2.0095	45.6823	
3.36% CENIZAS DE LA PROTEÍNA DESENGRASADA				
NO. CRISOL	CRISOL (g)	MUESTRA (g)	INCINERADO C+M	600°C-5h
6	37.7625	1.9859	37.8271	Hora inicio
8	43.0388	1.9988	43.1070	Hora termino
9	43.7275	1.9548	43.7945	
19.67% PROTEÍNAS DE LA PROTEÍNA DESENGRASADA				
NO. CRISOL	PESO MUESTRA (Mg)	ml DE LA MUESTRA	Máx T -25min	
1	100.1	8.8	Hora inicio	
2	100.2	8.8	Hora termino	

CALCULO DEL EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO							
Tipo de muestra:							
Código	% Humedad	% cenizas	% proteínas	% lípidos	% fibra cruda	% E.L.N.	Energía
Seca	7.31	3.00	18.49	5.88	9.28	63.33874448	380.2242786
Húmedo	92.69	2.78	17.14	5.45	8.60	58.71	171.60



## LICENCIA DE USO DE OBRA

**LICENCIA DE USO OTORGADA POR** LLANES BERNAL AURORA JANETH, de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en León Fonseca, Guasave, Sinaloa, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **“DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DE LA OBTENCION DE CONCENTRADOS PROTEICOS A PARTIR DE GARBANZO (cicer arietinum) DE SEGUNDA CALIDAD, UTILIZANDO ENZIMAS COMERCIALES”** en adelante **“LA OBRA”** quien para todos los fines del presente documento se denominará **“EL AUTOR Y/O TITULAR”**, a favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, la cual se regirá por las clausulas siguientes:

**PRIMERA-OBJETO:** **“EL AUTOR Y/O TITULAR”**, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuito e indefinida respecto de **“LA OBRA”**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través el repositorio institucional y del repositorio nacional, este último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

**SEGUNDA-TERRITORIO:** La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geografía o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

**TERCERA-ALCANCE:** La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **“LA OBRA”** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguiente medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

En medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

**CUARTA-EXCLUSIVIDAD:** La presente licencia de so aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva; por lo tanto, **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** conserva los derechos patrimoniales y morales de **“LA OBRA”**, objeto del presente documento.

**QUINTA-CREDITOS:** El Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **“AUTOR Y/O TITULAR”** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **“LA OBRA”**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

**SEXTO-AUTORIA:** **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **“LA OBRA”** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la ciudad de Sinaloa de Leyva, Sin., a los 07 días del mes de Diciembre del 2021.

**“EL AUTOR Y/O TITULAR”**

**“EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE SINALOA DE LEYVA”**

LLANES BERNAL AURORA JANETH

M.A.P. ASUAN CAMARGO LUQUE  
DIRECTORA

## LICENCIA DE USO DE OBRA

**LICENCIA DE USO OTORGADA POR** M.C. EDNA NATHALIE MAÑÓN RIOS, de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en calle Mazatlán No. 19, col. Sinaloa, c.p. 81029, Guasave Sinaloa, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **“DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DE LA OBTENCION DE CONCENTRADOS PROTEICOS A PARTIR DE GARBANZO (cicer arietinum) DE SEGUNDA CALIDAD, UTILIZANDO ENZIMAS COMERCIALES”** en adelante **“LA OBRA”** quien para todos los fines del presente documento se denominará **“EL AUTOR Y/O TITULAR”**, a favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las clausulas siguientes:

**PRIMERA-OBJETO:** **“EL AUTOR Y/O TITULAR”**, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuito e indefinida respecto de **“LA OBRA”**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través el repositorio institucional y del repositorio nacional, este último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

**SEGUNDA-TERRITORIO:** La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geografía o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

**TERCERA-ALCANCE:** La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **“LA OBRA”** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguiente medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

En medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

**CUARTA-EXCLUSIVIDAD:** La presente licencia de so aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva; por lo tanto, **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** conserva los derechos patrimoniales y morales de **“LA OBRA”**, objeto del presente documento.

**QUINTA-CREDITOS:** El Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **“AUTOR Y/O TITULAR”** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **“LA OBRA”**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

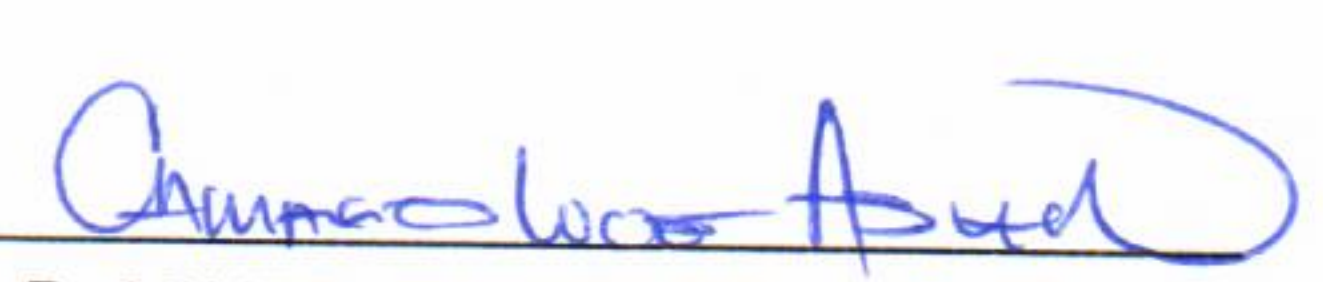
**SEXTO-AUTORIA:** **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **“LA OBRA”** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la ciudad de Sinaloa de Leyva, Sin., a los 07 días del mes de Diciembre del 2021.

**“EL AUTOR Y/O TITULAR”**

  
M.C. EDNA NATHALIE MAÑÓN RIOS

**“EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE SINALOA DE LEYVA”**

  
M.A.P. ASUAN CAMARGO LUQUE  
DIRECTORA