



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD DURANGO

APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DEL CRIBADO DEL
FRIJOL EN LA ZONA DE LOS LLANOS.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTA

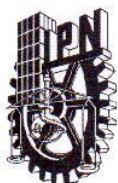
IMELDA GUADALUPE HERNÁNDEZ CASAS

DIRECTORES

M. EN C. OSCAR HOMERO VELASCO GONZÁLEZ

M. EN C. REBECA ÁLVAREZ ZAGOYA

Victoria de Durango, Dgo., junio 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 10:25 horas del día 26 del mes de Junio del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN DGO para examinar la tesis titulada:

Aprovechamiento de los desechos del cribado de frijol en la zona de Los Llanos.

Presentada por la alumna:
HERNÁNDEZ

Apellido paterno

CASAS

Apellido materno

IMELDA GUADALUPE

Nombre(s)

Con registro:

B	1	0	1	0	8	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

M. en C. Oscar Homero Velasco González

M. en C. Rebeca Álvarez Zagoya

Dr. Marco Antonio Márquez Linares

Dr. J. Natividad Gurróla Reyes

Dr. Jesús Herrera Corral

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
CIIDIR

Dr. José Antonio Avila Reyes
CIIDIR
DURANGO
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

México, D.F. a 22 de Junio del 2012

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR Durango en su sesión ordinaria No. 12 celebrada el día 6 del mes de Diciembre conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

HERNÁNDEZ
Apellido paterno

CASAS
Apellido materno

IMELDA GUADALUPE
Nombre (s)

Con registro:

B	1	0	1	0	8	8
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
"Aprovechamiento de los desechos del cribado de frijol en la zona de Los Llanos"

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

2.- Se designa como Directores de Tesis a los Profesores:
M. en C. Oscar Homero Velasco González y la M. en C. Rebeca Álvarez Zagoya

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesina será elaborado por el alumno en:
CIIDIR-IPN Unidad Durango

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis

M. en C. Oscar Homero Velasco González

Aspirante

M. en C. Rebeca Álvarez Zagoya

Presidente del Colegio

Ing. Imelda Guadalupe Hernández Casas

Dr. José Antonio Avila Reyes
CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD DURANGO
I.P.N.

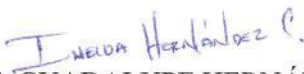


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **DURANGO, DGO.**, el día **26** del mes de **JUNIO** del año **2012**, la que suscribe **IMELDA GUADALUPE HERNÁNDEZ CASAS** alumna del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL** con número de registro **B101088**, adscrita a **CIIDIR-IPN UNIDAD DURANGO**, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **M. EN C. OSCAR HOMERO VELASCO GONZÁLEZ** y de la **M. EN C. REBECA ÁLVAREZ ZAGOYA** y cede los derechos del trabajo intitulado **APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DEL CRIBADO DE FRIJOL EN LA ZONA DE LOS LLANOS**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección ime_1986@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


IMELDA GUADALUPE HERNÁNDEZ CASAS
Nombre y firma

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Tecnología de Alimentos del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, bajo la dirección del M. en C. Oscar Homero Velasco González

ÍNDICE

LISTA DE ACRÓNIMOS.....	I
SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS	II
RELACIÓN DE CUADROS.....	III
RELACIÓN DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 FRIJOL.....	3
2.1.1 PRODUCCIÓN DE FRIJOL A NIVEL MUNDIAL.....	3
2.1.2 PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN MÉXICO.....	3
2.1.3 PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN EL ESTADO DE DURANGO	4
2.1.3.4 <i>Producción de frijol en Guadalupe Victoria, Dgo.</i>	4
2.1.4 USOS E IMPORTANCIA NUTRICIONAL DEL FRIJOL	4
2.1.5 FACTORES ANTINUTRICIONALES DEL FRIJOL	4
2.2. GRANZA DE FRIJOL	5
2.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GRANZA	5
2.2.2 PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE GRANZA.....	5
2.3. PRINCIPALES PLAGAS DE FRIJOL POR ALMACENAMIENTO.....	6
2.3.1 MÉTODOS DE CONTROL	9
2.4 COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL FRIJOL.....	9
2.5 PROTEÍNAS	10
2.5.1 PROTEÍNAS DE RESERVA.	10
2.5.1 EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS (MÉTODO DE OSBORNE Y MENDEL).....	12

2.6 ADITIVOS ALIMENTARIOS	12
2.7 PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS.....	12
2.7.1 CAPACIDAD GELIFICANTE.....	13
2.7.2 CAPACIDAD EMULSIFICANTE	13
2.7.3 CAPACIDAD ESPUMANTE	13
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
3.1 OBJETIVO	14
3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	15
4.2 IDENTIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA.....	16
4.3 MÉTODOS PARA EXTRACCIÓN DE PROTEÍNAS.....	16
4.3.1 MÉTODO DE OSBORNE Y MENDEL.....	16
4.3.1.1 <i>Tratamiento de granza de frijol a diferentes temperaturas</i>	<i>16</i>
4.3.1.2 <i>Tratamiento de granza de frijol a 0°C.....</i>	<i>20</i>
4.4. MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FUNCIONALES	20
4.4.1 PROPIEDADES FUNCIONALES SIN TRATAR QUÍMICAMENTE	20
4.4.1.2 <i>Capacidad Gelificante</i>	<i>20</i>
4.4.2.3 <i>Capacidad Emulsificante.....</i>	<i>21</i>
4.4.3.4 <i>Capacidad Espumante</i>	<i>22</i>
4.4.2 PROPIEDADES FUNCIONALES TRATADAS QUÍMICAMENTE	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1 ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA	23
5.2 TRATAMIENTO DE GRANZA DE FRIJOL A DIFERENTES TEMPERATURAS	24
5.3 TRATAMIENTO DE GRANZA DE FRIJOL A 0°C.....	31
5.4 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES	33

5.4.1 PROPIEDADES FUNCIONALES SIN TRATAR QUÍMICAMENTE	33
5.4.1.1 <i>Capacidad gelificante</i>	33
5.4.1.2 <i>Capacidad emulsificante</i>	34
5.4.1.3 <i>Capacidad espumante</i>	35
5.4.2 PROPIEDADES FUNCIONALES TRATADAS QUÍMICAMENTE	36
5.3.2.1 <i>Capacidad gelificante</i>	36
5.3.2.2 <i>Capacidad emulsificante</i>	38
5.3.2.3 <i>Capacidad espumante</i>	39
5.4 LA GRANZA EN EL CONTEXTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	40
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	45
VIII. LITERATURA CITADA.....	46
IX. ANEXOS.....	50

LISTA DE ACRÓNIMOS

OEIDRUS	Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Estatal Sustentable
ANOVA	Análisis de Varianza
CIIDIR	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Rural
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
IPN	Instituto Politécnico Nacional
FAO	Food and Agriculture Organization
ITESM	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
ACYA	Abastecedora de Comercio y Abarrotes

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

Ha	Hectárea
g	Gramos
mg	Miligramos
Kg	Kilogramos
mm	Milímetros
Kcal	Kilocalorías
KDa	Kilodalton
μ	Micra
ml	Mililitro
M	Molar
rpm	Revoluciones por minuto
°C	Grados centígrados
Gl	Grados de libertad
P	Probabilidad

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición químico proximal del frijol.....	10
Cuadro 2.	Diseño factorial fraccionado 2^{4-1} , la parte seleccionada corresponde a la fracción de signos positivos del factor de definición.....	17
Cuadro 3.	Diseño Central Compuesto 2^2 , 4 puntos estrella 50 y 70°C y 30 y 40 minutos en el tiempo de extracción y 5 repeticiones en el punto central.....	18
Cuadro 4.	Resultados del diseño factorial fraccionado 2^{4-1}	24
Cuadro 5.	Análisis de Varianza para IR - Suma de Cuadrados Tipo III.....	25
Cuadro 6.	Resultados de diseño central compuesto 2^2	26
Cuadro 7.	Análisis de varianza para porcentaje de proteína.....	28
Cuadro 8.	Resultados del proceso de liofilización, porcentaje de proteína, porcentaje de humedad, porcentaje de proteína total y gramos totales de proteína, obtenidos a temperatura alta.....	30
Cuadro 9.	Resultados del porcentaje de proteína, proceso de liofilización, porcentaje de humedad, porcentaje de proteína total y gramos totales de proteína, obtenidos a temperaturas bajas.....	32
Cuadro 10.	Eficiencia de extracción de proteínas.....	33
Cuadro 11.	Capacidad gelificante a diferentes concentraciones de proteína de granza de frijol.....	34
Cuadro 12.	Capacidad gelificante a diferentes concentraciones de grenetina	34
Cuadro 13.	Capacidad emulsificante de las proteínas de granza de frijol y grenetina.....	35
Cuadro 14.	Capacidad espumante de las proteínas de granza de frijol y grenetina.....	36
Cuadro 15.	Capacidad gelificante a diferentes concentración de proteína de granza de frijol tratado con Carbonato de calcio.....	37
Cuadro 16.	Capacidad gelificante a diferentes concentración de proteína de granza de frijol tratado con Polifosfato.....	38
Cuadro 17.	Capacidad gelificante a diferentes concentración de proteína de granza de frijol tratado con Acetato de calcio.....	38
Cuadro 18.	Capacidad emulsificante de las proteínas de granza de frijol tratado químicamente.....	39
Cuadro 19.	Capacidad espumante de las proteínas de granza de frijol tratado químicamente.....	39

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.	Proceso para la obtención de granza.....	6
Figura 2.	a) <i>Acanthocelides obtectus</i> (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae)	8
	b) <i>Zabrotes subfasciatus</i> Boheman (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae).....	9
Figura 3.	Ubicación geográfica de Guadalupe victoria, Dgo.....	15
Figura 4.	Tratamiento de la granza de granza de frijol a diferentes temperaturas.....	17
Figura 5.	Liofilización de las muestras.....	19
Figura 6.	Determinación de la capacidad gelificante.....	21
Figura 7.	Determinación de la capacidad emulsificante.....	21
Figura 8.	Determinación de la capacidad espumante.....	22
Figura 9.	Superficie de respuesta de extracción de proteína en función de temperatura y tiempo de extracción.....	27
Figura 10.	Secado de proteínas en estufa a 70 °C.....	29
Figura 11.	Curva de calibración producida por la regresión de las respuestas del detector registradas durante la calibración.....	31

RESUMEN

La producción de frijol en el municipio de Guadalupe Victoria Dgo., lo ubica dentro de los primeros productores a nivel estatal, con el 50-60% de la producción. De ésta producción, el 5% representa el subproducto llamado 'granza', que implican granos de frijol quebrado o dañado infestado por insectos de semillas (brúquidos). Este es subutilizado, almacenado a la intemperie, causando problemas ambientales, se desecha en lugares que propician la reproducción de plagas o la putrefacción de los componentes del frijol. Para disminuir la concentración de este desecho que se genera en el municipio, se pretende transformar este subproducto al extraer las proteínas incrementando su valor agregado, al evaluar las propiedades funcionales y determinar su potencial en el desarrollo de otros alimentos. Para la extracción de las proteínas se utilizó el método de Osborne y Mendel (1914), modificándose para hacerlo más económico, aplicando diferentes temperaturas, siendo las condiciones óptimas de 45°C y 35 minutos, extrayendo el 27% de proteína. Posteriormente se aplicó el método a 0°C y se extrajo el 74.93% de proteína. Se evaluaron las propiedades funcionales de la proteína, tratadas químicamente y sin tratar. El concentrado gelificó a 4, 6, 8,10 y 12%. La capacidad emulsificante fue de 18.8 ml de aceite. En la capacidad espumante se obtuvo un volumen de 155 ml, con espuma estable. Las propiedades del concentrado de proteínas de frijol, fueron superiores al testigo de grenetina. Ninguno de los tratamientos utilizados mejoró las propiedades. El concentrado de proteínas obtenido, representa alternativas adecuadas para el desarrollo de productos que requieran niveles altos de proteínas, además de tratamiento térmico para eliminar el factor antitripsico. Los beneficios tecnológicos derivados del aprovechamiento de la granza, permiten el desarrollo ambiental, económico y social de los productores de frijol del estado de Durango, mediante la aplicación de apoyos gubernamentales y organización social.

ABSTRACT

Bean production at the municipality of Guadalupe Victoria, in Durango state, sets it as one of the first bean producers at state level, obtaining 50-60% of the total state bean production. Of the total state production, 5% from it represents a subproduct called 'granza', that implies broken or damaged beans infested by seed insects (Bruchid). This subproduct is underused and it is stored outdoors, causing a potential problem from an environmental view, being thrown in places that foment pest reproduction or putrefaction of bean components. With the intention to reduce the concentration of this subproduct or waste that is generated at this municipality, it is pretended the transformation of this subproduct by protein extracting, and to increment its surplus value, evaluating its functional properties and determining its potential in the development of other food or derivatives. For the protein extraction, the method proposed by Osborne and Mendel (1914) was applied. This method was modified to make it inexpensive, applying different temperatures, in which optimal conditions were 45°C, for 35 minutes of time extraction, obtaining 27% of protein. Later, the method was applied at 0°C, and 74.93% of protein was obtained. Functional protein properties were evaluated, treated chemically and without treatment. The concentrate had gelling at 4, 6, 8, 10 y 12%. The emulsifying capability was of 18.8 ml of oil. Foaming capacity was obtained at a 155 ml volume, with stable foam. The properties of the concentrate of bean protein were higher than the hydrolyzed grenetina control. However, none of the used treatments improved the properties. Obtained protein concentrate, represents an adequate alternative for the development of products that require high level of protein, besides of a thermal treatment for its preparation that eliminates the antitripsic factor. Technological benefits derived from the 'granza' improvement, allows the environmental, economical and social development for Durango state bean producers, by applying government support and social organization.

I. INTRODUCCIÓN

La producción nacional de frijol para el año 2010 fue de 1, 156, 257.44 toneladas, el estado de Durango con 96, 415.98 toneladas se coloca como uno de los 5 principales productores a nivel nacional. Entre los principales municipios productores del estado se encuentran Cuencamé, Guadalupe Victoria, Poanas, Pánuco de Coronado y Nombre de Dios. La producción de frijol en el municipio de Guadalupe Victoria, Dgo., siendo en el 2010, 20,698.39 toneladas (OEIDRUS-DURANGO, 2012), colocándolo como el primer productor a nivel estatal, considerando que la granza constituye un 5% producción, se puede estimar que durante el ciclo agrícola 2010 se obtuvieron 1034 toneladas de granza, producto que actualmente es utilizado como alimento para ovejas y cabras con un precio de venta de \$ 3.00 por cada Kg. Este subproducto únicamente puede ser consumido por los animales hasta un 16 %, en la dieta, debido a los principios antinutricionales que contiene el frijol, como factor antitripsico, además de polifenoles (Carmona y col., 1991).

La comercialización de este subproducto, es muy lenta, ocasionando que se acumule a lo largo del periodo de cribado del frijol. La granza es almacenada a la intemperie, ya que debido a su bajo costo y a una demanda escasa, no es redituable para su almacenamiento en bodega. Es importante mencionar que durante este almacenamiento, no recibe ningún tratamiento para evitar la proliferación de plagas, convirtiéndose en un peligro potencial.

Entre las principales plagas generadas en el almacenamiento del grano de frijol, se encuentran los Brúquidos cuya especie más importante es *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus* mejor conocido como el gorgojo de frijol.

A lo largo de todo el África Subsahariana existe una pérdida de un 25 – 40% de la cosecha de grano cada año debido a los insectos por su almacenamiento inadecuado (Golob and Kilminster, 1982). En México no existen cifras precisas que indiquen el volumen de pérdida de granos y semillas; sin embargo, se estima que anualmente se pierde entre el 5% y el 25% de la producción total de maíz, trigo y frijol, principales granos básicos del país (SAGARPA 2012). Al existir plaga en el

grano del frijol se produce una pérdida en el peso, la calidad y la viabilidad del grano (Reuben y col., 2006).

Para la exterminación de la plaga se tienen que aplicar insecticidas lo cual genera costo elevados, tienen residuos persistentes que difícilmente pueden ser removidos durante el procesamiento de granos (Reddy and Reddy, 1987), además causa daños graves a la salud, resistencia de plagas, contaminación al ambiente, residuos en productos de mercado.

Además otro problema generado por almacenamiento a la intemperie provocado por la humedad, es la putrefacción de los componentes del grano provocando lixiviados; éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas medioambientales o de salud.

Para ayudar a prevenir el problema de propagación de plagas y la contaminación por la granza de frijol, en el presente trabajo se plantea la alternativa de aprovecharla, incrementando su valor agregado, al utilizarla para transformarla en aditivos alimentarios para la alimentación humana y animal.

Por lo tanto, la utilización de productos no convencionales como la granza de frijol, que se generan en el campo, debe constituir una opción para productores en la región, donde predomina la actividad agrícola, ya que en cierto tipo de cultivos se desperdician grandes cantidades de grano, que solo por tener una inadecuada apariencia física se le rechaza, sin embargo, sigue conservando íntegro su valor nutricional.

II. ANTECEDENTES

2.1 Frijol

2.1.1 Producción de frijol a nivel mundial

Según la FAO (2008), la producción de frijol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. Entre 1961–2007 se produjo en promedio poco menos de 15 millones de toneladas al año, lo que constituye una tasa media de crecimiento anual (tmca) de 1.16% durante dicho lapso.

Entre los países productores de la leguminosa destacan por orden de importancia India con 18.49%, Brasil con 16.55%, China con 11.47%, Estados Unidos con 6.84%, y México en quinto lugar con un 6.80%. Estas naciones, junto con Myanmar, contribuyeron con el 63.86% del total producido. Sin embargo, la variación que se presenta en los niveles de producción entre un año y otro se corresponde con la presencia de lluvias, ya que una proporción significativa se obtiene bajo condiciones de temporal (ITESM, 2004). Asimismo se cree que el mayor consumo de frijol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dado los niveles de aceptación y uso que de este producto se hace en América Latina, Asia y África (ITESM, 2004).

2.1.2 Producción de frijol en México

México se ubica entre los primeros seis países con el mayor consumo de frijol en el mundo, apenas superado por Burundi, Ruanda, Nicaragua, Brasil y Uganda, quienes consumen 20.8, 11.5, 7.3, 6.9 y 6.3 veces más que el promedio mundial (2.6 Kg/habitante/año).

Debido a las buenas condiciones medioambientales que favorecen el cultivo de frijol en México, existe una amplia distribución, en la cual los principales estados que destacan en superficie y producción son Durango, Zacatecas, Chihuahua, Nayarit, Sinaloa, Guanajuato y Chiapas (Muruaga y col., 1993).

A nivel nacional en el año 2010 se sembraron 1, 887,176.77 ha de la cuales se cosecharon 1, 630,224.84 ha obteniendo una producción de 1, 156,257.44 toneladas. (OEIDRUS-DURANGO, 2012).

2.1.3 Producción de frijol en el estado de Durango

El estado de Durango es el segundo productor de frijol a nivel nacional. En el año agrícola 2010 se sembró una superficie de 239,881.70 ha y se cosechó una superficie de 200,702.80 ha, obteniendo una producción de 96, 415 toneladas alcanzando un valor de producción de \$ 610,410.59 (OEIDRUS-DURANGO, 2012).

2.1.3.4 Producción de frijol en Guadalupe Victoria, Dgo.

El municipio de Guadalupe Victoria, Dgo., es una de los primeros productores a nivel estatal. En el año 2010 alcanzó una producción total de 20, 698.39, toneladas alcanzando un valor de producción de \$ 113,840.87 (OEIDRUS-DURANGO, 2012).

2.1.4 Usos e Importancia nutricional del frijol

El consumo de frijol resulta especialmente valioso como complemento de los cereales en aquellas regiones donde la población tiene limitado el acceso a la proteína de productos animales. El frijol también contiene factores antinutricionales tales como inhibidores de tripsina, hemaglutininas, saponinas y ácido fitico entre otros. Muchos de los cuales son destruidos, al menos en parte, durante los tratamientos culinarios. Estos factores modifican el aprovechamiento nutricional de sus componentes mejorando la calidad de la dieta (Serrano y Goñi, 2004).

Esta leguminosa contiene compuestos prebióticos de gran importancia para la salud, en relación con alguna de las enfermedades crónico-degenerativas como: cáncer, diabetes y enfermedades cardiovasculares, entre otros (Guzmán y col., 2002).

2.1.5 Factores antinutricionales del frijol

El completo aprovechamiento de las leguminosas también es afectado por la presencia de ciertos factores antinutricionales tales como los inhibidores de proteasas, lectinas, fitatos, ciertos compuestos fenólicos (Carmona y col., 1991), los cuales disminuyen la utilización de proteínas, aminoácidos, carbohidratos, vitaminas

y minerales. La inactivación o la eliminación de estos factores se hace necesaria para incrementar su calidad y potencialidad como alimentos funcionales. Afortunadamente, los tratamientos térmicos usuales a los cuales que son sometidas las leguminosas para reblandecer el grano hasta adquirir la textura adecuada para su consumo, también se eliminan o disminuyen los factores antinutricionales e incrementan su valor nutricional, digestibilidad de proteínas y almidones (Trago y col., 2000).

Es por ello que el uso en alimentación animal es limitada, solo se utiliza un 16% en la dieta del animal debido a sus principios antinutricionales que contiene el frijol, como factor antitriptico, además de polifenoles.

2.2. Granza de frijol

2.2.1 Descripción general de la granza

Las granzas de frijol son la parte de la producción que se considera como desecho, pues es leguminosa picada, quebrada y descascarillada, desmeritada en su aspecto físico pero apta para su procesamiento y utilización en el desarrollo de nuevos productos ya que contiene íntegro su valor nutrimental, funcional y terapéutico.

2.2.2 Proceso para la obtención de granza.

El proceso el cual sigue el cribado de frijol cuy que posteriormente se obtiene la granza es descrito a continuación (figura 1):

1. Se realiza la recepción del frijol en la bodega
2. El frijol se pasa para el trasvasado ala tolva de alimentación
3. Pasa al pentágono para separar impurezas, separando las impurezas mas grandes que el frijol.
4. Pasa a una criba donde separa las impurezas más pequeñas que el frijol.
5. Luego pasa a la mesa de gravedad el cual separa la granza
6. Cribado de la granza donde se eliminan piedras y con un ventilador elimina la paja.

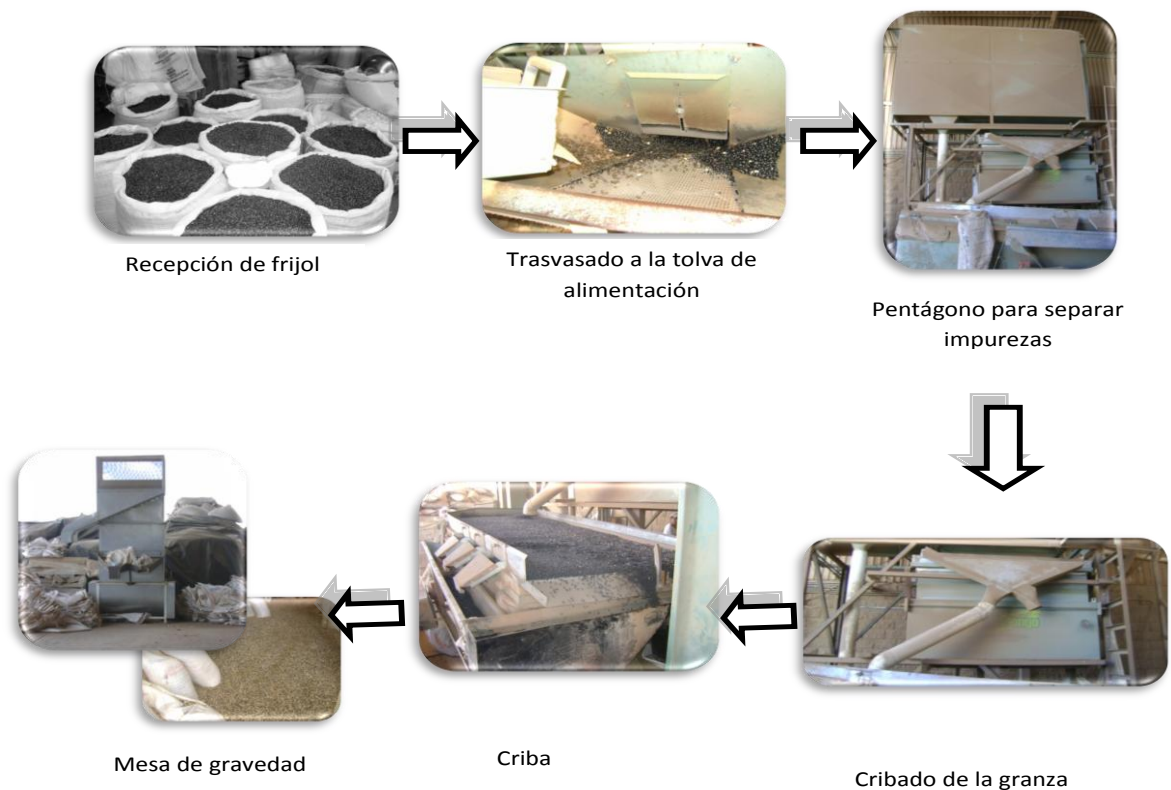


Figura 1. Proceso para la obtención de granza

2.3. Principales plagas de frijol por almacenamiento

Las consecuencias de la contaminación por brúquidos en granos almacenados sobrepasan a veces los límites en la destrucción del grano pues, el aporte de ácido úrico y los fragmentos de quitina dejados por estos insectos en los lotes, los deja sin posibilidades de ser consumidos. *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae) puede ocasionar reacciones alérgicas graves a las personas que manejan granos *Phaseolus vulgaris* fuertemente contaminados (Gómez, 2009).

Los gorgojos del frijol son escarabajos o coleópteros de la subfamilia Bruchinae ahora colocado en la familia Chrysomelidae. Por lo general infestan diferentes granos de semilla y viven durante la mayor parte de su vida de manera individual, aunque

pueden estar de 2 a 3 individuos, de acuerdo al tamaño del frijol, dependiendo de la variedad que infesten y la dureza del grano, son compactos, de forma oval, cabeza pequeña, el tamaño varía de 1 mm hasta 22 mm en algunas especies tropicales, son generalmente de color negro o marrón (Graziano y col., 2011).

Los adultos depositan los huevos en la semilla y las larvas mastican el endospermo, donde existe la mayor parte de los nutrientes, pasan por un período de reposo o pupa, luego cortan un agujero en la salida y cuando pupan, se colocan con la cabeza hacia el orificio de emergencia. Una vez que pasa el período de pupa, emergen como adultos gorgojos. Los adultos fingen su muerte y abandonan la planta cuando se les molesta; suelen ser hospederas de las leguminosas. y proliferan si encuentran las condiciones propicias para ello, que son 32°C y una humedad relativa de 90% (Graziano y col., 2011).

Acanthocelides obtectus (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae) (Figura 2a), más conocido como el gorgojo del frijol, ataca todo tipo de frijol, algunas variedades de lentejas y otras clases de semillas almacenadas.

Es la plaga más importante en almacenamiento y en campo. Puede tener hasta 10 generaciones anuales y en condiciones ecológicas favorables un porcentaje de fecundidad del orden de 100 huevos lo que nos permite obtener 5×10^{18} individuos por pareja. Los huevos son puestos sobre vainas en el campo, o sobre el tegumento del grano; son huevecillos en promedio de 0.8 mm de largo por 0.3 mm de ancho, translúcidos de forma cilíndrica ovoide, con extremos curvos y especie de cílisis o ventosa que les permiten adherirse; toman un color opaco antes de la eclosión. Los huevos pueden ser puestos en masa o individuales, cerca al opérculo del tegumento del grano o en vainas por el lado de la dehiscencia; eclosionan entre 7 y 17 días de acuerdo a las condiciones ambientales. Las larvas neonatas perforan el grano, con el aparato bucal, haciendo galerías de 0.2 mm de diámetro; ellas viven cinco estados larvarios que duran entre 27 y 54 días; luego sale el adulto. (Gómez, 2009).

Zabrotes subfasciatus Boheman (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae), (Figura 2b), es otro de los brúquidos del frijol, llamado gorgojo pintado, es de color negro de élitros cortos y pubescentes con una banda clara transversal; mide 2.5 mm; sus

antenas son filiformes; el tórax es ancho en la base y en toda su longitud. Este insecto se encuentra en abundancia en zonas cálidas y húmedas de los climas tropicales. Las formas inmaduras se desarrollan dentro del grano del frijol; son voraces y las hembras adhieren los huevos a la superficie del grano. Pueden causar infestaciones en el cultivo de frijol aún antes de la cosecha. (Gómez, 2009).

A lo largo de toda África Subsahariana, existe una pérdida de un 25 – 40 % de la cosecha de grano cada año debido a los insectos por su almacenamiento inadecuado (Golob and Kilminster, 1982).

En México no existen cifras precisas que indiquen el volumen de pérdida de granos y semillas; sin embargo, se estima que anualmente se pierde entre el 5% y el 25% de la producción total de maíz, trigo y frijol, principales granos básicos del país (SAGARPA 2012).

Al existir plaga en el grano de frijol se produce una pérdida en el peso, la calidad y la viabilidad del grano (Reuben y col., 2006).

Para la exterminación de la plaga se tienen que aplicar insecticidas lo cual genera costo elevados y estos generan residuos persistentes, que difícilmente pueden ser removidos durante el procesamiento de granos (Reddy and Reddy, 1987; Zettler and Cuperus, 1990), además causa daños graves a la salud, resistencia de plagas, contaminación al ambiente, residuos en productos de mercado.



Figura 2. (a) *Acanthocelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae)



(b) *Zabrotes subfasciatus* Boheman (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae)

2.3.1 Métodos de control

Dentro de los métodos de control se pueden utilizar tratamientos químicos, biológicos o eliminar con el desecho almacenado para que no se siga generando la plaga.

Control biológico: Es importante tener en cuenta que toda plaga tiene enemigos naturales. Dentro de esta alternativa se encuentran Parásitos y predadores, patógenos de plagas, Feromonas y Reguladores de crecimiento

Métodos físicos: Consiste en la utilización de: Calor, Gases inertes, Frío y Ozono.

Control químico: Generalmente son líquidos o polvos residuales que se pulverizan en pequeñas gotas o se espolvorean sobre las instalaciones. Los Tratamiento preventivo: se realizan sobre grano en movimiento, tratando de generar condiciones inadecuadas para el desarrollo de las plagas.

2.4 Composición proximal del frijol.

El principal componente del frijol es el almidón, equivalente al 50% de su contenido (Cuadro 1), presentando variaciones entre 59 y 70% en base seca, seguido por el contenido de proteínas alrededor del 21.8%, sin embargo, se presentan variaciones entre 19 y 28% dependiendo de la variedad, con la ventaja de un bajo aporte de grasa entre 1 y 2.7 (Echavarría y Velasco, 2008).

Cuadro 1. Composición químico proximal del frijol

Calorías	322 Kcal
Proteínas	21.8 g
Grasas	2.5 g
Carbohidratos	55.4 g
Tiamina	0.63 mg
Riboflavina	0.17 mg
Niacina	1.8 mg
Calcio	183 mg
Hierro	4.7 mg

Echavarría y Velasco, 2008

2.5 Proteínas

2.5.1 Proteínas de reserva.

Las proteínas en las semillas están constituidas principalmente por tres grandes grupos:

- Proteínas estructurales (forman parte estructural de la célula).
- Proteínas con actividad biológica (generalmente son enzimas).
- Proteínas dereserva o almacenamiento.

Debido a su abundancia, importancia económica y alimentaría las proteínas de reserva fueron las primeras que se caracterizaron en las semillas. De acuerdo a su solubilidad según Osborne en: albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas (Peralta, 2004).

Albúminas

Las albúminas incluyen a las moléculas que poseen propiedades funcionales y muchas son enzimas que metabolizan las sustancias almacenadas en la semilla, como por ejemplo las glicosidasas y las proteasas. (Peralta, 2004).

Globulinas

Dentro de las proteínas más estudiadas se tienen a las globulinas, estas se encuentran en mayor proporción en las leguminosas y contribuyen tanto a la calidad nutricional de los granos como a las propiedades funcionales de éstos (Argos y col. 1985).

Las globulinas constituyen el grupo de proteínas de reserva presente en mayor proporción en la familia de las leguminosas (Peralta, 2004).

Prolaminas

Las prolaminas constituyen la fracción proteínica principal en cereales como maíz y trigo, son conocidas por su solubilidad en mezclas alcohol-agua y por sus altos niveles de prolina y glutamina; sin embargo, la comparación de sus secuencias de aminoácidos han mostrado que ésta definición debe ser ampliada para incluir a las proteínas que son insolubles en soluciones alcohólicas en el estado nativo, debido a la presencia de enlaces disulfuro ínter cadena. Por otro lado se ha conocido que las prolaminas, aún las que son insolubles en soluciones alcohólicas, están relacionadas por su estructura y constituyen una superfamilia de la cual está excluida la del maíz (Shewry y col. 1995).

Glutelinas

Las gluteninas, más estudiadas son las aisladas del trigo, las cuales tienen un intervalo de peso molecular de unos cientos de miles de KDa (Shewry y col., 1995).

Estas glutelinas son agregados insolubles en alcohol, en las que muchas subunidades con pesos moleculares de 95 a 145 kDa, son estabilizadas por enlaces disulfuro; sin embargo estas glutelinas son esencialmente un grupo de prolaminas, ya que cuando son disociadas, las unidades se vuelven solubles en alcohol (Shewry y col., 1995).

2.5.1 Extracción de proteínas (Método de Osborne y Mendel).

El método se fundamenta en la relación estructura-solubilidad de las proteínas. Por ejemplo, se sabe que la zeína que es soluble en un alcohol fuerte o en disoluciones alcalinas diluidas, pero es insoluble en agua o en soluciones neutras inorgánicas. Las glutelinas por ejemplo es insoluble en agua, en soluciones salinas y en alcohol, y bastante soluble en sosa y potasa.

Es importante notar que la mayoría de nitrógeno proveniente de proteínas es soluble en alcohol y en disoluciones alcalinas. Las globulinas, albúminas y prolinas son solubles en disoluciones alcalinas diluidas (Osborne y Mendel, 1914).

Las proteínas de reserva o almacenamiento, de acuerdo con su solubilidad, por el método más conocido es el de Osborne y Mendel, 1914.

2.6 Aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios son sustancias que se añaden a los alimentos de manera intencional, con el fin de modificar sus propiedades, técnicas de elaboración, conservación o mejorar su adaptación al uso a que estén destinados.

Los aditivos alimentarios cumplen 5 funciones principales.

1. Conservan la consistencia del producto.
2. Mejoran o conservan el valor nutricional.
3. Conservan la salubridad de los alimentos.
4. Controlan la acidez y la alcalinidad, y suministran fermentación.
5. Suministran color y mejoran el sabor.

2.7 Propiedades funcionales de las proteínas

La solubilidad proteica es útil en productos alimenticios donde se requieren propiedades gelificantes, emulsificantes ó espumantes donde las proteínas están en solución (Mizubuti y col., 2000).

Cuando las proteínas están en presencia de otros constituyentes como: carbohidratos, fibra, fitatos o grasa, su solubilidad y sus propiedades funcionales cambian (Nagmani and Pakash, 1997).

2.7.1 Capacidad gelificante

La capacidad de formar geles bajo condiciones prácticas es de suma importancia para la funcionalidad de muchas proteínas. Los geles proteicos están compuestos de una matriz en tres dimensiones o una red formada de cadenas de proteínas entrelazadas, parcialmente asociadas, en las cuales queda el agua atrapada (Zarate, 1983).

2.7.2 Capacidad emulsificante

La capacidad emulsificante generalmente se define como la cantidad de aceite emulsificada por gramo de proteína antes de la inversión de fases o el colapso de la emulsión. La estabilidad de la emulsión está relacionada con la habilidad de la proteína de formar una emulsión que no cambie durante un cierto tiempo bajo condiciones muy específicas, las emulsiones en alimentos son semejantes a las emulsiones clásicas, consisten en pequeñas gotas de grasa (10-50 μ) rodeadas por una membrana de proteína. Su estructura depende de la concentración de la proteína, de la velocidad de adición del aceite, de la velocidad de agitación y del espesor de la interface (Zarate, 1983).

2.7.3 Capacidad espumante

Las capacidades emulsificante y espumante son propiedades surfactantes relacionadas con la capacidad de la proteína de bajar las tensiones interfaciales entre los componentes hidrofílicos e hidrofóbicos en los alimentos, dependen de la composición y conformación de las proteínas relacionadas directamente con la solubilidad de las mismas (Zarate, 1983).

III. JUSTIFICACIÓN

La producción de frijol en Guadalupe Victoria Dgo., lo coloca como uno de los primeros productores a nivel estatal (50-60% de la producción estatal), generando consecuentemente un 5% de granza, la cual al desplazarse lentamente en el mercado, condiciona su acumulación, en los terrenos aledaños a las cribadoras.

Este subproducto no se utiliza en su totalidad y se almacena a la intemperie, desechándose en las tierras de cultivo o en las causes de ríos y arroyos, lo que causa un problema potencial desde el punto de vista ambiental, al ser desechado en lugares que puedan propiciar la reproducción de plagas o la putrefacción de los componentes del frijol que pudieran contaminar temporal o permanentemente el agua de los afluentes.

El aprovechamiento racional de este subproducto, permitirá el incremento del valor agregado del mismo, repercutiendo en mayores ingresos a los productores.

3.1 Objetivo

Disminuir la concentración de desechos del cribado de frijol que se genera en Guadalupe Victoria, Dgo., a partir de la transformación de este subproducto.

3.1.1 Objetivos específicos

- Evaluar la cantidad de granza generada en una cribadora tecnificada en el municipio de Guadalupe Victoria, Dgo.
- Generar una metodología que permita aislar las proteínas del producto considerando su solubilidad.
- Evaluar las propiedades funcionales del concentrado proteico obtenido.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

Guadalupe Victoria, Dgo.

El municipio de Guadalupe Victoria se localiza aproximadamente a 24° 27' latitud norte, y a los 104° 07' longitud oeste del Meridiano de Greenwich, tiene una altura de 2,000 metros sobre el nivel del mar; limita al norte con Peñón Blanco, al oriente con el municipio de Cuencamé; al sur con el municipio de Poanas y al poniente con los municipios de Pánuco de Coronado y Durango (Figura 3), a su vez se divide en 25 localidades (Enciclopedia de los Municipios de México, 2005).

La Población total del municipio de Guadalupe Victoria asciende a 34,052 habitantes, lo que representaba el 2.28%.

Las principales actividades económicas primarias son la agricultura y la ganadería. De los cultivos agrícolas destaca el maíz, frijol, alfalfa y sorgo (INEGI. 2011).



Figura 3. Ubicación geográfica de Guadalupe victoria, Dgo.

4.2 Identificación de materia prima

Se realizó un análisis longitudinal para estimar la producción de granza que se genera en Guadalupe Victoria, Dgo., el estudio fue realizado en la cribadora ACYA, en un periodo de 5 meses.

En el estudio se tomaron en cuenta distintas variables como son la variedad de frijol, bodega proveniente, peso bruto, peso de costales, peso neto y kg de merma real (en la cribadora la granza se maneja como merma), después de obtener estos datos se pudo estimar el porcentaje real de la merma según la producción de frijol (Anexo 1).

Para las variables de frijol y bodega se agregó simbología para un mejor manejo de información.

4.3 Métodos para extracción de proteínas

4.3.1 Método de Osborne y Mendel

La extracción de proteínas se realizó mediante el proceso secuencial desarrollado por Osborne y Mendel (1914) con base en las diferencias de solubilidad entre las proteínas.

Se agregaron 100 gr de harina de granza de frijol en 500 ml de solución salina (NaCl 0.5 M) en regulador de fosfatos 0.03M pH 7.4. Se agita durante 1 hora en refrigeración.

4.3.1.1 Tratamiento de granza de frijol a diferentes temperaturas

Se modificó el método de Osborne y Mendel (1914), aplicando diferentes temperaturas (Figura 4), utilizando un diseño factorial fraccionado 2^{4-1} (Cuadro 2), para seleccionar las variables significativas, empleando como variables: temperatura 40 y 60° C, tiempo de extracción 20 y 30 minutos, polifosfatos 1 y 2% e inulina 1 y 2% (Montgomery, 2004). En el cuadro 2 se puede observar la parte seleccionada del diseño completo 2^4 , y corresponde a la fracción de signos positivos del factor de definición, lo anterior fue tomando en consideración lo reportado por Zarate, 1983.

Con objeto de minimizar los costos de extracción, únicamente se utilizó NaCl como sustancia extractora, omitiendo los reguladores de fosfato que controlan el pH.



Figura 4. Tratamiento de la granza de granza de frijol a diferentes temperaturas.

Cuadro 2. Diseño factorial fraccionado 2^{4-1} , la parte seleccionada corresponde a la fracción de signos positivos del factor de definición.

Temperatura	Tiempo	Polifosfatos	Inulina	Factor de definición
-	-	-	-	+
+	-	-	-	-
-	+	-	-	-
+	+	-	-	+
-	-	+	-	-
+	-	+	-	+
-	+	+	-	+
+	+	+	-	-
-	-	-	+	-
+	-	-	+	+
-	+	-	+	+
+	+	-	+	-
-	-	+	+	+
+	-	+	+	-
-	+	+	+	-
+	+	+	+	+

Se realizó un análisis de varianza empleando el programa StatGraphics Centurion XV.2.1 para determinar las variables significativas.

Posteriormente a la selección de variables, se utilizó un Diseño Central Compuesto 2^2 , utilizando como variables explicativas temperatura 50 y 70°C y tiempo de

extracción 30 y 40 minutos, 4 puntos estrella y 5 repeticiones en el punto central (Cuadro 3) (Montgomery, 2004), en regulador de fosfatos 0.03 M y pH 7.4, y como variable respuesta sólidos solubles, con el objeto de optimizar el proceso de extracción.

Cuadro 3. Diseño Central Compuesto 2^2 , 4 puntos estrella 50 y 70°C y 30 y 40 minutos en el tiempo de extracción y 5 repeticiones en el punto central.

Tratamiento	Temperatura °C	Tiempo (min.)
1	60	35
2	74.1421	35
3	45.8579	35
4	60	35
5	70	40
6	60	35
7	60	42.0711
8	50	40
9	50	30
10	60	27.9289
11	60	35
12	70	30
13	60	35

Secado de Proteínas en estufa

Se procesaron 1.4 kg de granza de frijol con las condiciones optimas resultantes, se dejo enfriar a temperatura ambiente y se centrifugó a 6000 rpm durante 20 minutos, el sobrenadante fue depositado en charolas de vidrio para su secado en una estufa de secado con circulación de aire, marca BG, modelo HCF 102 a 70 °C.

Secado de proteínas por medio de liofilizadora

Se realizaron 5 extracciones, para cada una se utilizó 150 g de harina de granza de frijol en 500 ml de solución salina y de regulador de fosfatos. Cada una de las extracciones fueron centrifugadas en una centrifuga Hermle mod. D-78564 a 6 000 rpm durante 20 minutos, del sobrenadante se usaron dos frascos con 80 ml.

El contenido de cada uno de los frascos se liofilizó en una liofilizadora Vertix a – 50 °C (Figura 5).



Figura 5. Liofilización de las muestras

Medición de humedad

Se determinó humedad por diferencia de peso de acuerdo al método 32.083 de la AOAC (1984).

Medición de proteína

Se determinó proteína por medio del método de Kjeldhal mediante el método 14.067 de la AOAC (1984).

4.3.1.2 Tratamiento de granza de frijol a 0°C

Se realizaron 6 repeticiones preparando para cada una 72 g de harina de granza de frijol en 180 ml de solución salina (NaCl 0.5 M) en regulador de fosfatos 0.03M pH 7.4. Manteniéndose en agitación durante 1 hora en refrigeración (Osborne y Mendel, 1914).

Cada una de las extracciones fueron centrifugadas en una centrifuga Hermle mod. D-78564 a 6 000 rpm durante 20 minutos, el sobrenadante se colocó en frascos con 80 ml.

Secado de proteínas

Cada uno de los frascos fue liofilizado en una liofilizadora Vertix modelo 12525 a – 50 °C (Figura 5).

Medición de humedad

Se determinó humedad por diferencia de peso de acuerdo al método 32.083 de la AOAC (1984)

Determinación de proteína

Para analizar el porcentaje de proteína se utilizó el método de Biuret (Gornall, y col., 1949).

Para la curva de calibración se usaron concentraciones de Albumin, Bovine marca Sigma al 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 y 1 mg de Albumin /ml.

La absorbancia se determinó en un espectrofotómetro UNICO mod. 2800.

4.4. Métodos para determinar las propiedades funcionales

Para evaluar las propiedades funcionales del extracto proteico de frijol se realizaron pruebas sin tratamiento químicos y posteriormente se trató químicamente.

4.4.1 Propiedades funcionales sin tratar químicamente

4.4.1.2 Capacidad Gelificante

Para la evaluación de la propiedad de capacidad gelificante, se preparan muestras de proteína conteniendo 4, 6, 8, 10, 12% p/v (peso/volumen); cada una de las

muestras se homogeniza durante 2 minutos a velocidad máxima en una mezcladora Braun Multiquick modelo MR 4050CA a temperatura ambiente, tomándose tres muestras de 10 ml de cada una de las concentraciones, las cuales se colocan en baño maría durante 60 minutos, posteriormente se colocan en baño de hielo. (Chiang and Johnson, 1997), (Figura 6). Se corre un testigo de grenetina en cada concentración.



Figura 6. Determinación de la capacidad gelificante

4.4.2.3 Capacidad Emulsificante

En una muestra de 2.5 g de proteína se le adicionaron 15 ml de agua destilada, se mezcló por 30 segundos para homogeneizarla, a continuación se le adicionó aceite de soya hasta romper la emulsión, registrándose el volumen de aceite adicionado (Figura 7). Se realizó por duplicado y se corrió un testigo con grenetina (Núñez, 2006).



Figura 7. Determinación de la capacidad emulsificante.

4.4.3.4 Capacidad Espumante

Se preparó una suspensión de muestra con 20% de azúcar y 5% de proteína en agua destilada, se ajustó el pH a 7. Se calentó la mezcla hasta alcanzar una temperatura de 70 °C, luego se colocó en un mezclador Virtix, posición 10 del selector de velocidad, durante 15 minutos a temperatura ambiente.

Inmediatamente después de la agitación la mezcla se colocó en una probeta para medir el volumen total alcanzado, se midió también el volumen residual después de 24 horas de reposo (Figura 8). Se realizó por duplicado y se corrió un testigo con grenetina (Zarate, 1983).



Figura 8. Determinación de la capacidad espumante

4.4.2 Propiedades funcionales tratadas químicamente

Se llevaron a cabo tratamientos químicos al extracto proteico de frijol en cada uno de los métodos de las propiedades funcionales, añadiendo una concentración de 0.02%, utilizando polifosfatos, acetato de calcio y carbonato de calcio.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de la materia prima

Los resultados obtenidos después de haber realizado el análisis longitudinal para estimar la producción de granza del mes de enero al mes de mayo del 2010, fue un total de 1, 965,531 toneladas de frijol, de las cuales 105,299 toneladas fueron de granza, esto muestra que el porcentaje promedio de merma de una producción de frijol determinada es aproximadamente de 5.37 %, oscilando entre 4.71 y 6.51%.

En la cribadora se manejaron preferentemente 3 variedades de frijol provenientes de 10 bodegas.

Para el mes de enero se calculó un total de 4.71% de granza, obteniendo las variedades de frijol de pinto villa, negro san Luis y pinto saltillo, proveniente de las bodegas, Guadalupe Victoria, Córdova López, Borregos, los Noes, La Joya e ITEMZA, con un volumen total de 516,453 ton de frijol y 26,796 de granza (Anexo 1).

Para el mes de febrero se calculó un total de 6.34% de granza, obteniendo las variedades de frijol de negro san Luis y pinto saltillo, proveniente de las bodegas, Córdova López, borregos, ITEMZA y Manuel Guillén, con un volumen total de 592,844 ton de frijol y 36,664 de granza (Anexo 1).

Para el mes de marzo se calculó un total de 6.51% de granza, obteniendo las variedades de frijol de negro san Luis y pinto saltillo, proveniente de las bodegas, Córdova López, borregos, ITEMZA y Manuel Guillén, con un volumen total de 158,164 ton de frijol y 10,156 de granza (Anexo 1).

Para el mes de abril se calculó un total de 5.17% de granza, obteniendo las variedades de frijol de negro san Luis y pinto saltillo, proveniente de las bodegas, Córdova López, borregos, los Noes y Manuel Guillén, con un volumen total de 311,635 ton de frijol y 15,021 de granza (Anexo 1).

Para el mes de mayo se calculó un total de 5.05% de granza, obteniendo las variedades de frijol de negro san Luis y pinto saltillo, proveniente de las bodegas, borregos, Vicente Guerrero, Emiliano Zapata y Rubén Frayre, con un volumen total de 311,880 ton de frijol y 16,473 de granza (Anexo 1).

5.2 Tratamiento de grana de frijol a diferentes temperaturas

Diseño factorial fraccionado

Los resultados obtenidos después de utilizar el diseño factorial fraccionado se muestran en la cuadro 4, en donde se observa que el tratamiento con mayor cantidad de sólidos solubles determinado por el índice de refracción, corresponde al número tres.

Se utilizó este tipo de diseño porque de acuerdo a lo que señala Montgomery (2004), el diseño factorial fraccionado se encuentra entre los tipos de diseño de uso más generalizado en el diseño de productos, procesos y su mejoramiento, además se consideraron varios factores y el objetivo es identificar los que tenían mayores efectos para la obtención de proteína (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados del diseño factorial fraccionado 2^{4-1}

Muestra	Temperatura °C	Tiempo (min)	Polifosfatos (%)	Inulina (%)	I.R.
1	40	20	1	1	9.1
2	60	30	1	1	9.4
3	60	20	2	1	10.2
4	40	30	2	1	10.1
5	60	20	1	2	8.9
6	40	30	1	2	9.1
7	40	20	2	2	8.1
8	60	20	2	2	9.9

Análisis de Varianza para Índice de Refracción

En el cuadro 5 se puede observar que no existe diferencias estadísticas significativas ($P > .05$) en ninguna de las variables. Se había escogido polifosfatos e inulina porque nos podían ayudar a obtener mayor cantidad de proteína en condiciones solubles (Zarate, 1983), pero interfieren con el índice de solubilidad, a pesar que ninguna de las variables fue significativa se logró establecer que los mejores resultados dieron los tratamientos 3 y 4, por ello se escogieron solo temperatura y tiempo para elaborar el diseño central compuesto.

Cuadro 5. Análisis de Varianza para IR - Suma de Cuadrados Tipo III

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADO MEDIO	RAZÓN-F	VALOR-P
Efectos principales					
A: Fosfatos	0.584135	1	0.584135	1.36	0.3282
B: Inulina	0.637212	1	0.637212	1.48	0.3107
C: Temperatura	0.692596	1	0.692596	1.61	0.2941
D: Tiempo	0.30375	1	0.30375	0.71	0.4625
Residuos	1.29125	3	0.430417		
Total (corregido)	3.48	7			

Diseño central compuesto

De acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño central compuesto (cuadro 6), se muestran que el mayor porcentaje de proteína adquirido de sólidos solubles fue de 46.03 % que corresponde al tratamiento 3 bajo condiciones de extracción a 45 °C y 35 minutos.

Cuadro 6. Resultados de diseño central compuesto 2²

Tratamiento	Proteína total (gr)	Proteína %
1	8.08	40.41
2	7.17	35.87
3	9.21	46.03
4	6.69	33.45
5	8.17	40.87
6	7.54	37.71
7	7.56	37.81
8	8.79	43.96
9	8.55	42.73
10	4.92	24.60
11	7.84	39.20
12	6.68	33.42
13	6.19	30.93

Gráfico de superficie de respuesta

La Figura 9 muestra la superficie de respuesta de extracción de proteína en función de temperatura y tiempo de extracción donde se confirma que el mayor porcentaje de proteína obtenido oscila alrededor de la temperatura de 45°C en un tiempo de 35 minutos. La R cuadrada ajustada nos explica el 53.15 % de la variabilidad de nuestro modelo.

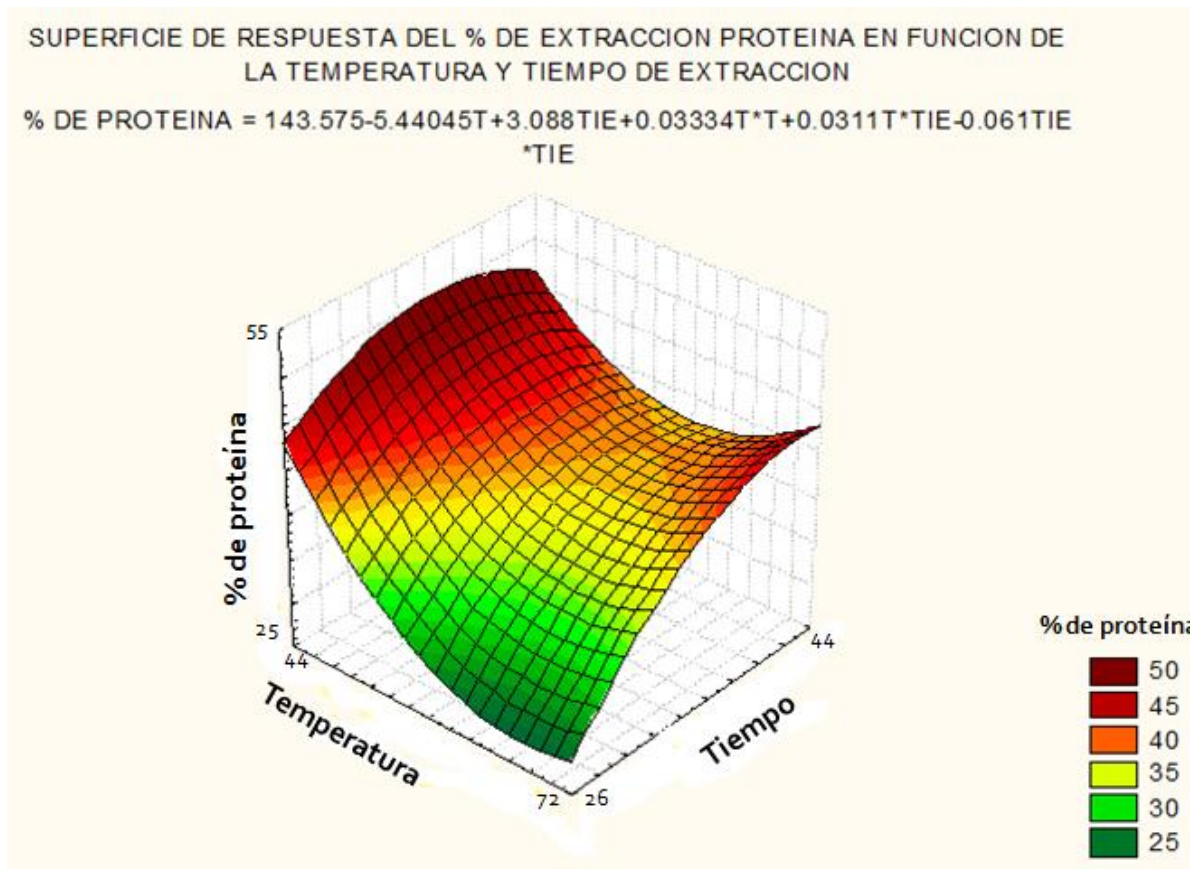


Figura 9. Superficie de respuesta de extracción de proteína en función de temperatura y tiempo de extracción.

R-cuadrada = 72.6712 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 53.1507 %

Análisis de Varianza para % proteína

En el cuadro 7 se muestra los resultados de ANOVA para el porcentaje de proteínas, mostrando que existe diferencia estadística significativa ($p < .05$) en temperatura y tiempo.

Cuadro 7. Análisis de varianza para porcentaje de proteína

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
A:Temperatura	89.6631	1	89.6631	5.60	0.0499
B:Tiempo	93.6802	1	93.6802	5.85	0.0462
AA	77.9589	1	77.9589	4.87	0.0632
AB	9.6721	1	9.6721	0.60	0.4626
BB	16.1759	1	16.1759	1.01	0.3484
Error total	112.143	7	16.0204		
Total (corr.)	410.346	12			

Secado de proteínas

En la figura 10, se puede observar el concentrado proteico seco, a 70°C, el cual fue muy oscuro, posiblemente debido a reacciones de oscurecimiento no enzimático, o reacciones de Maillard, entre las proteínas y carbohidratos. En la reacción inicial se produce una condensación de los azúcares (grupo carbonilo de almidón o cetonas) con aminoácidos (libres o formando parte de péptidos o proteínas) (grupo amino). Esta primera etapa ocasiona disminución de la biodisponibilidad de un aminoácido esencial como lo es la lisina. En la etapa intermedia se forman, a partir de las cetosiminas, compuestos dicarbonílicos o reductores, que poseen un grupo enodiol análogo al ácido ascórbico y de fuerte poder reductor. Por último a través de reacciones de polimerización se generan polímeros de color pardo más o menos intensos, denominados melanoidinas (Mayer y col., 2006).

No se lograron obtener resultados ya que el producto estaba completamente adherido al recipiente e incluso se le aplicó agua para que pudiera despegar además Mayer (2006), señala que desde el punto de vista nutritivo, se puede señalar un primer efecto negativo que es la reducción de la biodisponibilidad de los compuestos que entran a formar parte de la reacción para dar lugar a compuestos, tanto intermedios como finales, que no pueden ser digeridos.



Figura 10. Secado de proteínas en estufa a 70 °C

Debido a las reacciones de obscurecimiento no enzimático se decidió utilizar el método de liofilización, ya que de acuerdo con lo descrito por Gómez y col. (2003), los productos liofilizados a diferencia de los deshidratados por otras técnicas de secado, conservan prácticamente en 100% propiedades naturales, además se pueden rehidratar fácilmente.

En el cuadro 8 se presentan los mililitros utilizados en el extracto de proteína, los resultados de porcentaje de proteínas en materia seca, del método del proceso de liofilización, extraído por el método de Kjeldahl, porcentaje de humedad, porcentaje total de proteína y proteína total en gramos obtenidos en cada una de las extracciones realizadas.

Para el porcentaje de proteínas en materia seca obtenidas el promedio fue de 26.33, con una desviación estándar de 1.13, en el proceso de liofilización se observa que el promedio de gramos liofilizados es de 16.98 con una desviación estándar de 0.76, en el caso del porcentaje de humedad, se obtuvo un promedio de 2.66% y una desviación estándar 0.40, en el caso porcentaje de proteína el promedio es de 27.02, con una desviación estándar de 1.17 y la proteína total en gramos se obtuvo un promedio de 4.66 y una desviación estándar de 0.31. El Porcentaje de proteína de granza de frijol fue de 24%

Si se considera que el porcentaje de proteína que contiene la granza de frijol es de un 24 %, comparado con el porcentaje de proteína extraído (45 °C y 35 minutos el tiempo de extracción) es relativamente bajo ya que de ese porcentaje solo se extrajo

un promedio de 7.29% de proteína. Jacinto y col. (1996), describen que en los extractos de cloruro de sodio y regulador de fosfatos se detecta más del 80% (del porcentaje de proteína de frijol) del nitrógeno total, le atribuye el hecho de que en la fracción salina se encuentre la mayor proporción del nitrógeno total y coincide con lo indicado por otros autores, entre ellos Osborne y Mendel (1914), señalan que en la fracción salina se encuentran las globulinas, y por tanto la globulina I, que es la principal proteína en la semilla de frijol.

Al modificar el método de Osborne y Mendel (1914), aplicando temperaturas, no se obtiene los resultados descritos por Jacinto y col. (1996), como se había mencionado anteriormente, esto se debe que arriba de los 40 °C las proteínas se desnaturalizan y disminuye su solubilidad.

Cuadro 8. Resultados del proceso de liofilización, porcentaje de proteína, porcentaje de humedad, porcentaje de proteína total y gramos totales de proteína, obtenidos a temperatura alta.

Extracciones	ml	Proteína MS %	Gramos	Humedad %	Proteína %	Proteína total (g)
1	500	27.6	17.73	2.2	28.2	5.13
2	500	25.3	16.89	2.5	25.93	4.51
3	500	24.98	16.98	2.6	25.62	4.47
4	500	26.95	15.79	3.3	27.83	4.39
5	500	26.84	17.55	2.7	27.56	4.84
Promedio		26.33	16.98	2.66	27.02	4.66
Máximo		27.6	17.73	3.3	28.2	5.13
Mínimo		24.98	15.79	2.2	25.62	4.39
Σ		1.13	0.76	0.40	1.17	0.31

MS: materia seca

5.3 Tratamiento de grana de frijol a 0°C

Curva de calibración

En la figura 11 se muestra la curva de calibración producida por la regresión de las respuestas del detector registradas durante la calibración. La función describe las respuestas del detector a lo largo de las concentraciones utilizadas, de igual forma muestra el modelo de regresión con un valor de 0.9871.

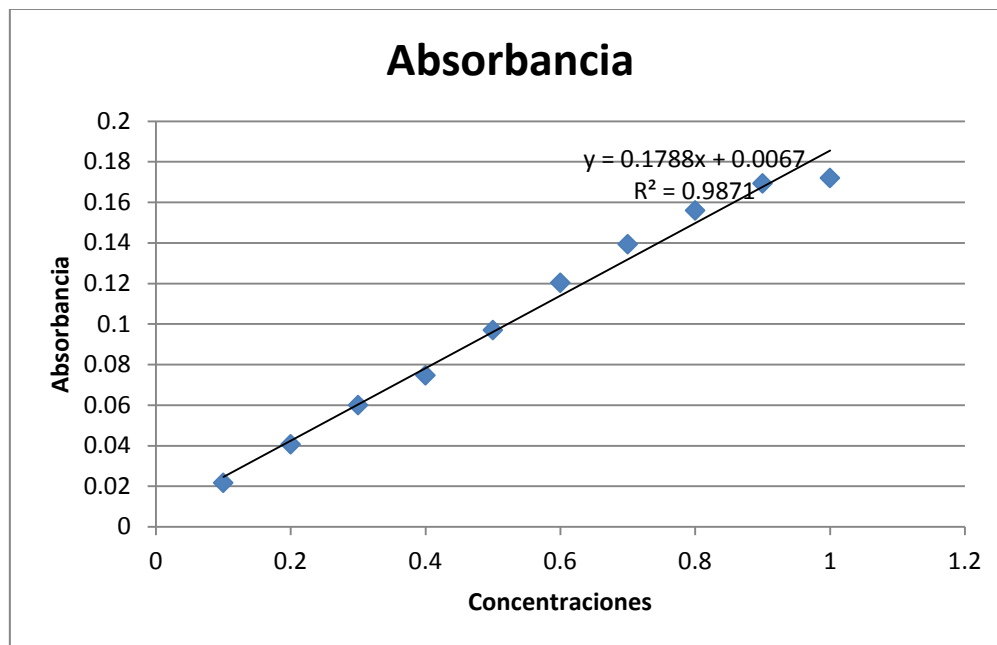


Figura 11. Curva de calibración producida por la regresión de las respuestas del detector registradas durante la calibración.

En el cuadro 9 se muestran los mililitros utilizados en la extracción de proteínas para cada uno de los tratamientos, porcentaje de proteína en materia seca extraído determinado por el método de Biuret, los resultados del método del proceso de liofilización, porcentaje de humedad, porcentaje total de proteína y proteína total en gramos obtenidos en cada una de las extracciones realizadas.

Después de haber realizado las extracciones de proteína según el método de Osborne y Mendel (1914), se observa que el porcentaje de proteínas en materia seca obtuvo un promedio de 73.33 y una desviación estándar de 5.16, en los resultados del proceso de liofilización se observa que el promedio de gramos

liofilizados es de 10.90 con una desviación estándar de 0.42, en el caso del porcentaje de humedad obtuvo un promedio de 2.16% y una desviación estándar de 0.39, para el porcentaje proteína el promedio es de 74.93, superando lo obtenido por Rodríguez y col. (2009), que reportan un 55% en el concentrado de proteína superando en un 34% la extracción con una desviación estándar de 5.45 y en el caso de proteína total en gramos se obtuvo un promedio de 8.16 con una desviación estándar de 0.43.

Cuadro 9. Resultados del porcentaje de proteína, proceso de liofilización, porcentaje de humedad, porcentaje de proteína total y gramos totales de proteína, obtenidos a temperaturas bajas.

Extracciones	ml	Proteína MS %	Gramos liofilizados	Humedad %	Proteína %	Proteína total (g)
1	180	70	10.93	2.6	71.82	7.85
2	180	80	10.92	2.63	82.1	8.97
3	180	80	10.08	2.27	81.82	8.25
4	180	70	11.31	1.79	71.25	8.06
5	180	70	11.04	1.86	71.3	7.88
6	180	70	11.1	1.83	71.28	7.92
Promedio		73.33	10.90	2.16	74.93	8.16
Máximo		80.00	11.31	2.63	82.10	8.97
Mínimo		70.00	10.08	1.79	71.25	7.85
Σ		5.16	0.42	0.39	5.45	0.43

Eficiencia de extracción de proteínas

En el cuadro 10 se muestran los resultados de la eficiencia de extracción de las proteínas así como el total de mililitros utilizados en cada una de las extracciones, dando como resultado un promedio de 71.80% de eficiencia superando el 64% que reportan Rodríguez y col. (2009).

Cuadro 10. Eficiencia de extracción de proteínas

Extracciones	ml	Eficiencia %
1	100	70.98
2	102	72.4
3	99	70.27
4	103	73.11
5	101	71.69
6	102	72.40
Promedio	101.16	71.80
σ	1.47	1.05

5.4 Determinación de propiedades funcionales

5.4.1 Propiedades funcionales sin tratar químicamente

5.4.1.1 Capacidad gelificante

Para obtener la concentración de proteína más adecuada para la formación de geles se hicieron pruebas variando la concentración de proteína de granza de frijol. En el cuadro 11, se puede observar que en todas las concentraciones se presentó la formación de gel.

Para la concentración de 4% la formación de gel no tenía firmeza suficiente ni sinéresis, sin embargo, al 6% el gel fue firme, pero la mezcla no era homogénea, para las concentraciones de 8, 10 y 12% el gel se mostró muy firme además de que las mezclas fueron homogéneas.

En el cuadro 12 se muestran los resultados de gelificación del testigo de grenetina, encontrando que en la concentración del 4% hubo ausencia de gel, en el 6% el gel no era firme pero la mezcla tenía homogeneidad, en las concentraciones 8, 10 y 12% el gel se mostro muy firme y con mezcla homogénea.

Encontrando que se obtuvieron mejores resultados con las concentraciones de proteína de granza de frijol.

El factor crítico para la formación y firmeza de un gel es la concentración de proteínas de alta solubilidad, dependiendo también del tipo de proteína y de los componentes no proteicos (Sangronis y col., 2004). Además, el hecho de que se hayan obtenido mejores resultados con las proteínas de granza de frijol coincide con los dicho por Sangronis y col. (2004), que es sabido que las proteínas globulares presentes en las leguminosas tienen alta facilidad de formar geles.

Cuadro 11. Capacidad gelificante a diferentes concentraciones de proteína de granza de frijol.

Muestra	4%	6%	8%	10%	12%
1	Si	Si	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si	Si	Si
3	Si	Si	Si	Si	Si

(Si: presencia de gelificación)(No: ausencia de gelificación)

Testigo con grenetina

Cuadro 12. Capacidad gelificante a diferentes concentraciones de grenetina

Muestra	4%	6%	8%	10%	12%
1	No	Si	Si	Si	Si
2	No	Si	Si	Si	Si
3	No	Si	Si	Si	Si

(Si: presencia de gelificación)(No: ausencia de gelificación)

5.4.1.2 Capacidad emulsificante

En el cuadro 13 se muestran los resultados obtenidos al determinar la capacidad emulsificante de las proteínas de la granza de frijol, también se incluye la capacidad emulsificante de la grenetina.

Con base en los resultados obtenido se puede observar caso el valor máximo en con proteína de granza de frijol ascendió hasta 18.8 ml y con la grenetina fue de 13.3, se puede concluir que se encontraron mejores resultados con las proteínas de granza de frijol bajo las concentraciones utilizadas dentro de este experimento.

La conformación nativa de las proteínas globulares presentes en los granos donde los aminoácidos polares están expuestos hacia la fase acuosa, favorece la solubilidad, emulsificación y propiedades espumantes. A pesar de la estructura compacta y rígida de las globulinas, principal fracción proteica del frijol, Granito y col. (2004) señala que las muestras crudas de frijol son capaces de desarrollar estas propiedades.

Cuadro 13. Capacidad emulsificante de las proteínas de granza de frijol y grenetina

Tratamiento	Repeticiones	Absorción de aceite (ml)
Proteínas	1	17.9
	2	18.8
Grenetina	1	12.2
	2	13.3

5.4.1.3 Capacidad espumante

En la cuadro 14 se presentan los resultados de la capacidad espumante, se observa que las proteínas de la granza de frijol alcanzaron mayor capacidad comparada con el testigo de grenetina, además también se puede observar que presenta gran estabilidad ya que al verificarla después de 24 horas, está solo disminuyó alrededor de 5 ml del total alcanzado.

De acuerdo con Granito y col. (2004), las harinas de frijol se caracterizan por tener buenas propiedades espumantes y generar una espuma estable.

La capacidad espumante y su estabilidad dependen de dos conjuntos distintos de propiedades moleculares. La proteína de la mayor parte de los alimentos está

formada por mezclas de diversas especies moleculares; por ello, sus propiedades espumantes son determinadas por la interacción entre los componentes proteicos en la interface (Granito y col., 2004).

Cuadro 14. Capacidad espumante de las proteínas de granza de frijol y grenetina

Tratamientos	Repeticiones	Cantidad Espuma (ml)	24 hrs después (ml)
Proteínas	1	155	150
	2	151	142
Grenetina	1	152	148
	2	145	141

5.4.2 Propiedades funcionales tratadas químicamente

Con el fin de modificar las propiedades funcionales con las que cuentan las proteínas de la granza de frijol, se llevaron a cabo tratamientos químicos a cada una de las capacidades

5.3.2.1 Capacidad gelificante

En el cuadro 15, muestra los resultados de la capacidad gelificante tratado con carbonato de calcio, lo cual muestra que en todas las concentraciones de proteína de granza de frijol se encontró la formación de gel, excepto en una de las muestras de la concentración de 4%, en esta concentración no se encontró firmeza en el gel ni homogeneidad al igual que en la de 6%, la concentración de 8% firme pero no se encontró homogeneidad, a partir de la concentración 10 y 12% el gel fue muy firme y además las mezclas eran homogéneas.

El cuadro 16 muestra los resultados de la capacidad gelificante tratado con polifosfatos, lo cual muestra que en todas las concentraciones de proteína de granza de frijol se encontró la formación de gel, en la concentración del 4% el gel no era firme pero era homogéneo, en la de 6 % al gel era firme y la mezcla era homogénea

y a partir de la concentración de 8, 10 y 12% la presencia del gel se encontró muy firme además las mezclas eran muy homogéneas.

En el cuadro 17 muestra los resultados de la capacidad gelificante tratado con acetato de calcio, lo cual muestra que en todas las concentraciones de proteína de granza de frijol se encontró la formación de gel, en la concentración del 4% el gel no era firme pero era homogéneo, en la de 6 % al gel no era firme pero la mezcla era homogénea y a partir de la concentración de 8, 10 y 12% la presencia del gel se encontró muy firme además las mezclas eran muy homogéneas.

Se puede concluir que el tratamiento químico que dió mejores resultados es el tratado con polifosfatos, ya que desde una concentración de 8% muestra geles muy firmes y homogéneos pero ninguno de los tratamientos mejora con respecto a los que no se trataron químicamente, esto quiere decir que ninguna de las tres sales, mejora la capacidad gelificante.

Estos resultados contrarrestan lo obtenido por Zarate (1983) ya que el tratamiento químico con mejores resultados para la capacidad gelificante de las proteínas de suero lácteo modificado, fue el de carbonato, esto se debe a que las proteínas utilizadas en ese estudio no poseen las mismas características que las de granza de frijol.

Sin embargo, a pesar de que no los polifosfatos no mejoraron la capacidad gelificante, pero fue el mejor de los tratamientos, es conveniente agregar este tipo de aditivo ya que son muy usados en la industria alimenticia (principalmente de carnes y lácteos) para mejorar algunas propiedades funcionales como proteger el sabor del alimento y aumentar el rendimiento como consecuencia de su capacidad de retener agua (Suárez y col., 2012).

Cuadro 15. Capacidad gelificante a diferentes concentración de proteína de granza de frijol tratado con Carbonato de calcio.

Muestra	4%	6%	8%	10%	12%
1	Si	Si	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si	Si	Si
3	No	Si	Si	Si	Si

(Si: presencia de gelificación)(No: ausencia de gelificación)

Cuadro 16. Capacidad gelificante a diferentes concentración de proteína de granza de frijol tratado con Polifosfato

Muestra	4%	6%	8%	10%	12%
1	Si	Si	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si	Si	Si
3	Si	Si	Si	Si	Si

(Si: presencia de gelificación)(No: ausencia de gelificación)

Cuadro 17. Capacidad gelificante a diferentes concentración de proteína de granza de frijol tratado con acetato de calcio

Muestra	4%	6%	8%	10%	12%
1	Si	Si	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si	Si	Si
3	Si	Si	Si	Si	Si

(Si: presencia de gelificación)(No: ausencia de gelificación)

5.3.2.2 Capacidad emulsificante

En el cuadro 18 se muestran los resultados obtenidos al determinar la capacidad emulsificante tratados químicamente, observando que el mejor resultado se obtiene con el acetato de calcio ya que tiene una mayor absorción de aceite, comparado con la proteína que no se trato químicamente no mejoro ya que se obtiene casi el mismo resultado, pero si mejoro comparado con la grenetina.

Cuadro 18. Capacidad emulsificante de las proteínas de granza de frijol tratado químicamente

Tratamientos	Absorción de aceite (ml)
Carbonato de calcio	16.2
Polifosfato	12.1
Acetato de calcio	18.4

5.3.2.3 Capacidad espumante

En el cuadro 19 se presentan los resultados de la capacidad espumante donde se puede observar que el mejor resultado se obtiene al ser tratado con polifosfatos ya que muestra la mayor cantidad de espuma aun comparado con el que no se trato químicamente, pero no se encontró estabilidad ya que después de las 24 horas la espuma desapareció, caso contrario a lo que paso con la proteína sin tratar ya que después de 24 horas se mantuvo la espuma, de igual manera el que fue tratado con grenetina mostro mejor estabilidad, encontrando así que ninguno de los tres tratamientos mejora la capacidad espumante ya que no hay estabilidad, estos resultados contraponen lo encontrado en la bibliografía, señala que el acetato de calcio, el carbonato de calcio y polifosfatos pueden actuar como agentes espumantes (Saltmarsh, 2000).

Cuadro 19. Capacidad espumante de las proteínas de granza de frijol tratado químicamente.

Tratamientos	Can. Espuma (ml)	24 hrs después (ml)
Carbonato de calcio	125	45
Polifosfato	160	53
Acetato de calcio	132	50

5.4 La granza en el contexto de la gestión ambiental

Una vez determinadas las bondades del método de extracción de proteínas empleado en este trabajo, podemos establecer la importancia de contar con herramientas eficientes que permitan optimizar los procesos y con ello obtener mayores beneficios para el ambiente y la sociedad.

Con los resultados obtenidos se puede inferir que la problemática que genera la granza de frijol se puede minimizar, al ser empleada para la producción de concentrados proteicos, incluso hasta alcanzar el nivel de aislados proteicos. La producción, produciría una derrama económica al generar empleos y mayores ganancias para los productores al tener un margen de utilidad para la granza, así como por el sobreprecio del producto final, ya que se requieren 5.5 kg para producir un 1 Kg de proteína, por lo que el precio de la materia prima sería 16.5 pesos y el producto final se podría estimar en 60 pesos por kilo, y en el caso se aislados proteicos el Kg superaría los \$ 500.00.

Los costos de producción se deberán establecer una vez que se realice un escalamiento de producción, a nivel de planta piloto. Es importante mencionar que la concentración de proteína en este producto supera al contenido de la harina de pescado.

Todo proceso conlleva la generación de desechos, y la producción de proteína de la granza de frijol no es la excepción, ya que por cada kilogramo producido se generaría un residuo de 4.5 Kg, el cual tendrá una concentración protéica del 4 al 5% aproximadamente, siendo rico en fibra y almidón, por lo que sería factible desarrollar la tecnología necesaria para desarrollar almidones modificados, o bien en alimentación animal, ya que esta fracción proteica, no es toxica.

Anteriormente se había mencionado la necesidad de tratar térmicamente el producto obtenido, bajo el método propuesto, con la finalidad de eliminar los factores antinutricionales, y así mismo, se deberá evaluar al residuo con el propósito de emplearlo en la alimentación animal o como aditivo de otros productos nutrimentales

para el humano. Bajo este esquema el subproducto dejaría de ser un posible problema por su acumulación, ya que sería utilizado integralmente.

La producción de granza se presenta como una oportunidad de desarrollo tecnológico al buscar su aprovechamiento, lo que resultaría en mayores retribuciones económicas para los productores.

La dinámica de una baja producción de frijol en el 2011, condujo al desarrollo de plantas seleccionadoras de granza de manera manual, incrementándose el precio a \$ 9.00/Kg, factor que se revertirá al restablecerse la producción a los niveles adecuados, sin embargo, la limpieza de la granza para consumo humano continuará siendo manual por el momento, por lo que se requiere el desarrollo de tecnologías de separación mecánica. Una alternativa podría ser el fraccionamiento por lecho fluidizado multietapas.

Sin embargo, la gestión jugará un papel determinante para la organización de todos los productores, para el establecimiento de una planta seleccionadora manual o mecánica de granza, que permita concentrar su producción, al igual que generar la información necesaria para la elaboración de la norma del producto ante la Dirección General de Normas, y de ser posible que tanto la norma de frijol y granza sean obligatorias, para el beneficio del consumidor, de tal manera que garantice la calidad para ser transformada en el desarrollo de productos y subproductos, para consumo humano y animal.

La gestión ambiental vista como los procesos para inducir el desarrollo sustentable busca, entre muchos otros aspectos, mejorar los procesos productivos para lograr ser más eficiente en la utilización de la energía, reducir la contaminación ambiental y cerrar ciclos productivos, sin embargo, la elaboración de normas se ha mantenido al margen, sobre todo en productos que se comercializan como frescos, ya que una norma debe ser dinámica, de tal manera que garantice mayor calidad al consumidor, un ejemplo fehaciente lo representa el frijol americano, que contiene menos granos dañados y está libre de piedras y material extraño, representando ahorro de tiempo para su limpieza-

La función como gestor ambiental es mediar entre los productores, las técnicas y los diferentes apoyos gubernamentales existentes que beneficien la calidad de vida de la sociedad de las áreas agrícolas involucradas.

En este sentido la granza de frijol que es un subproducto que de no ser utilizado, provoca problemas ambientales como la proliferación de plagas además de otros problemas generados por almacenamiento a la intemperie y la exposición a la humedad, como la putrefacción de los componentes del grano provocando lixiviados; éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas medioambientales o de salud.

En este contexto, el presente trabajo de tesis propone y resuelve en parte el problema técnico de utilización de la granza, sin embargo, para que esto sea llevado a la realidad es necesario articular el proceso productivo con alternativas para su implementación, como son:

- Análisis técnico-económico de su transformación en productos para consumo animal o humano.
- Análisis de los mercados.
- Organización productiva para la recolección, transformación y venta de la granza.
- Buscar los diferentes programas de apoyo gubernamentales para la implementación de tecnología para separar y transformar la granza.
- Elaboración de una norma de producto, que garantice la calidad para ser transformada en el desarrollo de productos y subproductos, para consumo humano y animal.

El conjunto de estas alternativas llevará a cabo la aplicación de un proceso completo que contribuya a incrementar los ingresos de los productores, disminuyendo la contaminación ambiental al disminuir la concentración de granza y generando fuentes de empleo alternativas, aspectos que en conjunto, constituyen la parte fundamental de la gestión de la granza del frijol.

Así mismo, la introducción de estas técnicas son un reto para el gestor ambiental, ya que implica la convivencia directa con los productores, convenciéndolos de que existen alternativas para mejorar su calidad de vida aprovechando lo que ellos consideran como desecho, cambiando su percepción con respecto de cómo utilizar al máximo sus recursos y a la vez disminuir la contaminación en el medio ambiente, además de generar un ingreso extra a su producción agrícola, en donde el aspecto normativo constituye un punto fundamental.

VI. CONCLUSIONES

- 1) La cantidad de granza de frijol que se extrae de una determinada producción en el municipio de Guadalupe Victoria, Dgo., puede ser aprovecharla, transformándola en productos para alimentación humana.
- 2) Las proteínas de la granza de frijol fueron extraídas en base a los criterios de solubilidad utilizando el método original de Osborne y Mendel (1914), permite obtener un concentrado proteico con 74% de proteína, mayor que el reportado por Rodríguez y col. (2009), con un 55%, superando nuestra metodología en un 34% al anterior.
- 3) La liofilización es más recomendable para el secado de las proteínas de la granza de frijol; conservando sus propiedades de solubilidad, aumentando la porosidad, y permitiendo que se rehidrate fácilmente.
- 4) Las proteínas de la granza de frijol poseen propiedades funcionales que pudiera usarse como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos donde se requiera la capacidad de formar espumas, geles y emulsiones, tales como salchichas, postres y productos horneados. De esta manera se podría diversificar el uso de las leguminosas, siempre y cuando se les proporcione el tratamiento térmico previo, suficiente para eliminar el factor antitripsico.
- 5) La gestión ambiental debe enfocarse hacia la integración de una planta beneficiadora y extractora de las partes útiles de la granza, mediante la elaboración de una norma de calidad del producto, así como de los enlaces y apoyos de programas gubernamentales que fomenten y mantengan ésta planta, para beneficio de los productores de frijol del estado y de la región. Por lo que será necesario la búsqueda de mercados para los productos y subproductos derivados de la aplicación de ésta tecnología propuesta.

VII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Es necesario eliminar el factor antitrópsico que se encuentra en el concentrado proteico, una opción es utilizarlo como materia prima en el que se requieran tratamientos térmicos, como el alimento para tilapia, que por ser un producto expandido requiere temperaturas alrededor de 160°C.

Es necesario realizar pruebas a nivel planta piloto con una previa desmineralización para incrementar el porcentaje de proteínas, o en su defecto procesos de membrana como ultrafiltración, evaporación al vacío u osmosis inversa seguido de secado por aspersión.

VIII. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. E. U. A. 14^a Ed. Washington, D.C.
- Argos, P., S. V. L. Narayana and N. C. Nielsen. 1985. Structural similarity between legumin and vicilin storage proteins from legumes. The EMBO J. 4:1111-1117.
- Carmona, A., D. S. Seidl and W. G. Jaffé. 1991. Comparison of extraction methods and assay procedures for the determination of the apparent tannin content of common beans. J. Sc. Food Agric. 56:291-301.
- Chiang, Y. and J. A. Johnson. 1977. Gelatinization of starch in extruded products. Cereal Chem. 54:436-440.
- Echavarría A., S. y O. H. Velasco G. 2008. Frijoles...Desde México, con Amor Sabor y Sazón. Ed. PLS. SAGRPA-CIIDIR-IPN-DURANGO. p. 164
- FAO. 2008. Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://www.fao.org> Consultado 26 de noviembre 2010.
- Golob, P. and A. Kilminster. 1982. The biology and control of *Zabrotes subfaciatus* (Boh). (Coleoptera: Bruchidae) infesting red kidney beans. J. Stored Prod. Res. 18: 95-101.
- Gómez, H., F. J. Parra, J. M. Santos y F. René. 2003. Modelo computacional para la liofilización de alimentos de geometría finita. e-Gnosis. Vol. 1. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/730/73000111.pdf>. Consultado el 10 de febrero del 2012.
- Gómez, L. 2009. Control biológico en almacenamiento, un aporte para disminuir el hambre en el mundo. 2da edición. Corporación Autónoma Regional del Centro: Corantioquia. pp 124.
- Gornall, A., Ch. Bardawill and M. David. 1949. Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. The Journal of Biological Chemistry. 177:751-766.
- Granito, M., M. Guerra, A. Torres y J. Guinand. 2004. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. Interciencia. 29: 521-526.

- Guzmán, S., J. Acosta, M. Muñoz, S. García, y G. Loarca. 2002. Calidad alimentaria y potencial nutraceutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica en México. 28:159-173.
- INEGI. 2011 <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=10>
Consultado el 16 de mayo del 2012.
- ITESM. 2004. Diagnóstico nacional y estatal sobre problemática y perspectivas de la producción de frijol en los estados de Sinaloa y Zacatecas, FAO–SAGARPA. pp 81. México.
- Jacinto, C., G. Carrillo y A. Campos. 1996. Caracterización de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por sus cualidades físicas y nutricionales. I. Aspectos metodológicos. Agronomía Mesoamericana. 2: 37-41.
- Mayer, L., S. Bertoluzzo y M. Bertoluzzo. 2006. Conservación de los alimentos diseño y construcción de un liofilizador. Redalyc. 9:147-157
- Mizubuti, I., O. Junior, L. Oliveira y E. Louko. 2000. Propiedades funcionales de *Farinha* E concentrado proteico de Feijao Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). Archivo. Latinoamericano Nutricional. 50: 274-280.
- Montgomery, D. 2004. Diseño y análisis de experimentos. 2da edición Editorial Limusa S. A. de C. V. Balderas 95, México, D.F. p. 692
- Muruaga, J. S., J. A. Acosta y R. Garza. 1993. Estudio preliminar de las enfermedades y plagas insectiles en las colectas de *Phaseolus* de México. Agronomía Mesoamericana. 4: 86-90.
- Nagmani B. and J. Pakash. 1997. Fuctional proprieties of thermally treated legume flours. Int. J. Food Sci. Nutr. 48: 205-214.
- Núñez, M. 2006. Determinación de la influencia de las condiciones de extrusión en las propiedades funcionales de productos extrudidos. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Dgo. México. 54 pp.
- OEIDRUS DURANGO. <http://www.oeidrus-durango.gob.mx/>. Consultado el 13 de febrero del 2012
- Osborne, T. and B. L. Mendel.1914. Nutritive properties of proteins of the maize kernel. Journal of Biological Chemistry. 18:1-16.

- Peralta, M. 2004. Caracterización bioquímica de proteínas de la semilla *Jatropha curcas* L. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Yautepec, Morelos. 82 pp.
- Reddy, M., and U. Reddy. 1987. Effectiveness of selected plant materials as protectants against insect infestation and nutrient composition during storage of food commodities. *Bull. Grain Technol.* 25: 48-57.
- Reuben, S., M. Masunga, R. Makundi, R. Misangu, B. Kilonzo, M. Mwatawala, H. Lyimo, C. Ishengoma, D. Msuya, and L. Mulungu. 2006. Control of Cowpea Weevil (*Callosobruchus maculatus* L.) in Stored Cowpea (*Vigna unguiculatus* L.) *Asian J. Plant Sci.* 5: 91-97.
- Rodríguez, J., K. M. Ortega, E. Delgado, B. Ramírez, H. Medrano, A. Solís, M. A. Vivar, M. Siles, C. A. Nava y R. Rosales. 2009. Obtención de un concentrado proteico de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para alimentación animal. XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. VII Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. VIII Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular. Clave: ALI34JES20091202. Acapulco, Guerrero.
- SAGARPA. 2012.
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento%20de%20semillas.pdf>. Consultado el 4 de junio del 2012
- Saltmarsh, M. 2000. Essential guide to food additives. Leatherhead Food RA Publishing. 1:322.
- Sangronis, E., C. Machado y R. Cava. 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Caján cajan*) germinadas. *Interciencia.* 29: 80-85.
- Serrano, J y I. Goñi. 2004. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *ALAN* (archivos latinoamericanos de nutrición). 54:1
- Shewry, P., J. Napler and A. Tatham. 1995. Seed storage proteins: structures and biosynthesis. *Plant Cell.* 7: 945-954.

- Suárez, V.B., M. Carrasco, L. Frisón, M. de Basílico, A. Simonetta, M. Rivera y J. Reinheimer. 2007. Inhibición por fosfatos de grupos microbianos alteradores de interés en alimentos. *La Alimentación Latinoamericana*. 268: 50-57.
- Trago, L. C., C. M. Donangelo, N. M. Trugo and K. E. Knudsen. 2000. Effect of heat treatment on nutritional quality of germinated legume seeds. *J Agric Food Chem*. 48:2082-2086.
- Wilson, C. 1994. *Corn: Chemistry and Technology* Chap. IX. Ed. Stanley A. Watson y Paul E. Ramstad. USA.
- Zarate, S. 1983. Propiedades funcionales de las proteínas del suero lácteo modificado obtenido mediante ultrafiltración. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F., México. 143 pp.
- Zettler, J. L. and G. W. Cuperus. 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *J. Economic. Entomol.* 83: 1677-1681.
- Enciclopedia de los Municipios de México. 2005. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/durango/mpios/10008a.htm>. Consultada el 20 de marzo del 2012.
- Graziano, J. V. M., R. Pinto y Garza-García. 2011. Parámetros poblacionales de *Acanthocelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) en la variedad Oti de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de almacenamiento. *Agrociencia* 45(7): 797-800.

IX. ANEXOS

Anexo 1

		ENERO						
FRIJOL	BODEGA	Peso Bruto	No. de Costales	Peso Neto	Kg Merma Real	% de Merma Real		
1	1	1410	22	1,408	210	14.92%		
2	1	16980	280	16,952	906	5.34%		
1	2	3550	56	3,544	550	15.52%		
3	2	18970	312	18,939	612	3.23%		
3	2	3120	51	3,115	88	2.83%		
3	2	14020	238	13,996	612	4.37%		
1	3	20410	349	20,375	510	2.50%		
3	3	1260	20	1,258	18	1.43%		
3	3	7870	124	7,858	1,100	14.00%		
3	3	5330	86	5,321	300	5.64%		
3	3	910	14	909	70	7.70%		
3	3	1000	18	998	49	4.91%		
3	3	9190	152	9,175	237	2.58%		
3	3	2720	36	2,716	700	25.77%		
3	3	2000	33	1,997	21	1.05%		
3	3	3130	51	3,125	100	3.20%		
3	3	4980	83	4,972	432	8.69%		
3	3	3680	57	3,674	113	3.08%		
3	3	4720	75	4,713	167	3.54%		
3	3	5210	84	5,202	245	4.71%		
3	3	20650	0	20,650	1,191	5.77%		
3	3	16260	0	16,260	931	5.73%		
3	3	2950	47	2,945	145	4.92%		
3	3	10588	186	10,569	403	3.81%		
3	3	8910	142	8,896	215	2.42%		
3	3	21430	340	21,396	1,486	6.95%		
3	3	1980	33	1,977	75	3.79%		
3	3	9510	140	9,496	430	4.53%		
2	4	19090	290	19,061	556	2.92%		
2	4	11160	168	11,143	500	4.49%		
3	5	19590	315	19,559	809	4.14%		
3	5	18900	306	18,869	1,121	5.94%		
3	5	20100	311	20,069	1,069	5.33%		
3	5	19640	308	19,609	609	3.11%		
3	5	20370	315	20,339	958	4.71%		
3	5	22070	334	22,037	1,036	4.70%		
3	5	20930	312	20,899	1,802	8.62%		
3	5	20450	315	20,419	920	4.51%		
3	5	19850	315	19,819	800	4.04%		
3	5	18080	289	18,051	1,002	5.55%		
3	6	20600	333	20,567	1,002	4.87%		
3	6	21690	353	21,655	1,260	5.82%		
3	6	21950	258	21,924	1,436	6.55%		
SUMATORIA				516,453	26,796			
MODA						4.71%		
PROMEDIO						5.77%		
MEDIA GEOM.						4.79%		

SIMBOLOGIA	
FRIJOL	
1	PINTO VILLA
2	NEGRO SAN LUIS
3	PINTO SALTILLO
BODEGA	
1	GUADALUPE VICTORIA
2	CORDOVA LOPEZ
3	BORREGOS
4	LOS NOES
5	LA JOYA
6	ITEMZA

FEBRERO								
FRIJOL	BODEGA	Peso Bruto	No. de Costales	Peso Neto	Kg Merma Real	% de Merma Real	SIMBOLOGIA	
2	2	16,980	297	16,950	1,313	7.75%		
2	2	21,420	340	21,386	1,356	6.34%		
2	3	2,110	36	2,106	134	6.34%	FRIJOL	
2	3	3,060	50	3,055	194	6.34%	2 NEGRO SAN LUIS	
2	3	21,510	350	21,475	1,362	6.34%	3 PINTO SALTILLO	
2	3	23,360	348	23,325	1,479	6.34%		
2	3	4,540	75	4,533	287	6.34%		
2	3	22,350	358	22,314	1,415	6.34%	BODEGA	
2	3	19,610	336	19,576	1,241	6.34%	2 CORDOVA LOPEZ	
3	3	5,680		5,680	367	6.46%	3 BORREGOS	
2	3	3,480	60	3,474	220	6.34%	5 LA JOYA	
2	3	1,770	28	1,767	112	6.34%	6 ITEMZA	
2	3	3,730	60	3,724	236	6.34%	7 MANUEL GUILLEN	
2	3	3,580	62	3,574	227	6.34%		
2	3	2,090	31	2,087	132	6.34%		
3	3	1,200	19	1,198	65	5.43%		
3	3	4,730	76	4,722	268	5.68%		
2	5	19,470	300	19,440	1,470	7.56%		
2	5	19,840	336	19,806	1,256	6.34%		
2	5	19,480	315	19,449	1,233	6.34%		
2	5	19,720	304	19,690	1,248	6.34%		
2	5	20,290	315	20,259	1,522	7.51%		
2	5	17,980	284	17,952	1,138	6.34%		
3	6	31,380	506	31,329	1,650	5.27%		
3	6	31,180	505	31,130	1,892	6.08%		
3	6	31,430	506	31,379	1,750	5.58%		
3	6	31,260	506	31,209	1,900	6.09%		
3	6	31,110	506	31,059	1,841	5.93%		
3	7	17,060	274	17,033	903	5.30%		
3	7	10,870	170	10,853	569	5.24%		
3	7	6,560	104	6,550	430	6.57%		
3	7	17,380	274	17,353	953	5.49%		
3	7	17,960	288	17,931	960	5.35%		
3	7	17,240	275	17,213	1,002	5.82%		
3	7	19,770	313	19,739	1,354	6.86%		
3	7	30,710	494	30,661	1,865	6.08%		
3	7	21,900	355	21,865	1,320	6.04%		
SUMATORIA				592,844	36,664			
MODA						6.34%		
PROMEDIO						6.21%		
MEDIA GEOM.						6.19%		

MARZO								SIMBOLOGIA
FRIJOL	BODEGA	Peso Bruto	No. de Costales	Peso Neto	Kg Merma Real	% de Merma Real		
3	2	19750	327	19,717	1,112	5.64%	FRIJOL	
3	2	20100	328	20,067	1,154	5.75%		
2	2	19850	327	19,817	1,350	6.81%		
3	3	4360	70	4,353	236	5.42%	3 PINTO SALTILLO	
3	3	20630	330	20,597	1,198	5.82%		
2	3	4690	74	4,683	321	6.86%	BODEGA	
3	4	16130	255	16,105	1,170	7.27%		
2	5	12180	181	12,162	1,125	9.25%		
3	6	19570	321	19,538	1,214	6.21%		
3	6	21160	347	21,125	1,276	6.04%		
SUMATORIA				158,164	10,156			
MODA						#N/A	2 CORDOVA LOPEZ	
PROMEDIO						6.51%		
MEDIA GEOM.						6.43%		

ABRIL								SIMBOLOGIA
FRIJOL	BODEGA	Peso Bruto	No. de Costales	Peso Neto	Kg Merma Real	% de Merma Real		
2	2	9570	156	9,554	494	5.17%	FRIJOL	
3	2	19980	336	19,946	1,125	5.64%		
2	2	7860	132	7,847	384	4.89%		
2	3	16780	275	16,753	837	5.00%	3 PINTO SALTILLO	
2	3	1910	33	1,907	76	3.99%		
3	3	1720	26	1,717	72	4.19%	BODEGA	
2	3	1350	20	1,348	68	5.04%		
2	3	19650	0	19,650	1,015	5.17%		
2	3	12280	0	12,280	623	5.07%		
2	3	20990	342	20,956	985	4.70%		
2	3	21650	342	21,616	685	3.17%		
2	3	14300	245	14,276	452	3.17%	2 CORDOVA LOPEZ	
3	4	19110	284	19,082	816	4.28%		
3	4	2290	50	2,285	115	5.03%		
2	4	7490	119	7,478	389	5.20%		
2	4	6610	275	6,583	321	4.88%		
3	7	19640	313	19,609	730	3.72%		
3	7	10520	170	10,503	402	3.83%		
3	7	19750	321	19,718	742	3.76%		
3	7	19920	319	19,888	769	3.87%		
3	7	38730	660	38,664	2,565	6.63%		
3	7	20010	330	19,977	1,356	6.79%		
SUMATORIA				311,635	15,021			
MODA	2	3				5.17%		
PROMEDIO						4.69%		
MEDIA GEOM.						4.60%		

MAYO							
FRIJOL	BODEGA	Peso Bruto	No. de Costales	Peso Neto	Kg Merma Real	% de Merma Real	
3	3	23790	380	23,752	832	3.50%	SIMBOLOGIA
3	3	660	11	659	38	5.77%	
2	3	22720	38	22,716	1,158	5.10%	FRIJOL
2	3	3320	55	3,315	195	5.88%	
2	3	12000	193	11,981	632	5.28%	2 NEGRO SAN LUIS
2	3	2330	35	2,327	99	4.26%	3 PINTO SALTILLO
2	3	2230	40	2,226	100	4.49%	
2	3	2280	40	2,276	82	3.60%	BODEGA
2	3	4620	76	4,612	205	4.44%	3 BORREGOS
2	3	1140	20	1,138	50	4.39%	8 VICENTE GUERRERO
3	3	22350	372	22,313	1,499	6.72%	9 E. ZAPATA
2	3	14350	255	14,325	735	5.13%	10 RUBEN FRAYRE
3	3	25130	420	25,088	2,032	8.10%	
2	3	12210	204	12,190	635	5.21%	
2	3	3756	59	3,750	190	5.07%	
3	8	13480		13,480	821	6.09%	
3	8	30100	513	30,049	996	3.31%	
3	9	40850	680	40,782	2,770	6.79%	
3	9	20850	349	20,815	1,250	6.01%	
2	10	17750	306	17,719	658	3.71%	
2	10	18170	312	18,139	770	4.25%	
2	10	18260	305	18,230	726	3.98%	
SUMATORIA				311,880	16,473		
MODA						#N/A	
PROMEDIO						5.05%	
MEDIA GEOM.						4.91%	

Dedicatoria

A mi madre y a mi padre

Rosa Casas y Jorge Hernández

Por el cariño y apoyo moral que siempre he recibido de ustedes, que aunque nunca encontrare la forma agradecerles, tengan en cuenta que mis esfuerzos con los que he logrado culminar mi carrera profesional, son los suyos e inspirados en ustedes, para mí es la mejor herencia.

A mi esposo

José Roberto Quintero

Porque nunca terminare de agradecerte tu comprensión, confianza y apoyo, haciéndote saber que mis logros son también tuyos, hago de esto un triunfo y quiero compartirlo siempre contigo.

A mi hijo

Roberto Quintero

Porque tu llegada fue la fuerza y la inspiración que me impulsó a culminar mi carrera profesional, esfuerzo que va dedicado a ti y para ti.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT, PIFI INSTITUCIONAL por las becas otorgadas durante mi estancia en la escuela, ya que con ellas pude realizar mi investigación.

Al CIIDIR IPN- Unidad Durango por todas las facilidades otorgadas, permitiéndome adquirir nuevos conocimientos, además de gozar como alumna de esta distinguida institución.

A mi director el M. en C. Oscar Homero Velasco González, por su apoyo y paciencia al momento de transmitirme sus conocimientos, además de brindarme las herramientas necesarias para culminar mi trabajo de tesis.

A mi codirectora la M. en C. Rebeca Álvarez Zagoya, por su paciencia y apoyo brindado durante mi trabajo.

A mis asesores de tesis, Dr. Jesús Herrera Corral, Dr. Antonio Ávila Reyes, Dr. Natividad Gurrola Reyes y Dr. Marco Antonio Márquez Linares por su apoyo durante mi estancia en la institución y su valiosa aportación en el desarrollo de mi trabajo de tesis.

A mis maestros que tuve durante el transcurso de mi maestría, por brindarme los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

A mis compañeros de generación por convertirse en un apoyo y por compartir momentos de alegría, en especial a Maihualy Martínez Fernández, Guadalupe Sánchez Martínez, Patricia Malagon Zamora, Laura Tico y Diana Rivera.

A Edgar López por haber aportado información valiosa en la tesis y su amistad.