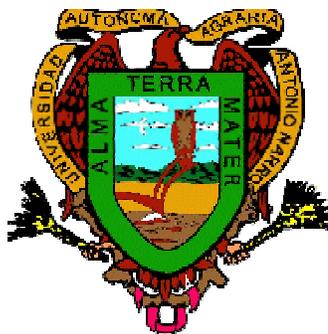


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES EN OCHO VARIETADES DIFERENTES DE  
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L) DE RÍO GRANDE, ZACATECAS, MÉXICO.**

**POR:**

**GERARDO NIETO SANCHEZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Agosto de 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES EN OCHO VARIEDADES DIFERENTES DE  
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris L*) DE RÍO GRANDE, ZACATECAS, MÉXICO

Presentada Por:

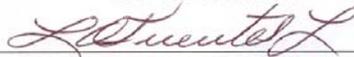
Gerardo Nieto Sánchez

Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito  
Parcial

Para Obtener el Título de:

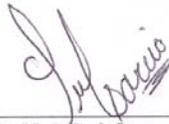
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA



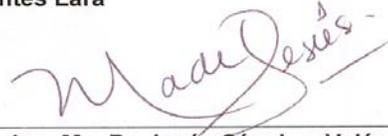
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Presidente



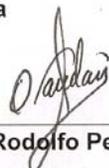
QFB. Ma. Del Carmen Julia Garcia

Sinodal



Ing. Ma. De Jesús Sánchez Velázquez

Sinodal



Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

AGOSTO, 2010

Universidad Autónoma Agraria

"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE  
CIENCIA ANIMAL

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme la oportunidad de superarme académicamente y personal dentro de esta magnífica institución.

A los profesores que me impartieron las clases correspondientes a lo largo de la carrera.

A la Lic. Laura Olivia Fuentes Lara, por su apoyo en la realización de este trabajo.

A Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel encargado de laboratorio de Nutrición Animal de la UAAAN. Por su apoyo e instrucción en las técnicas empleadas.

## DEDICATORIAS

A mis padres: Gerardo Nieto Vieyra y Felicitas Sánchez Reyes por darme la vida y su apoyo incondicional a lo largo de todo este tiempo ya que sin su comprensión y apoyo nada de esto sería posible gracias.

A mis hermanos y sobrina: Ary, Diana, Oscar, Nadia por siempre estar conmigo los malos ratos y en los peores.

A Diana por todo su amor y comprensión ya que en ella he encontrado a una nueva familia NZ.

A Enrique por ser siempre un verdadero amigo y a todos los amigos del internado que son muchos para mencionarlos pero solo que a todos ellos los llevo en el corazón.

## ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| Agradecimientos                            | I   |
| Dedicatorias                               | II  |
| Índice de cuadros                          | III |
| Índice de figuras                          | IV  |
| 1. Introducción                            | 1   |
| 1.1. Objetivos generales                   | 2   |
| 1.2. Objetivos específicos                 | 2   |
| 2. Revisión de literatura                  | 3   |
| 2.1. Características morfológicas          | 3   |
| 2.2. Contenido nutrimental                 | 4   |
| 2.3. Producción mundial y nacional         | 5   |
| 2.4. Toxicidad                             | 6   |
| 2.5. Taninos                               | 7   |
| 2.5.1. Clasificación de taninos            | 7   |
| 2.6. Proteínas                             | 11  |
| 2.7. Minerales                             | 14  |
| 3. Materiales y métodos                    | 16  |
| 3.1. Materiales                            | 16  |
| 3.2. Soluciones                            | 17  |
| 3.3. Procedimiento                         | 18  |
| 3.3.1. Determinación de materia seca total | 18  |
| 3.3.2. Humedad                             | 18  |
| 3.3.3. Ceniza                              | 19  |
| 3.3.4. Proteínas                           | 19  |
| 3.3.5. Minerales                           | 20  |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.6. Taninos                             | 20 |
| 4. Resultados y discusiones                | 22 |
| 4.1. Materia seca total, humedad y cenizas | 22 |
| 4.2. Proteínas                             | 25 |
| 4.3. Minerales                             | 27 |
| 4.4. Taninos                               | 33 |
| 5. Conclusiones                            | 34 |
| 6. Literatura citada                       | 36 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| 1. Componentes del frijol   | 4  |
| 2. Contenido de minerales en frijol   | 4  |
| 3. Principales países productores de frijol   | 5  |
| 4. Principales estados productores de frijol en México                              | 5  |
| 5. Porcentaje de producción por estado  | 6  |
| 6. Contenido de minerales en 100 g  | 15 |
| 7. Valores de las medias y error estándar en la determinación de materia seca total | 22 |
| 8. Valores y medias de porcentaje de humedad  | 23 |
| 9. Valores y medias de porcentajes de cenizas                                       | 23 |
| 10. Valores y medias de taninos (mg/g)  | 33 |

**ÍNDICE  
DE  
FIGURAS**

|  |    |
|--|----|
| 1. Porcentaje del contenido de proteínas | 25 |
| 2. Porcentaje de calcio                  | 27 |
| 3. Porcentaje de potasio                 | 28 |
| 4. Porcentaje de sodio                   | 29 |
| 5. Porcentaje de magnesio                | 29 |
| 6. Valores de manganeso                  | 30 |
| 7. Valores de zinc                       | 31 |
| 8. Valores de hierro                     | 31 |

## Resumen

El frijol es un grano perteneciente a la familia de las leguminosa, su nombre científico *Phaseolus vulgaris L.*

El frijol es de gran importancia en la canasta básica de los mexicanos por sus costumbres y por su gran accesibilidad, además de su contenido nutrimental, esto fue la determinación para la realización de este trabajo.

El presente trabajo tuvo como objetivo, el diferenciar el contenido nutrimental de ocho variedades de frijol, cultivadas en Río Grande Zacatecas, con el ciclo de primavera verano 2009, obteniendo como resultados que de las variedades evaluadas, la mejor fue la del frijol Peruano logrando un porcentaje de proteína de 21.93 %, en cuanto a minerales presentó las mejores concentraciones y por otra parte contando con un nivel permitido de taninos de 16.09 mg/g, en general logrando una diferencia mínima entre las siete variedades restantes.

**PALABRAS CLAVE:** Taninos, Contenido nutrimental en diferentes variedades de frijol.

## 1. INTRODUCCIÓN

El frijol es uno de los alimentos más antiguos que el hombre conoce; ha formado parte importante de la dieta humana desde hace miles de años. Se encuentra entre las primeras plantas alimenticias domesticadas y posteriormente cultivadas [8].

El frijol común se empezó a cultivar hace aproximadamente 7000 y 5000 años en el sur de México. En México, los nativos cultivaron los frijoles blancos, negros, y todas las demás variedades de color.

Puesto que las culturas Mesoamericanas de México cruzaron el continente americano, estos frijoles y las prácticas de cultivo se propagaron poco a poco por toda Sudamérica a medida que exploraban y comercializaban con otras tribus.

La llegada de los españoles a América hizo posible la introducción a Europa a inicios del siglo XVI y su distribución en el resto del mundo, de tal forma que hoy en día se encuentran los principales productores en diferentes partes del mundo.

El frijol en México siempre ha sido de gran importancia para la dieta popular.

Actualmente, la importancia del frijol en la dieta del pueblo mexicano sigue siendo fundamental, debido básicamente a sus cualidades nutritivas, caracterizada por el gran contenido de materias proteicas.

En México se cultiva una gran diversidad de variedades de frijol, que responde a una geografía de consumo.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo general**

- Diferenciar el contenido nutrimental de ocho variedades de frijol (pinto Saltillo (P.S.), pinto burro (P.B.), bayo (B.), media oreja (M.O.), flor de junio (F.J.), canario (C.), peruano (P.), negro San Luís (S.L.).

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Cuantificar la cantidad de proteína presente en las diferentes variedades de frijol.
- Determinar las cantidades de taninos hidrosolubles presentes en las variedades evaluadas.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

El frijol, pertenece a la familia de las leguminosas o fabáceas y su nombre científico *Phaseolus vulgaris L* es originaria del área México-Guatemala ya que en estos países se encuentra una gran diversidad de variedades tanto en forma silvestre como en forma de cultivo. Es de mucha importancia en la canasta básica de los mexicanos por las costumbres y por su gran accesibilidad además de su gran contenido de proteína y otros minerales entre ellos hierro y calcio. Actualmente se utilizan sus componentes en medicamentos para producir pérdida de peso, pues "se cree" que partes de sus componentes bioactivos ayudan a bloquear la absorción de carbohidratos. En los medicamentos quemadores de grasas aparece como "*Phaseolus vulgaris L*" [8].

Existen múltiples variedades de Frijol que se caracterizan por su tamaño, por su forma, por el color de su semilla y por su tipo de crecimiento.

### 2.1 Características Morfológicas

Familia: *Leguminosae*.

Subfamilia: *Papilionoidene*.

Tribu: *Phaseolac*.

Subtribu: *Phascolinae*, genero *Phaseolus*.

Especie: *Phaseolus vulgaris L*.

En México existen cerca de 70 variedades de Frijol que se distribuyen en 7 grupos:

- ❖ Negros
- ❖ Amarillos
- ❖ Blancos
- ❖ Morados

- ❖ Bayos
- ❖ Pintos
- ❖ Moteados

## 2.2 Contenido Nutricional

El frijol posee un alto contenido en proteínas y fibra, siendo así mismo una fuente excelente de minerales, su contenido nutricional promedio por cada 100 gramos de alimento crudo en peso neto es el siguiente:

Cuadro 1: Componentes del frijol

| <b>Variables</b> | <b>%</b> |
|------------------|----------|
| Fibra            | 4.3      |
| Humedad          | 1.8      |
| Proteína         | 19.2     |

**Fuente:** Ramírez, (2002).

Cuadro 2: Contenido de minerales de frijol

| <b>Minerales</b> | <b>mg</b> |
|------------------|-----------|
| Calcio           | 228       |
| Fósforo          | 407       |
| Hierro           | 5.5       |
| Magnesio         | 140       |
| Sodio            | 24        |
| Potasio          | 1406      |
| Zinc             | 2.79      |

**Fuente:** Ramírez, (2002).

## 2.3 Producción mundial y nacional

Estadísticas mundial y nacional

Principales productores (miles de tonelada)

Cuadro 3: Principales países productores de frijol.

| <b>Países</b>  | <b>2001</b> | <b>2002</b> | <b>2003</b> | <b>2004</b> | <b>2005</b> |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Brasil         | 2,453.42    | 3,064       | 3,302       | 2,967       | 3,021       |
| Nigeria        | 25,172      | 2,311       | 2,459       | 2,631       | 2,815       |
| India          | 2,319       | 2,609       | 2,340       | 3,171       | 2,660       |
| Myanmar        | 1,572       | 1,631       | 1,661       | 1,680       | 1,680       |
| China          | 1,805       | 2,058       | 2,079       | 1,758       | 1,610       |
| Estados Unidos | 892         | 1,367       | 1,029       | 820         | 1,248       |
| México         | 1,062       | 1,549       | 1,414       | 1,163       | 1,200       |

Cuadro 4: Principales estados productores de frijol en México

| <b>Estados productores</b> | <b>Toneladas</b> |
|----------------------------|------------------|
| Zacatecas                  | 292,197          |
| Durango                    | 150,590          |
| Chihuahua                  | 135,323          |
| Nayarit                    | 132,562          |
| Sinaloa                    | 124,265          |

**Fuente:** López y Navarro, (1983).

Cuadro 5: Porcentajes de producción por estado

| Estados   | Porcentajes de producción |
|-----------|---------------------------|
| Zacatecas | 23.7                      |
| Sinaloa   | 14.2                      |
| Durango   | 10.4                      |
| Chihuahua | 8                         |
| Nayarit   | 7.3                       |

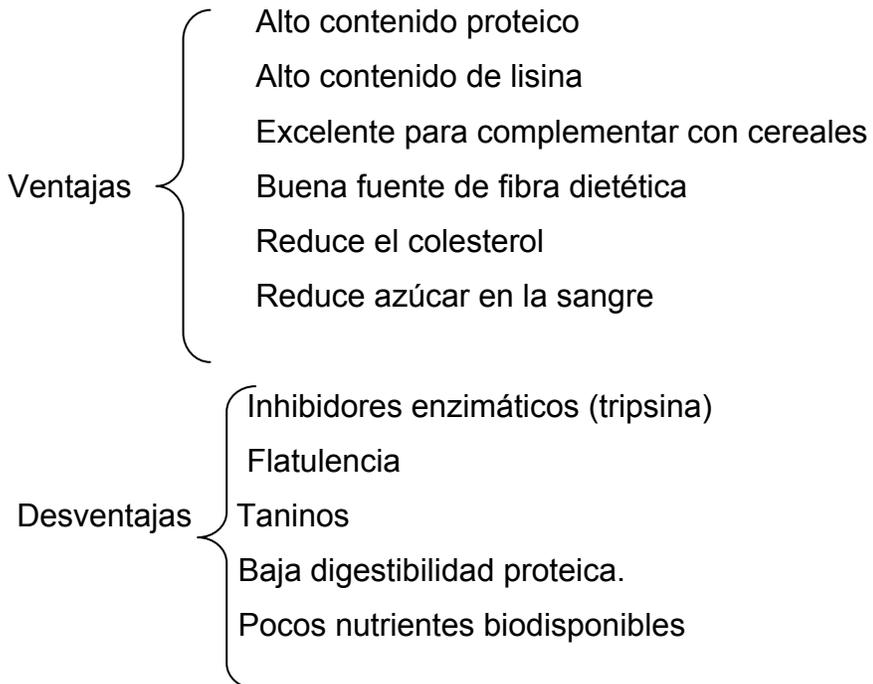
El resto es producido por los estados y es el 36.4%.

[www.financierarural.gob.mx](http://www.financierarural.gob.mx)

## 2.4 Toxicidad

En el frijol existen algunos factores tóxicos pero esa toxicidad sólo se presenta cuando están crudos, ya que con la cocción se destruyen estos factores. Si no se mastican bien producen gases intestinales [5].

Ventaja y desventajas del consumo:



## 2.5 Taninos

Los taninos son productos de la condensación de fenoles simples y tienen una variedad de estructuras moleculares. Ellos están generalmente divididos en proantocianidinas hidrolizables y condensadas. Los taninos son compuestos biológicamente activos y pueden tener efectos nutricionales benéficos o adversos. Los taninos condensados, compuestos fenólicos predominante en semillas leguminosas, se encuentran ampliamente en lentejas, granos de soya coloreados y frijoles comunes. Están localizados principalmente en la testa y juegan un papel importante en el sistema de defensa de las semillas que están expuestas a daño oxidativo debido al medio ambiente [14].

Químicamente son metabolitos secundarios-fenólicos, no nitrogenados, solubles en agua y no en alcohol ni solventes orgánicos.

Los taninos tienen un ligero olor característico, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro.

### 2.5.1 Clasificación

La fórmula  $C_{14}H_{14}O_{11}$ , considerada en alguna literatura como la del *tanino común*, es sólo aproximada, ya que son polímeros complejos. Hay dos categorías de taninos, clasificados en base a su vía de biosíntesis y sus propiedades químicas: los taninos condensados y los taninos hidrolizables.

- Los taninos condensados (a veces también llamados proantocianidinas) son polímeros de un flavonoide llamado antocianidina. Es común encontrarlos en la madera de las plantas leñosas.
- Los taninos hidrolizables son polímeros heterogéneos formados por ácidos fenólicos, en particular ácido gálico, y azúcares simples. Son más pequeños que los taninos condensados y son hidrolizados con más facilidad, sólo basta ácido diluido para lograrlo.

Los efectos negativos de los taninos en la precipitación de proteínas o en la inhibición en forma no competitiva de la actividad enzimática de celulasa, pectinasa, amilasa, lipasa, enzimas proteolíticas,  $\beta$ -galactosidasa así como enzimas microbianas que participan en la fermentación de cereales, también los taninos pueden reducir la biodisponibilidad de iones metálicos como Fe, Ca y Zn y de vitaminas como la B12 y afectar la mucosa del tracto gastrointestinal alterando la excreción de ciertos cationes, proteínas y aminoácidos esenciales endógenos. Otro efecto negativo asociado al consumo de alimentos ricos en taninos es la incidencia de cánceres del esófago, hígado, entre otros [7].

Los efectos antes mencionados se deben al carácter antioxidante de los taninos que protege a los componentes celulares del daño oxidativo al reducir el nivel de radicales libres, así como la peroxidación y la inhibición de compuestos inductores de tumores. Además presentan gran efectividad contra bacterias, hongos, levaduras y virus por la formación de complejos con enzimas o sustratos indispensables para los microorganismos. También presentan un mecanismo de toxicidad que actúa en las membranas inhibiendo el sistema de transporte electrónico o la formación de complejos insolubles con nutrientes y iones metálicos, reduciendo así la disponibilidad y por tanto la capacidad de sobrevivencia de los microorganismos.

Los taninos son los principales componentes de la cascarilla de frijol, que han sido reportados en todos los colores de semilla, desde el negro, rojo, café, amarillo, crema e inclusive en el blanco; sin embargo, no está muy clara la relación entre el contenido de taninos y la actividad antioxidante de éstos. Inicialmente se asociaba una mayor actividad en los frijoles negros y más coloridos.

El color de la cubierta de los frijoles es atribuido a la presencia y a la concentración de los polifenoles, así como de los glucósidos de flavonoles, taninos condensados y antocianinas. Su función es proteger a la semilla contra patógenos y predadores. Estos compuestos tienen actividades antioxidantes, y

antimutagénicas y anticarcinogénicas y también propiedades contra radicales libres.

Los polifenoles del frijol seco pueden actuar como antioxidantes que inhiben la formación de radicales libres que resultan de la degradación natural de los alimentos. Recientemente se ha demostrado que los taninos condensados y los hidrolizables de peso molecular relativamente alto, también son efectivos antioxidantes, con mayor actividad que los fenoles simples [7].

Las acciones farmacológicas más importantes de los taninos que se pueden mencionar son:

- Astringentes y por tanto antidiarreicos y vasoconstrictores, ya que se unen y precipitan las proteínas existentes en las secreciones.
- Vulnerarios.
- Antimicrobianos y antifúngicos.
- Inhibidores enzimáticos.
- Antídotos de alcaloides y metales pesados.
- Antihemorrágica

El efecto tóxico es bajo, y proviene de la posible intolerancia gástrica y estreñimiento que pueden ocasionar [11].

A pesar de todas sus propiedades, los taninos son considerados sustancias antinutritivas. Esto se debe a que una concentración elevada puede provocar que la absorción de algunos nutrientes se vea disminuida. En el caso de las proteínas, los taninos se combinan con ellas y alteran su absorción. En cuanto al hierro, cuando los taninos están en elevadas concentraciones, forman con este mineral, complejos insolubles en agua que no pueden ser absorbidos en el epitelio intestinal [16].

Es interesante el mencionar que los humanos prefieren un cierto nivel de astringencia en las comidas que contienen taninos, como las manzanas, las zarzamoras y el vino tinto. Existen taninos específicos que pueden ser saludables para el hombre, pero en general son tóxicos, debido a las mismas propiedades que los hacen buenos para la curtición (su capacidad de unirse con proteínas de forma específica) [11].

Es necesario incrementar los estudios en lo que respecta al papel que los taninos juegan en la alimentación ya que por un lado ofrecen beneficios preventivos a la salud, anticarcinógenos o antimutágenicos y por otro lado, pueden estar involucrados en la promoción de cáncer o actividad antinutricional, seguramente la dosis es la que marca el destino final o la acción [15].

## 2.6 Proteínas

Estas son macromoléculas compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. La mayoría también contienen azufre y fósforo. Las mismas están formadas por la unión de varios aminoácidos, unidos mediante enlaces péptidos. El orden y disposición de los aminoácidos en una proteína depende del código genético, ADN, de cada persona.

Las proteínas constituyen alrededor del 50% del peso seco de los tejidos y no existe proceso biológico alguno que no dependa de la participación de este tipo de sustancias.

Las funciones principales de las proteínas son:

- Ser esenciales para el crecimiento. Las grasas y carbohidratos no las pueden sustituir, por no contener nitrógeno.
- Proporcionan los aminoácidos esenciales fundamentales para la síntesis.
- Son materia prima para la formación de los jugos digestivos, hormonas, proteínas plasmáticas, hemoglobina, vitaminas y enzimas.
- Funcionan como amortiguadores, ayudando a mantener la reacción de diversos medios como el plasma.
- Actúan como catalizadores biológicos acelerando la velocidad de las reacciones químicas del metabolismo.  
Actúan como transporte de gases como oxígeno y dióxido de carbono en sangre. (hemoglobina).
- Actúan como defensa, los anticuerpos son proteínas de defensa natural contra infecciones o agentes extraños.  
Permiten el movimiento celular a través de la miosina y actina (proteínas contráctiles musculares).
- Resistencia. El colágeno es la principal proteína integrante de los tejidos de sostén.

Energéticamente, las proteínas aportan al organismo 4 Kcal de energía por cada gramo que se ingiere [16].

Dentro de las características más importantes que destacan el valor nutritivo de las leguminosas en la nutrición humana, es que presentan de 2 a 3 veces más proteína que los cereales

Las proteínas presentes en el frijol, juegan un papel esencial en la nutrición humana por complementación con otros alimentos como el maíz en América Latina y el este de África y el arroz en Brasil. Por otro lado, las proteínas de origen animal como la caseína de la leche y la albúmina de huevo presentan perfiles de aminoácidos más completos y en años recientes se ha considerado que es más saludable sustituir en una buena proporción por proteínas de origen vegetal debido a que el consumo excesivo de proteínas de origen animal puede ser calciurético y con el tiempo se puede provocar mayor riesgo de fracturas. Debemos considerar además que en muchas ocasiones la proteína de origen vegetal es la única opción de consumo debido principalmente a la economía de gran parte de la población, por lo que el frijol representa la segunda fuente de proteína en México, cubriendo las necesidades básicas para el buen desarrollo y funcionamiento del organismo.

Dentro de las proteínas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), las globulinas representan entre el 50 y 75% del total. Hay dos tipos de proteínas en este grupo, las faseolinas y las lectinas. Las de mayor importancia son las faseolinas (glicoproteína trimerica) porque son las mejores proteínas de las leguminosas para la nutrición humana y por ser las más abundantes, ya que conforman el 40 % de la proteína total en la semilla.

En base a lo anterior, la faseolina se ha considerado como el principal determinante de la calidad nutricional y de la cantidad de proteína presente en las semillas de frijol. Sin embargo, la faseolina es deficiente en aminoácidos azufrados como la metionina y la cisteína, contrario a los cereales que generalmente contienen suficientes aminoácidos azufrados pero son deficientes en aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano (presentes en las leguminosas). Por lo anterior es que el consumo combinado de cereales y

leguminosas en una proporción de 2:1 produce un equilibrio mejorando el balance en la dieta de sus consumidores [15].

Aún cuando el contenido de proteína en la semilla de frijol es alto (20% de peso seco aproximadamente), su valor nutricional es pobre debido a factores intrínsecos de la semilla, tales como la presencia de inhibidores de tripsina, taninos y ácido fítico que inhiben de forma irreversible a las proteasas intestinales, formando complejos con las proteínas, disminuyendo su solubilidad e hidrólisis.

## 2.7 Minerales

Los minerales son indispensables para nuestro organismo en pequeñas cantidades, las cuales dependen de la edad y etapa de desarrollo en que se encuentra el individuo, las funciones son estructura ósea y dental, regulación del balance hídrico, ácido-base y de la presión osmótica, excitabilidad nerviosa, contracción muscular, transporte, sistema inmunológico y crecimiento celular.

Los elementos esenciales son los que tienen una función demostrada y aceptada universalmente, se caracterizan en función de los requerimientos dietéticos: los macroelementos son los minerales cuantitativamente más importantes para el organismo humano, cuyas necesidades diarias son superior a los 100 mg diarios: azufre, calcio, fósforo, magnesio y los electrolitos: sodio, potasio y cloro, la función de estos elementos es la constitución del hueso, regulación de los líquidos del cuerpo y secreciones digestivas [6].

Los elementos trazas o microelementos necesarios en pequeñas cantidades, en los que se encuentran el hierro, cobre, yodo, flúor, zinc, manganeso y selenio. Sus funciones están relacionadas con las reacciones bioquímicas, nos protegen contra enfermedades, ayudan a reducir la fatiga y lograr un mejor estado físico y mental. Una vez completado el desarrollo, nuestro organismo, está sometido a un constante recambio, por lo tanto los minerales se necesitan continuamente para el mantenimiento del organismo.

Cuadro 6: Contenido de minerales en 100 g

| Mineral       | Función  | Requerimiento diario  |
|---------------|--|---|
| Calcio (Ca)   | Formación y crecimiento de los huesos y dientes catalizador de enzimas coaguladas de la sangre   | Niños de 1-9 años: 600-700 mg<br>Adultos 900 mg<br>Adolescentes, ancianos y mujeres lactantes: 1200 mg      |
| Fósforo (P)   | Formación y crecimiento de huesos y dientes y de la membrana celular, metabolismo de lípidos, catalizador (fosforilación). Obtención y transmisión de energía y material genético. | Niños de 1-9 años 500-600 mg<br>Adultos 800 mg<br>Adolescentes, ancianos y mujeres lactantes 1000 mg        |
| Potasio (K)   | Principal catión intracelular, ayuda en la regulación del balance ácido-básico interviene en el mantenimiento de la presión osmótica y la transmisión de los impulsos nerviosos.   | 1000-2000 mg  |
| Sodio (Na)    | Principal catión extracelular antagonista complementario para el K, mantiene el equilibrio ácido-base.   | 3000-5000 mg  |
| Magnesio (Mg) | Formación y crecimiento de huesos y músculos. Activar ATP en ciclo energético activar numerosas enzimas.   | Niños de 1-9 años 120-180 mg<br>Adultos 340-420 mg<br>Adolescentes, ancianos y mujeres lactantes 330-480 mg |
| Hierro (Fe)   | Síntesis de hemoglobina transporta oxígeno al músculo (mioglobina), ión esencial para la respiración, anti-infeccioso  | Niños de 1-9 años 10 mg<br>Adultos 10-18 mg<br>Adolescentes, ancianos y mujeres lactante 10-18 mg           |
| Zinc (Zn)     | Formación y crecimiento de piel, huesos, uñas y pelo, diversidad catalítica, forma parte de enzimas.   | Niños de 1-9 años 10 mg<br>Adultos y adolescentes 12-19 mg  |

Fuente: Sánchez, (2009).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo consistió en el análisis químico de 8 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L*) cultivadas en la zona norte del estado de Zacatecas, México con ciclo de cultivo primavera-verano 2009. Los análisis se realizaron, en el Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento del mismo nombre, de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

#### 3.1 Materiales

Para la realización de este proyecto se eligieron los materiales de frijol comercial más consumidos en la República Mexicana donde se determinó que la demanda de frijol en México depende de las raíces culturales y regionales, destacándose la siguiente tendencia [18].

#### 3.2 Material biológico

- En el noroeste, de México, los frijoles claros (Bayo (B.), Peruano (P.) Y Canario (C.)).
- En el norte, de México, el frijol pinto (Pinto Saltillo (P.S.) y Pinto Burro (P.B.)).
- En el centro, de México, los frijoles de color (Media Oreja (M.O.), Flor de Junio (F.J.)).
- En el sur, de México, el frijol negro (Negro San Luis (S.L.)).

### **3.3 Material de laboratorio**

- Balanza analítica AND modelo HR-200
- Equipo de adsorción atómica Varian modelo AA1275
- Aparato de Kjeldhal
- Estufa de secado Thelco modelo 27
- Desecador
- Refrigerador
- Mufla Thermolyne modelo 1550
- Micropipeta de volumen variable marca Brand
- Parrillas de calentamiento Thermolyne modelo HPA224SM

### **3.4 Soluciones**

- Ácido sulfúrico
- Acetona
- Agua des ionizada
- Agua destilada
- Mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico (3-1)
- Mezcla reactivo selenio
- Ácido gálico
- Folin-ciocalteu
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$

### 3.5 Procedimientos

El grano seco se molió en un molino (Thomas Willey modelo. 4), con criba de 1 mm, donde se obtuvo la muestra en polvo. La muestra molida se almacenó en frascos de plástico para evitar absorción de humedad y posibles alteraciones por contaminación entre muestras o de forma externa.

#### 3.5.1 Determinación de materia seca total

En la determinación de materia seca total (MST), se pesó 1 gramo de muestra seca en un crisol de porcelana (el cual previamente se colocó en una estufa a una temperatura de 103 °C hasta obtener un peso constante), posteriormente, se secó por 24 horas, cumpliéndose el tiempo, se enfrió y se registró el peso(AOAC,1996).

$$\%MST = \frac{\text{crisol con muestra} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

#### 3.5.2 Humedad

Esta se determina a partir de los resultados obtenidos en el análisis de materia seca total.

$$\%HUMEDAD = 100 - \%MST$$

### 3.5.3 Cenizas

En la determinación de cenizas se pesaron 2 gramos de muestra en un crisol de porcelana previamente sometido a peso constante, la muestra se carbonizo en plancha y posterior mente se introdujo en una mufla (Barnstead/Thermolyne 47900) a una temperatura de 500 °C por 3 horas. El porcentaje de cenizas se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \frac{\text{crisol con ceniza} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

### 3.5.4 Proteína cruda

La determinación de proteína se realizo por el método de Kjeldhal, en el cual se colocó un gramo de muestra en polvo en un matraz de Kjeldhal, 4 perlas de vidrio, 5 gramos de catalizador selenio y 30 ml de ácido sulfúrico concentrado. Los matraces fueron colocados en el digestor de Kjeldhal a una temperatura de 100 °C hasta obtener una mezcla de color verde cristalino. Una vez fría las mezclas, se adicionaron 300ml de agua destilada, 110 ml de hidróxido de sodio 45% y 6 granallas de zinc. En matraces de Erlenmeyer de 500 ml se agregó 50 ml de ácido bórico al 4 % y 6 gotas de indicador mixto. Posteriormente se llevó a cabo la destilación hasta obtener 250 ml de destilado que se titularon con ácido sulfúrico 0.0117 (N).

El nitrógeno obtenido se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(\text{ml gastados H}_2\text{SO}_4 - \text{ml H}_2\text{SO}_4 \text{ blanco})(N \text{ H}_2\text{SO}_4)(0.014)}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Finalmente, el porciento de proteína cruda se calculó multiplicando el porcentaje de nitrógeno por el factor 6.25 indicado por la (AOAC 1996).

### 3.5.5 Minerales

El análisis de minerales se llevo a cabo por absorción atómica mediante un espectrofotómetro que ejecuta mediciones de absorbancia, % transmitancia y concentración dentro del rango de longitud de onda de 325 a 1100 nanómetros (nm), con una ranura espectral de 8 nm, utilizando la muestra preparada directa y en otros casos diluidos.

Los datos se expresan en % para los macroelementos y en ppm para los microelementos.

### 3.5.6 Taninos

Para determinar los taninos primero se debe determinar la curva patrón esta se determina con ácido gálico a una concentración de 500 ppm. En 5 tubos a diferentes concentraciones de ácido gálico de 0 – 400  $\mu\text{l}$  y de agua destilada de 400 – 0  $\mu\text{l}$  para dar un volumen de 400  $\mu\text{l}$  después añadir 400  $\mu\text{l}$  de Folin-Ciocalteu, se agitaron los tubos dejas reposar por 5 minutos y luego se agregan 400  $\mu\text{l}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.01 M se agitan los tubos y reposan por 5 minutos. Posteriormente a cada tubo se le agregan 2.5 ml de agua destilada para leer a 725 nm de longitud de onda. Las absorbancias obtenidas fueron analizadas por regresión lineal simple y la ecuación obtenida fue utilizada para la cuantificación de equivalentes de ácido gálico.

Se coloca 1 gramo de muestra molida se deja reposar en una liquido de 3 ml de acetona y 7 ml de agua por tubo y se cubre con aluminio y se deja reposar de 12 horas en adelante en refrigeración.

Para obtener los taninos se colocan 400  $\mu\text{l}$  de la muestra de los tubos de ensayo al mismo tubo se le adicionaron 400  $\mu\text{l}$  del reactivo Folin-Ciocalteu, se agito y se dejó reposar por 5 minutos. Después se adicionaron 400  $\mu\text{l}$  de carbonato de sodio (0.01 M), se agita y deja reposar por 5 minutos.

Posteriormente se diluyó con 2.4 ml de agua destilada y se leyó en espectro de UV/Visible a 725 nm para determinar taninos hidrolizables. Las lecturas obtenidas fueron analizadas por la ecuación obtenida en la correspondiente curva patrón. Dicho ensayo se realizó por duplicado.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un análisis estadístico utilizando el procedimiento DMS de SAS para las variables de materia seca total, humedad, cenizas y taninos.

##### 4.1 Determinación de materia seca total

Cuadro 7: Valores de las medias y error estándar de la determinación de materia seca total.

| Variedades de frijol | Medias y error estándar |
|----------------------|-------------------------|
| F.J.                 | 90.25 ±1.13 a*          |
| P.S.                 | 90.24 ±1.13 a           |
| C.                   | 89.98 ±1.13 a           |
| P.                   | 89.9 ±1.13 a            |
| S.L.                 | 89.41 ±1.13 a           |
| P.B.                 | 89.39 ±1.13 a           |
| M.O.                 | 89.29 ±1.13 a           |
| B.                   | 88.67 ±1.13 a           |

Flor de junio- F.J., Pinto Saltillo-P.S., Canario-C., Peruano-P., San Luis-S.L., Pinto Bayo-P.B., Media Oreja- M.O., Bayo-B.

\* Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí según DMS ( $P \leq 0.05$ ).

El cuanto al porcentaje de materia seca total de las ocho variedades, no hubo diferencia significativa obteniéndose valores de 90.25 a 88.67 %, teniendo la mayor concentración en el flor de junio con 90.25 y en menor porcentaje en bayo 88.67 %.

## 4.2 Determinación de humedad

Cuadro 8: Valores y medias de los porcentajes de humedad

| Variedades de frijol | Medias y error      |
|----------------------|---------------------|
| B.                   | 11.30 $\pm$ 1.14 a* |
| M.O.                 | 10.71 $\pm$ 1.14 a  |
| P.B.                 | 10.62 $\pm$ 1.14 a  |
| S.L.                 | 10.25 $\pm$ 1.14 a  |
| P.                   | 10.11 $\pm$ 1.14 a  |
| C.                   | 10.02 $\pm$ 1.14 a  |
| P.S.                 | 9.75 $\pm$ 1.14 a   |
| F.J.                 | 9.75 $\pm$ 1.14 a   |

Flor de junio- F.J., Pinto Saltillo-P.S., Canario-C., Peruano-P., San Luis-S.L., Pinto Bayo-P.B., Media Oreja- M.O., Bayo-B.

\* Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí según DMS ( $P \leq 0.05$ ).

Para la variedad de humedad, no existen diferencias significativas y los valores van de 11.30—9.75 %. En la variedad de Bayo con un valor de 11.30 % y en Flor de junio con 9.75 %.

## 4.2 Cenizas

Cuadro 9: Valor y medias de los porcentajes de cenizas

| Variedad de frijol | Medias y error    |
|--------------------|-------------------|
| C.                 | 4.22 $\pm$ 0.7 a* |
| M.O.               | 4.13 $\pm$ 0.7 a  |
| F.J.               | 4.09 $\pm$ 0.7 a  |
| S.L.               | 4.08 $\pm$ 0.7 a  |
| P.B.               | 4.03 $\pm$ 0.7 a  |
| P.S.               | 3.80 $\pm$ 0.7 a  |
| B.                 | 3.79 $\pm$ 0.7 a  |
| P.                 | 3.28 $\pm$ 0.7 a  |

Flor de junio- F.J., Pinto Saltillo-P.S., Canario-C., Peruano-P., San Luis-S.L., Pinto Bayo-P.B., Media Oreja- M.O., Bayo-B

‡ Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí según DMS ( $P \leq 0.05$ ).

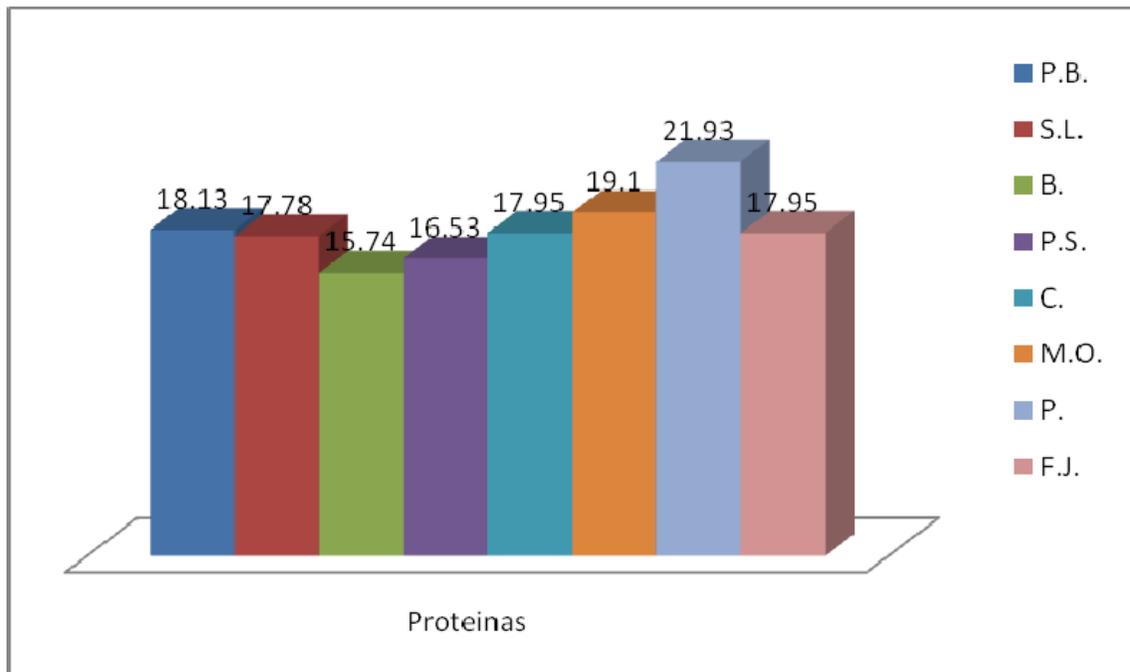
En el cuadro 9 se presentan los valores de la cantidad de cenizas, los cuales, no son significativos de acuerdo al análisis estadístico, presentando valores de 4.22 en el canario y de 3.28 % de peruano.

Por lo tanto los valores encontrados en las variedades de materia seca total, cenizas y humedad no presentaron diferencias significativas y coinciden con el trabajo de Miranda Ledesma, (1986).

#### 4.4 Proteínas

En cuanto al porcentaje de proteínas de las diferentes variedades analizadas, se puede observar en la figura 1, que la variedad de frijol peruano presentó el mayor porcentaje con 21.93 % y en menor cantidad, la variedad de frijol bayo con 15.74%.

Figura 1: Porcentaje del contenido de proteínas



En general los resultados de los valores reflejaron porcentajes similares, a lo publicado por la marca comercial "Morelos", ya que reportan un porcentaje para el peruano con un valor de 22.1 % mas no para las variedades de bayo y pinto burro ya que estas presentan valores superiores a los obtenidos, teniendo valores de 19.2 % y 23 % respectivamente.

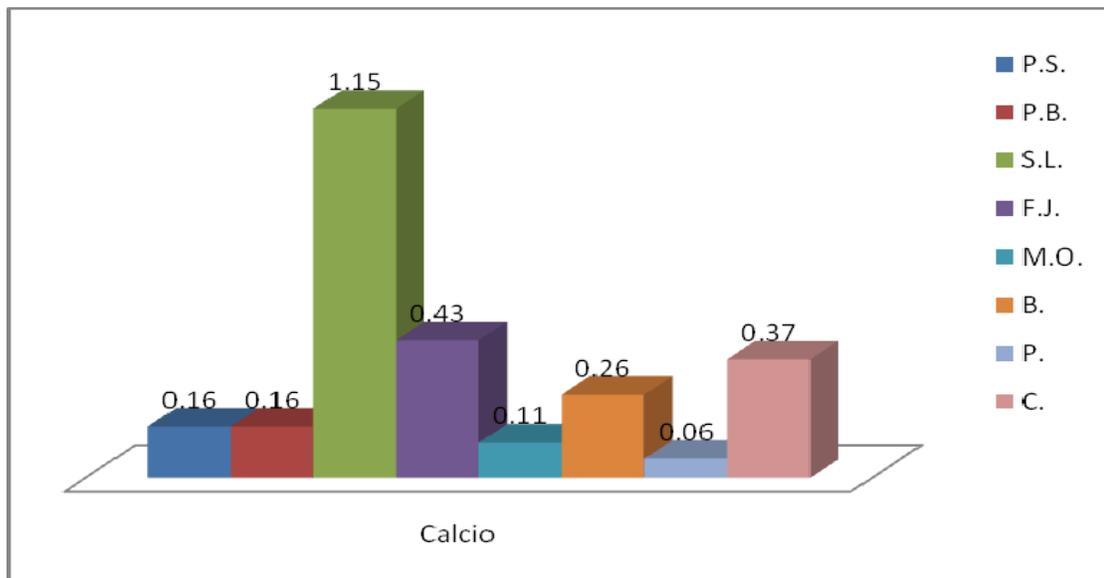
Por otra parte todos los valores obtenidos en el presente trabajo oscilan entre 15.74 a 21.93 % que coinciden con lo publicado por (oedrus.zacatezas.gob.mx) 2009.

Aún cuando el contenido de proteína en la semilla de frijol es alto (20% de peso seco aproximadamente), su valor nutricional es pobre debido a factores intrínsecos de la semilla, tales como la presencia de inhibidores de tripsina, taninos y ácido fítico que inhiben de forma irreversible a las proteasas intestinales, formando complejos con las proteínas, disminuyendo su solubilidad e hidrólisis.

## 4.5 Minerales

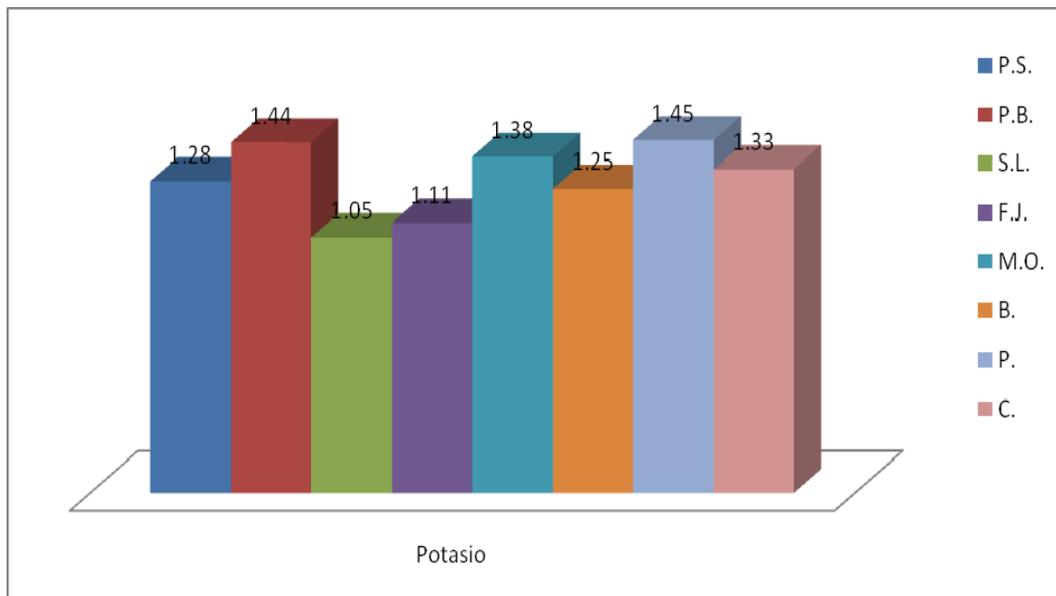
A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron en la determinación macro y microminerales en las diferentes variedades de frijol.

Figura 2: Porcentaje de calcio.



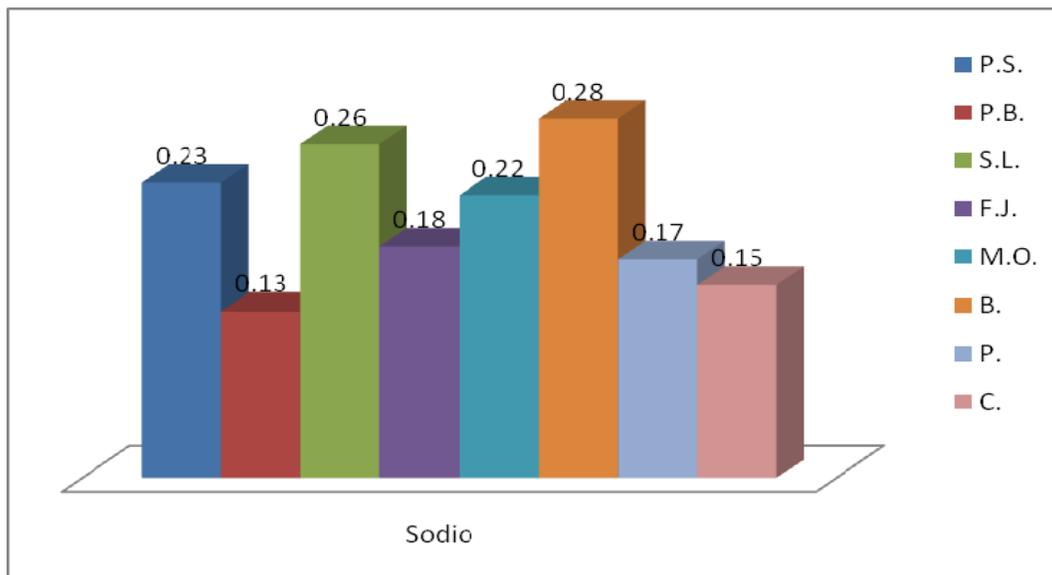
En la figura 2, se presenta una grafica mostrando los porcentajes encontrados en las diferentes variedades de frijol, encontrándose que el mayor porcentaje se obtuvo, en el frijol Negro San Luis con 1.15 % y el de menor valor el Peruano 0.06 % teniendo similitud en lo publicado por McHargue and Roy,(1931).

Figura 3: Porcentaje de potasio



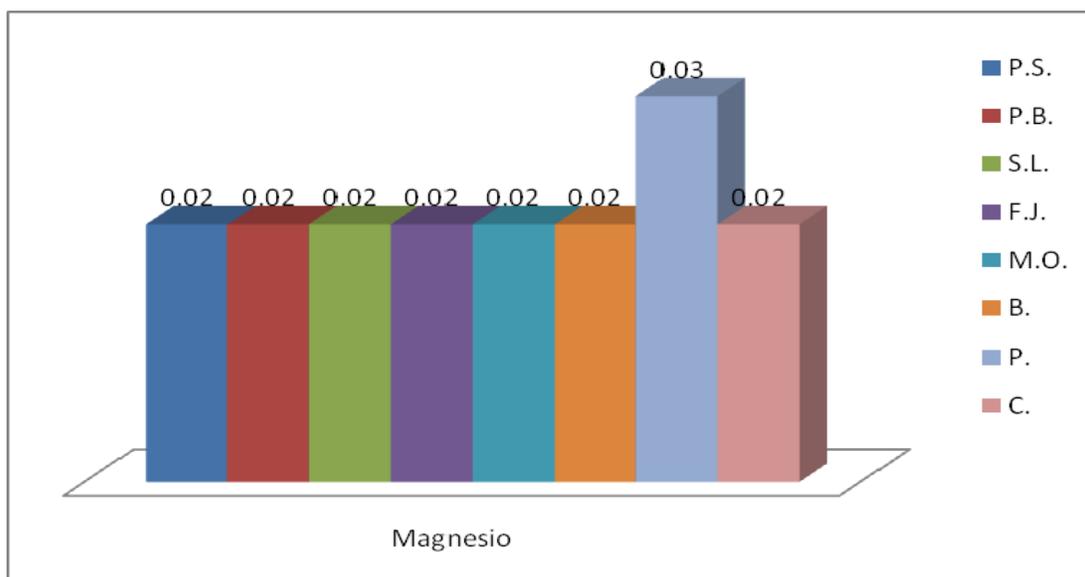
En la figura 3, se presentan los porcentajes de potasio en las diferentes variedades de frijol, encontrando que la variedad pinto burro y peruano obtienen los valores más altos con 1.44 y 1.45 %, respectivamente y obteniendo un valor más bajo el negro San Luis 1.05 % dando valores correspondientes a lo publicado en McHargue and Roy, (1931).

Figura 4: Porcentaje de sodio.



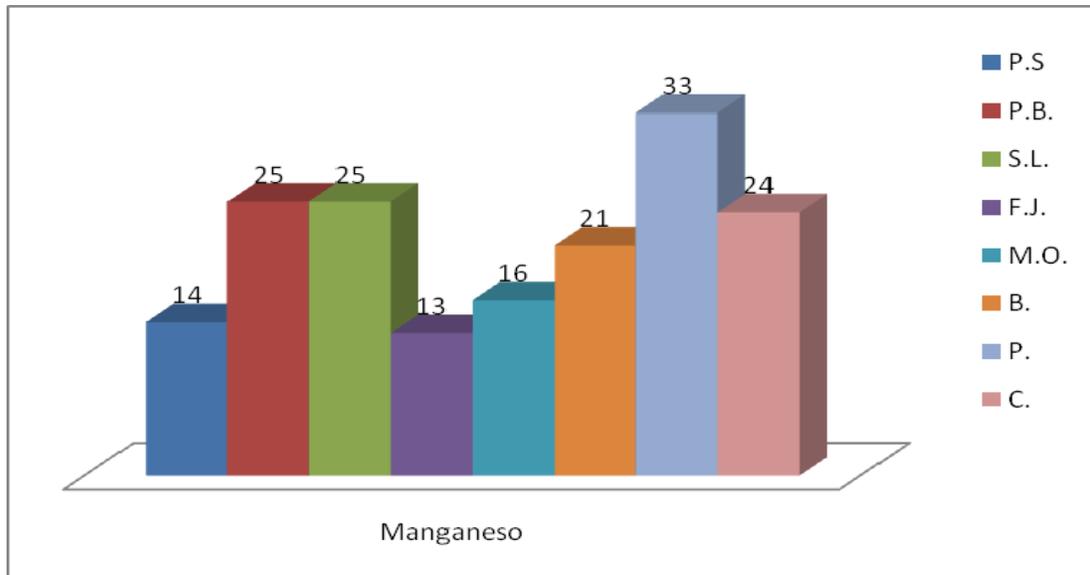
En la figura 4, se muestran los porcentajes de sodio, obteniéndose, el valor máximo la variedad bayo con 0.28% y el de menor valor fue el pinto burro con 0.13 % obteniendo valores que concuerdan con la publicación de McHargue and Roy, (1931).

Figura 5: Porcentaje de magnesio.



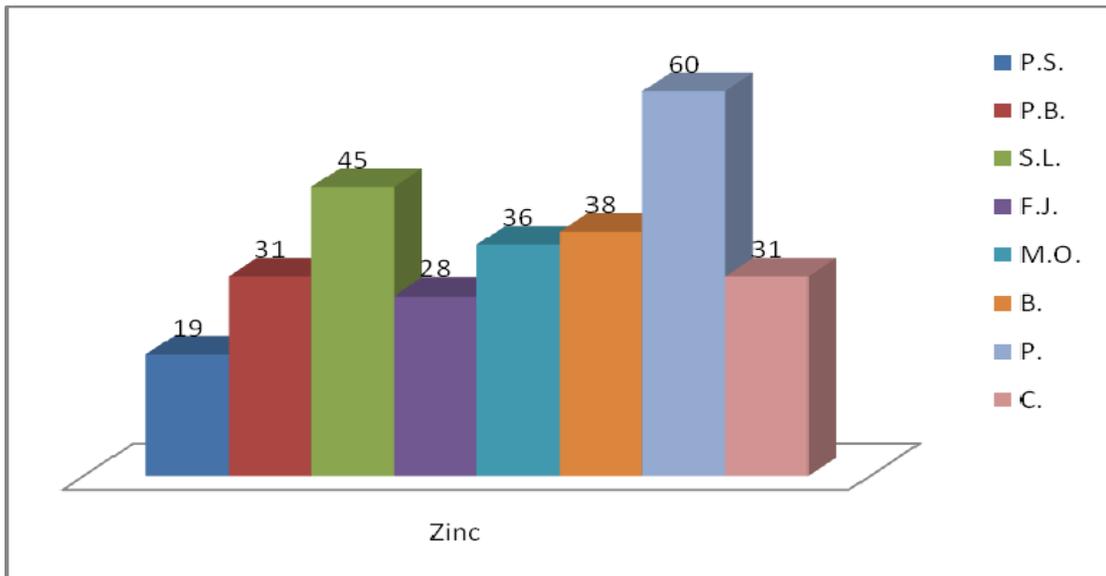
En la figura 5, se presentan los porcentajes de magnesio en las diferentes variedades en las cuales se puede apreciar que la mayoría de las variedades, presentan 0.02 %, a excepción del peruano, no teniendo coincidencia con lo publicado por McHargue and Roy, (1931).

Figura 6: Valores de manganeso.



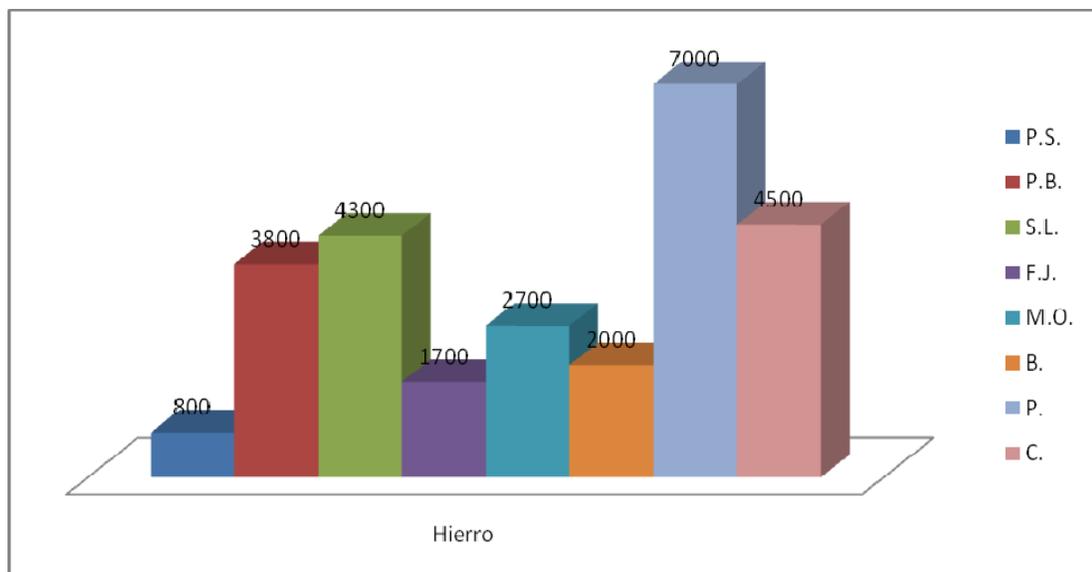
La figura 6, se presentan los valores de manganeso, los cuales oscilan entre 13-33 ppm y el valor más alto lo presenta el frijol peruano con 33 ppm y el de menor lo presenta el frijol Flor de Junio con 13 ppm sin tener coincidencia con los valores publicados McHargue and Roy, (1931).

Figura 7: Valores de zinc



En la figura 7, se muestran los valores de zinc más alto en el peruano con 60 ppm y el de menor concentración en el pinto Saltillo con 19 ppm obteniendo resultados diferentes con la publicación de McHargue and Roy, (1931).

Figura 8: Valores de hierro



En la figura 8 se presentan los valores de hierro, mostrando el valor más alto en el peruano con 7000 ppm y de menor 800 ppm en el Pinto Saltillo teniendo resultados diferentes con los que menciona McHargue and Roy, (1931).

Los datos expresados anteriormente tanto en macro como en microminerales, en las diferentes variedades, se puede determinar que la variedad que resulto ser la más destacada, por su contenido nutrimental es la variedad peruano.

El frijol más rico en micro y macro nutrientes es el peruano.

Según Ramírez, (2002) obtuvo algunos valores similares con los resultados expuestos en el presente trabajo e indica, que los niveles promedio en los elementos van de la siguiente manera Calcio 228 mg, Fosforo 407 mg, Hierro 5.5 mg, Magnesio 140 mg, Sodio 24 mg, Potasio 1406 mg y Zinc 2.79 mg.

## 4.6 Taninos

Cuadro 10: Valores de medias de taninos (mg/g)

| Variedades de frijol | Media y error  |
|----------------------|----------------|
| F.J.                 | 71.92±15.51 a* |
| P.B.                 | 69.05±15.51 ab |
| M.O.                 | 68.77±15.51 ab |
| S.L.                 | 63.77±15.51 ab |
| B.                   | 61.27±15.51 b  |
| C.                   | 33.31±15.51 c  |
| P.S.                 | 25.16±15.51 cd |
| P.                   | 16.09±15.51 d  |

Flor de junio- F.J., Pinto Saltillo-P.S., Canario-C., Peruano-P., San Luis-S.L., Pinto Bayo-P.B., Media Oreja- M.O., Bayo-B.

\* Los valores seguidos de la misma literal no son diferentes entre sí según DMS ( $P \leq 0.05$ ).

Los valores obtenidos para la variable de taninos, muestran que existen diferencias en todas las variedades, los valores oscilan de 71.92 -16.09 mg/g. Los taninos condensados, presentes en la cáscara de los frijoles, se encuentran en las semillas secas, fluctúan entre 0 -2 %, variando según la especie y el color de la cáscara [7].

A pesar de todas sus propiedades, los taninos son considerados sustancias antinutritivas. Esto se debe a que en concentración elevada puede provocar que la absorción de algunos nutrientes se vea disminuida. En el caso de las proteínas, los taninos se combinan con ellas y alteran su absorción. En cuanto al hierro, cuando los taninos están en elevadas concentraciones, forman con este mineral complejos insolubles en agua que no pueden ser absorbidos en el epitelio intestinal [16].

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye:

- Se diferenci6 la composici6n qu6mica nutricional en las ocho variedades de frijol, de acuerdo a los datos obtenidos, se puede decir que la variedad peruano es la que presenta las mejores condiciones nutrimentales, pero cabe se~alar que las diferencias obtenidas son m6nimas y podemos organizarlas en orden de importancia nutricional; de la siguiente forma: frijol media oreja, canario, negro San Luis, flor de junio, pinto burro, pinto Saltillo y Bayo.
- Se cuantific6 la cantidad de prote6na en las diferentes variedades encontrando que el nivel de prote6na obtenido en las diversas variedades, oscilan entre 21.93 % a 15.74%. De acuerdo a las cantidades se encuentran: el peruano 21.93 %, media oreja 19.1 %, pinto burro 18.13 %, canario 17.95 %, flor de junio 17.95 %, negro San Luis 17.78 %, pinto Saltillo 16.53 % y bayo con 15.74 %. Se recomienda su ingesta de preferencia con otro grano que complemente la dieta, como es el caso del arroz, o ma6z para de esta forma tener una ingesta completa, en cuanto a prote6nas de alto valor biol6gico.
- Se determinaron las cantidades de taninos hidrosolubles en las diferentes variedades, teniendo como resultados que la variedad flor de junio presenta la mayor cantidad, con 71.92 mg/g, seguido del pinto burro 69.05 mg/g, media oreja 68.77 mg/g, negro San Luis 63.77 mg/g, bayo 61.27 mg/g, canario 33.31 mg/g, pinto Saltillo 25.16 mg/g, peruano 16.09 mg/g. por lo tanto se puede decir que a mayor concentraci6n reduce la digestibilidad de prote6nas, minerales y de la vitamina B12.

Por lo que se recomienda una buena preparación para cocción con un lavado y remojo para eliminar o disminuir en gran medida los efectos anti nutricionales de los taninos.

## 6. LITERATURA CITADA

1. AOAC (Association of official Analytical Chemists) Official USA.
2. Castillo Sánchez T., 2010, Extracción y cuantificación de Aceite esencial de Cascara de granada (*Punica granatum. L.*) y determinar su efecto Antifúngico sobre *Penicillium. Sp.*, Tesis licenciatura, UAAAN.
3. López Idelfonso R., Navarro Sandoval F., 1983, Frijol en el noroeste de México, Sector Agrícola y Recurso Hídricos.
4. Miranda Ledesma M., 1986, Análisis bromatológicos y digestivos In vitro de la (*Kochia Scoparia L.*) Tesis licenciatura, UAAAN.
5. Ramírez Moctezuma J., 2002, Utilización de productos bioreguladores en el crecimiento de germinación de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris L*) hibrido bajo condiciones de invernadero, Tesis Licenciatura, UAAAN.
6. Sánchez Hernández P., 2009, Evaluación de la composición química en productos Enriquecidos con concentrado foliar de alfalfa (*Medicago Sativa L.*), Tesis licenciatura, UAAAN.

7. Suárez Ramos G., 1981, Deposito de taninos en testa de *Amaranthus hypochondriacus L.*, Tesis M.C. Chapingo.
  
8. Wysest O., 1983, Variedad de frijol en América latina y origen, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
  
9. McHargue J.S. and Roy W.R., 1931, The mineral, nitrogen and fat content of some varieties of mature bean seed and of string beans, The Department of chemistry, Kentucky Agricultural Experiment Station, Lexington.

**Citas páginas web**

10. [www. agroneet. com.mx](http://www.agroneet.com.mx)
11. [www.consumer.es](http://www.consumer.es)
12. [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)
13. [www.financierarural.gob.mx](http://www.financierarural.gob.mx)
14. [www.infoasreca.com.mx](http://www.infoasreca.com.mx)
15. [www.oeidrus.zacatecas.gob](http://www.oeidrus.zacatecas.gob)
16. [www.scielo.com](http://www.scielo.com)
17. [www.zonadiet.com](http://www.zonadiet.com)
18. [www.sargapa.gob.mx](http://www.sargapa.gob.mx)