

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN**

**NOMBRE DE LA TESIS**

**“ELABORACIÓN DE BARRAS PREPARADAS A BASE DE CEREAL –  
LEGUMINOSA Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES  
NUTRIMENTALES, TOXICOLÓGICAS Y SENSORIALES COMO OPCIÓN  
DE ALIMENTO DENTRO DE LA DIETA DEL ADOLESCENTE”.**

**QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE :**

**LICENCIADO EN NUTRICIÓN**

**PRESENTAN:**

**BARAJAS RAMÍREZ GISELA CORAL  
BÁRCENAS LUNA LILIANA  
DÁVILA HERNÁNDEZ GABRIELA**

sorgo

arroz

**DIRIGIDA POR:  
QUIM.. OFELIA PUGA SÁNCHEZ**

**SINODALES**

**Quim. Ofelia Puga Sánchez**  
Presidente

**M. en C. Juana Isela Rojas Molina**  
Sinodal

**M. en C. Roxana Preciado Cortés**  
Sinodal

**L.N. Ma. del Carmen Salazar Piñón**  
Sinodal

No Adq H 66295

No. Título TS

Clas. 664.756

B2240

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama de flujo para la germinación y tostado de las leguminosas.....	27
Figura 2. Diagrama de flujo en la elaboración de barras .....	28

## ÍNDICE DE GRAFICAS

	página
Gráfica 1. Resultados del nivel de agrado de la barra de lenteja.....	45
Gráfica 2. Resultados nivel de agrado barra de garbanzo.....	46
Gráfica 3. Resultados del consumo por grupo de alimentos de los adolescentes encuestados .....	50

## INDICE DE CUADROS

	página
Cuadro 1. Calificación química de algunos cereales y leguminosas.....	13
Cuadro 2. Ingredientes y calificación química para barra .....	26
Cuadro 3. Análisis químico proximal del arroz integral y de las barras elaboradas .....	38
Cuadro 4. Contenido de proteína de la lenteja, el garbanzo y las barras elaboradas .....	40
Cuadro 5. Porcentaje de digestibilidad de proteína <i>In vitro</i> en el arroz integral y en las barras elaboradas.....	41
Cuadro 6. Fibra dietética total y fibra cruda en el arroz integral y en las barras elaboradas.....	42
Cuadro 7. Contenido de taninos en leguminosas crudas, leguminosas germinadas y en las barras elaboradas.....	43
Cuadro 8. Desviación estándar y la media del nivel de agrado de las barras de arroz integral – lenteja y arroz integral - garbanzo.....	44
Cuadro 9. Desviación estándar y la media de las características sensoriales (olor, color, sabor y textura) de las barras arroz integral – lenteja y arroz integral – garbanzo .....	47
Cuadro 10. Evaluación sensorial de las características de las barras de arroz integral - lenteja y arroz integral - garbanzo .....	47

7.3 Estandarización del método de germinación.....	20
7.4 Método de germinación.....	20
7.4.1 Hidrocultivo.....	21
7.4.2 Germinación en tela de plástico y algodón.....	21
7.5 Aplicación del método de tostado.....	22
7.6 Aplicación del método de cocción.....	22
7.7 Procedimiento para la elaboración de barras.....	22
7.7.1 Determinación de Digestibilidad de proteína <i>in vitro</i> .....	23
7.7.2 Determinación de fibra dietética total en alimentos.....	24
7.9 Análisis proximal de las leguminosas y barras de cereal – leguminosa.....	29
7.9.1 Determinación de humedad.....	29
7.9.2 Determinación de Cenizas.....	29
7.9.3 Determinación de hidratos de carbono.....	30
7.9.4 Determinación de proteínas.....	30
7.9.5 Determinación de grasa.....	32
7.9.6 Determinación de fibra cruda.....	32
7.9.7 Determinación de valor calórico.....	33
7.10 Determinación de taninos.....	34
7.11 Evaluación sensorial de las barras.....	35
7.11.1 Selección de jueces consumidores.....	36
7.12 Análisis estadísticos.....	37
<b>VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
8.1 composición nutrimental del arroz integral y de las barras elaboradas y tratadas térmicamente.....	38
8.1.2 Contenido de proteína en el arroz integral, leguminosas crudas, leguminosas germinadas y en las barras elaboradas.....	39
8.2 Digestibilidad de proteína <i>in vitro</i> del arroz integral y de las barras elaboradas.....	40
8.3 Contenido de Fibra cruda y Fibra dietética en el arroz integral y en las barras elaboradas.....	41
8.4 Determinación de taninos en las leguminosas crudas, leguminosas germinadas y en las barras elaboradas.....	43
8.5 Evaluación sensorial.....	44
8.5.1 Prueba de nivel de agrado.....	44
8.6 Encuesta dietética de recordatorio de 24 horas.....	48
<b>IX. CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>X. POSIBLES APLICACIONES Y USOS.....</b>	<b>53</b>
<b>XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

# ÍNDICE GENERAL

página

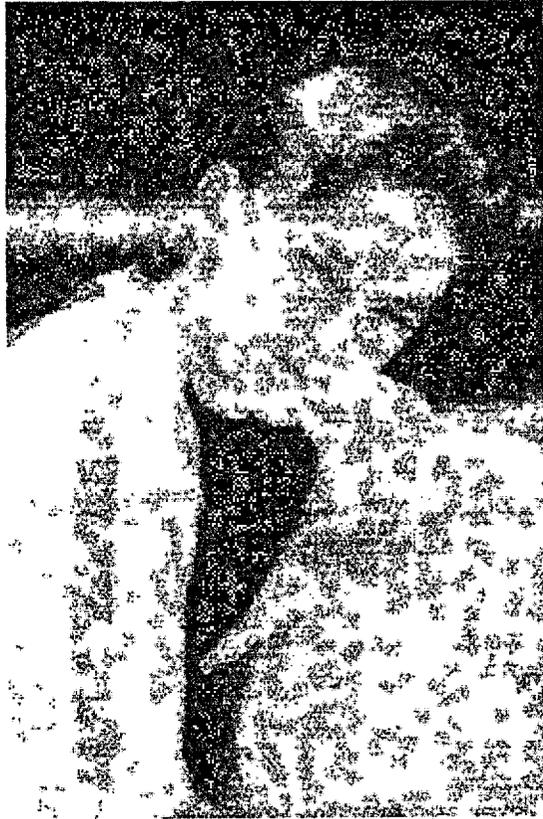
RESUMEN – ABSTRACT .....	
Agradecimientos .....	
I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
2.1 Adolescencia.....	2
2.2 Bocadillos elaborados con alimentos de origen vegetal y su preferencia entre los adolescentes.....	2
2.3 Propiedades del manejo de mezclas proteínicas .....	3
2.4 Efectos de los métodos de germinación en cereales y leguminosas. ....	3
2.5 Métodos de procesamiento .....	3
2.6 Fibra dietética.....	4
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
4.1 Aspectos generales de la adolescencia .....	7
4.1.1 Requerimientos nutrimentales para adolescentes.....	8
4.2 Generalidades de los cereales .....	9
4.3 Descripción botánica y composición química del arroz.....	10
4.4 Información general de las leguminosas .....	11
4.4.1 Valor nutrimental del garbanzo.....	12
4.4.2 Valor nutrimental de la lenteja .....	12
4.5 Información sobre mezclas proteínicas .....	12
4.6 Calificación química (CQ).....	13
4.7 Definición de Fibra Dietética.....	13
4.8 Proteínas .....	14
4.9 Importancia del efecto de la germinación y los tratamientos térmicos .....	14
4.9.1 Proceso de germinación .....	14
4.9.2 Calidad de cocción .....	14
4.9.3 Proceso de tostado .....	15
4.10 Consumo de botanas de cereal.....	15
4.11 Evaluación sensorial.....	15
4.11.1 Prueba de nivel de agrado .....	16
4.11.1.1 Muestras.....	16
4.11.1.2 Juez afectivo .....	16
4.11.1.3 Análisis de datos.....	16
V. HIPÓTESIS .....	18
VI. OBJETIVOS .....	19
VII METODOLOGÍA.....	20
7.1 Elaboración de las mezclas cereal - leguminosa.....	20
7.2 Selección de las semillas y preparación de las muestras.....	20

## Agradecimientos

Queremos dar un profundo agradecimiento a todas las personas que apoyaron en la realización de ésta tesis:

Le agradecemos a la M. en C. Ofelia Puga Sánchez por proporcionarnos la dirección a seguir en nuestro proyecto; a la M. en C. Juana Isela Rojas Molina, M. en C. Roxana Preciado Cortés y a la L.N. Ma. del Carmen Salazar Piñón por sus acertadas indicaciones y formas de clarificar los conceptos para la mejora del presente proyecto.

Al Dr. Efraín Dávila Ibarra por sus consejos y colaboración en la metodología de este trabajo.



Este trabajo se realizó en el laboratorio de Bromatología y en el laboratorio de Alimentos de la Licenciatura en Nutrición , Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, bajo la dirección de la M. En C. Ofelia Puga Sánchez.

## ABSTRACT

The importance of producing a cereal-leguminous stick with a high nutritional value is because the adolescence stage is one of the most challenge periods in human development due to the number of psychological and physical changes that take place. And also because of the activities that the person realizes due to his socioeconomic condition, sometimes the development does not have the minimal ingestion necessary to satisfy the nutritional requirements.

The propose of the investigation is to produce stick products prepared with a cereal-leguminous mixture and get an appropriate balance in fiber and protein, as an alimentary option in a 10 % collation in the adolescence diet.

Two stick were prepared. One of whole rice and lentil (001) and another one with whole rice and chickpea (002), using cooked rice for both, germinated and toasted from the leguminous in different proportions. The nutritional composition of both stick was analyze according to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC,1997) methods and their grade level by sensorial test between teenagers evaluating it with the static tools t of Student and Standard desviation. The 002 bar showed a high humidity (9.7 %) that 001 bar (4.8 %), were similar among bars in relation to ashes values; protein and fat: 001 bar (4.82 g for ashes, 1.94 g for protein and 4.59 g for fat) and 002 bar (4.17 g, 1.97 g and 4.32 g for ashes, protein and fat respectively ). The 001 bar had a high value in relation to crude fiber and dietetic fiber (19.17 g and 18.86 g respectively) than the 002 bar (12.69 g and 16.20 g). The 002 bar showed a higher calorie value (342.30 kcal). The protein digestibility was similar for both bars (60.45% and 60.67% for the 001 bar and 002 bar respectively) and de number of tannins was lower in the 002 bar (32.2 mg) than the 001 bar (110.7 mg). The 001 bar showed the higher grade level in the sensorial test (34 %) having a 7 points rating (moderately liking) according to a 9 points hedonic scale.

## RESUMEN

La importancia de la elaboración de una barra de cereal-leguminosa de alto valor nutricional para los adolescentes, radica en que esta etapa es uno de los periodos de mayor reto en el desarrollo humano debido al grado de cambios físicos y psicológicos que se llevan a cabo en el organismo humano. En la mayoría de los casos, a las actividades que el adolescente realiza o bien, por razones de tipo socioeconómico, el adolescente no tiene la ingestión mínima necesaria para cumplir con sus requerimientos nutricionales.

El objetivo de este estudio es elaborar productos en barra preparados a base de cereal-leguminosa ( barras de: arroz integral – garbanzo y arroz integral – lenteja) que tengan un equilibrio apropiado en proteína y fibra con óptimas propiedades sensoriales como una opción de alimento en una colación que cumpla con el 10% del requerimiento de proteína y 10 % del requerimiento de fibra dentro de la dieta del adolescente.

Se prepararon dos barras, una de arroz integral con lenteja (001) y otra a base de arroz integral y garbanzo (002), utilizando arroz integral cocido para ambas, germinando y tostando las leguminosas. Se realizó el análisis químico proximal de las barras de acuerdo a los métodos de la Asociación Científica dedicada a la Excelencia Analítica (AOAC, 1997) y su nivel de agrado mediante pruebas sensoriales entre adolescentes evaluándolo con las herramientas estadísticas t de Student y desviación estándar.

Los resultados del análisis químico proximal de la barra 002 indica un mayor porcentaje de humedad (9.7 %) que la barra 001 (4.8 %), en cuanto a cenizas los resultados fueron semejantes al igual que en proteína, siendo para la barra 001 (4.82 % para cenizas y 1.94 % para proteína) y para la barra 002 (4.17 % y 1.97 % para ceniza y proteína respectivamente). La cantidad de grasa fue similar ambas barras (4.59 % y 4.32 %). Tanto en fibra cruda y dietética, la barra 001 tuvo mayor cantidad (19.17 % y 18.86 %) respecto a la barra 002 (12.69 % y 16.20 %). El valor calórico fue mayor en la barra 002 (342.30 kcal).

La digestibilidad de proteínas fue semejante para ambas barras (60.45% y 60.67 % para las barras 001 y 002 respectivamente) y la cantidad de taninos fue menor en la barra 002 (32.2 mg) que en la barra 001 (110.7 mg). El arroz integral presentó una digestibilidad del 88% ligeramente mayor a la de otros cereales (maíz 80 %, sorgo 71 - 80% al ser sometidos a un tratamiento térmico) valores reportados por Agudelo *et al*, 1998 en su estudio. La barra elaborada a base de arroz integral - lenteja mostró una digestibilidad de 60.45 % similar a la barra arroz integral – garbanzo de 60.67%. Después del procesamiento de las barras se observó una disminución significativa en la digestibilidad de la proteína *in vitro*, posiblemente debida al proceso de cocción al que fue sometido el arroz integral, resultado similar encontrado por Agudelo *et al* 1998, que reportaron una disminución en la digestibilidad del arroz después de su cocción de 90 a 87 %.

Al comparar el contenido de fibra dietética de las barra 001 (18.86%) y barra 002 (16.20%), se observó un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) con respecto al arroz integral (6.03%). Estos resultados muestran ser más altos y en su caso semejantes a los de los cereales, productos derivados de sus procesamiento y en productos comerciales a base de cereales estudiados por Sangronis y Rebolledo en 1993.

Los resultados en el contenido de taninos en las leguminosas sin procesar y de las barras elaboradas de cereal-leguminosa procesadas, revelaron una disminución en los taninos para las barras procesadas (barra 001 de 90.7 a 110.7 mg; y barra 002 de 384.1 a 32.2 mg). En estos resultados se presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) observándose en la barra arroz integral-lenteja mayor presencia y disminución de taninos (90.7 a 110.7 mg). Tales resultados pueden deberse al proceso de germinación y a los tratamientos térmicos, los cuales provocan efectos positivos como son la disminución de compuestos antifisiológicos. (Sathe et al., 1983; Borejsszo y Khan, 1992).

Comparando los resultados obtenidos entre las barras se observa mayor frecuencia en "gusta moderadamente" (34 %) para la barra arroz – lenteja en relación con la barra arroz integral – garbanzo que tuvo una frecuencia del 28 % en la misma calificación, lo que se traduce en un mayor agrado para la barra elaborada con arroz integral – lenteja por parte de los jueces. Estadísticamente, no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el nivel de agrado de las dos barras elaboradas.

Los datos resultantes en la encuesta dietética de recordatorio de 24 horas revelaron una ingesta energética variable; en aquellos casos donde la ingesta de alimentos resultó baja, no se puede asegurar que exista un déficit alimentario ya que hay que tener en cuenta que estos datos dependen de la memoria del individuo, y el consumo de alimentos puede ser irregular a lo largo de la semana. Estos resultados tienen amplia trascendencia desde el punto de vista de vigilancia alimentaria-nutricional. Desde esta perspectiva se destaca: en primer lugar, un alto consumo de cereales (hombres: 100%, mujeres: 97%) y grasas (100% y 100%, respectivamente), lo que significa un aporte rico en niacina, hidratos de carbono; vitamina E, ácidos grasos poliinsaturados. En segundo lugar, un elevado consumo en carnes (90% y 94%, respectivamente) y lácteos (83% y 77%), lo que constituye una fuente importante de proteína, hierro de elevada biodisponibilidad, de calcio y vitamina A. En tercer lugar, un bajo consumo de frutas en el caso de los hombre 33% , y verduras en ambos sexos ( 39% y 42%, respectivamente) así como de leguminosas (3.0% y 16% respectivamente), lo que sugiere una ingesta disminuida de carotenos, algunas vitaminas, minerales y fibra. Y por último, un alto consumo de productos industrializados ricos en azúcares (78% y 77%, respectivamente). Los datos obtenidos en la encuesta dietética es similar a lo reportado por Pacin et al, 1999 con respecto al consumo de grupos de alimentos. Sin embargo, Duarte, 2000, refiere que la leche es altamente consumida por los adolescentes tanto en el desayuno, comida y cena; destaca la escasa prevalencia del consumo de comida rápida y alimentos procesados (hamburguesas, pizzas) lo que refleja una correcta conducta alimentaria. Señala también, la gran cantidad de golosinas que consumen los adolescentes no solo entre horas (81.7%) sino también a la hora del recreo (13.14%) y merienda. Como conclusión se tiene que es posible elaborar barras preparadas a base de cereal –leguminosa con buenas propiedades nutrimentales, toxicológicas y sensoriales como opción de alimento dentro de la dieta del adolescente.

## I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Hoy en día los adolescentes han sufrido un cambio importante respecto al tipo de productos que consumen en sus hábitos alimentarios debido en parte, a que son blanco fácil de las campañas publicitarias de comida “chatarra”, término de uso popular para designar el alimento con poco valor nutrimental, del cual se obtienen en su mayor parte calorías , usualmente provenientes de su contenido de grasas, azúcares simples y/ o almidones ( Fajardo, *et al* 1996); así también debido a la transculturación, a la falta de información, a las prisas de la vida diaria y en parte también a que los productos ofrecidos en las tiendas y cafeterías de las escuelas no son considerados “nutritivos”. Se estima que cada día de clases en 105 mil escuelas se consumen cerca de 135 millones de estos productos a nivel nacional ( Durán, 2000). Dichos productos propician el consumo exagerado de azúcares, sal, ácido fosfórico, gas carbónico, cafeína, colorantes artificiales, grasa, saborizantes, conservadores y demás aditivos químicos que a la larga solo traerán consecuencias nocivas para la salud de los adolescentes.

En base a lo anterior, ha surgido el interés por parte de diferentes disciplinas (tecnología de alimentos, medicina, nutrición) por crear y mejorar alimentos de origen vegetal (cereal-leguminosas) que satisfagan necesidades de alimento y que aporten el equilibrio adecuado de nutrimentos para el mantenimiento de la salud de la población , atendiendo especialmente a la población adolescente ya que es bien sabido que una adecuada alimentación en esta etapa es primordial para el buen crecimiento físico y desarrollo de las funciones mentales y por lo tanto se ve reflejado en un mejor desempeño en las actividades diarias.

Se ha observado que la preferencia de los adolescentes por los entremeses naturales y de preparación rápida (yogurt con granola, jugos, emparedados, tortas, gelatinas) es escasa, debido a la auto imagen que se crean por la influencia de los medios de comunicación. Es por ello la elaboración de productos optativos que puedan ayudar a mejorar los hábitos alimentarios del adolescente. (Escobar *et al*, 1998)

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Adolescencia

Chávez *et al* (1992), mostraron a través de un estudio comparativo experimental las deficiencias en estatura, peso, pliegues subcutáneos, capacidad física y mental que obtienen los adolescentes mal alimentados desde su niñez con pecho en forma prolongada y complementada con muy pocos o tardíos alimentos, con otro grupo de niños que fueron suplementados desde el segundo mes de embarazo, a través de las madres y a partir del tercer mes de vida con alimentos proporcionados por el programa (leche y purés diversos).

En el estudio realizado por Toro *et al* (1998), mencionan sobre la evaluación de las interrelaciones entre el rendimiento escolar y el estado nutricional de los escolares, verificándose una asociación significativa con la historia nutricional del educando (edad promedio 15.9 +1.4 años, rango entre 14 y 20 años); de esta forma, los escolares que obtienen bajo rendimiento, presentan una historia nutricional muy negativa, expresada como desnutrición, talla baja y perímetro cefálico subóptimo, a la vez que presentaron ingestas alimentarias deficientes, hábitos alimentarios inadecuados, mayor prevalencia de signos químicos de malnutrición, unida a una deteriorada situación socioeconómica, sociocultural y familiar.

Con respecto a las deficiencias nutrimentales, Pacin *et al* (1999) realizaron en una población de estudiantes, docentes y no docentes, (rango de edad 18 – 25 y 25 – 50 años) una encuesta dietética de recordatorio de 24 horas para evaluar: a) el consumo de alimentos y el aporte energético efectuado por el grupo de cereales, y b) la adecuación de la ingesta de proteína, calcio, hierro, vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C y Niacina. Encontrando un elevado consumo de proteínas, bajo consumo de lácteos y por consiguiente una insuficiente ingesta de calcio y vitamina A; bajo consumo de frutas, verduras y hortalizas. El consumo de cereales: pan blanco, galletas saladas, pastas y otros alimentos como la pizza fue superior en los jóvenes con respecto a los adultos. El consumo de pan de salvado y otros cereales como arroz y maíz fue muy baja en los dos grupos.

### 2.2 “Bocadillos” elaborados con alimentos de origen vegetal y su preferencia entre los adolescentes

La creciente necesidad de proteínas y el continuo aumento del precio de la proteína animal ha incentivado la búsqueda de fuentes alternativas capaces de ofrecer proteína de alto valor nutritivo y cualidades sensoriales aceptable, por eso la importancia de entregar a través de los “bocadillos” energía y proteína de buen valor nutricional, radica en que los niños y adolescentes presentan una gran preferencia por este tipo de productos y debido a esto podrían cumplir una función destacada en su desarrollo físico y mental. La mezcla de leguminosas y cereales en la formulación de “bocadillos” puede llegar a ser importante desde el punto de vista nutritivo, ya que las leguminosas son una fuente de lisina y los cereales, de aminoácidos azufrados. (Escobar *et al*, 1998)

### 2.3 Propiedades del manejo de mezclas proteínicas

Lee *et al*, 1998, utilizaron una mezcla de harinas de garbanzo y trigo para la preparación de tallarines, obteniendo buenas propiedades de manejo de la pasta con una mezcla con un contenido de hasta 30% de harina de garbanzo; además de un mayor contenido de proteína y aminoácidos esenciales que los encontrados en la harina de trigo.

Considerando el consumo individual de cereales o leguminosas por separado o su uso como extensores o adulteradores de carnes; ante las tendencias recientes del incremento del consumo de bocadillos o alimentos listos para comerse; los cuales aportan principalmente calorías (Tettweiler, 1991), numerosos investigadores han intentado aprovechar estas tendencias y enriquecer con proteínas un alimento que de cualquier manera tiene un alto consumo por la población.

Se ha trabajado principalmente con la preparación de barras de cereal con leguminosas u oleaginosas, utilizando la harina de cereal como soporte para la leguminosa u oleaginosa (Adesina *et al*, 1998; Chauhan and Tomar, 1998; Estévez *et al*, 1998). El estudio que se pretende realizar es utilizar granos enteros de cereal y no como harina, para la elaboración de barras de cereal con leguminosas germinadas con la finalidad de obtener un producto crujiente.

### 2.4 Efectos de los métodos de germinación en cereales y leguminosas

Algunos investigadores observaron un incremento en el contenido de lisina en el germinado de sorgo hasta en un 110% y una disminución del 90% del ácido fítico a las 96 horas, además de un incremento en el contenido de tiamina, niacina y riboflavina, así como en la relación de eficiencia proteínica a las 72 horas; el contenido de taninos disminuyó a las 24 horas, pero a las 96 horas se incrementa en un 100%. (Álvarez *et al*, 1997)

En *Phaseolus vulgaris*, se observó una disminución del 76% en el contenido de estaquiosa más refinosa a las 72 horas de germinación, así como la disminución en el contenido de ácido fítico y de los inhibidores de tripsina y de amilasa de alrededor de 60 a 70% a los cinco días de germinación (Sathe *et al*, 1983).

Camacho *et al* (1992), mencionan que mediante el proceso de germinación de leguminosas (garbanzo y lenteja) obtuvieron un aumento significativo en el contenido de proteína siendo para garbanzo 0.7 g /100 g y para lenteja 0.9 g /100 g , una reducción significativa de los oligosacáridos de la flatulencia y se encontró también que las semillas germinadas presentaron un contenido superior de la mayoría de los aminoácidos, aunque éste cambio fue variable.

### 2.5 Métodos de procesamiento

Los métodos comunes de procesamiento utilizados en cereales y leguminosas incluyen la cocción en agua, la germinación, la fermentación, el tostado y el freído; El objetivo de estos tratamientos es reducir algunos de los factores antinutricios. Kelkar *et al* (1996), encontraron también un incremento en la digestibilidad de los carbohidratos de cereales y leguminosas después de la germinación y la fermentación, mientras que el cocinado a presión durante cinco minutos también mejoró la digestibilidad de carbohidratos; el caso contrario ocurrió con el freído y el tostado, los cuales disminuyeron la digestibilidad. Sangronis *et al* (1997) señalan que el tiempo de cocción tiene un relevante efecto en la

calidad del producto final. A mayor tiempo de cocción mayores son las pérdidas de vitaminas y minerales. En estudios realizados por Agudelo *et al*, 1998, demostraron que la cocción de los granos en agua disminuye su digestibilidad proteínica en sorgo (71% a 54%) maíz (80.0% a 78.2%) y arroz (90.6% a 87.8%), siendo la digestibilidad del sorgo inferior a la de los otros cereales.

El tratamiento óptimo para el frijol negro implica el uso de una olla de presión para alcanzar una temperatura de 120°C, durante 10 a 30 minutos. (Reyes y Paredes, 1992).

En cuanto al uso de tecnología de extrusión, el frijol obtiene mayor relación de eficiencia proteínica, digestibilidad verdadera, así como una menor actividad inhibidora de tripsina, en comparación al tratamiento anterior. Algunos rasgos indeseables que posee el frijol son: el largo tiempo requerido en su cocción y la presencia de factores de flatulencia, taninos, lecitinas, los cuales pueden ser eliminados, reducidos o inactivados durante su cocción (Reyes y Paredes, 1992).

Alanis *et al*, 1998 reportaron un aumento en la digestibilidad en la semilla de ébano tostada durante 10 minutos a una temperatura de 80 a 90°C, sin embargo, paralelamente al aumento de la digestibilidad de la proteína, se presentó una disminución importante en el contenido de aminoácidos esenciales y un incremento en la concentración de taninos, lo cual también representa una incongruencia con la mayoría de los resultados de otras investigaciones.

Por otra parte, Paramiyothi y Mulimani (1996) lograron una eliminación del 100% de los polifenoles del garbanzo rojo después de un tiempo de germinación de 48 horas y después de un tiempo de cocción de cazuela de 50 a 120 minutos.

## **2.6 Fibra dietética**

Se han efectuado muchos estudios que relacionan la ausencia de fibra con diversos problemas de salud tales como constipación, diverticulosis, colitis, hemorroides, estreñimiento, cáncer de colón y en el recto, problemas cardiovasculares y diabetes (Badui, 1994; Sangronis y Rebolledo, 1993).

Sangronis y Rebolledo (1993) determinaron fibra dietética total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI) en cereales y productos derivados de su procesamiento así, como también productos comerciales a base de cereales. Estos autores reportan mayor valor de FDI que FDS, siendo significativamente mayor en los cereales y productos derivados de su procesamiento que en los productos comerciales a base de cereales.

### III. JUSTIFICACIÓN

La adolescencia es la etapa que marca el paso de la niñez a la edad adulta, es un proceso que ocurre en lapsos variables de tiempo y se caracteriza por cambios en la forma, en el tamaño, las proporciones y el funcionamiento del organismo. Se inicia, transcurre y termina en forma diferente en los distintos sexos y grupos humanos e incluso hay variaciones en el mismo grupo y sexo. En la mujer se inicia aproximadamente a los diez años y en los hombres a los doce para terminar ambos a los 18 años. (Mahan y Arlin, 1995)

Todos estos cambios se encuentran relacionados directamente con la nutrición, debido a que una alimentación recomendable (adecuada, suficiente, equilibrada, higiénica, variada, accesible) dará como resultado en la mayoría de los casos un individuo adulto sano. Pero el proceso no es tan simple, ya que es necesario tomar en cuenta las modificaciones psicológicas y sociales que ocurren durante la adolescencia, las cuales tampoco son fáciles como por ejemplo, aceptar los cambios morfológicos, buscar un nuevo concepto del yo y una identidad, encontrar un nuevo significado a la existencia y desarrollar su impulso de autoafirmación estimulado por su necesidad de autonomía. (Mahan y Arlin, 1995)

Todo lo anterior, hace que el adolescente sea desde un punto de vista de mercadotecnia un consumidor potencial al cual se le fabrica ropa, música, vehículos, alimentos, y una larga lista de las supuestas necesidades del joven, que realmente lo que más debería preocupar a los padres son tanto sus necesidades afectivas como nutricias. (Mahan y Arlin, 1995)

Los alimentos dan una identidad al joven, lo que le permite formar parte de un grupo, llevando a adoptar con facilidad dietas vegetarianas, naturistas, etc. En ocasiones la comida sirve para canalizar la angustia y la no adaptación, adquiriéndose hábitos de no comer provocando desnutrición o comer por compulsión produciendo obesidad.

Por lo anterior, el apoyo y la orientación alimentaria en materia de nutrición es difícil a estas edades, por lo que se requiere dar a los jóvenes una explicación accesible sobre los fundamentos de una dieta recomendable a fin de que entiendan su importancia.

En la búsqueda de satisfacer las necesidades alimentarias de la población, principalmente en México, se ha promovido el consumo de cereales y leguminosas que no se han utilizado correctamente, ya sea solos o en combinación, mediante lo que se conoce como sistema cereal – leguminosa. El consumo de esta combinación cereal – leguminosa trae un beneficio en cuanto a que la mezcla proteínica resultante es de mayor calidad que la proteína de los componentes individuales, además de los beneficios adicionales como el contenido de fibra dietética en la mezcla. (Herrera *et al*, 1998 y Casanueva *et al*, 1995)

Por lo anterior, la tarea de los investigadores es el poder aprovechar el potencial que representan estos cereales junto con las leguminosas; además de su tratamiento térmico de estas semillas, parecen ser un paso inevitable para obtener productos con buenas propiedades sensoriales, así como la disminución de los compuestos antifisiológicos.

Este tratamiento térmico, sin embargo, también provoca cambios en la digestibilidad de la proteína y del contenido de aminoácidos esenciales, de manera que el producto, después del tratamiento mencionado anteriormente, si bien tienen un menor contenido de factores antifisiológicos, también tiene una menor calidad de proteína y sabor. Recientemente se ha observado que el tratamiento térmico, combinado con la aplicación de la presión, puede rendir los mismos beneficios que los otros tratamientos utilizados, pero sin las desventajas ya mencionadas. Igualmente se sabe que la germinación de la semilla produce una disminución de factores antifisiológicos, así como una mayor digestibilidad de la proteína y un aumento en el contenido de aminoácidos esenciales. Aunque, en general, se pueden afirmar los efectos benéficos de la germinación, es cierto que aún existen resultados contradictorios. (Agudelo *et al*, 1998, Chauhan and Tomar, 1998 y Paramjyothi and Mulimani, 1996)

Con los estudios que se han realizado anteriormente se ha demostrado que los cereales y leguminosas son alimentos ricos en proteínas y fibra dietética y que esos diferentes manejos o procesos como la germinación mejora la digestibilidad enzimática y por lo tanto indica mejorías nutricionales. La elaboración de productos con esos alimentos, como la creación de hojuelas y productos en barras es muy aceptable. Hoy en día, los adolescentes por las diferentes actividades que realizan requieren de un alimento que sea práctico para consumirse y para llevarse en el bolsillo, es por esto que la creación de las barras es un alimento alternativo para complementar sus requerimiento nutrimentales del día de acuerdo al estilo de vida que los adolescentes lleven a cabo, puesto que no siempre realizan una alimentación adecuada, y muchas veces se recurre a este tipo de alimentos de bajo peso y fácil manejo, con la confianza de estar consumiendo un producto de alto valor nutrimental rico en fibra y proteínas. (Escobar *et al*, 1998, Camacho *et al*, 1992 y Álvarez *et al*, 1997)

La mayoría de los trabajos realizados por Adesina *et al*, 1998, Alfonzo, 2000, Álvarez *et al*, 1997, Camacho *et al*, 1992, Kulkarni *et al*, 1997 hasta la actualidad aplican uno u otro tratamiento por separado, pero no los dos. Se propone la elaboración de una barra cereal – leguminosa como alimento optativo para la colación dentro de la dieta del adolescente, que cumpla con buenas propiedades nutrimentales, toxicológicas y sensoriales, con alto contenido en fibra y proteína principalmente, mediante el empleo de la germinación y tratamientos térmicos como cocción y tostado.

## IV. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

### 4.1. Aspectos generales sobre la adolescencia:

La adolescencia es el tránsito entre la infancia y la madurez, o sea los años en los cuales llega el individuo a la plena posesión de sus capacidades físicas y mentales. El adolescente no es todavía un adulto, es un ser humano hecho, logrado y maduro, y ya dejó de ser niño. Esta situación marginal hace su vida difícil se encuentra en un puente entre dos mundos y no pertenece a ninguno de ellos. Si avanza, renuncia al grato cobijo de la dependencia de sus padres que lo aman y le dicen que es lo que tiene que hacer, si retrocede, abandona los privilegios tentadores de la madurez: el ser independiente y ocupar su propio lugar en el mundo de los adultos. Esto le crea una situación conflictiva consigo mismo y con los demás. La adolescencia es la etapa en la vida de los hijos que exige mucho más amor, tacto, comprensión, solicitud, paciencia, y desinterés de parte de quien educa.

El adolescente, además de las características propias del ser humano, presenta otras que son peculiares del periodo por el cual atraviesa. Estas características o transformaciones son fisiológicas o psicológicas y se afectan mutuamente.

Los cambios físicos y psicológicos que marcan la adolescencia son:

- Crecimiento en estatura, peso y desarrollo de los sistemas muscular y óseo
- Características sexuales primarias: órganos masculinos y femeninos los cuales crecen y maduran durante la pubertad
- Características sexuales secundarias: desarrollos de senos en las mujeres, ensanchamiento de la espalda en hombres, cambio de la voz, etc.
- Se presenta la menarquia de las mujeres. Los hombres presentan esperma en la orina y eyaculaciones nocturnas
- El crecimiento en las niñas se acompaña de un mayor aumento en la proporción de grasa corporal, mientras los varones presentan una mayor acreción de masa magra y un mayor aumento de la volemia y de la masa eritrocitaria, lo que condiciona requerimientos diferenciados para cada uno de los sexos.(Mahan y Arlin,1995)

La adolescencia es uno de los periodos de mayor reto en el desarrollo humano, debido al grado de cambios físicos y psicológicos que se llevan a cabo, aspectos importantes que influyen en el bienestar nutricional del adolescente.

Los deseos de los adolescentes por cambiar el índice de crecimiento pueden conducirlos a manipulaciones dietéticas que quizá tengan consecuencias negativas llegando a cometer errores que afectan el normal desarrollo del adolescente, como lo son: dietas no equilibradas (azúcares en exceso, comidas con exceso de grasas; pobre ingesta de vegetales y frutas); no comen en horarios habituales; vida sedentaria (ver mucha televisión, uso de computadoras por tiempo prolongado); o por el contrario exceso de ejercicio y también están sujetas a la explotación de intereses comerciales. (Mahan y Arlin, 1995)

En cuanto a su imagen corporal, el adolescente se siente incomodo con su cuerpo por sus cambios rápidos corporales.

Los patrones alimentarios de los adolescentes con frecuencia son caóticos, a medida que crecen dejan de comer cada vez más en casa y con frecuencia no desayunan ni almuerzan del todo. Las mujeres tienden a omitir más alimentos que los varones. (Mahan y Arlin, 1995). Por otra parte, los pocos alimentos que consumen, son por lo general de muy poco valor nutrimental.

#### 4.1.1 Requerimientos dietéticos para adolescentes.

Los requerimientos nutrimentales son muy altos en la pubertad por el aumento acelerado del peso y de la talla, el metabolismo se ve aumentado a causa de la mayor capacidad de la glándulas de secreción internas. El metabolismo, es la manifestación fundamental de la vida y corresponde al conjunto de transformaciones que sufren las proteínas, las grasas, los hidratos de carbono, las vitaminas y las sales minerales en el interior de los organismos.

Los requerimientos de nutrimentos corresponden a las necesidades orgánicas fisiológica y fisiológicas y se expresan en calorías o en gramos y miligramos de los nutrimentos que cubre los gastos diarios, en relación a los caracteres somáticos, por sexo, edad, talla y peso, tipo de trabajo, medio ambiente, estado de salud o de enfermedad y otros caracteres secundarios.

**Proteínas.** Sus recomendaciones proteínicas van de 50 a 60 gramos al día, debido a que durante la adolescencia existe aumento de la masa magra, del volumen sanguíneo, y a los cambios hormonales.

**Carbohidratos y Grasas.** Las actuales recomendaciones están relacionadas con el porcentaje de calorías derivadas de estos grupos. Se recomienda que menos del 30 al 35% de las calorías debe proceder de la grasa total, con 10% procedentes de grasas saturadas y 10% de grasas poliinsaturadas. 50% o más de las calorías totales deben proceder de carbohidratos, con énfasis en alimentos ricos en fibras, carbohidratos complejos y carbohidratos simples. (Hodgson, 2002 y Wilson, 2002)

**Energía.** Los requerimientos calóricos durante la adolescencia son muy altos en los hombres y relativamente bajos en las mujeres por la diferencia en intensidad y duración de los ejercicios físicos que desempeñan, y porque el hombre es de tipo catabólico y la mujer de tipo anabólico, con mayor tendencia al aumento del peso corporal. (Hodgson, 2002)

En energía se recomienda determinar las necesidades de cada persona; es necesario considerar el ritmo de crecimiento y el grado de ejercicio.

En el cuadro se resume los requerimientos dietéticos

	Edad (años)	Kcal (día)	Carbohidratos (g /día)	Proteínas (g /día)	Lípidos (g /día)
Hombres	12 – 18	2600 – 2800	390 – 420	58 – 63	90 – 96
mujeres	10 – 18	2400 – 2100	360 – 315	54 – 47	82 - 72

fuentes: Ramos, 1993

**Fibra dietética.** William, 1995, refiere que un intervalo recomendado para la ingestión de fibra, basados en los conocimientos actuales aportados por la Fundación Americana de la Salud (FAS), por la Academia Americana de Pediatría (AAP) y por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA), oscila entre los niveles “Edad mas 5” y “Edad mas 10” g/día. Comparado con el consumo actual de fibra en niños norteamericanos, la recomendación de “Edad mas 5” representa aproximadamente un incremento del 25 – 50 % para los niños preadolescentes y un incremento de 70 – 100 % para adolescentes de 12 – 18 años de edad, (“Edad mas 8.5 – 10” g /día).

#### **4.2 Generalidades de los cereales.**

Los cereales constituyen el más grande e importante grupo de alimentos y proporcionan cerca del 50 % del consumo total de proteína (Lee *et al*, 1988). Los cereales que se producen a nivel mundial son el trigo, maíz, arroz, cebada y sorgo; proporcionan principalmente energía y representan las dos terceras partes de todo el alimento que se produce en el mundo (Bourlang y Enkerlin, 1997). El arroz ocupa el tercer lugar de importancia entre los cereales que se utilizan para la alimentación humana en nuestro país, después del maíz y el trigo (Hernández,1992) y conjuntamente con el frijol conforman el cuadro básico de los cuatro granos incluidos en la dieta del mexicano. Los carbohidratos son los componentes más abundantes de los cereales, representando aproximadamente un 70 a 75 % del peso del grano, mientras que el contenido de proteína se encuentra entre el 10 y 12 % (Sangronis y Rebolledo, 1997 (a); Bourlang y Enkerlin, 1997).

En lo que se refiere a la calidad de la proteína, los cereales son deficientes en el aminoácido lisina (Arellano *et al*, 1998), si bien esta deficiencia se resuelve mediante la combinación con leguminosa, las cuales tienen cantidades importantes de lisina; el caso más evidente en México es la combinación de maíz y frijol, que constituye la base de la alimentación de la mayoría de los mexicanos (García – Osorio y Vázquez, 1997).

Aún cuando la combinación de cereales y leguminosas en la dieta se practica desde la antigüedad, es cierto que no se ha explotado todo el potencial que representan ya sea de toda la variedad de cereales y leguminosas por separado o bien por todas sus posibles combinaciones, de tal forma, se encuentra que las parejas cereal – leguminosa están muy regionalizadas; por ejemplo, en México, el cereal que se produce en mayor cantidad es el maíz, seguido por el trigo y el arroz, mientras que la producción de sorgo y cebada, aunque es importante, se utiliza principalmente como forraje ( INEGI, 1990).

El consumo *per capita* de proteína en los Estados Unidos de América y en los países desarrollados de Europa es dos veces mayor que el que presentan los países subdesarrollados, el caso contrario se presenta en cuanto al consumo de carbohidratos (Young y Pellet, 1994), los cuales provienen principalmente de los cereales. Además de su aporte calórico y de proteína, los cereales son importantes en cuanto al contenido de fibra dietética, la cual está asociada con la regulación de los niveles plasmáticos de colesterol y triglicéridos (Yokoyama *et al*, 1998; López *et al*, 1997; Mongeau *et al*, 1991; Ranhotra *et al*, 1991), así como una menor incidencia de cáncer de colon (Wyatt, 1998). En contraste con los efectos benéficos mencionados, recientemente se ha estudiado una posible correlación entre el consumo de cereales y el incremento del riesgo de cáncer gástrico, asunto sobre el cual existen resultados inconsistentes (Rascón y López, 1998).

### **4.3 Descripción botánica y composición química del arroz.**

El arroz es cultivado ampliamente en el mundo, principalmente en las zonas cálidas donde se pueda contar con suficiente disponibilidad de agua; y siguiéndose de este hecho la regla que atribuye un cereal a cada continente se verá que el trigo es el cereal típico del Asia meridional y oriental. El arroz también está ampliamente cultivado en África y en América. (Bianchini y Corbetta, 1974)

El arroz, gramínea perteneciente a la subfamilia de las oríceas, es una planta anual de tallo variable y de tejidos toscos e hispídos debido a su abundancia de silicatos. Desde el punto de vista agronómico existen "arroz de montaña", que pueden vivir temporadas, "arroz ordinarios" que llegan a una altura de 1 a 2 metros, y arroz "semiflotantes" o "flotantes", que pueden alcanzar alturas muy notables. (Bianchini y Corbetta, 1974)

Las cariósides del arroz se presentan en el cultivo revestidas de una envoltura estrecha adherida, constituida por cáscaras y cascarillas. Para hacerlo comestible es preciso proceder a la llamada "peladura", que es un complejo de varias operaciones que van desde la separación de la envoltura más grosera al blanqueo, pulido y cernido y luego al abrillantado, una especie de pulimento con talco, y eventualmente tratamiento con aceite. Estas varias operaciones, dejando a parte la primera, que es necesaria para hacerlo comestible, lo convierten en más aceptable para el consumidor, pero por el contrario le resta valor nutrimental por disminución de su contenido proteínico y vitamínico especialmente de tiamina. (Bianchini y Corbetta, 1974)

En efecto, los lípidos descienden del 1.6 % en el arroz integral al 0.25% en el abrillantado, las sustancias proteínicas del 6.90 % al 5.80 %, mientras que los glúcidos suben del 90 % al 93 % en el arroz brillante. Las calorías que suministra el arroz son cerca de 350 por 100 gramos.

En general, el arroz integral aporta 360 kilocalorías , 7.50 gramos de proteínas, 77.40 gramos de hidratos de carbono, 1.90 gramos de grasas totales y 4.10 gramos de fibra cruda contenidos en 100 gramos. (Bianchini y Corbetta, 1974)

Desde el punto de vista dietético el arroz es un alimento extremadamente digerible y por esto muy adaptable para la alimentación de los niños, de las personas ancianas, convalecientes o afectadas por trastornos gastrointestinales. Estas consideraciones no deben inducir a considerar el arroz, dando una falsa imagen , a creerlo apto sólo para regímenes alimentarios ; al contrario, la gama de sus aplicaciones es vastísima y el arroz se presta a las preparaciones más sabrosas y apetitosas. La harina de arroz no es panificable, pero la sémola de arroz es un alimento óptimo (Bianchini y Corbetta, 1974).

Es importante destacar el valor elevado del salvado de arroz, destinado a la alimentación humana, con un excelente potencial no solo como fuente de minerales y vitaminas, sino como fuente de fibra. (Sangronis y Rebolledo, 1993)

La disponibilidad del arroz en México es escasa: apenas 300 mil toneladas, frente al maíz que tiene una disponibilidad 50 veces mayor. Su precio es casi el doble que el del maíz. Sensorialmente es muy atractivo y se le ingiere de muchas formas, algunas de ellas típicamente mexicanas.

Desde el punto de vista cultural es bien aceptado, en especial en el medio urbano, sin llegar al rango de casi sagrado que en México alcanza el maíz. La calificación global es buena pero muy inferior a la del maíz, lo que explica que ocupe un lugar secundario en la dieta nacional (Casanueva *et al*, 1995).

#### **4.4 Información general de las leguminosas.**

En América Latina, las leguminosas han aportado cantidades significativas de energía y proteínas a la población y sobre todo en los países del istmo centroamericano donde el frijol común aparece como un producto de consumo relativamente alto (Herrera *et al*, 1998), más importante aún cuando otro grupo de alimento como es el de los cereales, también se encuentra entre los alimentos más implicados como parte de la dieta lo cual hace suponer que se aprovecha la complementariedad de las proteínas de las leguminosas con la de los cereales, a la vez que se obtiene el beneficio de la fibra dietética.

La familia *leguminosae* se compone de unas 18 mil especies, de las que se aprovechan como alimento humano apenas unas 30, en la mayoría de los casos se utilizan sus semillas maduras, pero a veces también sus vainas, raíces o frutos. (Casanueva *et al*, 1995)

En lo que refiere a las semillas maduras tienen gran importancia las del frijol común, la lenteja, el haba, el garbanzo, el frijol soya, el alverjón y el cacahuate. (Casanueva *et al*, 1995)

Los “sistemas”o “parejas” cereal/ leguminosa son un lugar común en la historia alimentaria humana. Destacan las parejas formadas por la soya y el arroz, el garbanzo o la lenteja y el trigo, y el frijol común y el maíz, pero hay muchas más. La excelencia de las parejas cereal / leguminosa radica en que se complementan desde las perspectivas tanto sensorial como nutrimental; en particular, aunque no de modo exclusivo, existe mayor interés en sus proteínas que juntas son mejor aprovechadas que cada una de ellas por si sola. Esto se debe a que las deficiencias de aminoácidos son distintas en las semillas de los cereales que en las de las leguminosas, de manera que al combinarse el cereal cubre las deficiencias de aminoácidos azufrados de la leguminosa y esta cubre la deficiencia de lisina o triptófano del cereal. (Casanueva *et al*, 1995)

Las semillas maduras de las leguminosas empleadas en la alimentación tienen en común contener cantidades comparativamente elevadas de proteínas; desde 15 gramos por cada 100 gramos en el haba hasta casi 40 gramos por cada 100 gramos en el frijol, aunque en la mayoría de ellas el contenido se encuentra entre 20 y 30 gramos por cada 100 gramos de semilla. (Casanueva *et al*, 1995)

En cuanto a las leguminosas, el frijol es el que se produce en mayor cantidad en México, seguido por la soya, y en menor proporción, el garbanzo y la lenteja (INEGI, 1990; Cassis y Morales De León, 1995).

No obstante de la significativa contribución de las leguminosas a la ingesta calórico-proteínica de los sectores de bajos recursos, estas presentan una variedad de factores antinutricionales que causan respuestas fisiológicas y nutrimentales adversas en el hombre y animales. Algunos "antinutrientes" (considerados como tal por formar complejos con las proteínas, almidón y enzimas digestivas, causando una reducción en el valor nutritivo de los alimentos, así como al efecto adverso de uno de sus componentes mayoritarios, los taninos, sobre la digestibilidad de proteínas, Martínez *et al*, 2000) no son alterados por los procedimientos culinarios e industriales tradicionales; este es el caso de los fitatos y oligosacáridos que permanecen en el grano luego de la preparación (Camacho *et al*, 1992 y Martínez *et al*, 2000).

Los oligosacáridos de la familia de la rafinosa constituyen la principal fuente de carbohidratos en las leguminosas. Estos últimos son galactósidos alfa 1-6 responsables de los trastornos gastrointestinales producidos luego del consumo de estos alimentos (Camacho *et al*, 1992).

#### **4.4.1. Valor nutrimental del garbanzo.**

El garbanzo contiene 20% de proteína, dos veces más que la de los cereales, considerándose por lo tanto como una buena fuente de proteínas y de aminoácidos indispensables como isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina y valina (Cassis y Morales De León, 1995). El garbanzo aporta 20.10 gramos de proteína, 6.6 gramos de grasa, 57.10 gramos de hidratos de carbono y 4.70 gramos de fibra cruda por cada 100 gramos de semilla. (Muñoz *et al*, 1996)

#### **4.4.2 Valor nutrimental de la lenteja**

La lenteja aporta 22.70 gramos de proteína, 1.60 de grasa, 58.70 de hidratos de carbono y 5.20 gramos de fibra por cada 100 gramos de semilla. (Muñoz *et al*, 1996)

#### **4.5 Información sobre mezclas proteínicas.**

La fundación Rockefeller, la agencia para el Desarrollo Internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y el Instituto para la Nutrición en Centroamérica y Panamá (INCAP), se encuentran entre las organizaciones que han fundado investigaciones sobre mezclas de proteína, y el propósito del desarrollo de las mezclas de proteína para obtener una combinación de alimentos de bajo costo que proporcionen un buen equilibrio de los aminoácidos esenciales y por tanto tengan un valor biológico comparable con la leche (Robinson, 1979).

García-Osorio y Vázquez, 1997., Adesina *et al*, 1998., y Lee *et al*, 1998, han realizado investigaciones sobre la complementación de la proteína de los cereales mediante mezcla cereal-leguminosa, a las cuales les han determinado los efectos fisicoquímicos,

nutrimentales que resultan de esta combinación tales como: garbanzo con trigo, maíz con soya y maíz con frijol.

#### 4.6. Calificación Química (CQ)

Se define como la proporción respecto al patrón de referencia en que se encuentra el aminoácido indispensable limitante (aquel que es más escaso respecto a dicho patrón).

En el cuadro 1 se observa que la proteína de los cereales es limitante en lisina; el arroz alcanza una CQ mayor que el maíz y el trigo, en tanto que las leguminosas son limitantes los aminoácidos azufrados y tienen mayor CQ la soja y el garbanzo. Al mezclar cereales y leguminosas se opera una corrección, casi siempre parcial pero notable, de las limitaciones de cada uno ya que los cereales tienen cierto exceso de aminoácidos azufrados y las leguminosas cierto exceso de lisina y triptófano. (Bourges, 1987)

Cuadro 1. Calificación química de algunos cereales y leguminosas		
Origen de la proteína	Aminoácido limitante y proporción respecto al patrón	Calificación química
<i>Cereales</i>		
Maíz	Lisina (49%), Triptófano(70%)	49%
Arroz	Lisina (77%)	77%
Trigo	Lisina (52%)	52%
<i>Leguminosas</i>		
Frijol	Azufrados (55%)	55%
Soja	Azufrados (74%)	74%
Garbanzo	Azufrados (63%), Triptófano (86%)	63%
Haba	Azufrados (44%), Triptófano (86%)	44%
Lenteja	Azufrados (49%)	49%

Bourges, 1987.

#### 4.7 Definición de fibra dietética.

La fibra dietética es denominada como material presente en la pared de las células vegetales a la cual confieren rigidez y que no se digieren en el tubo digestivo alto de nuestra especie (Bourges, 1989).

El término fibra dietética agrupa diversos componentes asociados con la pared celular de las plantas, y se puede expresar en forma de fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS), cuando se emplee alguno de los métodos enzimático - gravimétrico desarrollados, entre los cuales se encuentran el método oficial AOAC (Asociación Científica dedicada a la Excelencia Científica) (Sangronis y Rebolledo, 1993).

Bourges en 1989; y Badui en 1994. Hacen la diferenciación entre fibra dietética y fibra cruda, la primera se refiere al total de fibra contenida en el alimento fresco, en cambio la fibra cruda generalmente se consigna en la tablas de composición de los alimentos y se determina analíticamente sometiendo los productos *in vitro* a un tratamiento caliente con ácido y posteriormente con álcali. (1989; y 1994).

En la industria arrocera se obtiene un subproducto: el salvado de arroz, cuya composición química y nutricional ya ha sido estudiada y se ha demostrado que representa un excelente aporte en cantidad y calidad de nutrientes como proteínas, minerales, vitaminas y muy especialmente fibra dietética (Sangronis y Rebolledo, 1997). Su incorporación en productos como galletas dulces y panes ha sido exitosamente probada.

#### **4.8 Proteínas.**

Las proteínas son compuestos necesarios para el cuerpo, formadas por unidades más pequeñas, llamados aminoácidos.

Las proteínas son indispensables para el crecimiento y la renovación de los tejidos que se van gastando durante la vida diaria, es decir, el cuerpo utiliza las sustancias derivadas de los aminoácidos como material de construcción para formar nuevas proteínas que constituyen músculos, órganos, piel, cabello, uñas, sangre, parte de los huesos, dientes.

Las proteínas tienen además otras funciones: forman parte de las enzimas que intervienen en la digestión, de los anticuerpos que sirven para combatir enfermedades y las hormonas necesarias para regular diversas funciones del organismo, como el crecimiento, el desarrollo, la reproducción. (Ruíz, 2001)

#### **4.9 Importancia del efecto de la germinación y los tratamientos térmicos.**

##### **4.9.1 Proceso de germinación**

La germinación de semillas para fines alimentarios ha sido una práctica común durante siglos en países orientales; sin embargo, esta práctica comienza a popularizarse en países occidentales.

Durante el proceso de germinación, la concentración de los constituyentes de la semilla cambian con el tiempo y los materiales de reserva son convertidos en forma más útiles para las plantas y en ciertos casos para el hombre cuando lo usa como alimento.

El proceso de germinación ha resultado ser un método práctico y sencillo que provee mejores propiedades nutrimentales a las semillas (como es el caso de la semilla del sorgo para ser usado como alimento humano). Álvarez *et al*, 1997

##### **4.9.2 Calidad de cocción**

La cocción es probablemente el procedimiento más antiguo de preparación de alimentos. Su principal propósito es suavizar el grano para hacerlo comestible y desarrollar su sabor y aroma, lo que se traduce en una mejoría de sus características físicas y nutricias. Sin embargo, cuando la cocción de granos resulta prolongada, puede reducir su calidad proteínica.

La calidad de cocción representa el tiempo que el grano necesita para suavizarse, siendo influida por numerosos factores como la variedad del grano, su composición química, las condiciones de almacenamiento (humedad, temperatura, tiempo), los tratamientos previos (escaldado, remojo) y las condiciones de cocción. La presencia de sales en el medio de cocción incrementa la velocidad de suavización del grano. (Reyes y Paredes, 1992).

#### **4.9.3 Proceso de tostado**

El proceso de tostado mejora el sabor y su valor nutritivo por inactivación de los factores antinutricionales y por mejoramiento de la digestibilidad de la proteína. (Escobar *et al*, 1998)

El método de germinación y los tratamientos térmicos son procesos que tienen en general efectos positivos como son la disminución de compuestos antifisiológicos (Sathe *et al*, 1983; Paramjyothi y Mulimani, 1996; Kulkarni, 1997; Alanis *et al*, 1998), la disminución de oligosacáridos productores de flatulencia (Sathe *et al*, 1983; Borejsszo y Khan, 1992) así con buenas propiedades sensoriales (Chauhan y Tomar, 1998). Los tratamientos térmicos también presentan diferentes efectos sobre la digestibilidad de la proteína, de manera general, el cocimiento con agua hervida disminuye la digestibilidad (Periago *et al*, 1997; Agudelo *et al*, 1998), la extrusión mejora la digestibilidad (Periago *et al*, 1997; Wang *et al*, 1999), mientras que el tostado presenta resultados contrastantes, pues por un lado mejora la digestibilidad y por otro disminuye el contenido de aminoácidos esenciales (Alanis *et al*, 1998). Igualmente, el efecto de la germinación depende del tiempo que se deje germinar la semilla (Álvarez *et al*, 1997).

#### **4.10 Consumo de bocadillos de cereal**

Debido al fuerte interés de consumir alimentos naturales, la producción de bocadillos se está orientando a la elaboración de productos más nutritivos que tengan un buen aporte de carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y fibra, de manera que tengan un buen equilibrio frente a las calorías utilizadas.

La mezcla de leguminosas y cereales en la formulación de bocadillos puede llegar a ser importante desde el punto de vista nutrimental, ya que las leguminosas son una buena fuente de lisina y los cereales, de aminoácidos azufrados.

Se ha observado un mayor interés por parte de los consumidores hacia los bocadillos saludables elaborados por productos de origen vegetal, sin aromas ni colores artificiales, sin aceites hidrogenados, elaborados con harinas integrales y azúcar. Las barras de cereales utilizan cereales expandidos, o materias grasa como agentes ligantes. Una barra tipo de cereales contiene: harina de trigo, azúcares, grasa vegetal, huevo, agua, salvado de trigo y hojuelas de avena integral (Escobar *et al*, 1998)

#### **4.11 Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se pueden mencionar, por su importancia: la apariencia, el olor, el gusto y la textura. Los métodos de evaluación sensorial fundamentales: sensitivo, cuantitativo, cualitativo y afectivo. (Pedrero y Pangborn, 1989)

Es importante observar que los tres primeros son pruebas de tipo analítico que deben efectuarse en laboratorios, ejecutados por jueces entrenados, mientras que el último es una prueba de consumidor, la cual se lleva a cabo con individuos representantes de quienes finalmente se empleará el producto. De esta manera existen las pruebas de tipo afectiva que son a nivel consumidor, para comprender la importancia de las propiedades

sensoriales de aceptación-rechazo, así como de preferencia o rango y nivel de agrado en relación con los atributos del mismo producto. Entre dichos atributos se puede mencionar, además de la aceptabilidad sensorial: el precio, el empaque, la publicidad, el valor nutritivo, etcétera. Por lo que en este trabajo se tomó un tipo de prueba afectiva como es: la prueba de nivel de agrado. (Pedrero y Pangborn, 1989)

#### **4.11.1 Prueba de nivel de agrado**

El objetivo de esta prueba es localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Se utiliza una escala no estructurada (también llamada escala hedónica), sin mayores descriptores que los extremos de la escala, en las cuales se puntualiza las características de agrado. Esta escala debe de contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia a la muestra. Antiguamente se utilizaba una escala estructurada de cinco, nueve o más puntos que describían desde un extremo agrado hasta un extremo desagrado; pero se ha observado que los descriptores causaban más confusión que orientación al consumidor, por lo que la modalidad de la escala no estructurada resulta más entendible para el usuario. Ejemplo (ANEXO 3)

**4.11.1.1 Muestras.** Se presenta una o más muestras, según la naturaleza del estímulo para que cada una se ubique por separado en la escala hedónica. Es recomendable que estas muestras se presenten como un consumidor las confrontaría habitualmente, procurando evitarle la sensación de que se encuentra en una circunstancia de laboratorio o bajo análisis.

**4.11.1.2 Juez-afectivo.** La población elegida para la evaluación debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas no deben conocer la problemática del estudio, solamente entender el procedimiento de la prueba y responder a ella.

**4.11.1.3 Análisis de datos.** La escala hedónica se convierte en numérica transformando a centímetros la distancia entre los dos extremos del continuo, y midiendo el punto de respuesta indicado por el consumidor. Si se trata de analizar un solo producto, simplemente con obtener el valor medio y su desviación estándar podremos relacionarlos con el total de la escala. Así se ejemplifica la opinión que de este producto tiene dicha población de consumidores; la desviación estándar nos señalará la discrepancia de los consumidores respecto de dicha opinión.

Cuando se trate de dos o más productos, las calificaciones de la prueba hedónica se tabulan por juez-consumidor (filas) y por producto (columnas), totalizando la sumatoria de cada columna y cada fila para obtener un gran total. Para analizar (comparar) dos productos se recomienda utilizar la *t* de Student, y al tratarse de tres o más productos es necesario aplicar el Análisis de Varianza.

#### *Ventajas*

Es una prueba sencilla de aplicar y no requiere entrenamiento o experiencia por parte de los jueces-consumidores. Esta prueba permite detectar el nivel de agrado que una muestra representa para una población en particular.

## VII. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos planteados se utilizó el siguiente proceso metodológico:

### 7.1 Elaboración de las mezclas cereal - leguminosa

Se realizó la combinación de un cereal con dos leguminosas. Como la mejor calificación química se obtiene utilizando el arroz (*oryza sativa*) como cereal, alcanzando valores alrededor de 90, se propusieron las mezclas arroz – garbanzo(*cicer arietinum*) y arroz – lenteja (*lens culinaris*). Se prepararon las mezclas de manera que cada una tuviera la misma calificación química, como se refiere en la tabla de mezclas óptimas en el anexo 1. (Bourges, 1987). Las condiciones de los tratamientos térmicos como cocción y tostado se evaluaron previamente, seleccionando aquellos que rindieran productos con las mejores propiedades sensoriales.

### 7.2 Selección de las semillas y preparación de las muestras

Se eligieron las semillas (arroz integral, garbanzo y lenteja) de la marca comercial San Lázaro que cumple con las disposiciones de la Ley General de Salud (Título décimo, Art. 703 – 728 y Título Decimoquinto, art. 829 – 836). Y a la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1- 1996.

Se limpiaron y prepararon las muestras a utilizar, desechando aquellas que presentaron manchas, suciedad, que estuviesen quebradas o picadas. Una vez seleccionadas las semillas se les realizó el análisis bromatológico y determinación de taninos.

Para facilitar su manejo se tomaron y clasificaron las semillas en:

Muestra 1 Arroz Integral ( <i>Oryza Sativa</i> )	100 g
Muestra 2 Garbanzo ( <i>Cicer Arietinum</i> )	100 g
Muestra 3 Lenteja ( <i>Lens Cullinaris</i> )	100 g

### 7.3 Selección del método de germinación

Se cultivaron las leguminosas (garbanzo, lenteja) aplicando 3 Métodos de Germinación: a) hidrocultivo, b) en algodón, c) en tela de plástico a una temperatura de 25°C, todo ello para conocer el método que proporciona los mejores resultados en cuanto a tiempo de germinación (rapidez).

### 7.4 Métodos de germinación

Los métodos de germinación que se utilizaron para determinar el más eficiente fueron los siguientes:

### 7.4.1. Hidrocultivo

#### Materiales:

- a) Semillas. Deben ser frescas, íntegras, libres de basura y de infecciones, y sin tratamientos químicos.
- b) Almacigo de madera. Tamaño variable; por conveniencia se utiliza de 100 x 50 x 10 centímetro. El fondo del almacigo debe tener ranuras para drenar el exceso de agua, y una orilla con bisagras para facilitar la cosecha.
- c) Arena. El medio adecuado es arena fina común y corriente, convenientemente sometida a un tratamiento de agua caliente antes de usarla para la germinación de las semillas.
- d) Agua. Se debe regar con agua libre de gérmenes patógenos, pudiendo usar agua de la llave.
- e) Recipientes. Es preferible que sean de material plástico; éstos se emplean para lavar los germinados y mantenerse libres de arenas después de la cosecha.

#### Procedimiento:

- a) Vaciar arena hasta dos centímetro de altura en el almacigo.
- b) Depositar las semillas y distribuirlas perfectamente.
- c) Cubrir las semillas con una capa de cinco centímetros de arena.
- d) Riego. Rociar con cinco litros de agua una vez al día y colocar el almacigo en un lugar soleado.
- e) Cosechar y lavar los germinados. Si las semillas no son de mala calidad, dependiendo de la temperatura, humedad y aireación del medio, cuadruplicarán su peso, y al cabo de diez días les habrán nacido brotes de ocho a 11 centímetros de largo.

Se cosechan los germinados antes que los cotiledones se tornen verdes, de la siguiente manera: abrir del lado del almacigo que tiene bisagras; remover la tierra de la capa superior, hasta que se encuentran los cotiledones, empezar de esta misma orilla quitando la arena hacia el exterior por medio de rebanadas para obtener los germinados progresivamente, hasta llegar al otro extremo. Los germinados que se extraen de cada rebanada libre de la mayor parte de arena, se colocan en recipientes llenos de agua para su lavado, y se quitan los cotiledones manchados debiendo sancocharse antes de su consumo. (Gutiérrez, B. 1983).

### 7.4.2. Germinación en tela de plástico y algodón

#### Materiales

Un recipiente extendido (refractario)

Pedazo de algodón o tela de algodón para cubrir la superficie del recipiente.

Un colador grande de aluminio

Un recipiente con la capacidad suficiente para remojar las semillas.

## Procedimiento

- a) Las semillas se lavan en un recipiente, se vacían en el colador y se enjuagan bajo el chorro del agua. Posteriormente se ponen a remojar en agua durante 24 horas a temperatura ambiente; es importante que en el lugar en donde se coloquen no haya cambios bruscos de temperatura.
- b) Pasado ese lapso se retiran las semillas que están flotando, ya que no germinarán, y las demás se escurren utilizando el colador.
- c) El trozo de tela se empapa con agua y se coloca extendido sobre el recipiente germinador; las semillas se distribuyen encima de manera uniforme.
- d) El recipiente germinador se coloca en un lugar oscuro. Otra opción puede ser cubrirlo con algún material que impida que le entre la luz, por ejemplo, una tela de color negro.
- e) Una vez que las semillas han germinado (aprox. 3 a 5 días) se sacan para lavarse, tomando la tela a manera de colocarla bajo el chorro del agua (tómela por las cuatro esquinas); lávelas perfectamente, pero sin tirar las semillas.
- f) La tela se extiende nuevamente en el recipiente y encima las semillas germinadas
- g) Para cosechar los germinados se desprenden de la tela, ya que las raíces se incrustan en ella. Se lavan bajo el chorro del agua y están listas para prepararse. (Ruíz, 1999)

Ya germinadas las leguminosas, se seleccionó una muestra de cada semilla para su evaluación bromatológica y de taninos.

### 7.5 Aplicación del método de tostado

Se deshidrataron las leguminosas germinadas en una estufa de secado por cuatro días a una temperatura de 45 ° C. Posteriormente se tostaron en un horno convencional a una temperatura de 120 ° C por 30 minutos.

### 7.6 Aplicación del método de cocción

Se cocinó el arroz en un recipiente de aluminio con agua potable y se registró el tiempo de cocción cuando los granos de arroz integral aumentaron de volumen.

Se cocinó el arroz integral en olla de presión a una temperatura de 120°C, durante 8 minutos.

### 7.7 Procedimiento para la elaboración de barras

Las leguminosas seleccionadas se germinaron con el método en algodón con duración de 3 días (por ser el más rápido en tiempo). Se realizaron pruebas bromatológicas, y de determinación de taninos a las leguminosas ya germinadas.

Se desecaron las muestras en horno de secado por 4 días a 45°C, se sacaron y tostaron en un horno de estufa a 120°C por 30 minutos.

Una vez tostados los germinados se pesaron las cantidades determinadas en base a un 10% de la calificación química ( 8.72g de arroz integral y 1.28g de garbanzo para una barra y 9.15g de arroz integral y 0.85g de lenteja para la segunda barra, ver cuadro 2). Se puso el arroz integral y se puso a cocer en olla de presión a una temperatura de 120°C

durante 8 minutos a una presión de 11b. Se dejó reposar durante 5 minutos y se colocó en un colador de aluminio para eliminar la mayor cantidad de agua posible. Se tomó el arroz integral con una cuchara limpia y se colocó en moldes de aluminio o plástico. Posteriormente se agregó la leguminosa (garbanzo para una barra y lenteja para otra barra) tratada térmicamente y la salsa picante, se mezclaron bien las muestras y se vertieron en moldes para barra sobre una charola de aluminio engrasado, se desmoldaron las barras. Se tostaron durante 1 hora y 15 minutos a 200 ° C. Transcurrido el tiempo se sacaron las barras y se pasaron a una estufa a una temperatura de 100°C durante 6 horas hasta obtener una barra crujiente sin humedad, se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Se envolvieron las barras en papel celofán y se anotó la fecha de elaboración. Se separaron dos muestras de cada barra para realizarles análisis bromatológicos y determinación de taninos. (ver figura 2)

Se aplicaron los métodos de determinación de digestibilidad de proteína *in vitro* y determinación de fibra dietética a las dos barras elaboradas a base de garbanzo- arroz integral y lenteja-arroz integral los cuales se describen a continuación:

#### **7.7.1 Determinación de Digestibilidad de proteína *in vitro*.**

- a) Todas las muestras que se usaron para la determinación de la digestibilidad *in vitro* se molieron hasta obtener un polvo fino que pasaba por un tamiz con malla de 80. Se usó agua destilada en aparato de vidrio para preparar todas las soluciones.
- b) Se agregan 10ml de agua destilada de la muestra en polvo (la cantidad muestra agregada es la suficiente para dar 6,25mg de proteína / ml).
- c) Se deja que la muestra se hidrate por lo menos una hora, pero no más de 24 horas, a 5°C.
- d) Se equilibra a un pH de 8.0 a 37°C una solución de tres enzimas que contenga 1.6mg de tripsina, 3.1mg de quimiotripsina y 1.3 mg de peptidasa por ml de agua destilada en aparato de vidrio.
- e) La muestra también se equilibra al pH de 8.0 a 37°C.
- f) Una vez se ha equilibrado la muestra a un pH de 8.0 a 37°C, se agrega 1 ml de solución de las tres enzimas en suspensión y la mezcla resultante se agita mientras se mantiene a 37 °C.
- g) Exactamente a los 10 minutos del momento en que se agregó la solución enzimática de tripsina, quimiotripsina, peptidasa a la muestra de proteína que se esta agitando en un baño de agua a 37°C, se le agrega 1ml de una solución de proteasa bacteriana(7.95mg de enzima)
- h) Se transfiere la solución inmediatamente a un baño de agua a 55°C.
- i) Nueve minutos después de agregar la solución de proteasa bacteriana a la muestra (19 minutos después de iniciado el ensayo),se transfiere la muestra del baño de agua a 55°C al de 37°C.
- j) Exactamente a los diez minutos que la muestra recibió la enzima bacteriana proteasa (un minuto después de haber sido regresado los tubos al baño de 37°)se toma el pH del hidrolizado enzimático.
- k) El pH medido en el paso 9 se anota como el pH a los 20 minutos.

- l) La digestibilidad de la proteína in vitro de la muestra se calcula entonces por medio de la ecuación siguiente: % digestibilidad =  $234.84 - 22.56x$ , donde x es el pH tomado después de 20 minutos de incubación (del paso 9).

Nota: Con cada muestra o conjunto de muestras, primero debe correrse un control (caseinato de sodio ANRC) que debe de ser de 20 minutos a un pH de  $6.42 \pm 0.05$ : Este control se necesita para asegurarse de que existe la actividad enzimática adecuada antes de correr las muestras.

### 7.7.2 Determinación de fibra dietética total en alimentos. (AOAC, 1997)

Fibra dietética = Peso residuo – (Peso proteína – Peso cenizas)

Aplicación. Este método se adapta a todos los alimentos

Materiales:

Erlenmeyer de 1 litro

Matraces de Buchner de 1 litro

Crisoles de Gooch y adaptadores de goma

Crisoles de vidrio filtrante de porosidad No. 1

Embudos de Hartley o de Büchner

Dispersadores automáticos de 200ml de ácido y de cáustico

Isomantas de 1 litro.

Papel filtro Whatman No. 54

Equipo:

Condensadores de tipo “dedo frío”

Reactivos:

Ácido clorhídrico al 1% v/v. Diluir con agua hasta 1 litro 10ml de ácido clorhídrico concentrado.

Solución madre de ácido sulfúrico al 10% p/v. Diluir con agua hasta 5 litros 275ml de ácido sulfúrico concentrado (peso específico 1.86).

Solución de ácido sulfúrico al 1.25%. Diluir con agua hasta 5 litros 625 de la solución madre.

Solución madre de hidróxido sódico al 10% p/v. Disolver en agua 500g de hidróxido sódico y diluir a 5 litros.

Solución de hidróxido sódico al 1.25%. Diluir con agua hasta 5 litros 625ml de la solución madre.

Éter de petróleo con punto de ebullición 40 – 60°C

Alcohol industrial metilado del 95 – 96% v/v

Acetona

Silicona antiespuma al 2% en tetracloruro de carbono.

Procedimiento:

- a) Pesar una cantidad adecuada de muestra (normalmente 1 ó 2g) hacia un erlenmeyer de 1 litro.

- b) Con dispersador añadir 200ml de ácido sulfúrico al 1.25% que ha sido calentado hasta entrar en ebullición, utilizar los primeros 30 – 40 ml para dispersar la muestra.
- c) Añadir unas gotas de agente antiespumante y calentar para que entre en ebullición en 1 minutos.
- d) Hervir suavemente durante exactamente 30 minutos bajo condensadores de dedo frío. Rotar periódicamente los matraces erlenmeyer para mezclar el contenido y desprender las partículas adheridas a la pared.
- e) Filtrar el contenido del matraz a través del embudo de Hartley o Büchner preparado con papel de filtro mojado de 12.5cm.
- f) Arrastrar por lavado la muestra de nuevo hacia el matraz original utilizando 200ml de hidróxido sódico al 1.25% medidos a temperatura ambiente con dispersador automático y calentados seguidamente hasta el punto de ebullición.
- g) Hervir durante exactamente 30 minutos tomando las mismas precauciones que en el tratamiento anterior de ebullición.
- h) Transferir todo el material insoluble a un crisol de vidrio poroso empleando agua hirviendo.
- i) Lavar sucesivamente con agua hirviendo, ácido clorhídrico al 1% y agua hirviendo de nuevo hasta quedar exento de ácido.
- j) Lavar dos veces con alcohol
- k) Lavar tres veces con acetona
- l) Desecar a 100°C hasta peso constante
- m) Incinerar en horno de mufla a 550°C durante 1 hora
- n) Enfriar el crisol en desecador y volver a pesar.

*Cálculo:*

$$\% \text{ Contenido de fibra} = [(W2-W3) / W1] \times 100$$

*Donde:*

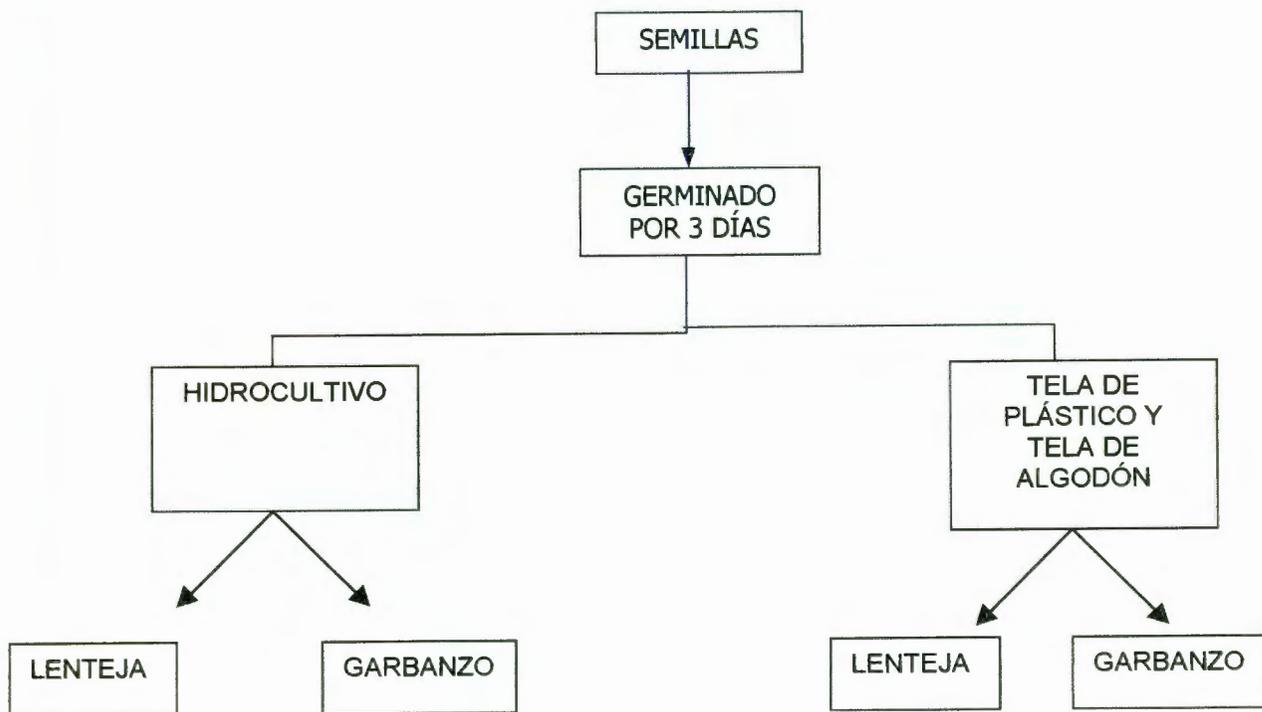
Peso (g) de la muestra = W1  
 Peso (g) de la materia insoluble = W2  
 Peso (g) de las cenizas = W3

**CUADRO 2. INGREDIENTES Y CALIFICACIÓN QUÍMICA PARA BARRAS**

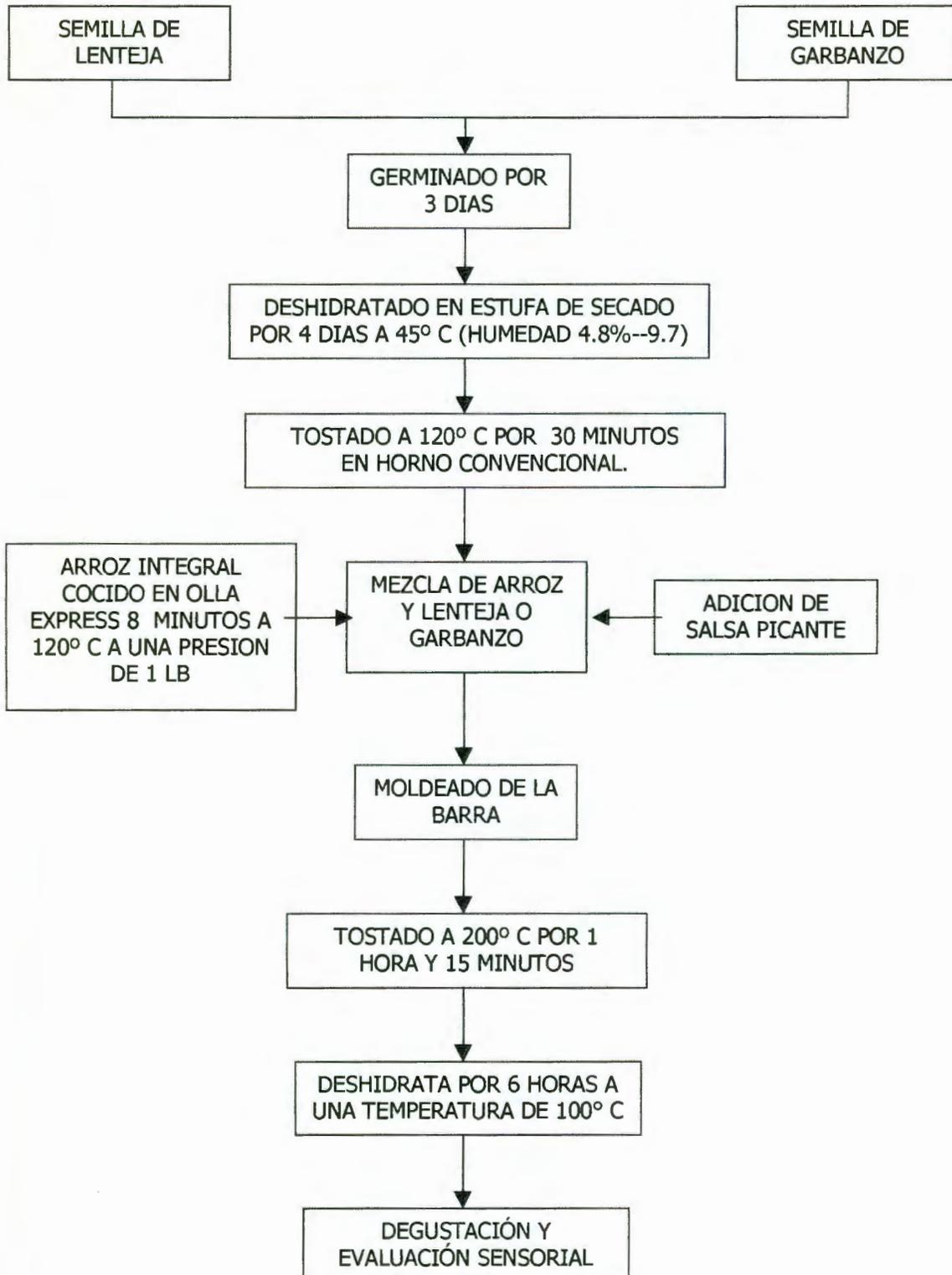
	BARRA DE LENTEJA	CALIFICACIÓN QUÍMICA	BARRA DE GARBANZO	CALIFICACIÓN QUÍMICA
INGREDIENTES	arroz integral 9.15 g	90.7 %	arroz integral 8.72 g	91.8 %
	Lenteja 0.85 g		Garbanzo 1.28 g	
	Salsa picante 10 g		Salsa picante 10 g	
	Sal		Sal	

Fuente: Bourges, 1987

**FIGURA 1.**  
**DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA GERMINACIÓN Y TOSTADO DE LAS LEGUMINOSAS**



**FIGURA 2.**  
**DIAGRAMA DE FLUJO EN LA ELABORACIÓN DE BARRAS**



## **7.9 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS LEGUMINOSAS Y BARRAS CEREAL – LEGUMINOSA.**

Este análisis se realizó para determinar la composición química de las leguminosas y las barras elaboradas, para tal efecto se utilizaron las metodologías descritas por la Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C. 1997), las cuales son descritas a continuación.

### **7.9.1 Determinación de humedad**

Se pesó una muestra de 20 g de granos de leguminosa (garbanzo, lenteja) en la balanza analítica; se transfirió la muestra al platillo de la termobalanza, se ajustó a una temperatura de 108° C por 12 minutos para lenteja y 15 para garbanzo. Transcurrido el tiempo se anotó el resultado final.

En cuanto a las barras, se pesaron 20 gramos de producto y se siguió el procedimiento anterior.

### **7.9.2 Determinación de cenizas**

**Objetivo.** Investigar por medio de la calcinación el contenido de minerales y de algunos adulterantes de los alimentos.

#### **Materiales**

Placas de calentamiento eléctricas

Crisoles de cuarzo de 8cm de diámetro y 2.5cm de profundidad.

Desecadores con sílica gel fresca como desecante.

#### **Equipo**

Horno de mufla a 550°C

#### **Procedimiento**

- a) Colocar en el horno de mufla durante 30 minutos a 550°C a peso constante el número de crisoles que se necesiten.
- b) Sacar los crisoles y enfriarlos en el desecador durante 30 minutos y una vez enfriados a temperatura ambiente pesar cada crisol hasta el mg más próximo.
- c) Pesar con exactitud hasta el mg más próximo alrededor de 2.5g en cada crisol.
- d) Si la muestra es líquida pre-desecarla sobre baño de vapor para evitar salpicaduras durante la fase de carbonización.
- e) Colocar los crisoles sobre un triángulo de porcelana y calentar hasta que las muestras estén totalmente carbonizadas.
- f) Colocar los crisoles en el interior de una mufla, lo más cerca posible del centro e incinerar 4 horas a 550°C.
- g) Colocarlos en el desecador durante 1 hora y dejar enfriar a temperatura ambiente. *(Las cenizas deben tener aspecto limpio y una coloración blanca)*
- h) Una vez enfriado volver a pesar cada crisol con sus respectivas cenizas hasta el mg más próximo.
- i) Calcular por diferencia de peso el contenido de cenizas.

### Cálculo:

El porcentaje de contenido de cenizas se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de cenizas (\%)} = (W_2/W_1) \times 100$$

Donde se consideran los siguientes pesos:

$$\text{Peso (g) de la muestra} = W_1$$

$$\text{Peso (g) de las cenizas} = W_2$$

$$W_2 = (\text{Peso crisol} + \text{cenizas después de incinerar} - \text{peso crisol vacío})$$

### Notas

- Debe evitarse el calentamiento demasiado rápido puesto que algunas sales se confunden y absorben carbono que luego es difícil de quemar. El uso de una temperatura excesivamente alta puede determinar pérdidas de sales volátiles como cloruro de sodio y de hierro.
- Si las cenizas no presentan un aspecto limpio y blanco y se observan trazas de carbón, enfriar el crisol, añadir unos ml de agua y agitar con la varilla de vidrio para dispersar las cenizas. Secar sobre baño de vapor y retornar al horno de mufla por 24 horas.

### 7.9.3 Hidratos de carbono por diferencia

Procedimiento: Se sumó el porcentaje de humedad, fibra cruda, cenizas, proteínas y grasas, al valor obtenido se le resta a 100. Esto se hizo por igual para los granos y las barras

### 7.9.4 Determinación de proteína

(Método Macro – Kjeldahl)

#### Material

Balanza analítica

#### Equipo

Digestor Labconco

Destilador Labconco

#### Reactivos

Ácido sulfúrico concentrado de peso específico 1.84 exento de nitrógeno

Ácido clorhídrico 0.1N estandarizado

Solución de ácido bórico. Disolver 40g de  $H_3BO_3$  en agua y diluir en 1000ml

Solución de hidróxido sódico exenta de carbonato conteniendo aproximadamente 33g de hidróxido sódico por 100g de solución. Preparar disolviendo 500g de hidróxido sódico en 1000ml de agua destilada.

Mezcla catalítica (1g de sulfato de cobre  $CuSO_4$  + 20g de sulfato de sodio anhidro  $Na_2SO_4$ )

Sulfato de cobre pentahidrato

Sulfato potásico anhidro

Solución indicadora mixta. Disolver 2g de rojo de metilo y 1g de azul de metileno en 1000ml de etanol (96% V/V). El cambio de color de esta solución indicadora se produce a pH de 5.4. Almacenar la solución indicadora en botella de color topacio en lugar oscuro y fresco.

Matraces de Kjeldahl de aproximadamente 800ml de capacidad provistos, si se desea, de un bulbo de vidrio con forma de pera que se adapta sueltamente al cuello del matraz.

Procedimiento:

Digestión

- a) Pesar hasta el mg más próximo 0.2g de muestra
- b) Agregar 5g de mezcla catalítica y 10 ml de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> concentrado
- c) Digerir durante 4 horas (el digestor deberá estar a 400°C) o hasta que los tubos adquieran una coloración verde cristalino y una vez que esto ocurra calentar por otros 30 minutos .
- d) Enfriar los tubos 15 minutos y agregar 40ml de agua destilada
- e) Proceder a destilar, agregando 40ml de NaOH (hidróxido sódico al 50%) en el microdestilador hasta alcanzar la marca de 90ml
- f) Destilar durante 7 minutos y recibir el destilado en 50ml de ácido bórico al 2% ó en 25ml de ácido bórico al 4% que contenga 5 gotas de solución indicadora.
- g) Titular el destilado con solución de ácido clorhídrico al 0.1N  
(Para la preparación de reactivos ver anexo 2)

CÁLCULO

$$\% \text{ Nitrógeno Total} = \frac{(V2 - V1) \times N \times 1.4}{W}$$

$$\% \text{ Proteína Bruta} = \frac{(V2 - V1) \times N \times 1.4 \times 6.25}{W}$$

Se deberá de considerar que en esta ecuación 6.25 es el factor general

Donde:

Peso (g) de la muestra problema = W  
Volumen (ml) de la solución de ácido clorhídrico requerido para la prueba en blanco = V1  
Volumen (ml) de la solución de ácido clorhídrico requerido para la muestra problema = V2  
Normalidad de ácido clorhídrico = N

### 7.9.5 Determinación de grasas

(Método de Soxhlet)

Equipo:

Aparato de extracción continua tipo soxhlet con matraz de extracción de 150ml

Estufa de aire

Unidades de calentamiento (parrilla eléctrica)

Cartuchos de extracción

Balanza analítica con una sensibilidad de 0.1mg.

Reactivos: Éter etílico anhidro

Procedimiento:

- a) Desechar la muestra (utilizar la muestra proveniente de humedad)
- b) Colocar los matraces de bola de fondo plano a peso constante en la estufa de 100 a 110°C durante 1 hora
- c) Transferir el residuo seco a un cartucho de extracción
- d) Limpiar en húmedo la cápsula de desecación con pequeños copos de algodón humedecidos con éter de petróleo y transferir los copos al cartucho.
- e) Colocar el cartucho en el extractor y conectar un matraz tarado conteniendo 200ml de éter de petróleo.
- f) Conectar el extractor a un condensador de reflujo
- g) Extraer la muestra, bajo reflujo, sobre baño de agua o de vapor durante 4 horas
- h) Evaporar a sequedad el extractor de éter de petróleo y añadir 2ml de acetona. Inyectar en el matraz un chorro suave de aire para eliminar las últimas trazas de solvente
- i) Desechar en el matraz conteniendo el residuo de grasa en estufa de aire a 100°C durante 5 minutos, enfriar en un desecador y pesar.

### CÁLCULO

$$\% \text{ Grasa Extraible} = [(W3-W2)/W1] \times 100$$

Donde se consideran los siguientes factores:

Peso (g) de la muestra antes de la desecación = W1

Peso (g) del matraz sin grasa = W2

Peso (g) del matraz con grasa = W3

### 7.9.6 Determinación de Fibra cruda

Material:

Vaso Berzelius de 600 ml, probeta, perlas de ebullición, gendarme, crisoles, desecador con material secante, embudo buchner, kitasato, vidrio de reloj, pinzas.

Equipo:

Estufa de secado 130, mufla 600 C, condensador para fibra cruda LABCONCO y balanza analítica con una sensibilidad de 0.1 mg.

Reactivos:

Ácido sulfúrico 0.255 N (1.25 g de ácido sulfúrico/100 ml), sosa 0.313 N (1.25 g de sosa/100 ml), esta solución deberá estar libre de carbonato, asbesto tratado, alcohol etílico y antiespumante líquido.

Procedimiento:

Pesar 2 gramos de muestra desgrasada, 0.5 a 1 g de asbesto tratado y transferirlos a un vaso Berzelius. Añadir 200 ml de ácido sulfúrico diluido hirviendo y de 0.5 a 1 ml de antiespumante si es necesario. Calentar el vaso en el aparato condensado, rotar periódicamente los vasos para evitar que los sólidos se peguen en el vaso. Dejar hervir por 30 minutos exactamente, filtrar, lavar hasta el pH neutro con agua caliente.

Dejar secar y pasar el residuo al vaso y añadir 200 ml de álcali hirviendo. Hervir 30 minutos, filtrar y lavar con 25 ml de ácido caliente y 3 porciones de 50 ml de agua. Por último añadir 25 ml de alcohol. Dejar secar por 2 horas a 130 ° C, enfriar en un desecador y pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ fibra cruda} = \frac{(\text{peso crisol con muestra} - \text{peso crisol con muestra calcinada}) \times 100}{\text{peso real de la muestra}}$$

### 7.9.7 Determinación del valor calórico

#### CÁLCULO

Contenido de Proteína (%) = P

Contenido de grasa (%) = F

Hidrato de carbono utilizable (%) = C

Entonces:

Valor calórico (kcal por 100g) es la suma de:

$$P \times 4.0 \text{ (calorías de la proteína)} + F \times 9.0 \text{ (calorías de la grasa)} + C \times 3.75 \text{ (calorías del hidrato de carbono)}$$

O valor calórico (kjulios por 100g) es la suma de:

$$P \times 17 \text{ (julios de la proteína)} + F \times 37 \text{ (julios de la grasa)} + C \times 16 \text{ (julios del hidrato de carbono)}$$

**NOTAS:**

*a. El factor de conversión exacto es 1 Kcal = 4.184 x 133 julios ó 4.184 kJ*

*b. Los factores aplicados en el cálculo son los propuestos por el UK. Ministry of agriculture, Fisheries and food Standards Committee (October 1976).*

### 7.10 DETERMINACIÓN DE TANINOS

Se hizo esta determinación a los granos de cereal y leguminosas y a las barras de la manera siguiente:

Material:

Parrilla eléctrica, refrigerante, probeta de 100 ml, 500 ml, matraces volumétricos de 50,100,500 ml, pipetas serológicas 1, 2, 5 ml, embudos, papel filtro

Equipo:

fotocolorímetro, balanza analítica con una sensibilidad de 0.1 mg y balanza granataria.

Reactivos:

Reactivo de Folin – Denis: calentar a reflujo durante 2 horas una mezcla de 750 ml de agua destilada, 100 g de tungstato de sodio, 20 g de ácido fosfomolibdico y 50 ml de ácido fosfórico al 85 %. Enfriar y llevar a un litro con agua desionizada. Solución saturada de carbonato de sodio(decantar el líquido claro antes de usar la solución).

Solución tipo de ácido tánico: disolver 0.25 g de ácido tánico (previamente secado en un desecador), en agua desmineralizada y llevar a 500 ml en un matraz volumétrico. Guardar esta solución “stock “ en el refrigerador. Para la estimación de esta solución diluir 50 veces la solución, para dar una concentración aproximada de 0.01 g/l de ác. Tánico.

Procedimiento:

Diluir la muestra problema de tal modo que contenga aproximadamente 0.01 g / l de tanino. Pipetear 5 ml del problema diluido a un matraz aforado de 50 ml y añadir 35 ml de agua desmineralizada. Al mismo tiempo, pipetear 5 ml de la solución diluida del stock a otro matraz de 50 ml. Agregar a cada matraz 1 ml de reactivo de Folin – Denis, 2.5 ml de la solución saturada de carbonato de sodio, aforar al volumen con agua desionizada y agitar. Dejar los matraces en incubación a 20 a 30 ° C durante hora y media, filtrar si fuera necesario y medir la absorbancia a 760 mm. Correr al mismo tiempo del problema y el estándar, un blanco de reactivos.

Cálculos:

$$\text{Mg de tanino/100 ml} = \frac{(\text{D.O problema} - \text{D.O blanco}) \times \text{F.D.} \times 100}{(\text{D.O estándar} - \text{D.O. blanco})}$$

F.D. = Reactivo de Folin – Denis

D.O. = Absorbancia de la muestra

## 7.11 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS BARRAS

### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

#### VARIABLES:

- Valor nutrimental.
- Nivel de agrado.

Variable	Dimensión	Indicadores	Valoración.
Valor nutrimental	Nutrimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porcentaje de contenido de proteínas.</li> <li>▪ Porcentaje de contenido de fibra.</li> </ul>	<p>Si la cantidad es mayor del 10% es aceptable. Si es un rango entre 5 y 9% es regularmente aceptable. Si es menor de 5%, es no aceptable.</p> <p>Para el caso de la fibra se utilizará la misma valoración del anterior.</p>
Nivel de agrado	Sensorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uno de los indicadores está relacionado con el color del producto.</li> <li>▪ Otro está representado por la textura.</li> <li>▪ El siguiente por el olor.</li> <li>▪ Y el último por el sabor.</li> <li>▪ La calificación sensorial de las características.</li> </ul>	<p>Si más del 50% opinan positivamente, es que <b>les gusta</b>. Si menos del 50%, opina lo contrario. <b>No les gusta</b>.</p> <p>Si más del 50% opina que es crujiente, es <b>bueno</b>. Si el 50%, opina que es semicrujiente, es regular. Si más del 50% opina que es suave, es <b>malo</b>.</p> <p>Para el olor se utilizará la forma del de color.</p> <p>Si más del 50% opina que es picante, es <b>bueno</b>. Si el 50%, opina que es salado, es regular. Si más del 50% opina que es insípido, es <b>malo</b>.</p> <p>Si el 50 % evalúa con un rango de calificación de 20 a 40, es <b>bueno</b> Si el 50 % evalúa con un rango de calificación de 0 a 19 es <b>malo</b>.</p>

Para la evaluación sensorial se aplicaron pruebas y encuestas sensoriales (evaluación de características sensoriales, prueba de nivel de agrado, ésta última mediante la aplicación de una escala hedónica estructurada de nueve puntos) a las barras hechas a base de cereal-leguminosa, a una población de 50 adolescentes que oscilaron entre los 12-15 años.

Se analizaron estadísticamente los datos obtenidos en la hoja de respuesta y encuesta sensorial sobre las barras dadas a degustar, mediante la herramienta estadística t de Student y desviación estándar .

### 7.11.1 Selección de jueces consumidores.

Se seleccionó una población de 50 jueces adolescentes de la Escuela Secundaria Federal No. 1 que oscilaron entre la edad 12 a 15 años, mediante un cuestionario que se describe a continuación y de esta manera se realizó la prueba del nivel de agrado.

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Tel: \_\_\_\_\_

¿ Padece alguna enfermedad que pueda afectar sus sentidos? \_\_\_\_\_

¿ Con qué frecuencia? \_\_\_\_\_

Hábitos:

¿ Fuma?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ cuantos / día \_\_\_\_\_

HORARIO DE CLASES: \_\_\_\_\_

HORARIO DE ALIMENTOS:

Desayuno \_\_\_\_\_ Comida \_\_\_\_\_ Cena \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

RECORADATORIO DE 24 HORAS

Indique que alimentos consumió el de día de ayer.

Desayuno \_\_\_\_\_

Comida \_\_\_\_\_

Cena \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

¿ Estaría de acuerdo en participar en degustaciones de alimentos?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

FIRMA DE ACEPTACIÓN

Posteriormente se les indicó el día de la prueba de degustación y de esta forma se asignó el número de cada juez de acuerdo al orden de la lista escolar.

El día de la prueba sensorial a los jueces seleccionados se les presentaron 2 barras, una hecha a base de lentejas-arroz integral y otra de garbanzo-arroz integral, una hoja de respuesta y una encuesta acerca de las características sensoriales de las barras. Se les indicó probar cada barra por separado, contestar la hoja de respuesta junto con la encuesta sensorial que corresponda a cada barra evaluada por ellos. Ejemplo (Anexo 3 y 4).

En el apartado del recordatorio de 24 horas del cuestionario anterior se realizó la clasificación de los alimentos descritos por los adolescentes por grupo de alimentos al que pertenecían y se cuantificaron en porcentaje de acuerdo al número de estudiantes que mencionaron cada alimento.

## **7.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.**

Para la evaluación de los resultados se utilizaron las herramientas estadísticas de desviación estándar, para conocer a que distancia se encuentran alejados los datos de la media. La t de student, para establecer si hay diferencia significativa en el nivel de agrado de las barras elaboradas.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las barras elaboradas tuvieron un peso promedio de 25 g, 12 cm de largo, 3 cm de ancho y 1.5 cm de espesor.

### 8.1 Composición nutrimental del cereal arroz integral y de las barras elaboradas y tratadas térmicamente.

En el cuadros 3, se presentan los resultados del análisis químico proximal en el arroz integral y en las dos barras elaboradas y tratadas térmicamente. Se observó una disminución en el contenido de proteína y un aumento en el contenido de fibra cruda en las barras respecto a los granos sin procesar. Estos resultados presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

La humedad disminuyó en la barra de arroz integral – lenteja con respecto a la barra de arroz integral - garbanzo, estadísticamente existe diferencia significativa en relación al arroz integral (5.1 a 4.8%). Sin embargo, la barra de arroz integral – garbanzo aumentó su contenido de humedad en comparación a la barra integral – lenteja teniéndose una diferencia significativa entre ambas y el arroz integral sin procesar (5.1 a 9.7%). Estas diferencias pudieran atribuirse a los procesos térmicos a las que fueron sometidos en la elaboración de las barras. Se observó un aumento en el contenido de cenizas de las barras elaboradas, lo cual pudiera atribuirse a la sal adicionada en el agua durante el proceso de cocción del arroz integral y a la adición de la salsa. El contenido de proteína disminuyó significativamente en las barras después del tratamiento térmico de tostado respecto al arroz integral (6.2 a 1.86 y 6.2 a 1.93 g /100g para la barra 001 y 002 respectivamente). Las barras elaboradas mostraron un aumento significativo en el contenido de grasa, lo cual era de esperarse por el contenido de manera individual de los granos de leguminosa (1.9 a 4.59-4.32 g/100g). La fibra cruda, aumentó en las barras al ser elaboradas y tratadas térmicamente a diferencia en el contenido de hidratos de carbono que se vio disminuido, debido quizá al tratamiento térmico de cocción y al almidón resistente (0.61 a 19.17-12.69 g/100g).

**Cuadro 3. Análisis químico proximal del arroz integral y de las barras de arroz integral – lenteja y arroz integral - garbanzo.**

Muestras	Humedad %/100 g	Cenizas %/100 g	Proteína g/100 g	Grasa g/100 g	Fibra cruda g / 100 g	H. de C. Por diferencia g/100 g
Arroz integral	5.1 ± 0.07*	1.2 ± 0.02*	6.2 ± 0.21*	1.9 ± 0.07*	0.61 ± 0.03*	84.9*
Barra arroz integral – lenteja	4.8 ± 0.21	4.82 ± 0.56*	1.86 ± 0.10*	4.59 ± 0.36*	19.17 ± 0.19*	66.31*
Barra arroz integral - garbanzo	9.7 ± 0.83*	4.17 ± 0.64*	1.93 ± 0.46*	4.32 ± 0.17*	12.69 ± 0.07*	61.75*

\* presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

### 8.1.2 Contenido de proteína en el arroz integral, leguminosas crudas, leguminosas germinadas y en las barras elaboradas.

En el cuadro 4 al comparar los valores obtenidos en el análisis proximal se encontró que el contenido de proteína tanto en los germinados como en las barras fue menor a lo reportado por Camacho *et al*, 1992 quienes mencionan que mediante el proceso de germinación, las leguminosas aumentaron significativamente su contenido de proteína. En el caso del garbanzo (*Cicer Arietinum*) el contenido de proteína aumento un 0.7 gramos y para la lenteja (*Lens cullinaris*) un 0.9 gramos, mientras que los valores encontrados en esta investigación fueron para el garbanzo (*Cicer Arietinum*) germinado 10.1 g /100 g y 11.35 g /100 g para el germinado de lenteja (*Lens cullinaris*).

De las tres técnicas de germinación utilizadas para las leguminosas, tuvieron mejor resultado en cuanto a método y tiempo, la técnica en tela de algodón y tela de plástico. En dichas técnicas la germinación tuvo lugar en tres días y su método fue sencillo y fácil. El tostado tuvo buenos resultados para los granos de lenteja y garbanzo.

También en el cuadro 4 se muestra el contenido de proteína del arroz integral sin tratamiento térmico y de las barras preparadas a base de arroz integral – lenteja (001) y arroz integral – garbanzo (002) procesadas, teniendo una disminución en el contenido de proteína de 6.2 g a 1.86 g para la barra 001 y de 6.2 a 1.93 g para la barra 002 presentando diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Esto difiere de lo señalado por Lee *et al*, 1998, quienes obtuvieron un incremento en el contenido de proteína en una mezcla de cereal – leguminosa (trigo – garbanzo) de 14.31 g a 16 g por cada 100 g de muestra. Retomando lo anterior, García Osorio y Vázquez en 1997, mencionan que la aplicación de tratamientos térmicos favorecen el aumento del contenido proteínico en las mezclas de cereal – leguminosa o en los granos por separado. La disminución en el contenido de proteínas obtenido en las barras elaboradas puede explicarse dado el tiempo del proceso y tratamiento térmico a la que fueron expuestas y que tuvieron un efecto negativo en comparación de los resultados mencionados por los autores antes mencionados.

Comparando el contenido de proteína de los granos de leguminosa sin procesar con las barras elaboradas se encontró que no existe diferencia significativa entre ellos. La lenteja (*Lens cullinaris*) tuvo 19.6 g /100 g de proteína contra la barra de lenteja – arroz integral con 11.35 g /100 g y los granos de garbanzo (*Cicer Arietinum*) presentaron 20 g/100 g de proteína, mientras que la barra de garbanzo – arroz integral tuvo 10.1 g /100 g, lo que representa una disminución en el contenido de proteína debido a la exposición de los granos de leguminosa a los tratamientos térmicos para la elaboración de las barras. Resultados similares obtuvieron Hend and Shastri, 1998 cuando tostaron granos de leguminosa y disminuyó su contenido proteínico de un 18 a 16%. Los resultados del contenido de proteína son semejantes a lo reportado por Cassis y Morales, 1995 quienes mencionan que el contenido de proteína en 100 g de garbanzo es de 20.4 g y 22.7 g para la lenteja por cada 100 g de grano.

**Cuadro 4. Contenido de proteínas de la lenteja (*Lens culinaris*), el garbanzo (*Cicer arietinum*) y las barras elaboradas.**

Muestras	Proteína g /100 en base seca
Arroz integral	6.2 ± 0.21*
Lenteja	19.6 ± 0.48*
Germinado de lenteja	11.35 ± 0.12*
Barra arroz integral - lenteja	1.86 ± 0.10*
Garbanzo	20.2 ± 0.56*
Germinado de garbanzo	10.1 ± 0.24*
Barra arroz integral - garbanzo	1.93 ± 0.46*

\* Presentan diferencias significativas (p<0.05)

### 8.2 Digestibilidad de proteína *in vitro* del arroz integral y de las barras elaboradas.

En el cuadro 5 se muestra la digestibilidad de proteína *in vitro* del arroz integral y de las barras elaboradas. El arroz integral presentó una digestibilidad del 88% ligeramente mayor a la de otros cereales (maíz 80 %, sorgo 71 - 80% al ser sometidos a un tratamiento térmico) valores reportados por Agudelo *et al*, 1998 en su estudio. La barra elaborada a base de arroz integral - lenteja mostró una digestibilidad de 60.45 % similar a la barra arroz integral - garbanzo de 60.67%. Después del procesamiento de las barras se observó una disminución significativa en la digestibilidad de la proteína *in vitro* con respecto al arroz integral (del 88 % al 60.45 % y 88 % a 60.68 %, en las barras 001 y 002 respectivamente), posiblemente debida al proceso de cocción al que fue sometido el arroz integral, resultado similar encontrado por Agudelo *et al*, 1998, que reportó una disminución en la digestibilidad del arroz después de su cocción de 90 - 87 %, del sorgo de 71 a 54 % y del maíz de 80 a 78 %.

Estos resultados difieren con lo publicado por Kelkar *et al*, 1996 quienes demostraron que la digestibilidad de proteína se incrementó en el frijol, arroz, garbanzo, sorgo, soja y trigo después de someterlos a un proceso de cocción. Respecto a los tratamientos térmicos y la digestibilidad, Hend y Shastri, 1998, encontraron que el proceso de tostado aumenta la digestibilidad del garbanzo. Escobar *et al*, 1998 hace referencia al tostado al mencionar que mejora el sabor de los cereales y las leguminosas y mejora la digestibilidad de las proteínas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, demuestran que la cocción de los granos de arroz integral en agua y el subsecuente proceso de tostado influyen en la disminución de la digestibilidad de las leguminosas y las barras elaboradas como lo indica Kelkar *et al*, 1996 quienes mencionan que a 200 ° C la digestibilidad de los cereales y las leguminosas disminuye de 81 a 66 %.

Además, al no existir cifras sobre esta digestibilidad de proteínas en barras hechas a base de mezcla cereal - leguminosa tratadas térmicamente, supone a los resultados obtenidos en la presente investigación como los primeros valores reportados para México, al igual que los obtenidos en fibra dietética.

**Cuadro 5. Porcentaje de digestibilidad de proteína *in vitro* en el arroz integral y en las barras elaboradas. (% / 100 g)**

Muestras	Digestibilidad de proteína <i>in vitro</i>
Arroz integral	88 % *
Barra arroz integral – lenteja	60.45 % *
Barra de arroz integral - garbanzo	60.67 % *

\* presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

### 8.3 Contenido de Fibra cruda y Fibra dietética en el arroz integral y en las barras elaboradas.

Los resultados del análisis de Fibra cruda y Fibra dietética en el arroz integral sin procesar y en las barras 001 (arroz integral lenteja) y barra 002 (arroz integral-garbanzo) procesadas se muestran en el cuadro 6.

Los resultados obtenidos muestran grandes diferencias entre el contenido de fibra cruda y fibra dietética total para cada una de las muestras analizadas en este estudio, lo cual es de esperar dadas las diferencias entre las metodologías empleadas.

El contenido de fibra cruda para las barras variaron significativamente ( $p < 0.05$ ) entre 18.17 y 12.69 %. Con respecto a la fibra dietética no mostró diferencia significativa en la variación de 18.86 y 16.20%.

Al comparar el contenido de fibra dietética de las barra 001 (18.86%) y barra 002 (16.20%), se observó un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) con respecto al arroz integral (6.03%). Estos resultados muestran ser más altos y en su caso semejantes a los de los cereales, productos derivados de sus procesamiento y en productos comerciales a base de cereales estudiados por Sangronis y Rebolledo en 1993.

En este sentido F-Saura-Calixto *et al*, en 1992. Proponen que la asociación entre los almidones y proteínas, taninos y proteínas, y taninos y almidones que se presentan en diferentes alimentos de origen vegetal después de ser sometidos a tratamientos térmicos (como cocción) causan un aumento en la fibra dietética. Carnovale y Lintas en 1995, refirieron que un mismo tipo de tratamiento térmico puede tener efectos diferentes en el contenido de fibra dietética de los alimentos y señalaron que la cocción promueve el rompimiento de sus componentes (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, gomas), además de propiciar la interacción y enlace de sus sustancias con proteínas y lípidos, así como la generación de cambios cualitativos y/o cuantitativos sustanciales que varían la composición total de la fibra dietética.

Sumando a lo antes expuesto, Lintas y Capelloni en 1988, propusieron que debido al bajo contenido de lípidos presentes en las leguminosas, el aumento de la Fibra dietética no puede explicarse solo por interacción entre lípidos y carbohidratos, sino que el tratamiento casero y/o comercial promueven otro tipo de interacciones que aumentan el contenido de polisacáridos no almidones y/o propicia la formación de almidones modificados, capaces de

resistir la acción enzimática y en consecuencia aumentar el contenido de fibra dietética total del alimento en cuestión. Con lo antes descrito se puede agregar que la combinación de la leguminosa con el cereal mejoró notablemente la propiedad nutrimental de las barras en cuanto a fibra dietética total se refiere. La comparación de los resultados obtenidos en el presente ensayo con lo antes señalados permiten concluir que el tratamiento térmico de cocción y tostado, ocasionan un aumento considerable en el contenido de fibra dietética total, de lo cual faltaría por determinar qué transformaciones, y/o complejos químicos específicos ocurren entre los componentes nutrimentales de estos alimentos capaces de aumentar la fibra dietética total en las barras.

En cuanto a estudios previos en lo que a fibra dietética total en mezclas cereal-leguminosa se refiere, no existen los que sean útiles para la comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

La barra de arroz integral – lenteja (001) fue elegida como la que presentó mayor contenido de fibra dietética en relación a la barra de arroz integral – garbanzo. Para proteína, las dos barras presentaron semejanza en su contenido, siendo este menor a lo esperado para cumplir el 10% del requerimiento de proteína en una colación dentro de la dieta del adolescente propuesto en esta investigación. Sin embargo, el contenido de fibra fue mayor a lo esperado para cumplir con el 10 % del requerimiento de fibra en una colación dentro de la dieta del adolescente.

La importancia de la fibra dietética radica en el hecho de que han efectuado muchos estudios que relacionan la ausencia de esta fibra con diversos problemas de salud tales como: constipación, diverticulosis, colitis, hemorroides, estreñimiento, cáncer de colon y en el recto, problemas cardiovasculares y diabetes. (Badui, 1994; Sangronis y Rebolledo, 1993) Por lo que la barra elaborada y procesada brinda los beneficios propios de la fibra dietética, previniendo la aparición de alguno de los padecimientos antes mencionados.

Al comparar el contenido de proteína y fibra dietética de las barras elaboradas a base de cereal-leguminosa con los de una barra comercial elaboradas a base de arroz, trigo y suero de leche, se observa que la barra cereal-leguminosa presenta menor contenido de proteína (1.94 y 1.97g/100g con 7.5g/100g, respectivamente). Sin embargo se presenta un elevado contenido de fibra dietética en las barras cereal-leguminosa (16 y 18 g/100g) en relación al encontrado en la barra comercial (0g/100g). Estos resultados reflejan que las barras pueden ser propuestas como un alimento optativo como buena fuente en fibra dietética, el cual tiene gran importancia en la prevención de diversas enfermedades desde temprana edad.

**Cuadro 6. Fibra dietética total y fibra cruda en el arroz integral y en las barras elaboradas. (g/100g en base seca).**

Muestras	Fibra cruda	Fibra dietética total
Arroz integral	0.61 ± 0.03*	6.03 ± 0.04*
Barra arroz integral lenteja	19.17 ± 0.19*	18.86 ± 0.09*
Barra arroz integral garbanzo	12.69 ± 0.07*	16.20 ± 0.03*

\* Presentan diferencia significativa (p<0.05)

#### 8.4 Determinación de taninos en las leguminosas crudas, leguminosas germinadas y en las barras elaboradas.

Los resultados en el contenido de taninos en las leguminosas sin procesar y de las barras elaboradas de cereal-leguminosa procesadas (cuadro 7), revelaron una disminución en los taninos para las barras procesadas (barra 001 de 90.7 a 110.7 mg; y barra 002 de 384.1 a 32.2 mg ). En estos resultados se presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) observándose en la barra arroz integral-lenteja mayor presencia y disminución de taninos (907.4 a 110.7 mg). Tales resultados pueden deberse al proceso de germinación y a los tratamientos térmicos, los cuales provocan efectos positivos como son la disminución de compuestos antifisiológicos. (Sathe *et al*, 1983; Borejsszo y Khan, 1992).

Al comparar el contenido de taninos en las leguminosas lenteja (*Lens culinaris*) y garbanzo (*Cicer arietinum*) crudas con las leguminosas germinadas, se encontró una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) de los taninos en las leguminosas germinadas en relación al contenido original en las leguminosas crudas (lenteja cruda 90.7 mg /100 g y lenteja germinada 337.3 mg/100 g; garbanzo crudo 384.1 mg /100 g y garbanzo germinado 58.8 mg/100 g). Las leguminosas mostraron diferencias significativas en el contenido de taninos al ser germinados durante 3 días, estos resultados difieren a lo reportado por Ayet *et al* en 1997, quienes obtuvieron un aumento en el contenido de taninos en lenteja (*Lens culinaris*) germinada en 3 días ( 3.80 a 3.94 g /100 g, respectivamente). Rincón *et al* en 1998, determinaron el contenido de taninos presente en garbanzo (*Cicer arietinum*), los resultados obtenidos fueron 0.671-0.489 mg /100 g, estos resultados difieren con el obtenido en el garbanzo (384.1 mg /100 g) el cual fue mayor para este estudio. Álvarez *et al* en 1997 reportó una disminución en el contenido de taninos en el germinado de sorgo a las 72 horas (0.25 a 0.22 g /100 g ), mientras que Camacho *et al* en 1992 reportó un reducción significativa en los niveles antinutricionales de fitatos en garbanzo (3.9 a 2.2 mg /100 g) y lenteja (3.1 a 1.5 mg /100 g); por otro lado, Kelkar *et al* en 1996 mencionan que los métodos comunes de procesamiento en cereales y leguminosas como la cocción en agua, la germinación, la fermentación, el tostado y el freído tienen por objetivo la reducción de algunos de los factores antinutricionales. Lo antes reportado es comparable y coincide con los resultados obtenido en las leguminosas crudas, leguminosas germinadas y barras elaboradas en esta investigación.

**Cuadro 7. Contenido de taninos en leguminosas crudas, germinadas y en las barras de arroz integral – lenteja y arroz integral - garbanzo. (mg / 100g en base seca)**

Muestras	Taninos
Lenteja cruda	907.4 ± 0.56 *
Lenteja germinada	337.3 ± 0.76 *
Barra de arroz integral-lenteja	110.7 ± 0.21 *
Garbanzo crudo	384.1 ± 0.63 *
Garbanzo germinado	58.8 ± 0.83 *
Barra arroz integral-garbanzo	32.2 ± 0.56 *

\* Presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

## 7.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

### 7.5.1 Prueba de nivel de agrado

En la gráfica 1 se muestra el nivel de agrado de la barra elaborada a base de arroz integral – lenteja; observándose una mayor frecuencia en la calificación 7 para la escala hedónica equivalente a “gusta moderadamente” con un 34 % con un porcentaje global del nivel de agrado de 60 % (sumatoria de los porcentajes de las calificaciones 9,8,7, y 6 de la escala hedónica) lo que significa que la barra evaluada sensorialmente fue del agrado de los jueces.

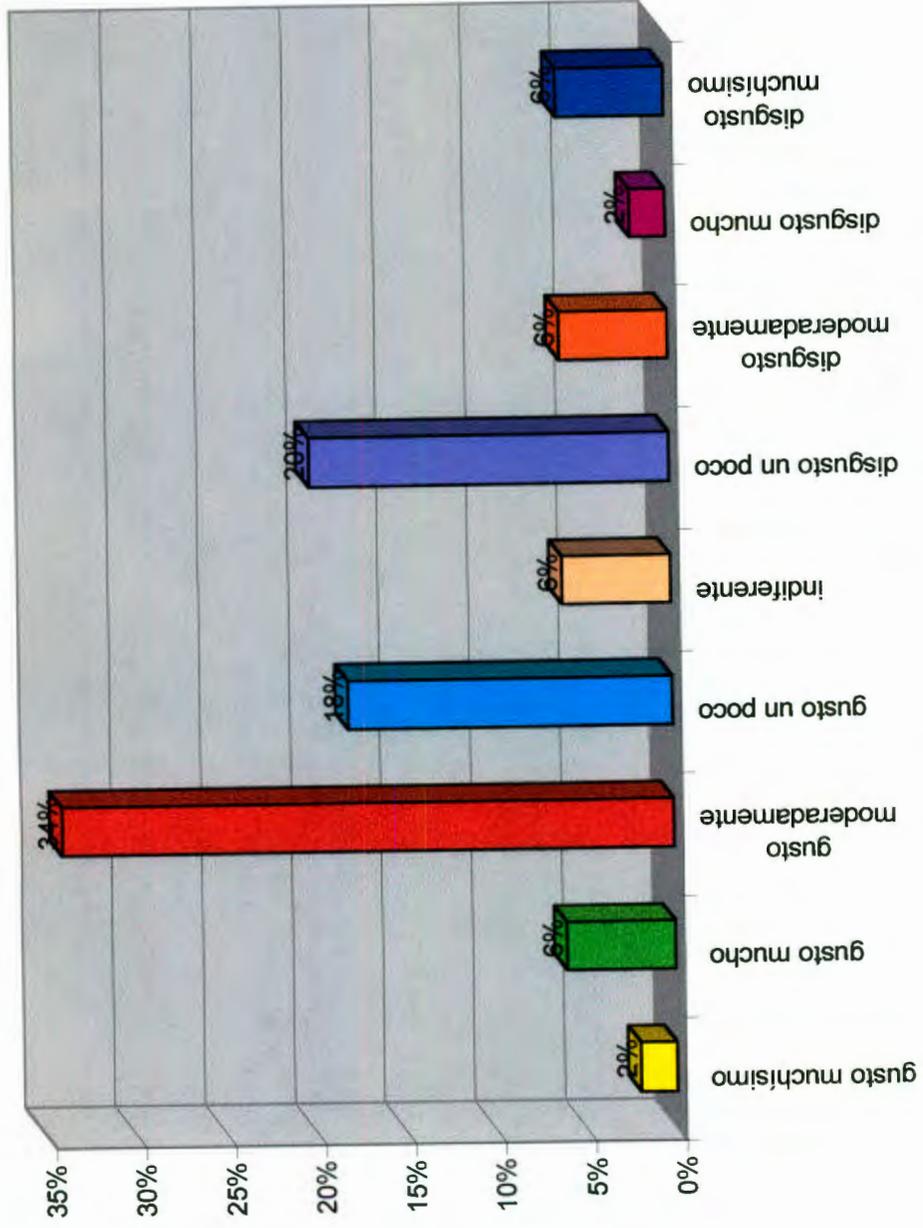
En la gráfica 2 se indica el nivel de agrado de la barra elaborada a base de arroz integral – garbanzo. Obteniéndose una mayor frecuencia en la calificación 4 en la escala hedónica equivalente a “gusta un poco” con un 32%, con un porcentaje global del nivel de agrado del 68 % (sumatoria de los porcentajes de las calificaciones 9,8,7, y 6 de la escala hedónica) lo que significa que la barra evaluada sensorialmente fue del agrado de los jueces.

Comparando los resultados obtenidos entre las barras se observa mayor frecuencia en “gusta moderadamente” (34 %) para la barra arroz – lenteja en relación con la barra arroz integral – garbanzo que tuvo una frecuencia del 28 % en la misma calificación, lo que se traduce en un mayor agrado para la barra elaborada con arroz integral – lenteja por parte de los jueces. Estadísticamente, no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el nivel de agrado de las dos barras elaboradas. (ver cuadro 8)

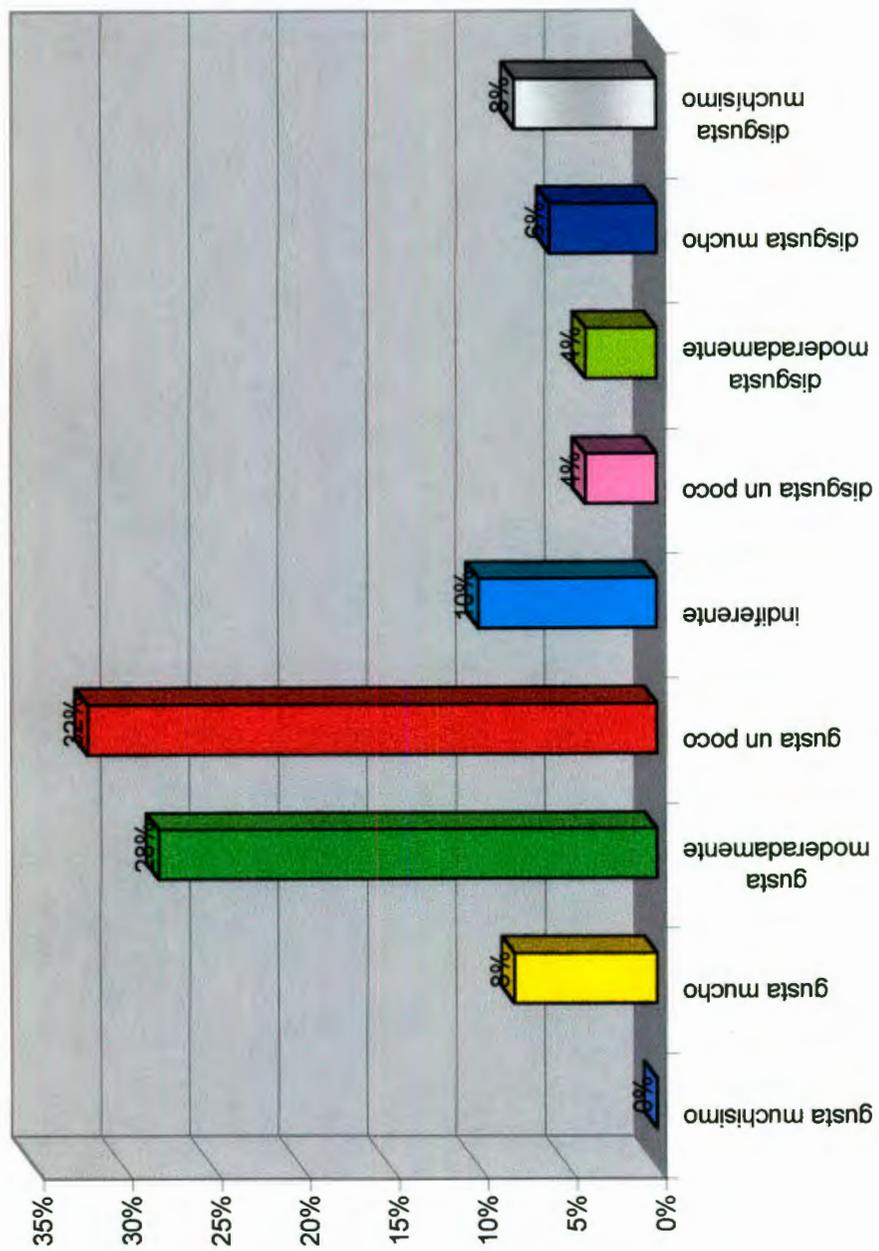
**Cuadro 8. Desviación estándar y la media del nivel de agrado de las barras arroz integral – lenteja y arroz integral – garbanzo**

Muestra	Promedio $\pm$ D.E
Barra de arroz integral - lenteja	5.5 $\pm$ 1.95
Barra de arroz integral - garbanzo	5.5 $\pm$ 2

**Gráfica 1. Resultados del nivel de agrado de la barra  
arroz integral-lenteja**



**Gráfica 2. Resultados del nivel de agrado de la barra arroz integral-garbanzo**



Con respecto a las características sensoriales de las barras elaboradas a base de cereal – leguminosa, se expresa que la característica de **color** de las barras no gusto a más del 50 % de los jueces. Referente a la **textura** se obtuvo mayor puntuación en la categoría de *crujiente* para las dos barras y fue calificada como buena por más del 50 % de los jueces. En cuanto al **olor** a más del 50 % de los jueces les pareció desagradable en ambas barras. Referente al **sabor** ambas barras obtuvieron mayor puntuación en la categoría *picante* y fue calificado como bueno por más del 50 % de los jueces.

La calificación sensorial global de las características de ambas barras : color, olor, textura y sabor obtenida de las encuestas mostró que más del 50 % de los jueces evaluaron con un rango de calificación de 20 – 40 puntos lo que significa que las características sensoriales de las barras son buenas. Resultados semejantes obtuvo Suryawanshi *et al*, 1998 al elaborar barras de garbanzo y evaluar sus características sensoriales a excepción del olor, característica que no incluyo en su investigación.

Al realizar el análisis estadísticos de la t de student se comprobó que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en el nivel de agrado entre las dos barras elaboradas y de igual manera no existe diferencia significativa en las características sensoriales (color, olor, sabor, textura) entre ambas barras. (ver cuadro 9)

**Cuadro 9. Desviación estándar y la media de las características sensoriales (color, olor, sabor y textura) de las barras arroz integral – lenteja y arroz integral – garbanzo**

Muestra	Promedio ± D.E
Barra de arroz integral - lenteja	23.57 ± 6.69
Barra de arroz integral - garbanzo	21.93 ± 9.53

Los resultados de la evaluación de las características sensoriales para las barras se presentan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 10. Evaluación sensorial de las características de las barras arroz integral – lenteja y arroz integral - garbanzo.**

Barra	Color	Olor	Textura	Sabor
001	Gusta 8%	Agradable 33 %	Suave 0 %	Insípido 38%
	Indiferente 47%	Indiferente 43%	Semicrujiente 10%	Salado 10 %
	No gusta 45 %	Desagradable 24%	Crujiente 90%	Picante 52 %
002	Gusta 8%	Agradable 16 %	Suave 0%	Insípido 6 %
	Indiferente 47 %	Indiferente 61%	Semicrujiente 53%	Salado 29 %
	No gusta 45 %	Desagradable 23%	Crujiente 47%	Picante 65 %

## 7.6 ENCUESTA DIETÉTICA DE RECORDATORIO DE 24 HORAS

Los datos resultantes en la encuesta dietética de recordatorio de 24 horas revelaron una ingesta energética variable; en aquellos casos donde la ingesta de alimentos resultó baja, no se puede asegurar que exista un déficit alimentario ya que hay que tener en cuenta que estos datos dependen de la memoria del individuo, y el consumo de alimentos puede ser irregular a lo largo de la semana. Estos resultados tienen amplia trascendencia desde el punto de vista de vigilancia alimentaria-nutricional. Desde esta perspectiva se destaca: en primer lugar, un alto consumo de cereales (hombres: 100%, mujeres: 97%) y grasas (100% y 100%, respectivamente), lo que significa un aporte rico en niacina, hidratos de carbono; vitamina E, ácidos grasos poliinsaturados. En segundo lugar, un elevado consumo en carnes (90% y 94%, respectivamente) y lácteos (83% y 77%), lo que constituye una fuente importante de proteína, hierro de elevada biodisponibilidad, de calcio y vitamina A. En tercer lugar, un bajo consumo de frutas en el caso de los hombre 33% , y verduras en ambos sexos ( 39% y 42%, respectivamente) así como de leguminosas (3.0% y 16% respectivamente), lo que sugiere una ingesta disminuida de carotenos, algunas vitaminas, minerales y fibra. Y por último, un alto consumo de productos industrializados ricos en azúcares (78% y 77%, respectivamente). Los datos obtenidos en la encuesta dietética es similar a lo reportado por Pacin et al, 1999 con respecto al consumo de grupos de alimentos. Sin embargo, Duarte, 2000, refiere que la leche es altamente consumida por los adolescentes tanto en el desayuno, comida y cena; destaca la escasa prevalencia del consumo de comida rápida y alimentos procesados (hamburguesas, pizzas) lo que refleja una correcta conducta alimentaria. Señala también, la gran cantidad de golosinas que consumen los adolescentes no solo entre horas (81.7%) sino también a la hora del recreo (13.14%) y merienda. La Coca-cola y los refrescos son bastante consumidos tanto en la comida (18.04%) como en la merienda (22.7%) y cena (4.6%), lo cual se reflejó de igual manera en los datos obtenidos de la encuesta dietética de esta investigación.

Los hábitos y prácticas nutrimentales del adolescente requieren de especial cuidado, ya que de lo contrario ellos pueden llegar más tarde (en su edad adulta), a padecer serios problemas de salud, como obesidad, diabetes, hipertensión, osteoporosis, trastornos cardiovasculares. Es por eso que constantemente debe aconsejarseles para estimularlos a mantener una dieta recomendable, mediante adecuados hábitos alimentarios, al mismo tiempo que deben sugerirse ciertas normas de actividad física.

Los alimentos que predominaron en la encuesta dietética del recordatorio de 24 horas por grupo de alimentos fueron:

### Para mujeres:

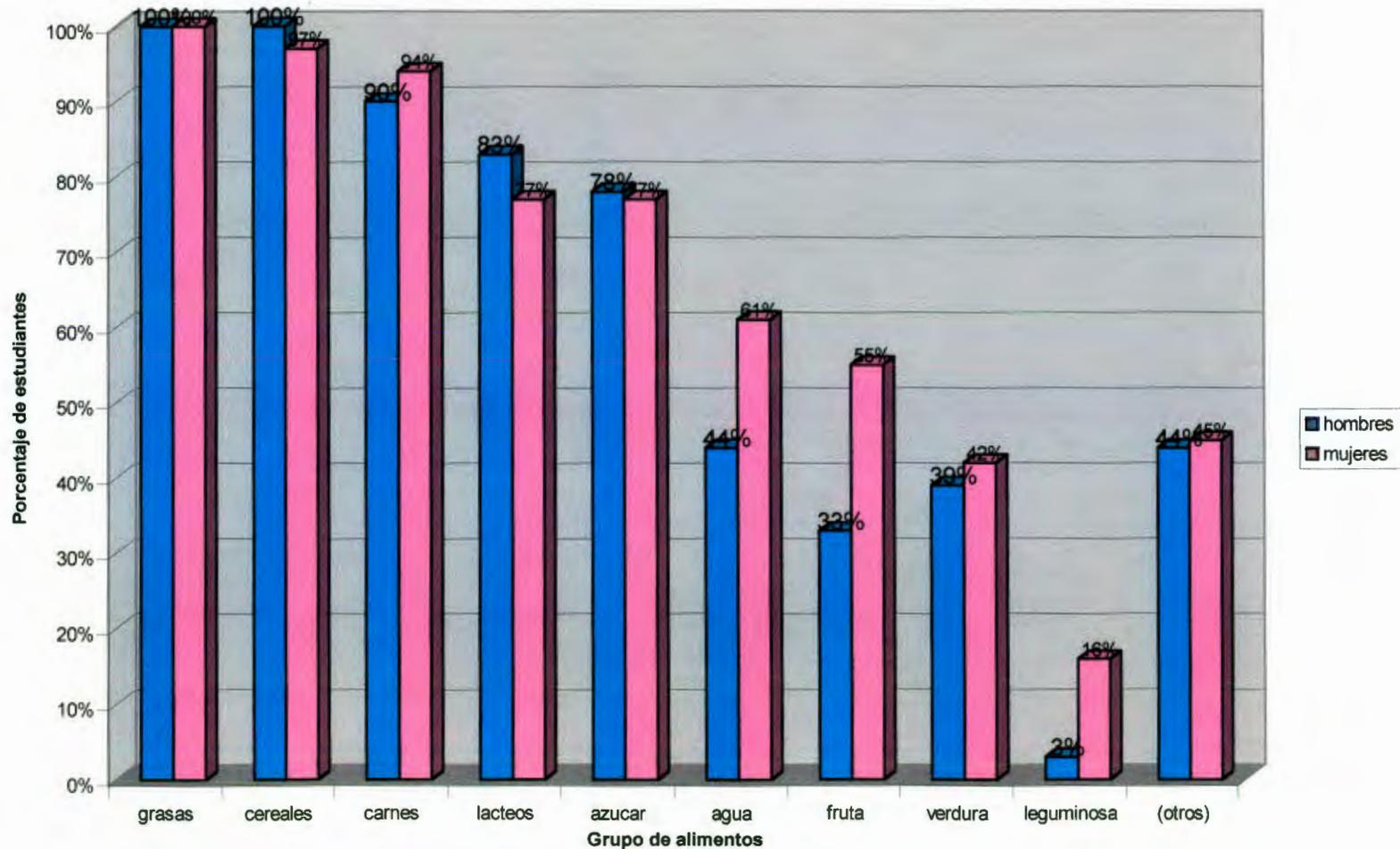
Grasas - aceite vegetal, crema y mayonesa  
Cereales – arroz, tortillas, cereal comercial, galletas dulces, churros  
Carnes – bistec, atún, pollo  
Lácteos – leche, queso Oaxaca  
Azúcar – chicles, refrescos, chocolates  
Agua – natural  
Frutas- plátano, manzana  
Verduras – cebolla, jitomate, lechuga  
Leguminosas – frijoles

Para hombres:

Grasas – aceite vegetal, aguacate, queso amarillo  
Cereales – cereal comercial, arroz, tortilla, pan dulce, bolillo  
Carnes – bistec, jamón, salchicha  
Lácteos – leche, yogur  
Azúcar – chocolate, refresco  
Agua – de frutas  
Fruta – jugos, plátano  
Verdura – cebolla jitomate, lechuga  
Leguminosa - frijoles

La gráfica 3 muestra un mayor consumo en grasa, cereales, carnes , lácteos y azúcares para ambos géneros y un menor consumo en agua, frutas, verduras y leguminosas, lo que indica una elevada ingesta de proteína y energía y por consiguiente una baja ingesta en fibra, vitaminas, nutrimentos inorgánicos y agua. El término otros en la gráfica se refiere a alimentos picantes (salsas caseras y / o salsas industrializadas).

### Grafica No. 3 Resultados del consumo por grupo de alimentos de los adolescentes encuestados



## VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que:

- En las dos barras elaboradas y procesadas se observó un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) en el contenido de fibra cruda en relación con el arroz integral sin procesar.
- Se detectó una disminución en el contenido de proteína en las barras elaboradas y sometidas al tratamiento térmico de tostado y de secado. No se observó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellas. Estos resultados pudieran deberse a los tratamientos aplicados.
- En relación al contenido de grasa, se observó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en las barras elaboradas y procesadas con respecto al arroz integral sin procesar, lo cual pudiera adjudicarse al sinergismo cereal – leguminosa.
- Las barras elaboradas y procesadas presentaron un incremento en el contenido de cenizas con respecto al arroz integral, el cual pudiera deberse a la sal adicionada al agua en el cocimiento del arroz y al sinergismo cereal – leguminosa.
- De las tres técnicas de germinación utilizadas para las leguminosas, tuvieron mejor resultado en cuanto a método y tiempo, la técnica en tela de algodón y tela de plástico. En dichas técnicas la germinación tuvo lugar en tres días y su método fue sencillo y fácil. El tostado tuvo buenos resultados para los granos de lenteja y garbanzo.
- No se mejoró la digestibilidad de proteína *in vitro* en las barras elaboradas y procesadas. Las barras presentaron disminución significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto a la digestibilidad de proteína del arroz integral sin procesar. No se encontró diferencia significativa de esta digestibilidad entre las barras.
- Las dos barras elaboradas y procesadas presentaron un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) en fibra dietética en relación al arroz integral sin procesar. Esto pudiera deberse al rompimiento de sus componentes (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, gomas), además de propiciar la interacción y enlace de sus sustancias con proteínas y lípidos, al igual que la asociación entre los almidones y proteínas, taninos y proteínas, y taninos y almidones que se presentan en diferentes alimentos de origen vegetal después de ser sometidos a tratamientos térmicos (como cocción) y que causan un aumento en la fibra dietética.
- El contenido de taninos tuvo una disminución en las leguminosas germinadas teniéndose diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto a las leguminosas sin germinar. Así también se observa una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) en las barras elaboradas y procesadas con respecto a las leguminosas sin germinar.

- la encuesta dietética de recordatorio de 24 horas revelaron una ingesta energética variable; en aquellos casos donde la ingesta de alimentos resultó baja, no se puede asegurar que exista un déficit alimentario ya que hay que tener en cuenta que estos datos dependen de la memoria del individuo, y el consumo de alimentos puede ser irregular a lo largo de la semana. Estos resultados tienen amplia trascendencia desde el punto de vista de vigilancia alimentaria-nutricional. Desde esta perspectiva se destaca: en primer lugar, un alto consumo de cereales y grasas, lo que significa un aporte rico en niacina, hidratos de carbono; vitamina E, ácidos grasos poliinsaturados. En segundo lugar, un elevado consumo en carnes y lácteos, lo que constituye una fuente importante de proteína, hierro de elevada biodisponibilidad, de calcio y vitamina A. En tercer lugar, un bajo consumo de frutas en el caso de los hombre y, verduras y leguminosas en ambos sexos, lo que sugiere una ingesta disminuida de carotenos, algunas vitaminas, minerales y fibra. Y por último, un alto consumo de productos industrializados ricos en azúcares.
- Los resultados obtenidos entre las barras se observa mayor frecuencia en “gusta moderadamente” (34 %) para la barra arroz – lenteja en relación con la barra arroz integral – garbanzo que tuvo una frecuencia del 28 % en la misma calificación, lo que se traduce en un mayor agrado para la barra elaborada con arroz integral – lenteja por parte de los jueces. Estadísticamente, no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el nivel de agrado de las dos barras elaboradas.
- Es posible elaborar barras preparadas a base de cereal –leguminosa con buenas propiedades nutrimentales, toxicológicas y sensoriales como opción de alimento dentro de la dieta del adolescente.
- Actualmente como profesionales de la nutrición preocupa el bajo consumo de leguminosas por parte de la población adolescente, por lo que el producto elaborado en esta investigación es una buena opción para promover este consumo, además de que una buena orientación alimentaria es esencial para este propósito.

## **X. POSIBLES APLICACIONES Y USOS.**

- Proporcionar información sobre las características y contenido nutrimental de las barras elaboradas en la presente investigación. Puede ser útil para el consumo de todos los grupos de edades en especial las más vulnerables debido a sus características nutrimentales ,y por ende ponerse al alcance de la población tanto urbana como rural por ser una opción barata frente a otros productos comerciales que no ofrecen el contenido nutricio de estas barras cereal – leguminosa.
- Como opción en la alimentación habitual de las personas cuya dieta sea un factor predisponente a padecimientos tales como estreñimiento, cáncer de colon, diabetes, etc.
- La publicación de esta investigación como artículo en una revista internacional, para dar a conocer tanto la licenciatura en nutrición que nos formó , como para mostrar que en México aún hay muchas cosas por hacer y las que se están haciendo son de calidad.
- La inclusión de este producto en un programa alimentario o en su defecto al sector comercial para su distribución a gran escala.
- Investigar posible adición, fortificación o enriquecimiento con micronutrientes a las barras para mejorar su contenido nutrimental y lograr un alimento de excelente calidad.

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesina, A.A., Sowbhagya, M.C., Bhattacharya, S. Y Zakiuddin, A.S. 1998. Maize- soy-based Ready- to- eat Extruded Snack Food. *J. Food Sci. Technol.* 35 (1):40-43.
- Agudelo, R.A., Alarcón, O.M. y Fliedel, G. 1998. Efecto de la cocción sobre la digestibilidad proteica del sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 48 (1): 47- 51.
- Alanis, M.G.G., González ,M.R.Q. y Mercado, H.R. 1998. Efecto de la cocción sobre la composición química y valor nutricio de la semilla de *Pithecellobium flexicaule* (Bent). *Arch. Latinoamer. Nutr.* 48 (4) : 328-333.
- Alfonzo, G.G. 2000. Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 50(3):281 – 285.
- Alvarez, R.A., Castellanos, R.M., Martínez, F.B. y Cruz, C.M. 1997. Cambios en algunos factores antifisiológicos y nutritivos de la semilla de las semillas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] durante la germinación. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 47(2):136-140.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis, 15<sup>TM</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Arellano, M.L., Cid ,J.A., Gimenez, L.T. y Mucciarelli, S. 1998. Evaluación químico – nutricional de *Sorghum saccharatum* var. *Sugar drip*. Estudio de complementación con proteína de lactosuero. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 47 (4):324 –327.
- Ayet, G., Burbano, C., Cuadrado, C., Pedrosa, M., Robredo, L., Muzquiz, M., Cuadra, C., Castaño, A., Osagie, A. 1997. Effect of germination, under different environmental conditions, on saponins, phytic acid and tannins in lentils (*Lens culinaris*) *J. Food Sci. Agric.* 74: 273 - 279
- Baduí, S. 1994 . Química de los alimentos. Ed. Universidad, México, D.F.
- Beta, T., Rooney, L.W., Marvatsanga, L.T. and Taylor, J.R.N. 1999. Phenolic compounds and kernel characteristic of Zimbabwean sorghums. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1003-1010
- Bianchini, F., Corbetta, F. 1974. Frutos de la tierra, Atlas de las plantas alimenticias. Ed. AEDOS, Barcelona : 26-27, 40-41.
- Borejszo, Z. And Khan, K. 1992. Reduction of flatulence – causing sugars by high temperature extrusion of pinto bean high starch fractions. *J. Food Sci.* 57:771-772.

Borlaug, N.E. y Enkerlin, E.H. 1997. Agricultura y alimentación, cap. 13, en: Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Eds. Enkerlin, E.C, Cano, G., Garza, R.A. y Vogel, E. International Thomson Editores, México ,D.F.

Bourges, H.R. 1987. Las leguminosas en la alimentación humana. Cuadernos de Nutrición. 10(2):17 – 33.

Bourges, H.R. 1989. La fibra al desnudo. Cuadernos de Nutrición. 12(5):33 – 37.

Camacho et al. 1992. Cambios nutricionales inducidos por la germinación de leguminosas de consumo habitual en Chile. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 42:283 – 291.

Carnovale, E. Y Lintas, C. 1995. Dietary fibre: effect of processing and nutrient interactions. Eur. J. Clin. Nutr. 53: 307 –311

Casanueva, E. et al. 1995. Nutriología Médica. Ed. Médica Panamericana, México, D.F. : 391, 403 – 406.

Cassis, M.L., Morales, J. 1995. El garbanzo (*Cicer arietinum*). Cuadernos de Nutrición. 18(5): 11 – 15.

Chauhan ,G.S. and Tomar, N.S. 1998. Varietal effects on the quality of fried soy snacks. J. Food Sci. Technol. 35 (2):171- 173.

Chávez, A.,Martínez,C.,Soberanes,B.1992. Efecto de la mala nutrición sobre el desarrollo de adolescentes rurales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 42: 27-30.

Chung et al. 1998. Are tannins a double – edged sword in biology and health. Food Science and technology. 9:168 – 175.

Del Castillo, V.C., Armada, M., Gottifred, J.C. 1999. Formulación y caracterización de un alimento suplementario para deportistas. Arch. Latinamer. Nutr. 49(1):62-66.

Duarte, M.A. 2001. Estudio sobre hábitos alimentarias en escolares adolescentes, España. [www.medynet.com/elmedico/publicacionescentrosalud5/310-314](http://www.medynet.com/elmedico/publicacionescentrosalud5/310-314).

Durán, A. 2000. En escuelas publicas y particulares fomentan el consumo de productos chatarra. La jornada, México , D.F.

Escobar, B.A., Estévez, A.M.A., Tepper, A.L. y Aguayo, M.R. 1998. Características nutricionales de barras de cereales y maní. Arch. Latinoamer. Nutr. 48(2):156-159.

Estévez, A.M., Escobar, B.A., Tepper, L., Castillo, E. V. 1998. Almacenamiento y uso de antioxidantes en barras de cereales y maní. Arch. Latinoamer. Nutr. 48(2):160-163.

Fajardo, R.A.,Eichner, R.B. y Muñiz, V.I. 1996. Diccionario de términos de nutrición. Ed. Auroch, México

- Fernández, R.A., Ulate, M.G. 1998. Factores de riesgo de enfermedades de arteria coronaria en universitarios de 17 a 19 años de edad. *Rev. Invest. Clín.* 50 (6):457 – 462.
- García- Osorio, C. Y Vázquez, C.M.G. 1997. Evaluación de la calidad nixtamalera de mezclas maíz – frijol endurecido (*Zea mays* – *Phaseolus vulgaris*). *Arch. Latinoamer. Nutr.* 47 (4):377- 381.
- Gómez- Juárez, C., Castellans-Molina, R. y Zalazar-Zazueta, A. 1998. Evaluación de las características reológicas y sensoriales de panes elaborados a base de una mezcla de concentrado proteico de girasol y proteína texturizada de soya. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 47(4)165-168.
- Gutiérrez, B. 1983. Germinados, el alimento más perfecto y completo. Ed. Posada, México, D.F.: 154 –56.
- Hend, G. And Shastri, P. 1998. Studies on *In vitro* digestibility of some select Bengalgram products. *J. Food Sci. Technol.* 35:445.
- Hernández, L. A. (1992). Situación del arroz en México. *Cuader. Nutr.* 15(6): 25
- Herrera, I.M.B., Eglis, P., González, G., Romero, J.G. 1998. Fibra dietética soluble, insoluble y total en leguminosas crudas y cocidas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 48(2):179 - 182
- Hodgson, M.I. 2002. Curso salud y desarrollo del adolescente. Evaluación nutricional – riesgos nutricionales, Chile.  
[www.escuela-med.pu.cl/ops/curso/lecciones/leccion06/M2L6leccion.html](http://www.escuela-med.pu.cl/ops/curso/lecciones/leccion06/M2L6leccion.html).
- INEGI. 1990. El sector alimentario en México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Comisión Nacional de Alimentación. Ags. , México.
- Kelkar, M., Shastri, P. And Rao, B.Y. 1996. Effect of processing on in vitro carbohydrate digestibility of cereals and legumes. *J. Food Sci. Technol.* 33(6): 493-497.
- Kulkarni, S.D. 1997. Roasted soybean in cookies: Influence on product quality. *J. Food Sci. Technol.* 34(6): 503-505. (a)
- Kulkarni et al. 1997. Extrusion cooking of soy – cereal y tuber blends: product properties. *J. Food Sci. Technol.* 34: 509 – 512. (b)
- Lee, L.,B.K. and Czuchajowska, Z. 1998. Garbanzo bean flour usage in cantonese noodles. *J. Food Sci.* 63 (3): 552-558.
- Leyes y Códigos de México. 1996. Ley General de Salud. Ed. Porrúa

- Lintas, C. Y Capeloni, M. 1998. Content and composition of dietary fiber in raw caged vegetables. *Food Sci. Nutr.* 42 :117 –124.
- López, G., Ros, G., Rincón F., Periago, M.J. y Ortuño J. 1997. Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismos de acción en el tracto gastrointestinal. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 47 (3): 203-207
- Mahan, K., Arlin, M. 1995. *Nutrición y Dietoterapia de Krause*. Ed. Mac Graw –Hill, 8a. Edición, México, D.F. :481 –85.
- Martínez, V.I., Periago, M.I. y Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 50 (1): 5 – 18.
- Muñoz, M. et al. 1996. *Tablas de valor nutritivo de los alimentos y de mayor consumo en México*. Ed. Pax, México, D.F.
- Myers, D.J. 1993. Industrial applications for soy protein and potential for increased utilization cereal foods world. 38: 355 –360.
- Mongeau , R., Brassard, R., Malcom, S., y Sham, B. 1991. Effect of dietary cereal grains on body weight and blood lipids in a long-term rat experiment. *Cereal Chem.* 65(5): 448-453.
- Norma Oficial Mexicana. NOM – 147 –SSA 1- 1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas y semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- Pacin, A., Martínez, A., Pita, M. y Neira, M. 1999. consumo de alimentos e ingesta de algunos nutrientes en la población de la Universidad nacional de Luján, Argentina. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 49 (1): 31 – 39.
- Paramjyothi, S. And Mulimani, V.H. 1996. Effect of sprouting, cooking and dehulling on polyphenols of redgram (*Cajanus cajan*, L.) J. *Food Sci. Technol.* 33 (3): 259-260.
- Periago ,M.J., Ross ,G. And Casas ,J.L. 1997. Non – starch polysaccharides and in vitro starch digestibility of raw and cooked chick peas. *J. Food Sci.* 62(1):93-96.
- Pedrero, D. L. y Pangborn, R.M. 1989. *Evaluación Sensorial de los alimentos*. Alhambra Mexicana, S. A. de C. V. México.
- Ranhtra, G. S., Gelroth, J.A., Astroth, K. y Bhatti, R.S. 1991. Relative lipidemic response in rats fed barley and oats meals and their fractions. *Cereal Chem.* 68 (5):448-451.
- Ramos, G. 1993. *Alimentación normal en niños y adolescentes. Teoría y Práctica*. Ed. El manual moderno, México, D.F. 685 –719.

- Rascón, P.R., López, C.L. 1998. El consumo de alimentos preparados con maíz, trigo y arroz, y su relación con la incidencia de cáncer gástrico en México. Arch. Latinoamer. Nutr. 48(3):221-224.
- Rincón, F., Martínez, B., Ibáñez, V. 1998. Substances in Chickpea (*Cicer arietinum*) as affected by the biotype factor. J. Food Sci. Agric. 78:382 – 388.
- Reyes, C.M. Paredes, O.L. Endurecimiento del frijol común: estrategias para su prevención y alternativas tecnológicas para su utilización. Cuadernos de Nutrición. 15(2): 17 – 32.
- Robinson, C.H. 1973. Fundamentos de Nutrición Normal. 4ª ed. Ed. Continental S.A de C.V. México.
- Ruiz, M. 2001. proteína suficiente, una buena combinación es lo congruente. Revista del consumidor (PROFECO) 293:52 –55.
- Ruiz, M. 1999. Germinados: un excelente opción de alimentación. Revista del consumidor (PROFECO).269: 60- 63.
- Sangronis, E., Cafiero, J; Musqueda, M. 1997. Calidad de pastas suplementadas con salvado de arroz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 47(2):141 – 145.
- Sangronis, E., Rebolledo, M.A. 1993.Fibra dietética soluble, insoluble y total en cereales, productos derivados de su procesamiento y en productos comerciales a base de cereales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 43(3):258 – 263. (a)
- Sangronis, E., Rebolledo, M.A. 1997. Calidad de cocción de pastas largas suplementadas con salvado de arroz. Arch. Latinoamer. Nutr. 47(2): 146-151. (b)
- Sathe, S.K., Deshpande, S.S., Reddy, N.R., Goll, D.E. and Salunke, D.K. 1983. Effects of germination on proteins, raffinose oligosaccharides, and nutritional factor in the great northern beans (*Phaseolus vulgaris* L.) J. Food Sci. 48:1796-1800.
- Saura, C.F, Goñi, I., Bravo, L. y Mañas, E. 1992. Formation of resistant starch in deproteinized and not deproteinized beans. Eur. J. Clin. Nutr. 46 (2):109 s – 111 s.
- Schmelkes, C. 1998. manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis). Ed. Harla, México, D.F.: 84 – 95, 122- 123.
- Suryawanshi, R., Snehalatha, R., Sawate, A. 1998. Physico – chemical characteristics and acceptability of snacks of different varieties of Chickpea (*Cicer arietinum*). J. Food Sci. Technol. 35 (2): 179 – 182.
- Tettweiler, P. 1991. Snacks Foods Worldwide. Food Tech. (February):58-62.
- Wang, N., Bhirud, P. R. Y Tayler, R. T. 1999. Extrusion texturization of air-classified pea protein. J. Food Sci. 64(3):509-513

William, I.C. 1995. Fibra para niños y recomendaciones para su consumo. Resúmenes. V simposio internacional sobre fibra dietética, Kellogg's.

Wilson, I. 2002. Adolescencia y nutrición. [www.midocorweb.com/canales/bebes1018b.asp](http://www.midocorweb.com/canales/bebes1018b.asp)

Wyatt, J.C. 1998. Evaluation of the composition of the regional diet in Sonora, México: Incidence of colon cancer. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 48(3): 225-230

Yokoyama, W. H. Knuckles, B.E. Starfford, A. And Ingett, G. 1998. Raw and processed oat ingredients lower plasma cholesterol in the hamster. *J. Food Sci.* 63(4): 713-715.

Young, V. R. y Pellet, P. L. 1994. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *A, J. Clin. Nutr.* 59 (suppl): 1203S-1212S

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

**TABLA  
REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA CEREAL-  
LEGUMINOSA.**

MEZCLAS OPTIMAS DE ARROZ CON DIVERSAS LEGUMINOSAS			
ARROZ	LEGUMINOSA	CALIFICACION QUIMICA	AMINOACIDO LIMITANTE
90.4 g	9.6 g de frijol	91.4%	Lisina
89.9 g	10.1 g de soya	92.5%	Lisina
87.2 g	12.8 g de garbanzo	91.8%	Lisina
90.4 g	9.6 g de haba	88.3%	Lisina
91.5 g	8.5 g de lenteja	90.7%	Lisina

Bourges, 1987.

## PREPARACIÓN DE REACTIVOS

### MEZCLA CRÓMICA

*Esta mezcla se utiliza en el laboratorio para lavar residuos que están muy impregnados en el material a usar como crisoles, cápsulas, matraces, etc.*

Indicaciones para preparar 1 litro

- Colocar 500ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 1 litro.
- Añadir lentamente con agitación constante 250ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.
- Sumergir el matraz en agua corriente, tapándolo con un vaso de precipitado invertido.
- Agregar 100g de Dicromato de Potasio y mezclar hasta que se disuelva.
- Aforar con agua destilada hasta un litro.

### PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA DETERMINACIÓN DE PROTEINA

#### MEZCLA CATALÍTICA

*Es un reactivo que se utiliza para iniciar la digestión de las proteínas, que se colocan en tubos Labconco.*

Indicaciones para preparar una digestión

- Colocar 1g de sulfato de cobre
- Colocar 20g de sulfato de sodio anhidro
- Mezclar perfectamente estos 2 reactivos

#### PREPARACIÓN DE NAOH AL 50%

*Es utilizable para la destilación de las pruebas de proteínas.*

Indicaciones para preparar 1 litro

- Pesar en la balanza granataria 500g de Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Colocar en una garrafa y agregar 1000ml de agua destilada
- Mezclar hasta disolver.

#### **NOTAS:**

- Es un reactivo altamente corrosivo
- Tomar todas las precauciones necesarias y usar guantes.

## ANEXO 3

### HOJA DE RESPUESTA

#### PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO SEGÚN ESCALA HEDÓNICA ESTRUCTURADA DE 9 PUNTOS

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Serie \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: pruebe la muestra e indique con una "x" su nivel de agrado, de acuerdo con la escala que se presenta a continuación:

Muestra  
001

Muestra  
002

#### ESCALA HEDÓNICA Estructurada

- 9 \_\_ gusta muchísimo
- 8 \_\_ gusta mucho
- 7 \_\_ gusta moderadamente
- 6 \_\_ gusta un poco
- 5 \_\_ me es indiferente
- 4 \_\_ disgusta un poco
- 3 \_\_ disgusta moderadamente
- 2 \_\_ disgusta mucho
- 1 \_\_ disgusta muchísimo

#### ESCALA HEDÓNICA Estructurada

- 9 \_\_ gusta muchísimo
- 8 \_\_ gusta mucho
- 7 \_\_ gusta moderadamente
- 6 \_\_ gusta un poco
- 5 \_\_ me es indiferente
- 4 \_\_ disgusta un poco
- 3 \_\_ disgusta moderadamente
- 2 \_\_ disgusta mucho
- 1 \_\_ disgusta muchísimo

## ANEXO 4

### ENCUESTA SENSORIAL

#### EVALUACION SENSORIAL DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS BARRAS DE CEREAL-LEGUMINOSAS

NOMBRE \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

INTRODUCCION: indica con una "x" su calificación al probar cada muestra de barra presentada.

001		002	
COLOR	Gusta (10) Indiferente (5) no gusta (0)	COLOR	Gusta(10) Indiferente (5) no gusta (0)
TEXTURA	Suave (0) Semicrujiente(5) Crujiente (10)	TEXTURA	Suave (0) Semicrujiente(5) Crujiente (10)
OLOR	Agradable (10) Indiferente (5) Desagradable(0)	OLOR	Agradable (10) Indiferente (5) Desagradable(0)
SABOR	Insípido (0) Salado (5) Picante (10)	SABOR	Insípido (0) Salado (5) Picante (10)