UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO EN ALIMENTOS

Caracterización Parcial de las Proteínas Mayoritarias de Garbanzo Nacional, de Exportación y Rezaga y su Posible Relación con Calidad Comercial

BIBLIOTECA
D. I. P. A.

TESIS

Que para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

Ana Lucía Navarro Contreras

Hermosillo, Sonora

Abril de 1997

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON

"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

CONTENIDO

Página

INDICE DE TABLAS viii

INDICE DE FIGURAS x

RESUMEN xiii

INTRODUCCION 1

OBJETIVOS 3

ANTECEDENTES 5

Importancia del Garbanzo y Alternativas de Procesamiento 5

Molienda 7

Cocimiento 7

Germinación 8

Enlatado y Deshidratación 9

Estadísticas de Producción de Garbanzo 9

Nivel Nacional 10

Nivel Estatal y Regional 12

Normas de Comercialización de Garbanzo 15

Normas de Comercialización 15

Variedades Comercialmente Explotadas a Nivel Regional 18

Estructura de la Semilla y Composición Química 20

Estructura del Grano 20

Página

Proteína..... 22
Carbohidratos..... 24
Lípidos..... 25
Minerales..... 25
Valor Nutricional y Factores Antinutricionales de Garbanzo..... 26
Principales Técnicas Empleadas en la Purificación de Proteínas..... 31
Principales Técnicas de Cuantificación de Proteínas..... 33
MATERIALES Y MÉTODOS..... 38
Materia Prima..... 38
Análisis de la Composición Química..... 40
Condiciones de Extracción de Proteína por Solubilidad..... 41
Obtención de las Fracciones Proteicas..... 42
Cuantificación de Proteína Total Soluble..... 42
Cuantificación de Nitrógeno No Proteico (NNP)..... 43
Liofilización de los Extractos Proteicos..... 44
Evaluación de Calidad Proteica por Digestibilidad *In Vitro*..... 45
Análisis de Composición de Aminoácidos de las Harinas y Fracciones Proteicas de Garbanzo..... 46
Evaluación de los Principales Parámetros de Calidad Comercial..... 49
Tiempo Óptimo de Remojo..... 49
Tiempo de Cocimiento o Cochura..... 49
Color..... 51

Página

Diseño Experimental y Análisis Estadístico de los Resultados..... 52

RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 54

Determinación de Calibres y Composición Química de Garbanzo..... 54

Establecimiento de las Condiciones de Extracción de Proteína..... 62

Cuantificación de las Fracciones Proteicas Mayoritarias de Garbanzo..... 69

Digestibilidad *In Vitro* de Harina de Garbanzo y sus Fracciones Proteicas Albúminas y Globulinas..... 75

Perfil de Aminoácidos de Harina, Albúminas y Globulinas de Garbanzo..... 84

Determinación de Calidad Comercial..... 97

Tiempo de Remojo..... 97

Tiempo Óptimo de Cocimiento..... 100

Medición de Color..... 106

CONCLUSIONES..... 111

RECOMENDACIONES..... 114

REFERENCIAS..... 115

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Estadísticas de Producción de los Principales Estados Productores de Garbanzo a Nivel Nacional Durante el Período 1991-1995	11
2.	Producción Estatal de Garbanzo (Ciclo Agrícola 1991-1995)	13
3.	Producción de Garbanzo Durante los Ciclos 1991-1995 de los Principales Municipios Productores del Estado	14
4.	Clasificación Comercial del Grano de Garbanzo en Base al Calibre	17
5.	Distribución Porcentual de Calibres en Garbanzo	39
6.	Condiciones de Operación del Cromatógrafo HPLC Utilizado en el Análisis de Aminoácidos de Garbanzo	48
7.	Composición Química de Tres Variedades de Garbanzo y sus Calibres (g/100 g prot)	55
8.	Selección de Calibre Para el Establecimiento de las Condiciones de Extracción de Proteína	64
9.	Significancia Estadística del Efecto de los Factores TE, HS y TP en la Eficiencia de Extracción de Proteína	67
10.	Condiciones Óptimas de Extracción de las Fracciones Proteicas Mayoritarias de Garbanzo Obtenida por M.R.S	70

Tabla Página

11. Concentración de Albúminas y Globulinas en los Extractos Proteicos de Garbanzo (mg/5g)..... 71
12. Digestibilidad *In Vitro* de Harinas de Garbanzo..... 76
13. Digestibilidad *In Vitro* de Albúminas de Garbanzo..... 78
14. Digestibilidad *In Vitro* de Globulinas de Garbanzo..... 79
15. Perfil de Aminoácidos de la Harina de Tres Variedades de Garbanzo y sus Calibres (g/100g prot)..... 85
16. Perfil de Aminoácidos de la Fracción Albúmina Liofilizada de Tres Variedades de Garbanzo y sus Variedades (g/100 g prot)..... 87
17. Perfil de Aminoácidos de la Fracción Globulina Liofilizada de Tres Variedades de Garbanzo y sus Calibres (g/100 g prot)..... 88
18. Tiempos Óptimos de Remojo para los Distintos Calibres y Variedades de Garbanzo..... 99
19. Tiempos de Cocimiento Óptimos de los Distintos Calibres y Variedades de Garbanzo..... 104
20. Color en los Distintos Calibres y Variedades de Garbanzo Medido en el Agtron..... 107

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Estructura del Grano de Garbanzo (*Cicer arietinum* L).....	21
2.	Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de Proteína.....	58
3.	Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de Cenizas.....	59
4.	Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de Grasa.....	60
5.	Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de NNP.....	61
6.	Condiciones de Extracción Evaluadas para el Establecimiento de la Óptima Extracción de Proteína de Garbanzo por Metodología de Respuesta de Superficie.....	66
7.	Gráfica de Contorno Obtenida en el Estudio de las Condiciones de Extracción de Albúminas y Globulinas.....	68
8.	Efectos de Variedades y Calibres en la Concentración de Albúminas en Harina de Garbanzo.....	73
9.	Efecto de Variedades y Calibres en la Concentración de Globulinas en Harina de Garbanzo.....	74

Figura Página

10. Digestibilidad *In Vitro* de Harina de Garbanzo por Efecto de Variedad y Calibre..... 80
11. Digestibilidad *In Vitro* de Albúminas de Garbanzo por Efecto de Variedad y Calibre..... 81
12. Digestibilidad *In Vitro* de Globulinas de Garbanzo por Efecto de Variedad y Calibre..... 82
13. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Metionina en Harina de Garbanzo..... 90
14. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Lisina en Harina de Garbanzo..... 91
15. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Metionina en Albúminas de Garbanzo..... 92
16. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Lisina en Albúminas de Garbanzo..... 94
17. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Metionina en Globulinas de Garbanzo..... 95
18. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Lisina en Globulinas de Garbanzo..... 96
19. Color en los Distintos Calibres y Variedades de Garbanzo Medido en el Agtron..... 98

Figura Página

20. Efecto del Calibre y Variedad en el Tiempo Óptimo de Remojo de Garbanzo..... 101
21. Curvas de Cocimiento de Variedades de Garbanzo y sus Distintos Calibres..... 102
22. Efecto del Calibre y Variedad en el Tiempo Óptimo de Cocimiento de Garbanzo..... 105
23. Efecto de la Variedad y Calibre en el Color del Grano de Garbanzo (Espectro Azul)..... 108
24. Efecto de la Variedad y Calibre en el Color del Grano de Garbanzo (Espectro Verde)..... 109

RESUMEN

Se evaluaron algunas propiedades químicas y nutricionales de las proteínas del garbanzo para establecer su relación con calidad comercial, evaluando la composición química, separando y cuantificando las fracciones albúminas y globulinas, determinando su digestibilidad *In Vitro* y composición de aminoácidos, en garbanzo de exportación, nacional y de rezaga de tres variedades, en donde se determinó tiempo óptimo de remojo, cocimiento y color.

Se determinó la concentración de proteína, cenizas, grasa y nitrógeno no protéico. Se establecieron las condiciones óptimas de extracción de albúminas y globulinas, evaluando los factores: relación harina:solvente (HS): 1:3, 1:5, 1:10, tiempo de extracción (TE):60, 90 y 120 min, y tamaño de partícula (TP):60, 80 y 100 mesh. Se utilizó la Metodología de Respuesta de Superficie (MRS) para encontrar la combinación de óptima respuesta. Posteriormente se realizó la extracción y cuantificación de ambas fracciones en las muestras. Los extractos proteicos fueron liofilizados para determinar digestibilidad *In Vitro* y perfil de aminoácidos.

La evaluación de calidad comercial consistió en la determinación del tiempo óptimo de cocimiento mediante la evaluación de textura en un texturómetro universal Instron, previa determinación del tiempo óptimo de remojo. La determinación de color consistió en la evaluación del porciento de reflectancia relativa en el Agtron.

La concentración de nitrógeno total, nitrógeno no proteico y cenizas incrementa a medida que disminuye el tamaño del grano. Las condiciones óptimas de extracción para albúminas y globulinas fueron:86 minutos (TE), 1:5 (H:S) y 100 mesh (TP). La harina contiene mayor cantidad de globulinas en comparación con albúminas y ambas se encuentran principalmente en el calibre pequeño. Se estableció que las globulinas presentan mayor digestibilidad que albúminas y la harina fue menos digerible. Los aminoácidos de mayor concentración fueron: glutámico, aspártico, leucina y lisina, con menor cantidad de histidina, metionina y tirosina. El tiempo óptimo de remojo disminuye con el tamaño del grano, mientras que el tiempo de cocimiento aumenta con la reducción del tamaño. En general, el calibre de rezaga presentó una calidad nutricional igual o superior al garbanzo nacional y de exportación. Se encontró una relación inversa entre la calidad química y nutricional de garbanzo con aspectos de calidad.

INTRODUCCION

Las leguminosas se caracterizan por tener una alta cantidad y calidad de proteínas comparados con los cereales, por lo que este constituyente químico representa la fracción de mayor importancia en el grano y que principalmente se emplea como criterio de calidad nutricional.

Entre los granos de leguminosas, el garbanzo (*Cicer arietinum* L) es el segundo en área de siembra a nivel mundial y tercero en producción, después del frijol y chícharo (Singh, 1985).

En México, este cultivo ha sido importante por muchos años. A nivel mundial nuestro país es el segundo exportador y el tercer productor de garbanzo (Sotelo y Col. 1987).

El cultivo de garbanzo en nuestro Estado y la región es importante ya que presenta elevados rendimientos, aunado a que las condiciones de humedad y temperatura prevalecientes favorecen la obtención de un grano de alta calidad aumentando el valor de la producción (SARH, 1992). Sin embargo, la asignación de superficie de siembra en cada ciclo dependen en gran medida de las expectativas del mercado exterior.

A pesar de la gran producción de garbanzo blanco a nivel nacional, aproximadamente un 80% se destina a exportación y el 20% restante constituye la rezaga, que consiste en grano pequeño y/o quebrado que se

cotiza a bajo precio y se destina principalmente a la alimentación animal e industria (CAESTOD, 1983).

La selección del grano de garbanzo para exportación se realiza basándose exclusivamente en los actuales estándares de calidad comercial, que no dicen nada sobre su calidad nutricional; por lo que es necesario realizar estudios donde se relacionen los atributos de calidad comercial, en relación con la calidad proteica (Singh, 1985).

Por lo anterior, el presente estudio plantea establecer una posible relación entre las fracciones proteicas mayoritarias de garbanzo y su calidad nutricional con los principales atributos de calidad comercial, en tres distintos calibres comerciales.

Con esto, se aportará un mayor conocimiento sobre las distintas fracciones proteicas del garbanzo, que ayude en un futuro a una mejor selección de variedades, introduciendo criterios de calidad proteica y nutricional, que refuerzen los ya tradicionales criterios de selección, basádos únicamente en el aspecto agronómico y comercial.

OBJETIVOS

Generales

Establecer una posible relación entre la calidad química, nutricional y comercial de garbanzo, mediante la cuantificación y caracterización parcial de las fracciones proteicas mayoritarias del garbanzo de exportación,nacional y rezaga.

Evaluar el efecto de la variedad y calibre de garbanzo, sobre su calidad química, nutricional y comercial.

Específicos

1. Medir los parámetros de calidad comercial: tiempo de cocimiento, calibre y color, de las tres variedades de garbanzo más producidas en la región: Surutato 77, Blanco Lechoso y Hermosillo '93; así como sus calibres XXXX-0 (exportación), 2-8 (consumo nacional) y 18 a 20 (rezaga).

2. Separar y cuantificar las fracciones proteicas albúminas y globulinas de las tres variedades de garbanzo y sus tres calibres, bajo condiciones óptimas de extracción.

3. Caracterizar parcialmente a las fracciones proteicas mayoritarias en su composición de aminoácidos y digestibilidad *In Vitro.*

4. Determinar la influencia del factor calibre y variedad de garbanzo, sobre cada una de las determinaciones realizadas.

5. Establecer una relación entre las propiedades químicas y nutricionales de las fracciones proteicas y correlacionarlas con los atributos comerciales de garbanzo.

ANTECEDENTES

El deber más importante de la humanidad en la actualidad es resolver los problemas de hambre y malnutrición en el mundo, siendo la insuficiencia de calidad proteica uno de los problemas más serios (Salunkhe and Kadam, 1989; Fernández and Berry, 1988).

Algunas alternativas que disminuyen este problema incluyen la combinación de fuentes proteicas de diversas plantas o la utilización de métodos de procesamiento que pueden aumentar el valor nutricional de estos materiales alimenticios. Bajo estas condiciones, el cultivo de las leguminosas toma una nueva importancia (Salunkhe and Kadam, 1989).

Importancia del Garbanzo y Alternativas de Procesamiento

De las diversas leguminosas, la soya, cacahuate, chícharo, garbanzo, frijol y lenteja, son las más cultivadas en todo el mundo. Las semillas de estas plantas son comúnmente consumidas y la mayoría de ellas pueden ser almacenadas económicamente para su uso posterior (Salunkhe and Kadam, 1989).

Las leguminosas ofrecen una fuente de proteína relativamente barata, lo cual es valuable para los países en desarrollo y su contenido es casi el doble que la mayoría de los cereales. Sin embargo, la calidad proteica no es tan buena como la carne y otros productos animales debido a que la

proporción relativa de aminoácidos esenciales no están adecuadamente balanceados para los requerimientos humanos. Aún así, contienen niveles adecuados de aminoácidos importantes como lisina, que es deficiente en los cereales y otras plantas alimenticias comestibles, contribuyendo a los requerimientos proteicos cuando son combinadas con otras proteínas en dietas mixtas.

El valor alimenticio de las leguminosas es alto, presentan casi el mismo valor calórico por unidad de peso que los cereales siendo importantes como complemento de carbohidratos, además son buena fuente de vitaminas y minerales. Son más ricas en calcio que los cereales, así como en hierro, tiamina, riboflavina y ácido nicotínico (Salunkhe and Kadam, 1989).

El garbanzo es el segundo en área de crecimiento y tercero en producción después del frijol y el chícharo (ICRISAT, 1990). Es un cultivo extensamente cultivado en México, siendo una buena fuente de aminoácidos lisina, leucina, isoleucina y triptófano, además su proteína es conocida para mejorar el valor nutricional de los alimentos (Fernández and Berry, 1988).

El consumo de garbanzo en la India es alto, donde el bajo poder adquisitivo y las restricciones religiosas sobre la carne contribuyen a su gran utilización (Salunkhe and Kadam, 1989).

El garbanzo es procesado en una variedad de productos antes del consumo. La molienda, el cocimiento, la germinación, fermentación, uso

de la semilla en mezclas de vegetales y enlatado, son las principales tecnologías de procesamiento empleadas en la utilización de garbanzo como alimentos en varias partes del mundo (Salunkhe and Kadam, 1989).

Molienda

El descascarado involucra la pérdida de la cáscara tanto por procesamiento húmedo como seco, la remosión de la cubierta del grano y la separación de los cotiledones (Kurien *et al.*, 1972). El contenido y cantidad de la cáscara, naturaleza química y nivel de hidratación de las gomas, así como la forma, tamaño, contenido de humedad y dureza del grano influyen en las propiedades de molienda. La remosión de la cáscara mejora la apariencia, textura, calidad de cocimiento, palatabilidad y digestibilidad (Kurien *et al.*, 1972).

La excesiva eliminación de las capas externas del cotiledón resulta en una disminución del contenido de fibra y de proteína. De esta forma, un mejoramiento en la maquinaria de molienda es esencial para mejorar la recuperación y reducir el quebrado del grano, así como para prevenir la pérdida de calidad nutricional (Chavan *et al.*, 1989).

Cocimiento

El cocimiento se realiza para obtener un producto comestible, para desarrollar aroma y para inactivar los factores antinutricionales (Chavan *et al.*, 1989).

Tradicionalmente, la semilla seca o remojada es cocida en agua caliente por un período prolongado de tiempo en recipientes abiertos, o bajo presión.

Otros métodos de cocimiento incluyen el tostado, el cocimiento por extrusión y remojo seguido de un freído.

Se ha demostrado que la calidad proteica del garbanzo es mejorada por el tratamiento térmico. La disponibilidad de lisina del garbanzo tostado es mayor en comparación con el garbanzo hervido y cocinado bajo presión (Nanavaty and Gumastha, 1974; El-Faki *et al.*, 1984).

Tanto el tostado como el autoclave reducen significantemente los niveles de tiamina y riboflavina, el contenido de minerales exhibe una disminución e incrementa el contenido de oligosacáridos. Sin embargo, descartando el agua de cocimiento, los niveles de oligosacáridos disminuyen del 45 al 80% en el garbanzo. El cocimiento mejora la digestibilidad *In Vitro* de los carbohidratos. Además, el cocimiento reduce el contenido de taninos en 77% cuando el agua de cocimiento se desecha (Chavan *et al.*, 1989).

Un cocimiento prolongado resulta en una destrucción y racemización de aminoácidos, cambios en la estructura de la proteína y en muchas ocasiones disminución en la digestibilidad de proteínas (Chavan *et al.*, 1989).

Germinación

El remojo seguido por un germinado del garbanzo antes del cocimiento, es una de las prácticas tradicionales más comunes. La germinación después de 72 horas reduce el contenido de nitrógeno proteico, grasa, fibra, carbohidratos totales, azúcares reductores, calcio, fósforo y hierro en el grano. Una

reducción significante en la rafinosa produce a su vez una disminución del problema de flatulencia (Jaya and Venkataraman, 1981).

Aparte de incrementar significativamente la calidad proteica, la germinación mejora la digestibilidad de carbohidratos e influencia en las características de cocimiento. El cocimiento disminuye drásticamente debido a una reducción en los niveles de fitina (Deep *et al.*, 1978).

Enlatado y Deshidratación

El enlatado y la deshidratación del garbanzo inmaduro está comenzando a ser un procesamiento popular para su utilización. Los granos inmaduros son ricos en proteínas, azúcares totales, minerales y vitaminas (Ramanathan and Bhatia, 1970).

Un remojo preliminar en una solución de sulfito y la adición de EDTA en el enlatado, mejoran la retención de color del grano sin la modificación de la composición química. La deshidratación del grano en 10 a 15% de NaCl es más apropiado para obtener un producto con color adecuado, apariencia y propiedades de reconstrucción (Chavan *et al.*, 1989).

Estadísticas de Producción de Garbanzo

El garbanzo se encuentra distribuído a través del mundo y se cultiva principalmente en los países en desarrollo, que contribuyen con más del 90% de la producción mundial de garbanzo. De estos países, la India produce cerca del 75% de la producción total y el resto es proporcionado por Turquía,

Pakistán, México, Burma, Etiopía, Siria y España (Salunkhe and Kadam, 1989; Singh, 1985; ICRISAT, 1990).

Nivel Nacional

El garbanzo blanco es un cultivo importante en el Noroeste de México, se siembra en los Estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, destinado principalmente a exportación (Gómez, 1990), siendo los estados de Sonora y Sinaloa los que cultivan el grano de garbanzo de más alta calidad, el cual se caracteriza por ser grande, blanco y rugoso (SARH, 1991). Otras zonas productoras que destacan en la siembra de este cultivo a nivel nacional son Jalisco, Michoacán y Oaxaca. En la Tabla 1, se muestran los datos de producción nacional de los principales Estados que cultivan garbanzo blanco del período 1991-1995.

Es posible observar que existe una fluctuación considerable en la superficie asignada a la siembra del garbanzo, esta variación en la superficie programada en cada ciclo depende en gran medida de las expectativas del mercado exterior y a los problemas socioeconómicos y climatológicos que se presenten en otros países exportadores (Gómez, 1990; Morales y García, 1993; SARH, 1989).

De la producción total de garbanzo blanco a nivel nacional, un 80% se destina a exportación y el restante constituye la rezaga, la cual se destina principalmente a la industria y alimentación animal (CAESTOD, 1983). Se

Tabla 1. Estadísticas de Producción de los Principales Estados Productores de Garbanzo a Nivel Nacional Durante el Período 1991-1995.

Cíclo Agrícola	Superficie (Has)		Rendimiento Ton/Has	Volumen Producción (Ton)
	Sembrada	Cosechada		
1991				
B.C.S	6, 902	6,502	1.14	7, 415
Sinaloa	33, 950	30, 356	1.09	33, 137
Sonora	11, 263	11, 245	1.86	20, 971
Michoacán	8, 887	8, 738	1.83	16, 030
Oaxaca	28, 139	26, 677	2.38	63, 716
1992				
B.C.S	6, 644	6, 344	1.31	8, 312
Sinaloa	41, 731	7,910	0.86	6, 801
Sonora	17, 941	16, 690	1.2	20, 030
Michoacán	21, 456	5, 278	0.72	3, 828
Oaxaca	2, 667	2, 645	2.68	7, 086
1993				
B.C.S	16, 154	15, 398	1.17	18, 111
Sinaloa	24, 486	24, 307	1.35	32, 864
Sonora	20, 641	20, 440	1.83	37, 583
Michoacán	10, 440	10, 309	1.22	12, 582
Jalisco	806	804	3.14	2, 528
Oaxaca	1, 940	1, 864	0.84	1, 579
1994				
B.C.S	6, 211	6, 189	1.38	8, 577
Sinaloa	20, 805	20, 789	1.46	30, 558
Sonora	10, 844	10, 804	1.73	18, 715
Michoacán	7, 416	7, 411	1.07	8, 001
Jalisco	1, 470	1, 470	4.92	7, 236
Oaxaca	2, 486	2, 486	0.73	1, 817
1995				
B.C.S	11, 744	11, 100	0.76	8, 526
Sinaloa	46, 796	45, 245	1.76	79, 770
Sonora	6, 683	6, 683	1.58	10, 577
Michoacán	9, 806	9, 806	1.01	9, 842
Jalisco	3, 454	3, 454	1.78	6, 160
Oaxaca	2, 090	2, 090	0.42	892

Fuente: SARH, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1991-1995.

denomina rezaga al garbanzo de tamaño pequeño, quebrado y residuos que no tienen valor alguno para el productor, por lo que se cotiza a muy bajo precio.

Nivel Estatal y Regional

Sonora uno de los principales productores de garbanzo en México. Durante el período agrícola de 1991-1995, el volumen de producción de este cultivo a nivel estatal fue de 78,723 toneladas, correspondiente a una superficie sembrada de 57,207 has y cosechada de 55,499 has con un rendimiento promedio de 1.492 ton/ha (Tabla 2).

Las regiones más productoras de garbanzo en el estado son: Hermosillo, Guaymas, Cajeme y Navojoa. En la Tabla 3, se muestran las estadísticas de producción de esta leguminosa en los principales municipios durante los cíclos agrícolas 1991-1995; donde es posible observar que la Costa de Hermosillo es la zona productora más importante, tanto por el hectaraje sembrado, como por los altos rendimientos unitarios y la calidad del grano obtenido .

El productor de la región busca cultivos que produzcan ganancias acordes a los costos y a la disponibilidad de agua. El garbanzo en la actualidad cumple con estos requisitos, por lo que tiene gran aceptación entre los productores de la región (SARH, 1979).

El garbanzo blanco ocupa un segundo lugar de superficie de siembra en la Costa de Hermosillo dentro de los cultivos anuales después del trigo, por sus bajos requerimientos de agua y la alta redituabilidad (SARH, 1992).

Tabla 2. Producción Estatal de Garbanzo (Cíclo Agrícola 1991-1995).

Ciclo Agrícola	Superficie (Has)		Rendimiento Ton/Has	Volumen Producción (Ton)
	Sembrada	Cosechada		
1991/1992	17, 941	16, 691	1.201	20, 031
1992/1993	20, 641	20, 441	1.839	37, 583
1993/1994	10, 844	10, 804	1.701	18, 367
1994/1995	15, 010	13, 453	3.861	52, 000

Fuente: SARH, Cuadernos Básicos del Sector Agropecuario y Forestal, 1991-1995.

Tabla 3. Producción de Garbanzo Durante los Ciclos 1991-1995 de los Principales Municipios Productores del Estado.

Cíclo Agrícola	Superficie (Has)		Rendimiento Ton/Has	Volumen Producción (Ton)
	Sembrada	Cosechada		
1991/1992				
Hermosillo	15, 720	15, 550	1.21	18, 670
Guaymas				
Cajeme	1, 130	333	1.66	553
Navojoa	1, 091	807	1.01	807
1992/1993				
Hermosillo	17, 026	16, 876	1.85	31, 345
Guaymas	160	160	1.81	288
Cajeme	2, 862	2, 812	1.81	5, 085
Navojoa	592	592	1.46	865
1993/1994				
Hermosillo	8, 500	8, 500	1.75	14, 875
Guaymas	40	40	1.31	52
Cajeme	1, 821	1, 821	1.47	2, 678
Navojoa	483	483	2.29	1, 110
1994/1995				
Hermosillo	5, 300	5, 300	1.51	7, 950
Guaymas				
Cajeme	1, 050	1, 050	1.88	1, 982
Navojoa	330	330	1.95	644

Fuente: SARH, Cuadernos de Datos Básicos del Sector Agropecuario y Forestal, 1991-1995.

La superficie destinada a la siembra de garbanzo en la Costa de Hermosillo en los últimos cinco años ha fluctuado entre 7,000 y 15,000 hectáreas, cuya producción se comercializa principalmente en el extranjero. Esta variación también se debe a la oferta y demanda en el mercado internacional, alcanzando en 1992 un precio de 1,100 dolares la tonelada (Morales y García, 1993).

Normas de Comercialización de Garbanzo

El garbanzo representa una excelente alternativa frente a otros granos, especialmente en zonas de baja disponibilidad de agua, así como en siembras de otoño en donde permanece la humedad residual de las lluvias de verano (Gómez, 1990).

El garbanzo cosechado en Hermosillo se exporta principalmente a España, Colombia, Brasil, Estados Unidos, Venezuela, Canadá, Puerto Rico, Japón, Australia, República Dominicana y Perú; además de nuevos mercados en Francia, Siria, Irán, Libia y Argelia. Por lo anterior, el garbanzo es un producto agrícola importante para la captación de divisas al país (SARH, 1979; SARH, 1992).

Normas de Comercialización

El mercado internacional tiene normas de calidad que deben ser cubiertas por los países exportadores. Las principales normas establecidas en base a las exigencias de los países compradores son las siguientes:

Período de cocción o cochura. El tiempo que dura el grano en cocerse completamente sin llegar a desintegrarse se llama período de cocción o cochura y no debe ser mayor de una hora previo remojo de 12 horas. Se obtiene una buena cocción cuando el grano se cuece uniforme y puede moldearse al tacto, formando una masa suave sin quedar grumos de almidón o testa (Gómez y García, 1993).

Aspecto. El grano de garbanzo de exportación debe ser blanco, rugoso y uniforme en tamaño.

Tamaño. En la actual clasificación comercial existe una escala de acuerdo al tamaño del grano al cual se le denomina "calibre". El calibre está basado en el número de granos que existen en 30 gramos de muestra y varía desde XXXX hasta 20 (Tabla 4). El garbanzo más aceptado en el mercado de exportación es aquel que contiene menos de 60 granos en 30 gramos. Las normas de calidad varían en cada uno de los países consumidores (SARH, 1979).

Lo que determina que una semilla sea de buena calidad es su tamaño, color, rugosidad y tiempo de cocimiento o cochura. Lo anterior significa que entre más grande sea la semilla, más blanca, más rugosa y menos tiempo dure su cocimiento, será de mejor calidad (SARH, 1981).

También se especifica que las semillas deben tener como límites un contenido de humedad entre 12 a 15%, granos quebrados y materia extraña no mayor del 1.5% , carecer de olores y sabores extraños, estar libres de grano dañado con insectos vivos o muertos. El envasado debe

Tabla 4. Clasificación Comercial del Grano de Garbanzo en Base al Calibre.

Calibre	Granos en 30 Gramos
XXXX	40-42
XXX	42-44
XX	44-46
X	46-48
0	48-50
2	50-52
4	52-54
6	54-56
8	56-58
10	58-60
12	60-62
14	62-64
16	64-66
18	66-68
20	68-70

Fuente: SARH, 1979.

realizarse en sacos nuevos de yute, henequén, esparto o palma y ser cocidos a máquina (SARH, 1981).

Variedades Comercialmente Explotadas a Nivel Regional

En México existen dos tipo de garbanzo: blanco y porquero. El garbanzo blanco es un cultivo importante en el Noroeste de México destinado a exportación, por lo que su superficie de siembra se regula según estudios previos de mercado (Gómez, 1990). El porquero es una mezcla de grano quebrado destinado a alimentación animal y generalmente contiene más fibra (Sotelo y Col., 1987). El cultivo de garbanzo blanco requiere de más cuidado que el porquero para mejorar su calidad que es mejor pagada en el mercado (SARH, 1981).

Las variedades que se sembraban hasta hace cinco años eran Surutato 77, 90%; Blanco lechoso y otras, 10%. En los últimos años el 50% se cultiva con las variedades Kino P-88, Dorado T-88 y Seri I-88; el 40% con Surutato 77; y el 10% lo ocupan Tubutama y Mocorito (SARH, 1992).

Las exigencias del mercado para una mejor calidad y cantidad de grano, crean la necesidad de obtener un mosaico más amplio de variedades resistentes a enfermedades y buena calidad, que permita al productor tener opciones para seleccionar las que mejor se adapten a sus condiciones y puedan competir en el mercado con un mínimo de riesgos (SARH, 1992).

Para 1993-1994, el programa de mejoramiento genético del CECH (Campo Experimental de la Costa de Hermosillo) liberó dos nuevas variedades para la Costa de Hermosillo y regiones con condiciones agroecológicas similares: Hermosillo '93 y Pitic '93. Estas variedades, además de la calidad que exige el mercado de exportación, tienen características importantes para incrementar la productividad (Morales y García, 1993). Presentan buena resistencia a enfermedades, tienen porte erecto y compacto que las hace más tolerantes a moho gris y mayor facilidad para la trilla mecánica directa (Morales y García, 1993).

La variedad Hermosillo '93 ha alcanzado rendimientos promedios de cuatro años de 2,350 kg/ha, superando a Mocorito 88 en 6%, a Surutato 77 en 19% y a Tubutama 88 en 38%. Además produjo 88% de grano para exportación en comparación con los testigos Mocorito 88 con Surutato 77 con 85% y Tubutama 88 con 86 % (Morales y García, 1993).

Por su parte, la variedad Pitic '93 obtuvo rendimiento promedio de 2,000 Kg/ha, superando a Mocorito 88 en 8%, Surutato 77 en 22% y Tubutama 88 en 41%. En el porciento de exportación esta variedad obtuvo 88% de grano para exportación en comparación con los testigos Mocorito 88 con 86%, Surutato 77 con 85% y Tubutama 88 con 86% (Morales y García, 1993).

Todas las variedades mencionadas comparten la característica común de la forma del grano, así como una composición química similar.

Estructura de la Semilla y Composición Química

El conocimiento de la estructura de la semilla de garbanzo y su composición química es importante, ya que los nutrientes se encuentran distribuídos en forma distinta a través de las partes anatómicas del grano.

Estructura del Grano

Las semillas maduras de las leguminosas presentan tres componentes principales: la cubierta de la semilla, los cotiledones y el eje embriónico (Figura 1). En garbanzo, estos constituyen el 15, 84 y 1 % del peso total del grano, respectivamente (Kadam *et al.*, 1989).

La capa más externa del grano se denomina testa o cubierta, la cual generalmente es moderadamente gruesa. Cuando la cubierta del garbanzo se remueve por remojo, el endospermo se libera con ella. En la mayoría de las leguminosas, el endospermo es de corta existencia y en la madurez se reduce a una pequeña capa alrededor del cotiledón o embrión (Kadam, *et al.*, 1989).

El garbanzo también posee un número de estructuras externas, estas incluyen al hilum, micropilo y rafé. El hilum es una larga cicatriz oval que aparece hacia la mitad de la madurez, donde la semilla se desprende del tallo. Muestra una gran diferencia en forma y tamaño, variando desde redonda a oblonga y de oval a elíptica. El micropilo es una pequeña abertura en la cubierta de la semilla hacia el lado del hilum y es el sitio donde el tubo polínico se introduce

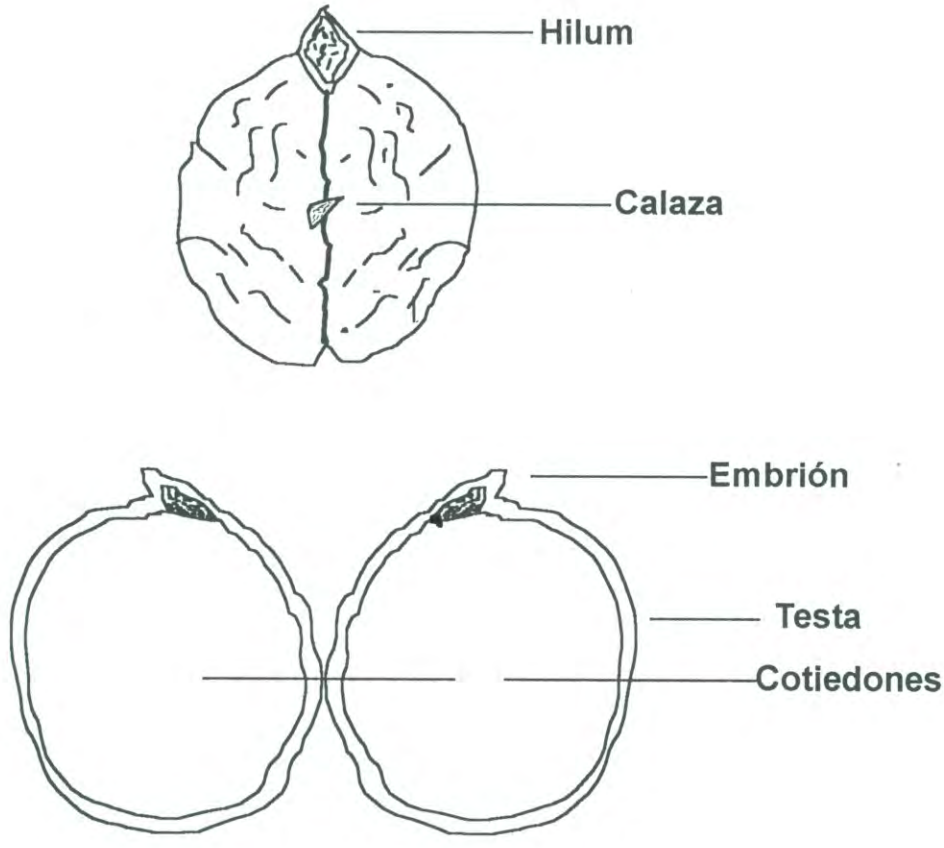


Figura 1. Estructura del Grano de Garbanzo (*Cicer arietinum* L).
Fuente: González, 1987.

al ovario. Está situado debajo del hilum y varía desde circular y triangular, a una forma de tenedor. El rafé es un canal hacia el lado del hilum y opuesto al micropilo, representa la base del tallo, el cual se fusiona con la cubierta del grano durante la madurez.

A lo largo de la cubierta de la semilla, tanto el hilum y el micropilo han sido relacionados con la permeabilidad de la testa o absorción de agua de las leguminosas (Kadam *et al.*, 1989).

La parte restante está compuesta por la estructura embriónica, esta incluye a la raíz y un eje embriónico corto localizado por encima y debajo del cotiledón, el cual tiene diversas hojas foliadas y termina en la punta del tallo. La plúmula o tallo embriónico está bien desarrollado en la semilla y está ubicado entre los dos cotiledones. Así mismo, la radícula y raíz embriónica casi no tienen protección, excepto por la que provee la cubierta de la semilla; de esta forma, la semilla es suceptible a rompimiento (Kadam, et. al., 1989).

Entre los principales componentes que forman parte de la composición química de la semilla de garbanzo se tiene a las proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales.

Proteína

El contenido de proteína del garbanzo varía de 12.4 a 30.6% y está influenciado por factores ambientales como localización, tipo de suelo, irrigación y fertilización (Singh *et al.*, 1974; Rao and Rao, 1974; Singh, 1985). El

garbanzo contiene una alta cantidad de nitrógeno no proteico que está positiva y significativamente relacionado con el nitrógeno total (Singh and Jambunathan, 1981).

Existe una considerable diferencia en el patrón de distribución de las fracciones proteicas entre el embrión, cotiledón y cubierta. Los cotiledones presentan a la mayoría de las globulinas, glutelinas y albúminas del grano, conteniendo alrededor del 47% total de proteína. La cubierta de la semilla contiene principalmente nitrógeno no proteico y glutelinas aportando el 48% de proteína, mientras que el embrión es relativamente rico en albúminas que constituyen el 5% de proteína del grano (Chavan *et al.*, 1989; Singh and Jambunathan, 1982; Chang and Satterlee, 1981).

Debido a que los cotiledones son los componentes mayoritarios del garbanzo y a que el embrión es usualmente removido durante la molienda comercial, la manipulación genética de las proteínas del cotiledón es esencial para mejorar la calidad protéica del garbanzo (Chavan *et al.*, 1989).

Las proteínas de reserva del garbanzo han sido fraccionadas por solubilidad en albúminas (solubles en agua), globulinas (solubles en sal), prolaminas (solubles en alcohol), glutelinas (solubles en ácidos/álcalis) y proteína residual.

Al igual que en otras leguminosas, las globulinas constituyen el mayor porcentaje del grano (56%), seguido por las glutelinas (18.1%) y albúminas (12.0%) con menos proporción de prolaminas (Chavan *et al.*, 1989).

Carbohidratos

El garbanzo contiene 52.4% a 70.9% de carbohidratos totales, siendo el almidón el principal componente.

El contenido de almidón en el grano entero varía de 37.2% a 50.8%, mientras que el garbanzo descascarado contiene 55.3 a 58.1%. El contenido de amilosa varía de 31.8% a 45.8% del total del almidón y el porcentaje restante es amilopectina. La variación en el contenido de amilosa puede ser atribuído al aspecto genético y a los métodos de determinación (Chavan *et al.*, 1989; Singh, 1985). La fracción amilopectina exhibe una longitud de cadena promedio de 22 unidades, mientras que la fracción amilosa tiene un grado de polimerización de 1300 unidades de glucosa (Rao, 1976).

El resto de los carbohidratos del garbanzo están constituídos por los azúcares reductores y no reductores, así como fibra cruda, variando de 4.8 a 9.3%.

El garbanzo contiene altas cantidades de rafinosa, estaquiosa y verbascosa en comparación con frijol y lenteja. Muchos estudios han mostrado que estos oligosacáridos están involucrados en la producción de flatulencia en el hombre y animales (Reddy *et al.*, 1980; Singh, 1985; Waldroup and Smith, 1989).

El contenido de fibra cruda varía de 7.1 a 13.5%, siendo la celulosa y hemicelulosa los principales componentes. La concentración de fibra cruda

está directamente relacionada al contenido de cubierta en el grano y a su gran variación entre cultivos (Singh, 1985).

La concentración de carbohidratos indisponibles en garbanzo es la más alta entre las leguminosas (25.6%) y también presenta la digestibilidad de carbohidratos más baja determinada por procedimientos *In Vivo* e *In Vitro* (Singh, 1985).

Lípidos

El contenido de lípidos en el garbanzo varía de 3.1 a 6.9%. Los lípidos neutrales están formados por los triglicéridos, mientras que la lecitina es el principal constituyente de los lípidos polares. Los ácidos grasos insaturados comprenden el 67.13%, mientras que los saturados se encuentran en 10.42%. Los principales ácidos grasos insaturados son linoléico y oléico en 28 y 56% respectivamente, mientras que en los saturados está el palmítico (Sosulski and Godan, 1988; Salunkhe *et al.*, 1982).

El efecto hipocolesterolémico del garbanzo es atribuído a su alto contenido de ácidos grasos esenciales, ya que disminuye el nivel de colesterol en ratas (Singh, 1985; Chavan *et al.*, 1989).

Minerales

El garbanzo es una buena fuente de minerales y elementos trazas para la dieta, como calcio, fósforo, magnesio, hierro y potasio (Singh, 1985).

La mayoría del calcio está concentrado en la cubierta de la semilla, por lo que el consumo de la semilla completa es nutricionalmente deseable cuando existe deficiencia de calcio.

El garbanzo también es una buena fuente de hierro y su disponibilidad es la más alta en comparación con otras leguminosas (Salunkhe and Kadam, 1989).

Sustancias como el ácido fítico, ácido oxálico, proteínas, polifenoles, almidón, fibra y lignina, interactúan con minerales alterando su biodisponibilidad en la dieta (Singh, 1985; Chavan *et al.*, 1989).

En conjunto, la presencia de los compuestos químicos anteriores así como su concentración, contribuyen al valor nutricional que caracteriza a las leguminosas y en especial al garbanzo.

Valor Nutricional y Factores Antinutricionales de Garbanzo

La calidad proteica de un alimento se estima por la comparación de sus aminoácidos esenciales con un estándar proteico de referencia. En las leguminosas, los aminoácidos azufrados son los primeros limitantes, seguido de valina, treonina y triptófano.

La composición de aminoácidos del embrión del garbanzo es nutricionalmente mejor que la de los cotiledones, ya que contienen mayor cantidad de lisina, aminoácidos azufrados, treonina y valina, mientras que los niveles de otros aminoácidos son muy similares a los del cotiledón (Salunkhe

and Kadam, 1989; Singh and Kumbunathan, 1982). La cubierta de la semilla muestra una ligera diferencia en la composición de aminoácidos en comparación con el embrión y cotiledón, con una cantidad más elevada en las proporciones relativas de serina, treonina, prolina y lisina (Singh and Kumbunathan, 1982).

La composición de aminoácidos puede ser alterado por la variación de la proporción relativa del embrión y cotiledones o por el cambio en la proporción relativa de las proteínas en el cotiledón (Singh and Kumbunathan, 1982).

Las albúminas contienen gran cantidad de aminoácidos azufrados, metionina, cistina, lisina, ácido aspártico, glicina y alanina. Esta fracción contribuye con alrededor del 36% de los aminoácidos sulfurados en el cotiledón. Por lo anterior, las albúminas son de principal interés nutricional tanto para la alimentación humana como la animal (Murray and Roxburgh, 1984; Chavan *et al.*, 1989).

La globulina es la fracción proteica de mayor concentración en el grano y ha sido caracterizada como 10.3S, formada por un complejo de cuatro a seis unidades proteicas (Ganesh and Ventakaraman, 1980). Esta proteína tiene más bajo contenido de metionina y cisteína en comparación con la fracción glutelina y albúmina. De esta forma, es la principal responsable de la disminución del valor nutricional de la proteína de garbanzo para el humano y otros animales monogástricos (Salunkhe y Kadam, 1989; Singh, 1985; Chavan *et al.*, 1989).

Los altos niveles de aminoácidos azufrados en la fracción glutelina y globulina, sugieren que los cultivos con una alta cantidad de estas fracciones deben ser identificados para mejorar la calidad proteica de la semilla (Salunkhe and Kadam, 1989; Singh and Jambunathan, 1982).

El ácido glutámico y aspártico son los aminoácidos predominantes de la fracción prolamina en el garbanzo, siendo pobres en lisina y otras fracciones.

Todas las leguminosas contienen ciertos factores antinutricionales que pueden afectar el funcionamiento del sistema digestivo del animal de experimentación. Estos se dividen en lábiles al calor y los que son estables al tratamiento térmico. Se ha reconocido por muchos años que el valor nutritivo y la digestibilidad proteica de las leguminosas crudas son muy pobres debido a la presencia de los inhibidores de proteasas, inhibidores de amilasas, oligosacáridos y polifenoles (Waldroup and Smith, 1989; Singh, 1985).

Entre los factores lábiles al calor se encuentran los inhibidores de proteasas. Estas proteínas se combinan con las enzimas asociadas a la digestión de proteínas (tripsina y quimotripsina), para formar un complejo inactivo e inhibir la digestión de proteína y está acompañado por una depresión moderada o severa en el funcionamiento del animal de experimentación (Waldroup and Smith, 1989). Entre las leguminosas, el garbanzo ofrece menos problemas de estos inhibidores (Singh, 1985). El inhibidor de quimotripsina es más estable al calor que el inhibidor de tripsina, sin embargo son completamente

BIBLIOTECA
D. I. P. A.

destruídos por calentamiento bajo condiciones ácidas. Aunque los inhibidores de tripsina conforman el 5% de proteína extractable, contribuyen al alto contenido de la fracción albúmina con 2.51% (Sastry and Murray, 1987).

El inhibidor de amilasa pancréatica está presente en muchas leguminosas, pero su actividad inhibitoria parece ser mucho más baja en garbanzo que en el resto de las leguminosas (Singh, 1985). Debido a que la mayoría del garbanzo se consume después de ebullición, los inhibidores de amilasa no son de importancia práctica ya que se inactivan, excepto en el caso de garbanzo sin tratamiento calórico donde puede inhibir la digestión del almidón (Waldroup and Smith, 1989).

La habilidad de las leguminosas para estimular la formación de gas intestinal ha sido bien reconocida por muchos años. La fermentación microbiana en el intestino es responsable de los componentes flatulentos como hidrógeno, metano y dióxido de carbono. La rafinosa, estaquiosa y verbascosa son los compuestos responsables de la flatulencia (Reddy *et al.*, 1980; Singh, 1985; Waldroup and Smith, 1989).

El garbanzo además contiene fitohemaglutininas llamadas lectinas, estas proteínas interactúan con las glicoproteínas de las células rojas de la sangre causando su aglutinación y de esta forma son tóxicas para los animales. Tienen afinidad por moléculas de azúcar de la membrana celular, particularmente la mucosa intestinal. Al reaccionar, causan una ruptura en la estructura celular, conduciendo a reducir la ingesta de nutrientes y subsecuente reducción en el grado de crecimiento (Waldroup and Smith, 1989). Sin embargo, las

hemaglutininas son altamente sensitivas al tratamiento térmico húmedo a 100°C.

Los taninos y saponinas son las sustancias tóxicas estables al calor más importantes. Los taninos son compuestos fenólicos de alto peso molecular que pueden reducir la ingesta del alimento por su sabor amargo y reducir la digestiblidad proteica a través de la formación de complejos con proteína y enzimas proteolíticas en el tracto digestivo (Waldroup and Smith, 1989). El garbanzo contiene considerables cantidades de compuestos polifenólicos y estos se encuentran altamente asociados con la cubierta de la semilla, siendo importante en regiones donde el garbanzo se consume sin cáscara (Singh, 1985).

Muchas plantas tienen un alto potencial tóxico debido a que contienen glucósidos que pueden liberar ácido cianhídrico por hidrólisis, como las saponinas. Las saponinas se encuentran en garbanzo pero a niveles mucho más bajos del rango de toxicidad permitido (Singh, 1985). Poco se conoce de su modo de acción, pero su baja palatabilidad ha sido sugerida como la causa primaria de sus efectos adversos (Waldroup and Smith, 1989).

Las leguminosas también contienen factores que unen iones metálicos, particularmente cationes divalentes como Ca, Zn y Mg. Entre los principales se encuentra el ácido fítico que atrapa iones inhibiendo su absorción (Waldroup and Smith, 1989).

La gran mayoría de los factores antinutricionales presentes en garbanzo son de carácter proteico, existiendo una gran variedad de técnicas analíticas que facilitan su estudio.

Principales Técnicas Empleadas en la Purificación de Proteínas

Muchas técnicas son empleadas para separar y purificar proteínas con la finalidad de obtenerlas en forma pura. Las proteínas pueden ser preparadas en una variedad de formas y esto permite producir información que facilite el diseño de la metodología preparativa más apropiada (Regenstein, 1984).

El número de pasos a utilizar en la purificación de una proteína depende tanto de la proteína como de los objetivos del estudio (Regenstein, 1984). Entre las principales se encuentran las técnicas de precipitación y diálisis.

Técnicas de Precipitación. Las proteínas pueden ser precipitadas causando la perturbación en el solvente con respecto al pH, fuerza iónica y temperatura. Las propiedades del solvente pueden ser modificadas por la adición de altas concentraciones de ciertas sales o solventes orgánicos miscibles.

En apropiados valores de pH, la precipitación también puede ser causada por la adición de metales catiónicos específicos como zinc, cadmio y bario o compuestos catiónicos como picrato, tanato, tungstato, molibdato, tricloroacético, perclorato y sulfosalicilato.

La conformación estable de una proteína está proporcionada por diversas fuerzas: ión-ión, ión-dipolo, dipolo-dipolo e interacciones hidrofóbicas. Las perturbaciones de la interacción solvente-proteína pueden causar transiciones en la estructura por el rompimiento de las interacciones y promover la formación de nuevas uniones causando la precipitación (Stoscheck, 1990).

El sulfato de amonio y el sulfato de sodio son utilizados como agentes precipitantes. Las proteínas precipitan a distintos porcentajes de saturación, primero se conduce la solución a 20% de saturación y entonces se remueve cualquier precipitado que haya sido formado. Posteriormente se lleva la solución a una saturación de 40%. El sobrenadante puede ser usado para generar fracciones adicionales (Regenstein, 1984).

Diálisis. Debido a que la diálisis puede ser empleada para cambiar las condiciones de solución, es invaluable en la purificación de proteína. La diálisis es relativamente barata y eficiente, además de que es posible colocar diferentes muestras en solución (Regenstein, 1984).

El método se basa en las propiedades de una membrana semipermeable para separar la solución proteica del buffer de diálisis. Esta permite el libre paso de moléculas bajo un cierto peso molecular, mientras que las macromoléculas no pueden penetrar los poros de la membrana.

El proceso de diálisis se conduce por la diferencia de concentración de los solutos en ambos lados de la membrana. La difusión del soluto se torna igual en ambas direcciones en equilibrio y es posible alcanzar una disminución

posterior de solutos mediante el cambio de la solución de diálisis y agitación, de tal forma que el número de cambios es más importante que el volumen total de diálisis. La difusión del soluto es dependiente de la temperatura y de la viscosidad de la solución (Stoscheck, 1990).

La diálisis también se acelera por el área de membrana expuesta al volumen de solución; desafortunadamente incrementa la pérdida de proteína debido a la adsorción de la membrana.

Las membranas modernas de diálisis poseen un peso molecular más preciso y muestra menos variación en términos del promedio, el tamaño del poro y contenido de impurezas (Stoscheck, 1990).

Principales Técnicas de Cuantificación de Proteínas

El garbanzo representa la principal fuente de proteína en la dieta humana de muchos países donde la energía y proteína es obtenida principalmente de cereales y leguminosas. De esta forma, es deseable mejorar tanto la calidad y cantidad de garbanzo. Para alcanzar esta meta, es necesario analizar un gran número de muestras para seleccionar líneas con las características adecuadas en la calidad de proteína. Por esta razón es necesario identificar métodos analíticos que estimen tanto la cantidad y calidad de proteína en forma adecuada (Singh and Jambunathan, 1980).

Existen muchos métodos para estimar la concentración de proteína y la elección apropiada depende de cinco criterios: la cantidad de proteína

disponible para el ensayo, la concentración de la proteína, la especificidad del ensayo, la presencia de compuestos químicos interferentes y la facilidad y confiabilidad de la prueba (Stoscheck, 1990).

Método Microkjeldahl. Se ha determinado que el análisis de nitrógeno por el Kjeldahl es la base para determinar proteínas en productos alimenticios. Este método mide el nitrógeno total que es convertido a equivalentes de proteína. Se conoce como proteína cruda a la cantidad de proteína estimada por la determinación de nitrógeno por el Kjeldahl utilizando un factor de conversión, usualmente 6.25 (Regenstein, 1984).

Existen algunos problemas que se presentan en la determinación:

a). Se utilizan diferentes catalizadores en la digestión de la muestra y ninguno actúa adecuadamente.

b). La destilación requiere de una buena técnica analítica.

c). La digestión no puede actuar apropiadamente con algunos materiales alimenticios.

d). Los reactivos trabajan diferente en presencia de aminoácidos no tradicionales cuando se trabaja con muestras inusuales.

e). El punto final de titulación es subjetivo y conduce a inconsistencias de una determinación a otra. Desafortunadamente el color formado por el reactivo es inestable en ocasiones.

Otro aprovechamiento del método es la determinación de nitrógeno llamado no proteico (NNP). El método incluye la toma de muestra representativa y la precipitación de las proteínas con ácido tricloroacético o ácido perclórico. El precipitado es removido y el sobrenadante soluble se mide por el Kjeldahl para determinar su contenido de nitrógeno total correspondiente al NNP. Cualquier variación en el contenido de nitrógeno no proteico afectará la estimación de proteína en la muestra y consecuentemente afectará la ingesta estimada de proteína en la dieta (Singh and Jambunathan, 1981).

El método del Kjeldahl no es una técnica muy sensitiva, por lo que no puede utilizarse en concentraciones bajas de proteínas, además es lento y difícil de manejar y también es inadecuado para propósitos de selección rápida (Singh and Jambunathan, 1981).

Métodos Colorimétricos. Para la determinación de proteína soluble, es en ocasiones preferible utilizar técnicas más rápidas que produzcan un color espectrofotométricamente medible. La reacción biuret utiliza un complejo de cobre para medir el número de uniones peptídicas, asumiendo que cada unión peptídica produce la misma cantidad de color estable, representando directamente los gramos de proteína presente. Para representar directamente los gramos de proteína se utiliza la producción de color de una cantidad conocida de un estándar de proteína, siendo la más empleada la seroalbúmina de bovino debido a su disponibilidad en forma pura (Regenstein, 1984).

Es necesario una buena calibración del método con el estándar de seroalbúmina, sin embargo es difícil conocer la cantidad exacta de concentra-

ción de proteína ya que contiene sal y humedad, aún cuando se conozca la cantidad disuelta en un volumen conocido (Regenstein, 1984).

El método Lowry es considerado la prueba colorimétrica utilizada para medir uniones peptídicas, tirosina y triptófano. Este método es más sensitivo que la prueba de biuret y de esta forma permite la medición de pequeñas cantidades de material. Entre las principales desventajas del método se encuentra la interferencia con sustancias como potasio, amonio, DTNB y EDTA. Su extremada naturaleza sensitiva puede proporcionar lecturas inadecuadas por la presencia de partículas que pueden reaccionar con los reactivos formadores de color (Regenstein, 1984).

Técnica de Unión de Colorantes. Otra técnica espectral para la medición de proteína es la técnica de unión de colorantes. Se basa en la unión de un colorante ácido a los aminoácidos alcalinos o básicos como lisina, arginina e histidina. Se inicia con una cuidadosa preparación de la solución en una concentración de colorante estable para posteriormente unir a la proteína, se remueve la proteína unida al colorante y se mide la cantidad de colorante remanente. El método generalmente se calibra con el Kjeldahl para indicar la concentración de la proteína unida (Regenstein, 1984).

Espectrofotómetro Ultravioleta. Finalmente, se puede utilizar el espectrofotómetro ultravioleta para medir la cantidad de proteína presente en una muestra. Este método presenta diversas ventajas: 1). Se lleva a cabo directamente sobre la muestra sin la adición de reactivos, 2). Es rápido ya que no requieren de incubación y 3). Existe una relación lineal entre la concentración de proteína y la absorbancia (Stoscheck, 1990).

La técnica se basa en la medición de aminoácidos espectralmente activos como triptófano, tirosina; histidina y fenilalanina, los cuales presentan una absorbancia máxima entre 278 a 280 nm.

Existen ciertos problemas asociados a este método. La actividad espectral entre tirosina y triptófano es distinta, por lo que el sistema debe ser calibrado. Se dificulta la medición cuantitativa de triptófano debido a la interferencia de tirosina, por lo que el triptófano debe ser medido en un analizador y después aplicar una corrección a la observación espectral, además existen ciertos compuestos que pueden dar interferencia espectral.

Singh and Jambunathan (1981), evaluaron cinco métodos rápidos para determinar el contenido de proteína en muestras de garbanzo. Los resultados del estudio mostraron que la utilización de un autoanalizador Technicon produce información precisa y altamente correlacionada con los valores del microkjeldahl. Como una alternativa, el procedimiento de unión con colorante puede ser adaptado en la estimación del contenido proteico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima

Para la realización de esta investigación se utilizó como materia prima de la cosecha más reciente (1994), 50 kg de cada una de las tres variedades más producidas en la región: Surutato 77, Blanco Lechoso y Hermosillo '93. Una vez colectada la materia prima, se procedió a una selección y limpieza manual del grano para eliminar material extraño, como cáscaras, palillos y otras impurezas

Los calibres fueron elegidos en base a un estudio preliminar, en donde se determinó la distribución de calibres en cada una de las variedades. Es una de las principales normas de comercialización que determinan la calidad comercial y el precio del garbanzo.

Para determinar el calibre, el grano limpio se sometió a una separación por tamaño utilizando un juego de mallas de 17, 18, 20, 23, 24 y 25 1/64" y determinando el número de granos contenidos en 30 gramos de muestra por triplicado (SARH, 1979), empleando para ello una balanza analítica marca Ohaus, Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

Considerando los porcentajes de calibres obtenidos en las distintas variedades de garbanzo y en virtud de que en el comercio no existe una separación de tamaño de grano tan estricta, para el presente estudio se

Tabla 5. Distribución Porcentual de Calibres en Garbanzo.

% de Calibre	Surutato	Bco. Lechoso	Hermosillo '93
Superior a XXXX	--	17.065	--
XX	21.669	39.059	--
X	--	--	10.124
0	19.218	--	--
2	--	17.223	14.059
4	--	--	--
6	27.772	--	--
8	--	16.997	23.78
18	--	6.045	--
20	26.834	--	--
Inferior a 20	4.505	3.609	52.035

formaron grupos de calibres de la siguiente forma: mayores XXXX a 0, de 2-8 y de 18 a menores de 20.

El primer grupo de calibres es uno de los más solicitados en el mercado internacional, mientras que el segundo grupo de calibres determina el precio y calidad comercial del garbanzo, el cual aumenta o disminuye según sea mayor o menor el tamaño (CIANO, 1984). Por su parte, el tercer grupo representa el tamaño más común de garbanzo de rezaga que aún presenta las características de calidad para ser destinado a consumo humano.

Las muestras se empacaron en bolsas de polietileno de 2 Kg y etiquetaron para su almacenamiento a 5°C por el tiempo necesario hasta su análisis posterior.

Análisis de la Composición Química

El conocimiento de la composición química del grano permite estimar el grado de aporte de nutrientes a la dieta y compararlo con otros alimentos.

Previo al análisis de composición química, las muestras de garbanzo se molieron utilizando un molino Laboratory Mill-3100, hasta un tamaño de partícula de 80 mesh (tyler). El análisis se realizó por triplicado y comprendieron los métodos propuestos por la A.A.C.C (1991): humedad (método 44-40), cenizas (método 08-12), grasa (método 30-20) y proteína (método 46-12).

Condiciones de Extracción de Proteína por Solubilidad

Como preeliminar a la etapa de fraccionación, se establecieron tres factores para estudiar su efecto en la eficiencia de extracción de proteína: relación harina:solvente, tiempo de extracción y tamaño de partícula. Estos factores se seleccionaron en base a estudios previos sobre solubilidad de proteínas de garbanzo (Toma and Nakai, 1971; Ganesh and Venkataraman, 1980; Sathe and Salunkhe, 1981;Romero, 1989).

Los niveles de los factores evaluados fueron los siguientes:

Tiempo de extracción: 60, 90 y 120 minutos.

Relación harina-solvente (p/v): 1:3, 1:5 y 1:10

Tamaño de partícula: 60, 80 y 100 mesh.

Para realizar esta prueba se tomó como base a un calibre de una sola variedad, siendo seleccionado previamente mediante un estudio preliminar para evaluar la influencia del calibre sobre la fraccionación de proteínas. Una vez obtenidas las condiciones óptimas, el resto de las muestras se trataron bajo las mismas condiciones.

Para obtener la harina, el garbanzo fue molido utilizando un molino Laboratory Mill-3100, hasta obtener los tamaños de partícula deseado.

En esta parte se utilizó un diseño experimental factorial con tres variables independientes (X=tiempo de extracción, Y=relación harina-solvente y Z=tamaño de partícula) y dos repeticiones. Como variable respuesta se asignó el

porcentaje de proteína total soluble recuperada. Los resultados se analizaron estadísticamente por la Metodología de Respuesta de Superficie (MRS) para determinar la combinación de tratamientos que produjo la óptima respuesta.

Obtención de las Fracciones Proteicas

En el presente estudio se llevó a cabo la separación de la fracción albúmina y globulina, utilizando el principio de solubilidad y empleando las condiciones previamente establecidas.

Se utilizó agua destilada (pH 7) y NaCl 0.5M (pH 7), para extraer albúminas y globulinas, respectivamente (Osborne, 1907).

A 5 g de muestra en base seca, se le agregó la solución extractante correspondiente, procediendo a una agitación mecánica a temperatura ambiente por el tiempo predeterminado para facilitar la extracción. Posteriormente, el extracto se centrifugó por 15 minutos a 12000 g a 4°C, obteniendo el sobrenadante y el precipitado (Singh and Jambunathan, 1982; Singh and Jambunathan, 1981; Fan and Sosulski, 1974). El sobrenadante consistió en la fracción de proteína soluble y se almacenó en viales a 4°C para su cuantificación posterior. Este procedimiento se realizó por duplicado y se aplicó individualmente para obtener cada una de las dos fracciones.

Cuantificación de Proteína Total Soluble

Se determinó espectrofotométricamente, la concentración de albúmina y globulina en garbanzo, en base al contenido de proteína total de la fracción

soluble de cada extracto, en un análisis por triplicado, utilizando el procedimiento BCA.

Este sistema combina la reacción de proteína con cobre (Cu^{++}) en medio alcalino con una alta sensitividad y selectividad del ácido bicinconínico (BCA) en la detección del cobre. Existe la formación de un complejo púrpura producto de la interacción de dos moléculas de BCA con una del ión cuproso, que exhibe absorbancia a 562 nm. El método ofrece un ensayo flexible y rápido de realizar (Pierce Chemical Company, 1986).

Se tomaron alícuotas del extracto y se combinaron con 2 ml de BCA mediante un mezclado homogéneo por medio de un agitador Vortrex, posteriormente se incubaron a 37°C por 30 minutos. Después de la incubación, los tubos se enfriaron a temperatura ambiente y la intensidad del color desarrollado se midió a 562 nm en un colorímetro Spectronic 21.

Para determinar la concentración de proteína, se preparó una curva estándar empleando seroalbúmina de bovino (Sigma Co.) como referencia. Se graficó absorbancia a 562 nm contra concentración de proteína y se llevó a cabo un análisis de regresión lineal para obtener la ecuación de la recta que proporcionó la concentración de proteína de la muestra.

Cuantificación de Nitrógeno No Proteico (NNP)

El garbanzo tiene una alta cantidad de nitrógeno no proteico que está positiva y significativamente correlacionado con nitrógeno total. Una gran

variación en el NNP puede afectar la estimación de proteína de la muestra y por lo tanto también afecta la estimación de ingesta de proteína en la dieta. De ahí que en garbanzo no todo el nitrógeno está asociado con proteína, sugiriendo que el NNP debe tomarse en cuenta en la determinación del nitrógeno total (Singh, 1985).

La cantidad de NNP de las fracciones (albúmina y globulina) y de las muestras de garbanzo, se estimó por extracción directa con ácido tricloroácetico al 10%, basado en la metodología propuesta por Singh and Jambunathan (1981).

La muestra desgrasada (500 mg) se dispersó en 15 ml de solvente y se agitó por una hora en un agitador mecánico marca Burrel (modelo 75) a temperatura ambiente. Posteriormente, el material insoluble se sedimentó por centrifugación a 8000 por 15 minutos y se determinó el contenido de nitrógeno proteico en el sobrenadante por el procedimiento Microkjeldahl. La concentración de NNP se estimó por diferencia entre nitrógeno total y nitrógeno protéico. En esta etapa se empleó un análisis por duplicado.

Liofilización de los Extractos Proteicos

El proceso de liofilización consiste en la eliminación de humedad de una muestra utilizando condiciones de vacío y bajas temperaturas, sin afectar significativamente su integridad estructural.

Previo al tratamiento de liofilización, los extractos acuosos fueron concentrados mediante precipitación con etanol a -40°C en presencia de agitación mecánica, de acuerdo a la metodología propuesta por Stocheck (1990). Posteriormente se procedió a una congelación rápida con acetona a -60°C enfriada con bloques de CO_2 y se liofilizaron hasta sequedad en un liofilizador Labconco, a una temperatura constante de -40°C y un vacío de 25 micrones, de acuerdo a las especificaciones del manual del equipo. Los extractos proteicos liofilizados se almacenaron en envases herméticos a temperaturas de refrigeración, para posteriormente analizar su composición de aminoácidos y digestibilidad *In Vitro*.

Evaluación de Calidad Proteica por Digestibilidad *In Vitro*

El término calidad proteica se utiliza para denotar la eficiencia con la cual una fuente de proteína es utilizada para crecimiento y mantenimiento (Vidal, 1986).

Los métodos *In Vitro* son ampliamente utilizados para evaluar la calidad proteica de los alimentos por ser más sencillos, rápidos y económicos que los *In Vivo* (Nesheim, 1977). Entre ellos, se encuentran los métodos enzimáticos que pueden hidrolizar proteínas liberando los aminoácidos y esto permite medir la disponibilidad biológica de los aminoácidos (Satterlee, 1979).

Las fracciones proteicas liofilizadas (albúminas y globulinas) y las harinas de garbanzo se sometieron a una digestibilidad *In Vitro* utilizando caseinato

de sodio como proteína control, empleando para ello el método multienzimático propuesto por Satterlee *et al.*, (1982).

Para la digestión de la proteína, este método utiliza un sistema de cuatro enzimas, las cuales se ponen en contacto con una solución acuosa que contenga 10 miligramos de nitrógeno proveniente de la muestra a evaluar.

La hidrólisis enzimática se realizó bajo condiciones de temperatura controlada en un tiempo de reacción de 20 minutos. El parámetro de medición de digestibilidad fue el pH, el cual desciende por efecto de la liberación de aminoácidos producto de la hidrólisis de la proteína en la muestra. Esta determinación se realizó por duplicado, utilizando como control ANRC-Caseína.

El porciento de digestibilidad *In Vitro* se calculó mediante la ecuación:

$$\% D = 234.84 - 22.56 (X)$$

Donde X = pH de la solución a 20 minutos de reacción.

Análisis de Composición de Aminoácidos de las Harinas y Fracciones Proteicas de Garbanzo

La calidad proteica de un alimento es primeramente estimada por la comparación de sus aminoácidos esenciales con un estándar proteico de referencia, por lo que el conocimiento del perfil de aminoácidos de un

alimento es el punto inicial para estimar su valor nutricional (Salunkhe and Kadam, 1989).

Se determinó y cuantificó el perfil de aminoácidos tanto en la harina como en las fracciones albúmina y globulina liofilizadas (por duplicado), utilizando para ello un equipo de Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC) Varian (modelo 9050). Las condiciones de trabajo que se utilizaron se presentan en la Tabla 6.

La muestras (1 mg) se hidrolizaron con HCl 6N por 5 horas en un tubo de hidrólisis bajo condiciones de vacío, utilizando una sistema de hidrólisis con vacío marca Pierce (modelo 29560), de acuerdo a la metodología de Jones *et al.*, (1981).

Posteriormente las muestras se evaporaron bajo vacío hasta sequedad, utilizando un evaporador rotatorio y se redisolvieron en solución buffer de citrato de sodio 0.2 N pH 2.2, para colectarse en viales con tapón rosca y almacenarse a 4°C para su posterior cuantificación por duplicado.

Antes del análisis cuantitativo de los aminoácidos, fue necesario realizar su derivatización con O-ftaladehído para producir compuestos fluorescentes que presentan excitación y emisión de longitudes de onda medibles a 360 y 455 nm, para aminas primarias y secundarias, respectivamente. Se utilizó la metodología de Lindroth and Moper (1979). Los resultados se expresan en gramos de aminoácidos/100 gramos de proteína de la muestra.

Tabla 6. Condiciones de Operación del Cromatógrafo HPLC Utilizado en el Análisis de Aminoácidos de Garbanzo.

Variables de Operación	Condiciones
Columna	RP-18, 3µ, esférica
Detector	Fluorométrico (Filtros OPA)
Temperatura	25-27°C
Rango de Flujo	1.5-1.7 ml/min
Tiempo de Corrida	25-30 min
Fase Móvil	Solvente A: Metanol
	Solvente B: Bufer de acetato de Sodio 0.1 M pH 6.2 más tetrahidrofurano 1%

Fuente: Lindroth and Moper, 1979.

Evaluación de los Principales Parámetros de Calidad Comercial

Las muestras de garbanzo se sometieron a un análisis de calidad comercial, mediante la determinación de los estándares de comercialización: tiempo de cocimiento o cochura y color. También se llevó a cabo la estimación del tiempo óptimo de remojo.

Tiempo Óptimo de Remojo

Previo al estudio del tiempo de cocimiento, se llevó a cabo la evaluación de las óptimas condiciones de remojo del grano de garbanzo, el cual facilita la penetración de calor y disminuye el tiempo de cocimiento. El tiempo óptimo de cocimiento se determinó en base a la metodología propuesta por Sotelo (1994).

Se midió la cantidad de agua retenida por el grano para las distintas variedades y calibres, utilizando diferentes tiempos en intervalos de una hora. El porcentaje de absorción se determinó por diferencia de pesos entre el grano húmedo y seco. Para elaborar las curvas de absorción, se graficó el tiempo de remojo (hr) contra absorción de agua (%),utilizando una regresión para encontrar el tiempo que se requiere para que el garbanzo retuviera su mismo peso en agua.

Tiempo de Cocimiento o Cochura

Es uno de los atributos más importantes que se utilizan para la evaluación de la calidad por el comprador. El determinar el tiempo de cocimiento es

importante para el establecimiento de las condiciones adecuadas de procesamiento (SARH, 1979).

En previos estudios, Barrón y Col. (1994), evaluaron seis variedades de garbanzo para estimar el tiempo óptimo de cocimiento en base a una relación establecida entre la medición objetiva de textura en el texturómetro Instron y una evaluación sensorial de textura (dureza) con jueces. Encontraron que el tiempo óptimo de cocimiento de garbanzo que correlaciona a una mayor aceptación en textura por los panelistas, es correspondiente a una determinada respuesta de la dureza del grano cocido, medida con una celda de extrusión por alambre (WEC).

En el presente estudio todas las muestras de garbanzo, con previo remojo, fueron sometidas a cocimiento a ebullición (100°C) en recipientes a presión atmosférica, adicionando agua destilada en una relación grano:agua de 1:10 p/v.

Se probaron distintos tiempos desde 20 hasta 80 minutos en intervalos de 20 minutos, hasta obtener una respuesta en el Instron de 112 Kg-f que se consideró como indicador del tiempo óptimo de cocimiento (Barrón, 1994).

La textura del grano cocido se determinó por triplicado utilizando un Texturómetro Universal marca Instron (modelo 1130), empleando para ello una celda de extrusión por alambres (WEC) diseñada en el Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA).

Las condiciones de trabajo del Instron fueron: velocidad de cabezal de 5 cm/min, velocidad de carta de 5 cm/min y celda de carga de 500 kgs, así como la escala de 200 kg para obtener una mejor resolución en la gráfica obtenida. Los resultados son expresados en kilogramos fuerza (Kgf), necesarios para comprimir, compactar y extruir 140 gramos de garbanzo cocido a través del enrejado de la celda WEC (Carranza y Verdugo, 1987).

La determinación del tiempo óptimo de remojo y cocimiento de las muestras de garbanzo se realizaron por duplicado.

Color

El grano de garbanzo se considera de buena calidad por el comprador cuando presenta un color blanco. La evaluación de color del garbanzo se realizó en el Reflectómetro Agtron (modelo M-300-A) de acuerdo a las especificaciones proporcionadas en el manual del equipo en un análisis por triplicado. Esta medición se basa en el principio del registro de la luz absorbida por el color negro o la reflejada por el color blanco.

Los granos enteros se colocaron en celdas especiales que se llenaron a su capacidad y se realizaron lecturas en el espectro verde (546 nm) y azul (436 nm) según Sotelo (1994); calibrando con los discos estándar de 00-90 (0 y 100% de reflectancia, respectivamente). Los resultados se expresan como porcentaje de reflectancia relativa, donde lecturas con valores elevados indican muestras menos oscuras con tendencia a reflejar la luz.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico de los Resultados

Para la realización del presente estudio se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, en una estructura factorial anidada 3 x 3 con dos repeticiones. La estructura de tratamientos consistió de dos factores principales: variedad de garbanzo, cada uno con tres niveles. Algunas de las variables (determinaciones) se hicieron por triplicado o duplicado.

Los datos obtenidos de las determinaciones se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) con el objeto de evaluar las diferencias y el efecto de variedades de garbanzo, calibres y su interacción (variables independientes) sobre cada uno de los análisis realizados (variables respuesta), además de obtener las medias de los tratamientos y desviaciones estándares de los análisis.

Para establecer diferencias significativas entre tratamientos específicos, se utilizó el método de rango múltiple de Tukey a un nivel de significancia del 5%, empleando los procedimientos del programa estadístico computacional SAS (1984).

También se llevó a cabo un análisis de regresión lineal para obtener la ecuación de la recta que permitió la cuantificación de nitrógeno de los extractos proteicos solubles por el método BCA, mientras que para obtener los tiempos óptimos de cocimiento y remojo se empleó un análisis de regresión cuadrática.

Para la comparación de los resultados obtenidos de los análisis realizados tanto a la harina como a las fracciones albúminas y globulinas de garbazo, se empleó un análisis de contraste, a un nivel de significancia de 5%.

Los resultados de los atributos comerciales se relacionaron mediante un análisis de correlación múltiple con los resultados del análisis químicos y entre sí, con la finalidad de establecer alguna posible relación entre ellos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de Calibres y Composición Química de Garbanzo

La presente investigación se inició con la selección de la materia prima, la cual consistió de 100 kg de muestra proveniente de cuatro variedades de garbanzo en una mezcla de calibres. Una vez realizado lo anterior, se procedió a llevar a cabo el análisis de composición química de las muestras de garbanzo, cuyos resultados se muestran en la Tabla 7. Fue posible observar que la concentración de proteína de garbanzo varió entre un 21 a 25%, con un valor promedio de 23.09%, resultados comparables al rango reportado de 12.4 a 30.6% por diversas investigaciones (Chavan, *et al.*, 1989; Sotelo y Col., 1987; Singh, 1985), las cuales revelaron que este nutriente se encuentra localizado principalmente en los cotiledones y el eje embriónico.

La variedad Blanco Lechoso presentó un porcentaje de proteína superior en el calibre pequeño, seguido del calibre intermedio y grande. Las variedades Surutato y Hermosillo '93 también obtuvieron valores superiores de proteína en el grano de menor tamaño, no habiendo diferencias en el contenido de proteína total entre calibres de tamaño superior.

En lo referente a la determinación de minerales en garbanzo, se observó que la variedad Blanco Lechoso presentó una distribución homogénea de este componente químico en los diversos calibres, mientras que en Surutato, el

Tabla 7. Composición Química de Tres Variedades de Garbanzo y sus Calibres (g/100g)[1].

Muestra	Proteína[2]	Cenizas	Grasa	NNP[3]
Bco.Lechoso				
XXXX-0	22.557^{C}	3.601^{A}	7.341^{AB}	0.211^{B}
2-8	23.25^{B}	2.489^{B}	6.532^{B}	0.243^{B}
18-20	24.33^{A}	3.056^{AB}	7.734^{A}	0.379^{A}
Surutato				
XXXX-0	21.47^{B}	2.993^{B}	7.081^{B}	0.336^{B}
2-8	21.092^{B}	3.785^{A}	9.046^{A}	0.518^{A}
18-20	22.5^{A}	4.056^{A}	8.163^{AB}	0.466^{A}
Hermosillo'93				
XXXX-0	23.884^{B}	3.749^{A}	8.533^{A}	0.143^{C}
2-8	23.599^{B}	3.202^{A}	6.455^{B}	0.272^{B}
18-20	25.174^{A}	3.531^{A}	6.852^{B}	0.486^{A}
$\bar{X}\pm$D.S	23.095 ± 1.32	3.384 ± 0.48	7.526 ± 0.90	0.339 ± 0.13

1. Resultados expresados en base seca.
Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
2. Nx 6.25
3. NNP= Nitrógeno No Proteico.

menor porcentaje lo presentó el calibre de tamaño superior (XXXX-0). Por otra parte, el tamaño del grano no afectó significativamente el contenido de cenizas en la variedad Hermosillo '93.

El porcentaje de minerales varió de 2.4 a 4.0 con un valor promedio de 3.38%, lo cual concuerda con lo reportado por Chavan *et al.*, (1989) y Sotelo y Col., (1987).

Con lo que respecta a grasa, la concentración promedio fue de 7.52% con una variación del 6.4 al 9.0%, encontrándose dentro de valores normales, observando una distribución similar en los distintos calibres, tanto en las variedades Blanco Lechoso como Surutato; mientras que en Hermosillo '93, el calibre más rico en este nutriente fue el de mayor tamaño.

Finalmente, los resultados permitieron una diferenciación en contenido de NNP en los tres grupos de calibres estudiados de la variedad Hermosillo '93, mientras que en Surutato se observó la menor concentración de este compuesto en el calibre XXXX-0 y en la variedad Blanco Lechoso, el mayor porcentaje correspondió al calibre de menor tamaño.

Diversos estudios han determinado que las leguminosas contienen relativamente alta proporción de nitrógeno no proteico en relación a otros granos, que está positiva ysignificativamente relacionada con el nitrógeno total; sin embargo, en el presente estudio el número de determinaciones realizadas no fue suficiente para permitir establecer dicha correlación (Singh and Jambunathan, 1981; Kadam *et al.*, 1989). Estos autores reportan que el

garbanzo presenta una variación de NNP entre 0.16 a 0.73%, mientras que en las muestras de garbanzo estudiadas se observó una concentración promedio de 0.33% con una fluctuación de 0.21 a 0.51%.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas, tanto en el aspecto químico, nutricional y comercial de garbanzo, se sometieron a un análisis estadístico con la finalidad de determinar el efecto de los factores variedades y calibres. Las tendencias de los resultados obtenidos para cada uno de los nutrientes estudiados, se muestran en las Figuras 2,3,4 y 5.

Fue posible observar que para todos los calibres, la variedad Hermosillo '93 destacó en concentración de proteína, seguido de Blanco Lechoso y Surutato. Por otra parte, para todas las variedades, se determinó que la mayor proporción de proteína se presentó en el calibre de menor tamaño, mientras que no se observó una diferencia significativa de este nutriente entre los calibres de mayor tamaño.

En lo que concierne a cenizas, el menor contenido se detectó en la variedad Blanco Lechoso en comparación con el resto de las variedades cuyos valores fueron comparables entre sí. Al evaluar el efecto de calibre sobre este constituyente químico, fue posible observar que el mayor porcentaje lo presentó el grano de menor tamaño, mientras que en el calibre intermedio se observó el efecto contrario.

Los resultados del análisis de grasa, mostraron que para todos los calibres, la variedad Surutato resultó ser la más rica en concentración, en tanto

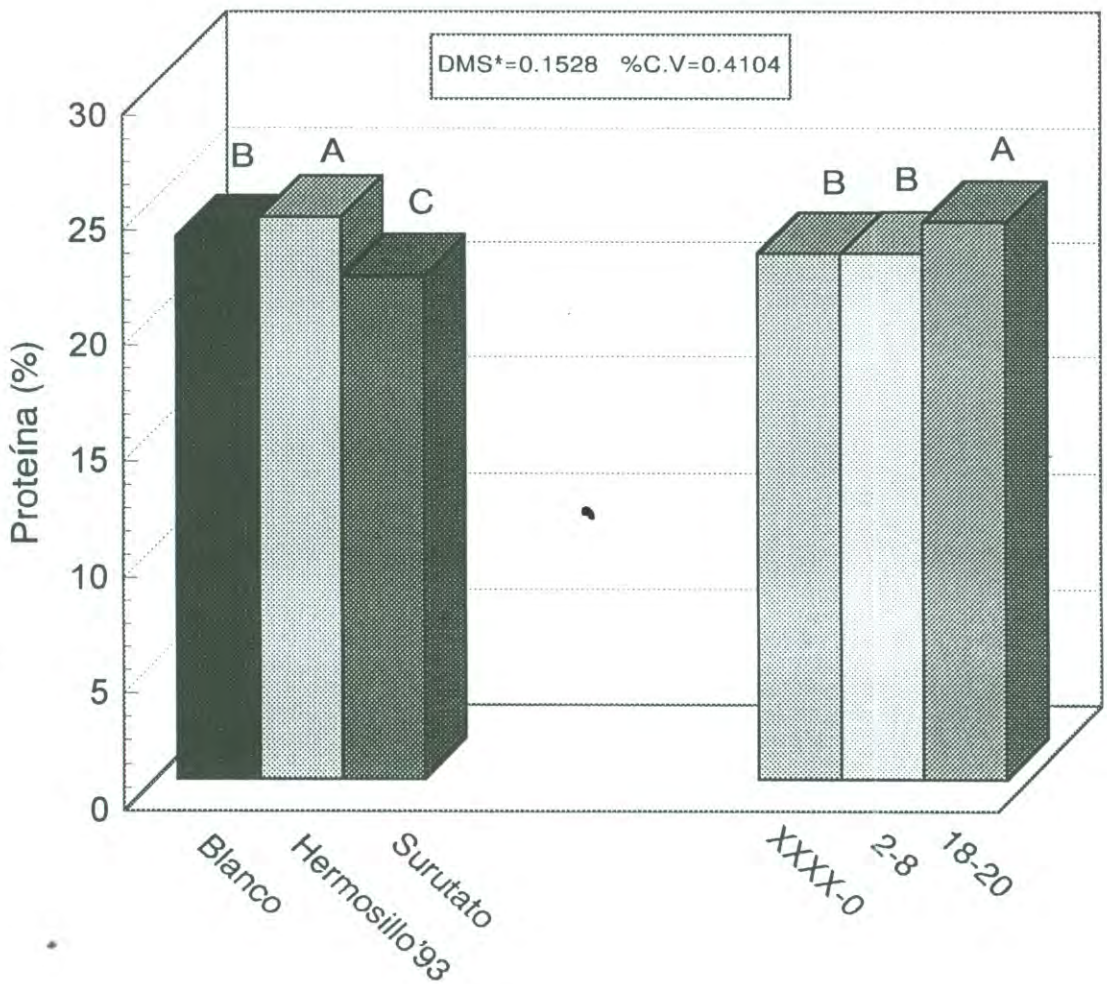


Figura 2. Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de Proteína.

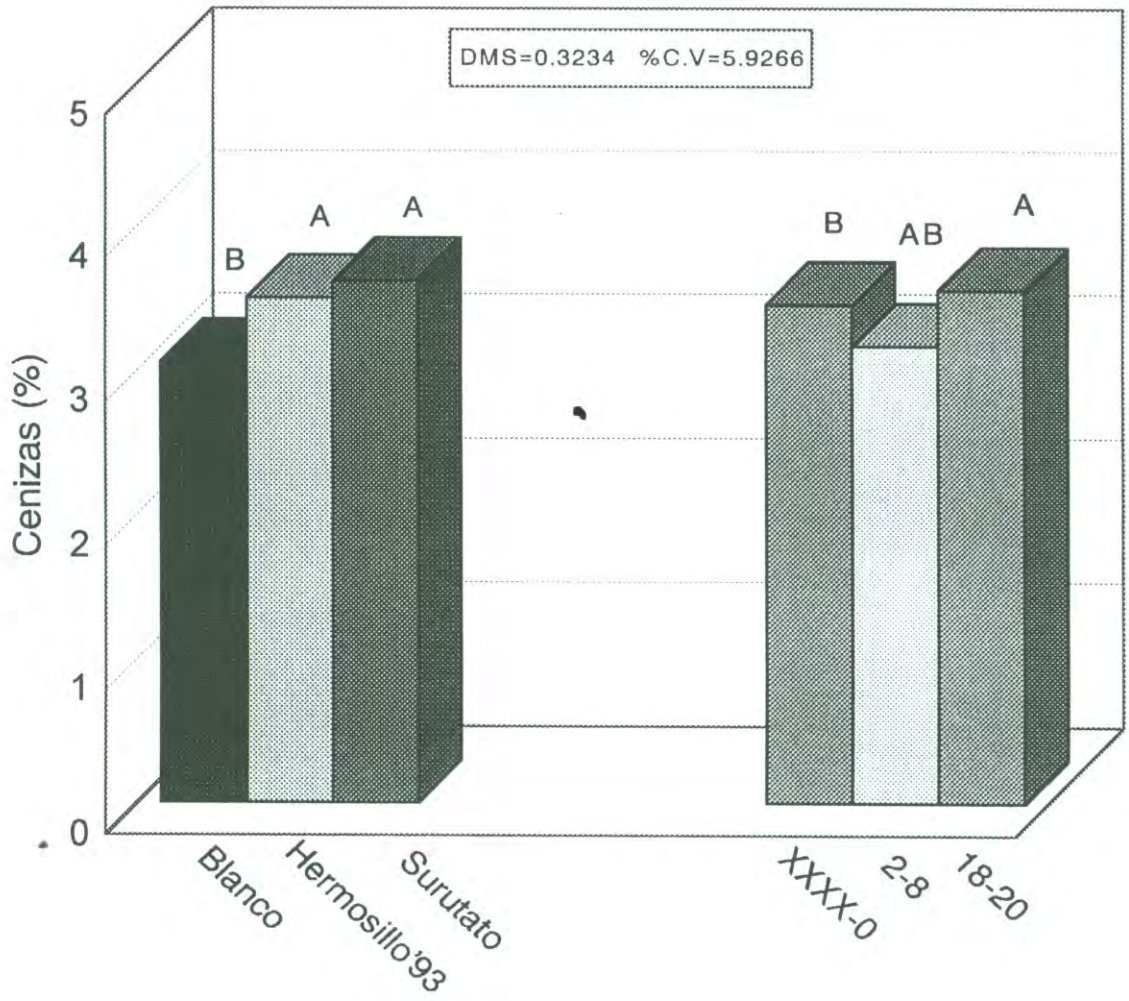


Figura 3. Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de Cenizas.

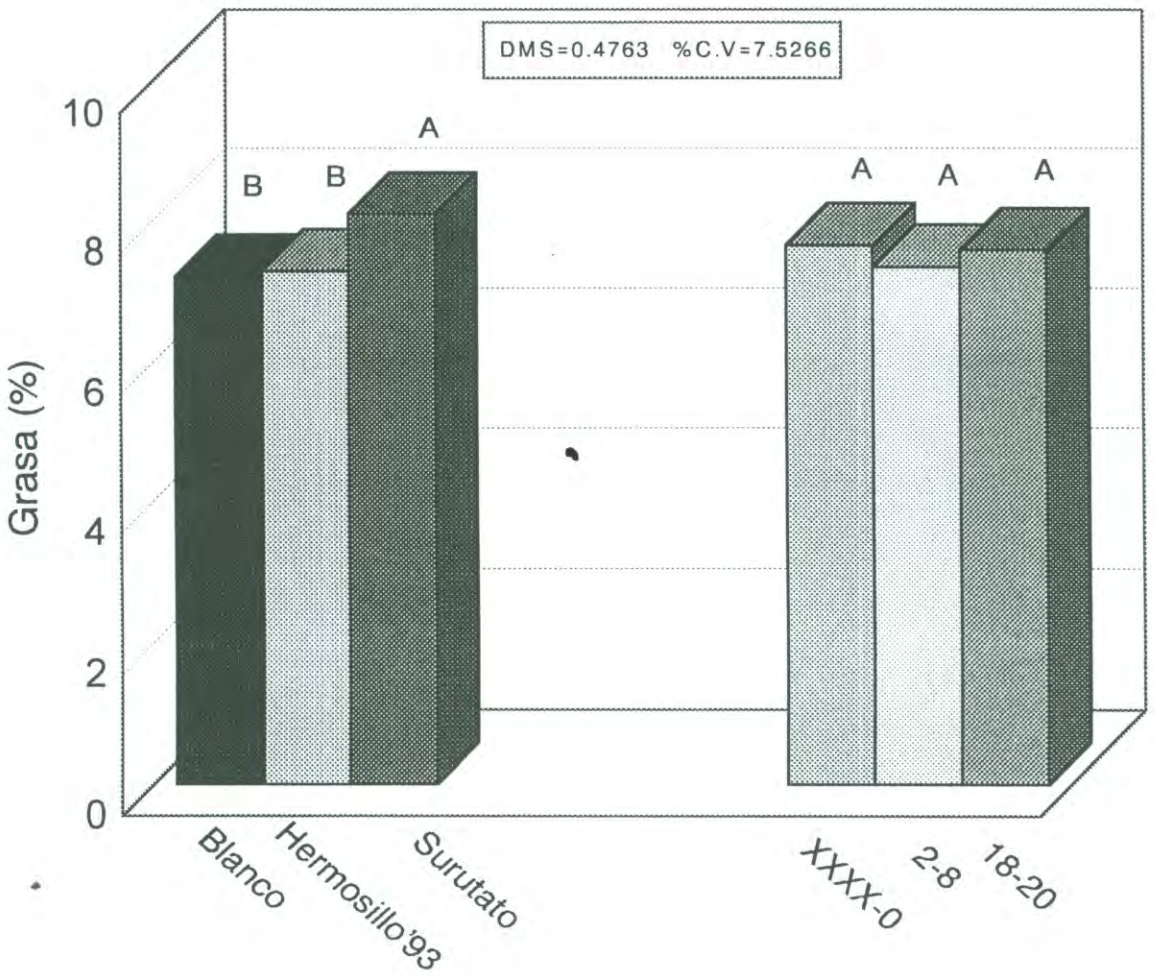


Figura 4. Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de Grasa.

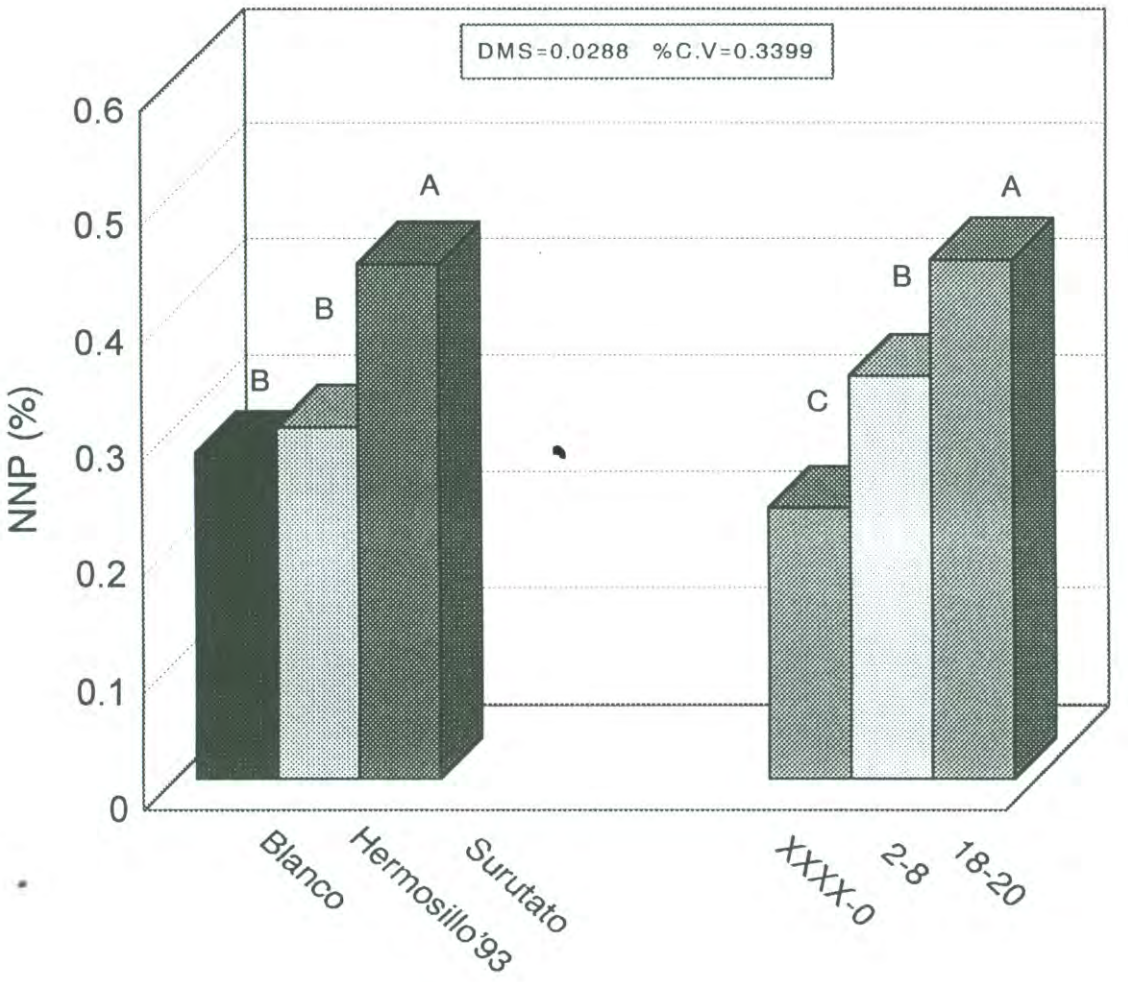


Figura 5. Influencia de Variedades y Calibres de Garbanzo Sobre el Contenido de NNP.

que para todas las variedades no existió una diferenciación significativa entre calibres.

Por último, Surutato resultó ser la variedad con mayor contenido de NNP, mientras que no se encontró diferencia significativa entre Hermosillo '93 y Blanco Lechoso. Dentro de este mismo análisis se observó, que al igual que en proteína y cenizas, el grano de menor tamaño presentó la mayor proporción del nutriente, en este caso seguido de los calibres 2-8 y XXXX-0.

Es bien definido, que la composición química de las leguminosas está en función de la variación de las condiciones de cultivo, como localización geográfica y las condiciones de crecimiento, como fue establecido por Kadam *et al.*, (1989); Sotelo y Col., (1987)y Singh (1985).

Una vez realizado el análisis de composición química, el siguiente paso experimental fue establecer las óptimas condiciones de extracción de proteína.

Establecimiento de las Condiciones de Extracción de Proteína

En esta parte experimental fue necesario realizar un preliminar para determinar el efecto del calibre en la eficiencia de extracción de proteína, con la finalidad de elegir el de mejores resultados. Se seleccionó la variedad Surutato por mostrar una mejor distribución de calibres y los tamaños de grano de XX, 0 y 20.

Las muestras se molieron hasta obtener un tamaño de partícula de 80 mesh y se analizaron en su contenido de humedad y proteína (Tabla 8). Posteriormente, se llevó a cabo la extracción de la fracción albúmina empleando un tiempo de extracción de 90 min, relación harina:solvente de 1:10 y tamaño de partícula de 80 mesh. La cuantificación de proteína soluble de esta fracción se realizó en el sobrenadante por triplicado, mediante la técnica de BCA para proteína soluble(Tabla 8).

Tomando en cuenta que se partió de una concentración de proteína similar entre calibres, se determinó que la extracción de proteína entre calibres cercanos (como O y XX) fue muy similar, a diferencia del calibre 20 donde se encontró cierto efecto. Este comportamiento también influyó en la decisión de formar los grupos de calibres mencionados con anterioridad, aunado a que comercialmente no se lleva a cabo una separación tan estricta en el tamaño del grano.

En base a lo anterior, se eligió el calibre 2-8 de la variedad Blanco Lechoso para el estudio de las condiciones óptimas de extracción de proteína, por tratarse de un punto intermedio de la escala de calibres y una de las variedades más comercializadas y empleadas en el mejoramiento genético de garbanzo.

Una vez realizada esta fase experimental, se procedió a estudiar el efecto de los factores que afectan la eficiencia de extracción de proteína: tiempo de extracción (TE), relación harina:solvente (HS) y tamaño de partícula (TP),

Tabla 8. Selección de Calibre para el Establecimiento de las Condiciones de Extracción de Proteína.

	Surutato		
Análisis	XX	0	20
% Humedad	8.09	7.463	7.019
% Proteína Total (B.S)[1]	21.069	21.188	21.977
Proteína Soluble(µg/ml)	461.05	479.546	584.3

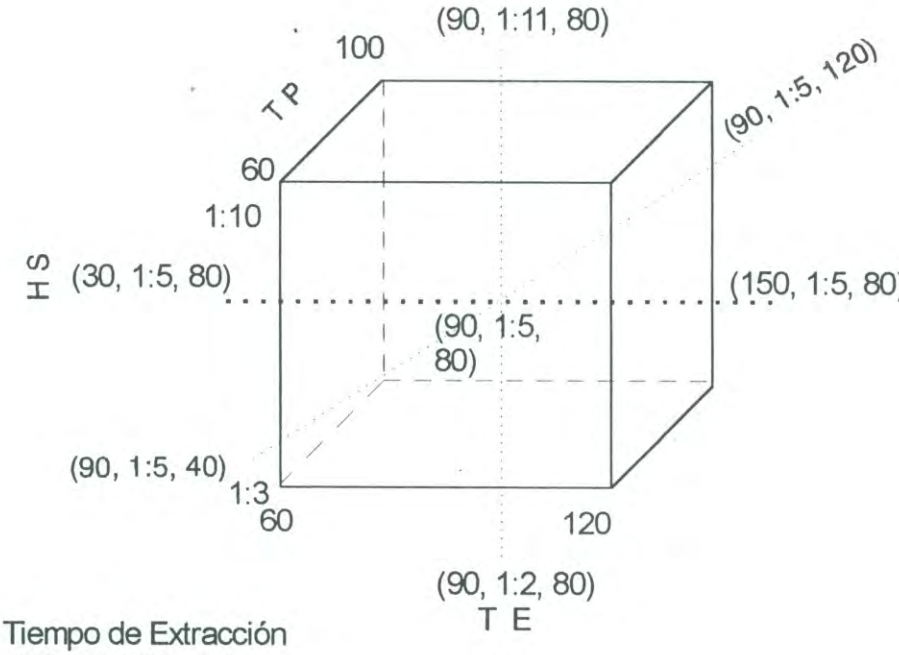
1. Proteína Total= N (Kjeldahl) x 6.25

designándose diversos niveles en base a estudios realizados previamente (Figura 6).

Se llevó a cabo una combinación de factores y niveles hasta obtener un total de 18 tratamientos, los cuales fueron aplicados para la extracción de las fracciones albúminas y globulinas . Cada una de las fracciones se cuantificó por BCA con tres réplicas, haciendo un total de 108 determinaciones para cada proteína. Los datos obtenidos se analizaron por Metodología de Superficie de Respuesta (MRS) con la finalidad de encontrar la combinación de tratamientos que diera la óptima respuesta de extracción.

En la Tabla 9 se muestra que el tiempo de extracción no afectó estadísticamente la eficiencia de extracción, tanto en albúmina como en globulina. Sin embargo, en base a un análisis de cordilleras, se determinó que a los 86 minutos de extracción se obtiene la más alta concentración de proteína, por lo que este factor quedó fijo en ése nivel.

En la Figura 7 se presentan las gráficas de contorno obtenidas para cada una de las fracciones proteicas. En lo que se refiere a la fracción globulina, se refleja que a valores extremos de los factores estudiados se obtiene la máxima respuesta de extracción, mientras que en albúminas la tendencia es hacia valores centrales. A partir de ello, se establecieron las siguientes condiciones óptimas de extracción:



T E = Tiempo de Extracción
(60, 90, 120 min)
H S = Relación Harina:Solvente
(1:3, 1:5, 1:10)
T P = Tamaño de Partícula
(60, 80, 100)

T E	H S	T P
60	1:3	60
120	1:3	60
120	1:3	100
120	1:10	100
60	1:10	100
60	1:10	60
120	1:10	60
60	1:3	100
90	1:5	80

T E	H S	T P
90	1:5	80
90	1:5	80
90	1:5	80
90	1:5	40
90	1:2	80
150	1:5	80
90	1:5	120
90	1:11	80
30	1:5	80

Figura 6. Condiciones de Extracción Evaluadas para el Establecimiento de la Optima Extracción de Proteína en Garbanzo por Metodología de Respuesta de Superficie.

Tabla 9. Significancia Estadística del Efecto de los Factores TE, HS y TP en la Eficiencia de Extracción de Proteína.

	Prob > F (p=0.05)	
Factor	Albúminas	Globulinas
Tiempo Extracción (min)	0.1296	0.0856
Relación H/S	0.0001	0.0001
Tamaño Partícula (mesh)	0.0042	0.00388

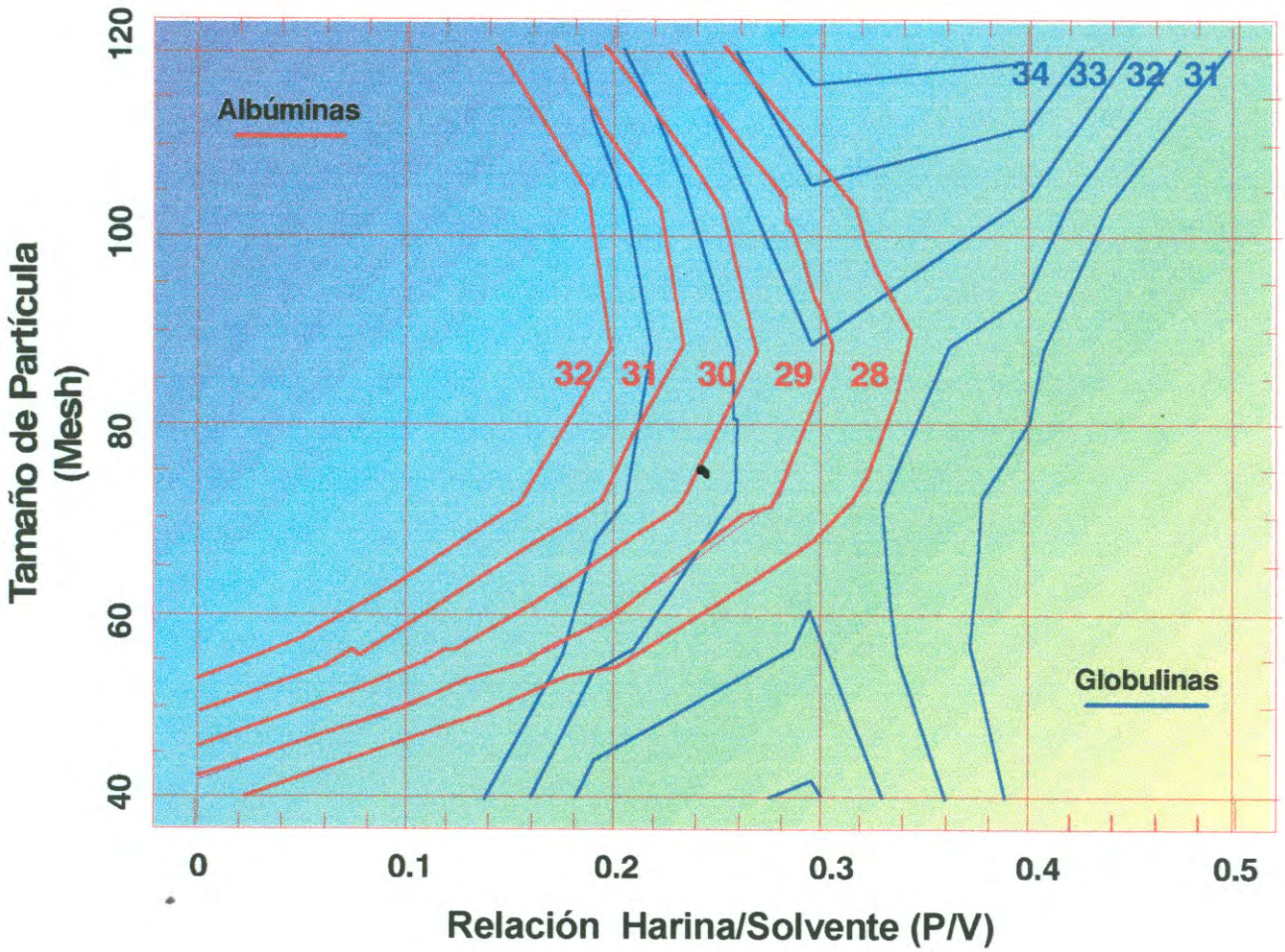


Figura 7. Gráfica de Contorno Obtenida en el Estudio de las Condiciones de Extracción de Albúminas y Globulinas.

Punto centro: HS 1:5, TP 80, TE 86 min

Albúminas: HS 1:10, TP 100, TE 86 min

Globulinas: HS 1:3, TP 120, TE 86 min

A continuación se procedió a realizar la separación y cuantificación de ambas fracciones con las condiciones establecidas, para verificar la eficiencia del análisis estadístico (Tabla 10), encontrándose resultados similares a los arrojados por la MRS. Se decidió utilizar una sola combinación de tratamientos que diera una respuesta similar entre ambas fracciones, resultando ser la siguiente: TE: 86 minutos, TP:100 mesh, HS: 1:5.Con ella se obtuvo una respuesta de proteína de 29 mg/5g para albúminas y 30 mg/5g para globulinas.

Cuantificación de las Fracciones Proteicas Mayoritarias de Garbanzo

Una vez establecidas las condiciones óptimas de extracción para albúminas y globulinas, se procedió a su extracción de la harina de garbanzo y a la cuantificación por BCA , los resultados se presentan en la Tabla 11.

Las muestras de garbanzo presentaron una concentración de albúmina promedio de 44.19 mg/5g , variando entre 37.7 y 57.8 mg/5g. Por su parte, el contenido de globulina presentó un valor mayor y menor de 63.1 y 73.8 mg/5g, respectivamente, con un resultado promedio de 67.66 mg/5g.

Tabla 10. Condiciones Optimas de Extracción de las Fracciones Proteicas Mayoritarias de Garbanzo Obtenida por MRS.

	mg / 5 g	
Condición de Extracción	Albúminas	Globulinas
H:S TP TE [1]		
(1:5, 80, 86)	30.28	32.095
(1:10, 100, 86)	32.45	
(1:3, 120, 86)		36.065

1. H:S= Relación Harina:Solvente, TP= Tamaño de Partícula, TE= Tiempo de Extracción.

Tabla 11. Concentración de Albúminas y Globulinas en los Extractos Proteicos de Garbanzo (mg/5g).

Variedades	Albuminas[1]	Globulinas[2]
Bco.Lechoso		
XXXX-0	41.3358^{A}	63.1198^{B}
2-8	39.2668^{B}	71.3888^{A}
18-20	40.5494^{A}	69.4074^{A}
Surutato		
XXXX-0	37.8756^{A}	63.4498^{B}
2-8	37.7248^{A}	63.4052^{B}
18-20	38.5081^{A}	73.8523^{A}
Hermosillo'93		
XXXX-0	52.3929^{B}	68.3771^{A}
2-8	52.3128^{B}	67.1604^{A}
18-20	57.8248^{A}	68.8085^{A}

Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
1. $\bar{X}$±D.S = 44.199 ± 7.73
2. $\bar{X}$±D.S = 67.661 ± 3.77

Fue posible observar que Surutato presentó una concentración de albúmina similar en los tres grupos de calibres estudiados, a diferencia de Hermosillo '93, donde el mayor contenido de esta proteína se detectó en el grano de menor tamaño. En la variedad Blanco Lechoso, el menor valor se determinó en el calibre 2-8.

Al analizar a la fracción globulina, se encontró que su concentración fue similar en todos los calibres en la variedad Hermosillo, mientras que el calibre 18-20 de Surutato obtuvo el mayor valor sin existir diferencia significativa entre el resto de los grupos. Para Blanco Lechoso, se determinó el menor contenido en el grano de mayor tamaño.

La concentración de ambas fracciones proteicas, también fueron evaluadas estadísiticamente por efecto de variedades y calibres. Se encontró que la variedad más rica en albúminas es Hermosillo'93, seguido de Blanco Lechoso y Surutato, en tanto que para todas las variedades se logró una diferenciación entre calibres, estando concentrada esta fracción principalmente en el grano de menor tamaño (Figura 8).

A diferencia de las albúminas, las variedades estudiadas presentaron un contenido de globulinas comparable entre sí, detectando además que esta fracción también se localiza principalmente en los calibres menores (Figura 9).

Para esta parte experimental, se llevó a cabo un análisis de contraste con la finalidad de determinar la existencia de una diferencia estadística entre

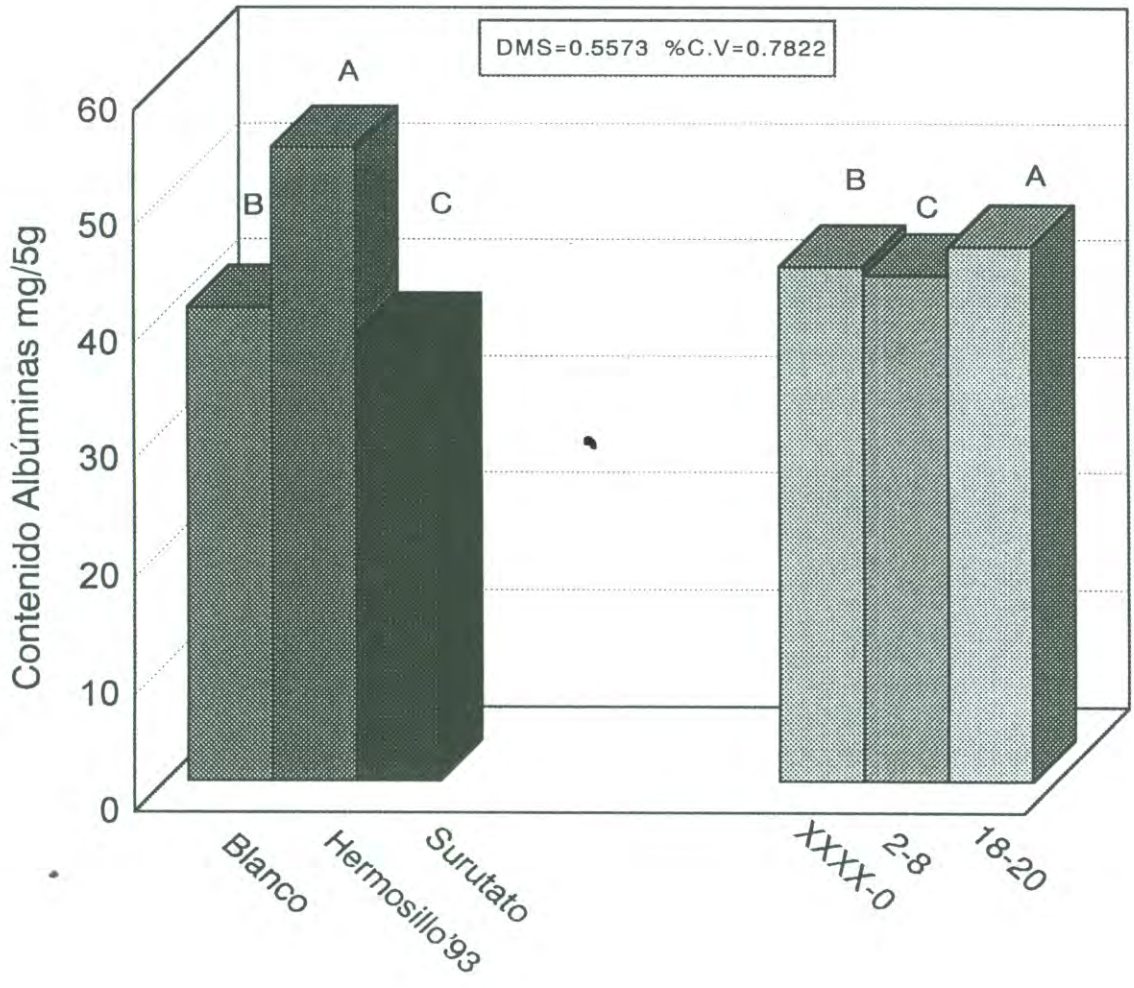


Figura 8. Efecto de Variedades y Calibres en la Concentración de Albúminas en Harina de Garbanzo.

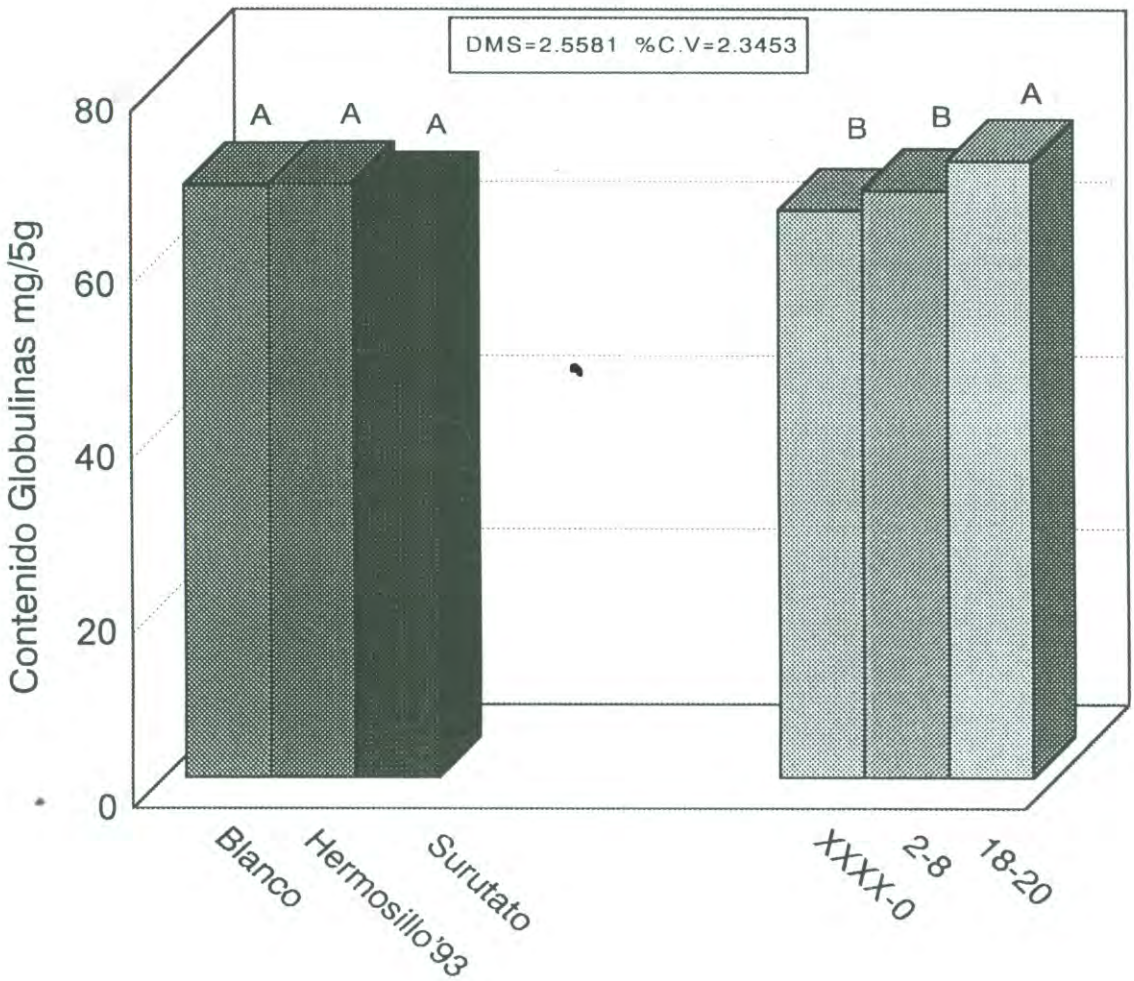


Figura 9. Efecto de Variedades y Calibres en la Concentración de Globulinas en Harina de Garbanzo.

BIBLIOTECA
D. I. P. A.

ambas fracciones proteicas. Se encontró que la concentración de globulina es significativamente superior sobre albúminas para todas las muestras evaluadas ($P<0.01$, $R^2=0.978$). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por diversos estudios, los cuales establecen que las globulinas constituyen las principales proteínas de almacenamiento y se encuentran localizadas mayormente en los cotiledones (Chavan *et al.*, 1989; Singh, 1985.). Además, por correlación se logró determinar que las globulinas contribuyen significativamente al contenido de nitrogeno total del garbanzo($P<0.01$, $R^2=0.752$).

En la presente investigación se encontró una variación directa entre las albúminas y globulinas en garbanzo, de tal modo que si los factores ambientales disminuyen la proporción de albúmina, disminuye también la concentración de globulinas ($P<0.01$, $R^2=0.783$).

Digestibilidad *In Vitro* de Harina de Garbanzo y sus Fracciones Proteicas Albúminas y Globulinas

Tanto la harina entera, como la fracción albúmina y globulina, fueron evaluadas en su calidad nutricional mediante el porciento de digestibilidad *In Vitro*. Los resultados obtenidos en la harina se muestran en las Tabla 12.

Se determinó que la digestibilidad del calibre menor en la harina de Blanco Lechoso resultó ser mayor en comparación con el calibre intermedio y grande. Este comportamiento fue contrario en Surutato y Hermosillo '93, ya que el valor del mismo calibre anterior resultó ser menor, observándose la mayor digestibilidad en el calibre XXXX-0.

Tabla 12.Digestibilidad *In Vitro* de Harinas de Garbanzo.[1]

Variedad	XXXX-0	2-8 %	18-20
Bco.Lechoso	79.514 B	79.9656 B	82.3344 A
Surutato	81.0936 A	80.868 A	79.9016 B
Hermosillo'93	84.4476 A	82.8984 B	83.0112 B

Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
1. $\overline{X}\pm D.S = 81.562 \pm 1.69$

La digestibilidad promedio de la harina de garbanzo resultó ser de 81.56%, con un límite inferior de 79.5% y un límite superior de 84.4%. Esto concuerda con el 78.0%± 5.6% encontrado por Sotelo y Col., (1987).

En lo referente a la digestibilidad de la fracción albúmina (Tabla 13), se observaron ciertas diferencias entre variedades y calibres. Se determinó que el grano más digerible en la variedad Blanco Lechoso fue el de menor tamaño (18-20), mientras que en Surutato el calibre intermedio resultó el menos digerible, en contraste con la variedad Hermosillo'93, donde el mismo calibre presentó el porcentaje más alto. La digestibilidad promedio fue de 86.63% con una variación de 2.74% entre las muestras.

Al igual que en la digestibilidad de las harinas y albúminas, el porciento de digestibilidad de la fracción globulinas (Tabla 14) destacó en el calibre 18-20 en la variedad Blanco Lechoso y fue menor en calibres superiores. Por su parte, la variedad Surutato presentó variación de digestibilidad en los tres grupos de calibres, en tanto que en Hermosillo '93 se observó un cambio casi proporcional al tamaño del grano. La digestibilidad promedio resultó ser de 92.49% con una variación entre 89.1y 94.5%.

En las Figuras 10,11 y 12 se muestran las tendencias del efecto de variedades y calibres sobre el porciento de digestibilidad. Se puede observar que en harina (Figura 10), la variedad Hermosillo resultó ser más digerible en enzimas para su digestión, aunado a que se encuentran presentes otros compuestos que pudieran ocasionar un efecto de dilución en la muestra. En

Tabla 13. Digestibilidad *In Vitro* de Albúminas de Garbanzo.[1]

Variedad	XXXX-0	2-8 %	18-20
Bco.Lechoso	80.1912 B	87.8616 A	87.6848 A
Surutato	87.1848 A	85.5904 B	87.8616 A
Hermosillo'93	87.2976 B	90.0048 A	87.5232 B

Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
1. $\bar{X} \pm D.S = 86.633 \pm 2.74$

Tabla 14. Digestibilidad *In Vitro* de Globulinas de Garbanzo.[1]

Variedad	XXXX-0	2-8 %	18-20
Bco. Lechoso	89.1024 B	93.6144 A	94.1784 A
Surutato	94.5168 A	92.9072 C	92.148 B
Hermosillo'93	93.1632 A	92.8248 AB	92.0352 B

Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
1. $\bar{X} \pm D.S = 92.498 \pm 1.58$

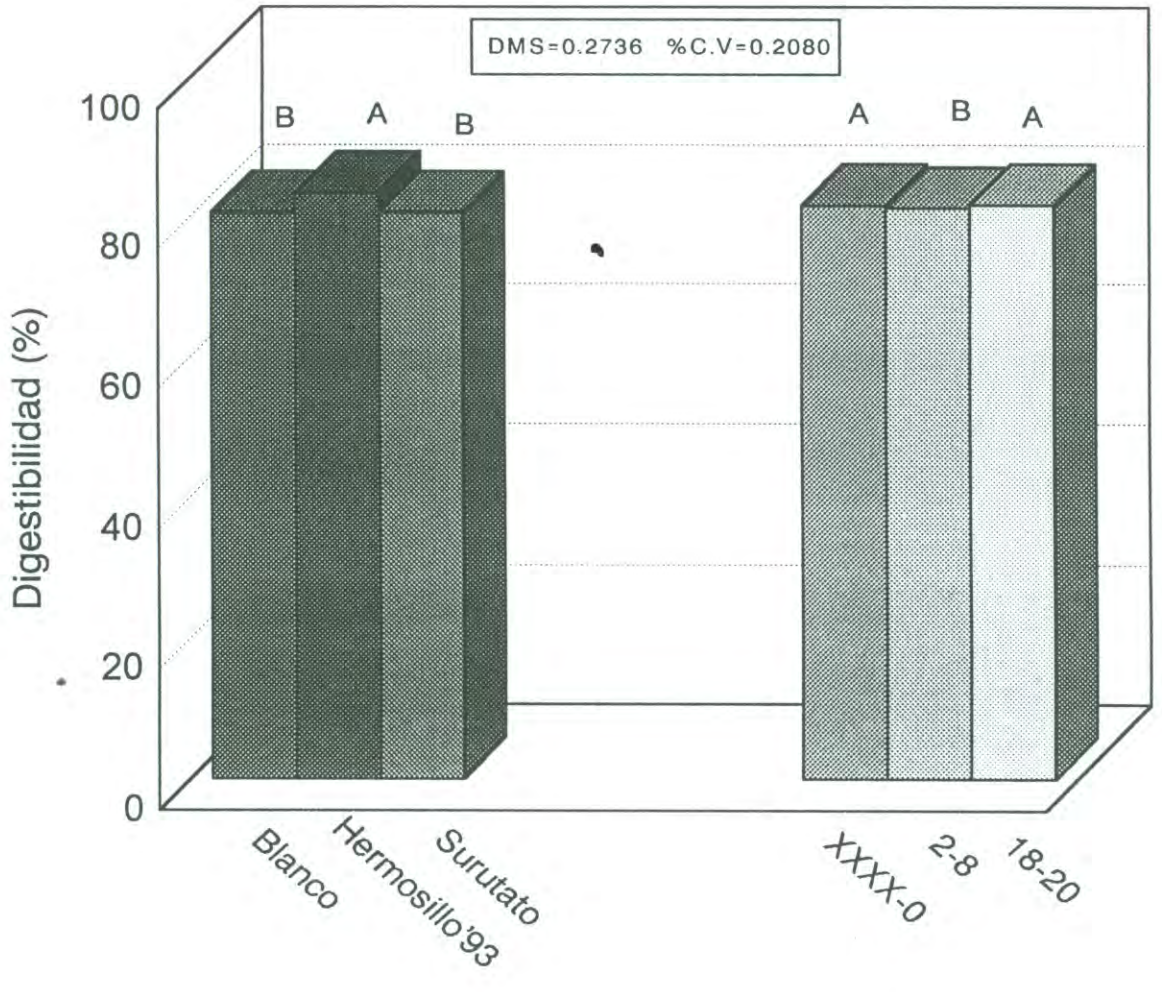


Figura 10. Digestibilidad *In Vitro* de Harina de Garbanzo por Efecto de Variedad y Calibre.

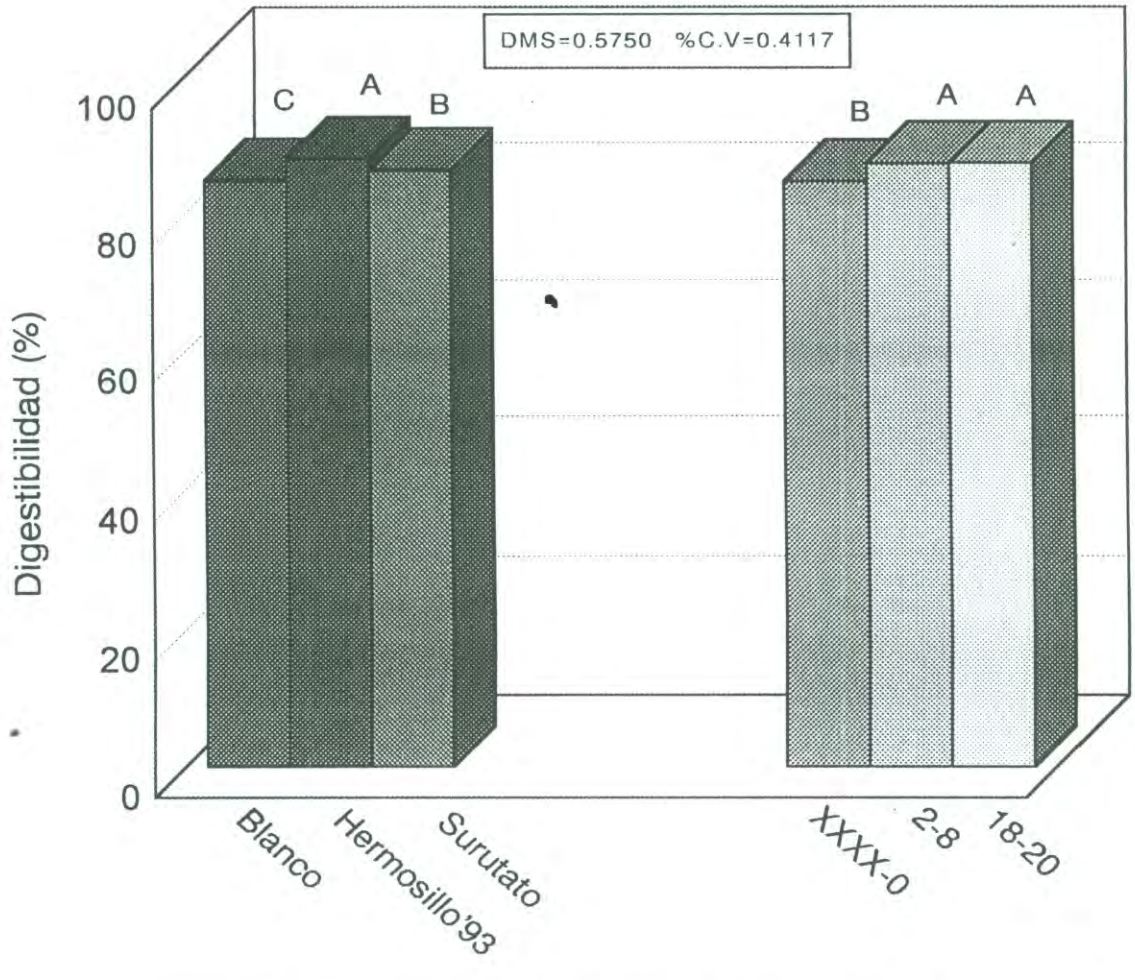


Figura 11. Digestibilidad *In Vitro* de Albúminas de Garbanzo por Efecto de Variedad y Calibre.

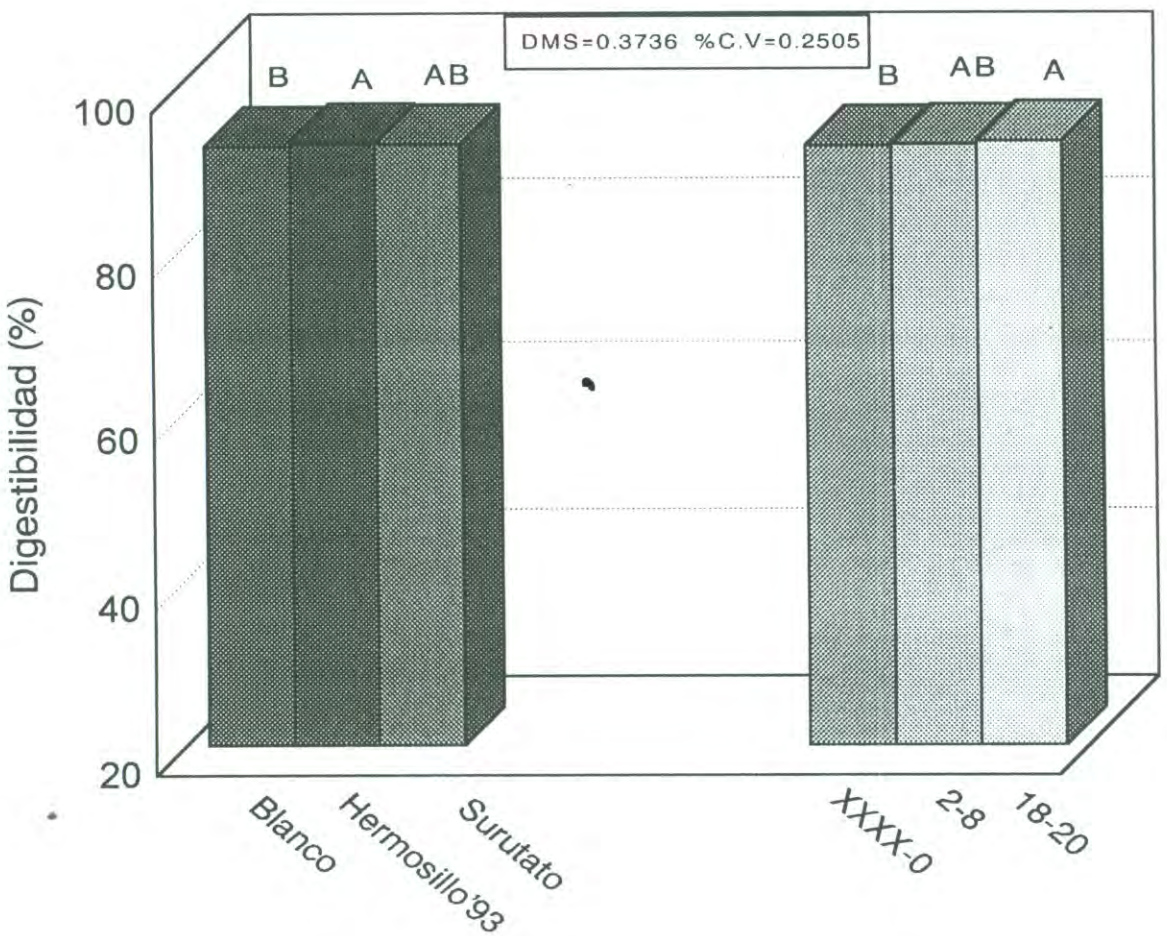


Figura 12. Digestibilidad *In Vitro* de Globulinas de Garbanzo por Efecto de Variedad y Calibre.

comparación con las otras variedades que no presentaron diferencias significativas entre sí, mientras que el ataque enzimático para la digestibilidad de proteína fue mas fácil en los calibres superior e inferior.

Similar a los resultados de la harina, Hermosillo '93 presentó una digestiblilidad superior de la fracción albúmina (Figura 11), lográndose en este caso diferenciar entre variedades, con el menor valor en la variedad Blanco Lechoso. Para todas las variedades, la digestibilidad de garbanzo incrementó con la disminución del tamaño del grano.

Finalmente, al igual que en los casos anteriormente mencionados, la variedad Hermosillo '93 presentó el mayor valor de digestibilidad de la fracción globulina y comparable a Surutato (Figura 12), mientras que Blanco Lechoso fue menos digerible. Para los distintos calibres, los valores fueron comparables entre sí, con una tendencia a incrementar hacia el grano de menor tamaño.

El análisis estadístico de la prueba de contraste de los resultados del porciento de digestibilidad, permitió establecer que los valores de la fracción globulina fue significativamente superior a los de albúminas y estos a su vez a los de harinas ($P<0.01$, $R^2=0.974$).

El hecho de que la digestibilidad de la harina sea menor en comparación a albúminas y globulinas, probablemente se deba a que en ella existen otras fracciones proteicas, cuyo arreglo espacial y estructura dificulten el ataque de las enzimas para su digestión, aunado a que se encuentran presentes otros compuetos que pudieran ocasionar un efecto de dilución en la muestra.

En contraste, tanto las muestras de albúmina como globulina, consisten en un extracto proteico y presentan cierto grado de purificación.

El análisis de correlación permitió establecer que un incremento en la concentración de la fracción globulina contribuyen a aumentar el porcentaje de digestibilidad de la harina ($P<0.01$, $R^2=0.752$).

Perfil de Aminoácidos de Harina, Albúminas y Globulinas de Garbanzo

Uno de los aspectos de mayor importancia dentro de la evaluación nutricional de una proteína es la comparación de sus aminoácidos esenciales con un estándar proteico de referencia, por lo que esta determinación reviste de gran relevancia (Salunkhe and Kadam, 1989).

En el presente estudio se determinó el contenido de aminoácidos tanto a la harina como a las fracciones albúminas y globulinas de garbanzo. Dentro del perfil de aminoácidos de la harina (Tabla 15), fue posible observar que los principales aminoácidos importantes en concentración, detectados para todas las variedades y calibres fueron: glutámico, aspártico, glicina, arginina, leucina y lisina, mientras que los valores menores los obtuvieron histidina y metionina, estos resultados concuerdan con las investigaciones de Singh and Jambunathan (1982), y Kadam *et al.*, (1989). En la variedad Surutato, la concentración del aminoácido treonina se detectó en el calibre de menor tamaño.

Tabla 15. Perfil de Aminoacidos de la Harina de Tres Variedades de Garbanzo y sus Calibres (g/100g prot).[1]

Aminoácido	BLANCO			HERMOSILLO '93			SURUTATO		
	XXXX-0	2-8	18-20	XXXX-0	2-8	18-20	XXXX-0	2-8	18-20
Aspártico	21.53	23.01	23.93	24.78	18.04	22.92	10.4	22.54	16.01
Glutámico	18.75	22.98	20.22	18.03	21.72	13.72	11.94	17.14	17.82
Serina	5.02	6.16	4.45	6.82	5.28	3.41	6.01	6.18	7.83
Histidina	4.06	3.52	2.81	2.99	1.87	1.49	2.8	3.31	3.54
Glicina	5.81	4.76	4.67	4.17	5.81	5.3	4.87	2.76	3.53
Treonina	5.11	2.13	5.07	5.86	4.12	2.15	ND	ND	5.96
Arginina	11.07	15.01	16.11	16.28	11.96	9.05	12.81	18.39	15.42
Alanina	5.98	4.12	7.02	4.03	3.02	2.63	3.94	4.45	4.52
Tirosina	4.71	3.62	2.01	4.88	3.37	3.79	5.71	6.31	5.05
Metionina	3.39	3.26	3.93	3.08	2.93	2.68	2.13	2.22	2.94
Valina	6.11	3.71	5.77	6.98	5.86	4.49	3.07	6.09	7.01
Fenilalanina	7.52	5.33	6.11	4.99	2.82	5.88	6.08	5.93	5.08
Isoleucina	5.94	5.55	3.95	4.17	5.81	3.93	6.89	5.47	2.41
Leucina	6.54	8.54	5.86	6.86	5.12	7.71	8.17	10.73	10.67
Lisina	7.46	10.22	11.54	10.28	12.96	8.81	7.51	10.01	6.01

1. Harina desgrasada y en base seca.
Los resultados son promedio de seis determinaciones.

En referencia al perfil de aminoácidos de la fracción albúmina (Tabla 16), se observó que la concentración de gran parte de los aminoácidos fue mayor en comparación con la harina, lo que probablemente sea ocasionado por el efecto de concentración de las fracciones al liofilizar; detectádose en concentración ligeramente menor serina, histidina y arginina. Se observó que para todas las muestras evaluadas, los aminoácidos principales fueron también: glutámico, aspártico, leucina y lisina; encontrándose en concentraciones menores metionina, histidina y tirosina.

Por otra parte, se observó que en la mayoría de los casos, el contenido de aminoácidos en las globulinas (Tabla 17) fue similar en comparación con las Albúminas y ligeramente menor que la harina en aminoácidos como aspártico, glicina y metionina, pero inferior en comparación con la harina. En relación a albúminas, la fracción globulina presenta valores menores en treonina, leucina, metionina y lisina. Estos resultados también concuerdan con los reportados por los autores anteriormente mencionados. Tanto variedad Blanco Lechoso como en Surutato, no fue posible la detección de treonina en el grano de mayor tamaño.

Es importante señalar, que dentro de esta evaluación nutricional, la concentración de aminoácidos no fue comparable entre variedades y calibres, tanto en la harina como en las fracciones proteicas. Por lo anterior, cabe mencionar que se ha determinado el gran efecto de las condiciones de cultivo sobre la concentración de proteína y su composición de aminoácidos, lo que probablemente explique la diferencia entre variedades (Sotelo y Col., 1987;

Tabla 16. Perfil de Aminoácidos de la Fracción Albúmina Liofilizada de Tres Variedades de Garbanzo y sus Calibres (g/100g prot).[1]

	BLANCO			HERMOSILLO '93			SURUTATO		
Aminoácido	XXXX-0	2-8	18-20	XXXX-0	2-8	18-20	XXXX-0	2-8	18-20
Aspártico	15.71	16.59	14.25	17.89	13.85	9.45	12.18	16.75	13.11
Glutámico	22.74	20.29	22.18	22.92	28.33	27.72	24.97	25.28	25.31
Serina	2.58	7.49	6.99	6.58	7.85	2.22	4.54	3.77	6.53
Histidina	1.75	3.61	4.76	2.53	4.21	2.01	3.61	1.39	4.52
Glicina	5.31	6.77	6.32	5.73	7.61	7.85	6.23	5.64	6.62
Treonina	3.81	4.09	6.65	3.09	5.88	9.29	ND	ND	7.48
Arginina	6.78	4.82	5.21	8.34	3.49	5.77	6.31	4.51	3.42
Alanina	4.98	6.15	5.03	6.92	7.42	7.79	5.98	6.41	7.32
Tirosina	3.42	4.48	6.72	3.36	5.15	3.17	5.89	2.31	14.75
Metionina	2.35	2.75	3.22	2.65	3.13	2.19	3.03	3.02	3.38
Valina	7.11	8.14	10.93	7.75	8.51	6.01	8.71	8.23	10.17
Fenilalanina	5.16	5.71	5.81	6.09	6.59	7.25	6.57	5.88	8.58
Isoleucina	6.29	6.94	6.54	7.93	8.51	8.69	8.35	5.42	9.32
Leucina	8.95	8.84	11.45	9.58	10.31	10.67	10.59	9.36	10.83
Lisina	9.81	10.51	11.03	9.33	9.11	10.63	13.04	11.91	9.68

1. Los resultados son promedio de seis determinaciones.

Tabla 17. Perfil de Aminoácidos de la Fracción Globulina Liofilizada de Tres Variedades de Garbanzo y sus Calibres (g/100g prot).[1]

	BLANCO			HERMOSILLO '93			SURUTATO		
Aminoácido	XXXX-0	2-8	18-20	XXXX-0	2-8	18-20	XXXX-0	2-8	18-20
Aspártico	10.81	12.49	15.57	14.39	13.75	10.21	10.37	12.43	11.11
Glutámico	15.71	15.97	17.64	18.89	18.82	13.01	14.01	12.01	16.84
Serina	4.77	5.23	5.24	5.51	5.27	4.04	5.31	5.51	5.48
Histidina	3.13	2.88	2.73	2.61	2.59	3.07	2.23	2.57	3.11
Glicina	3.21	4.85	1.23	3.61	2.55	3.89	3.89	3.07	4.41
Treonina	ND	3.08	4.15	3.46	2.77	2.54	ND	ND	3.07
Arginina	10.02	8.63	9.54	10.83	11.74	10.81	10.61	10.49	11.13
Alanina	4.51	5.01	4.06	5.59	5.56	4.71	5.03	4.96	5.63
Tirosina	3.01	4.63	3.11	4.31	3.22	4.51	3.11	3.79	4.03
Metionina	2.81	2.29	2.51	3.06	3.19	2.59	2.93	3.03	2.61
Valina	3.27	3.84	2.91	4.81	4.27	5.73	3.21	5.31	4.19
Fenilalanina	6.87	5.19	4.82	6.83	5.02	5.28	6.08	6.43	5.09
Isoleucina	5.62	3.63	2.67	5.28	3.26	4.36	3.83	5.72	4.57
Leucina	7.02	8.78	8.28	8.01	7.51	6.22	8.42	7.39	6.86
Lisina	5.95	5.05	6.73	7.41	7.03	6.83	7.24	6.15	6.21

1. Los resultados son promedio de seis determinaciones.

Singh, 1985; Kadam *et al.*, 1989). Por otra parte, investigaciones realizadas por Chavan *et al.*, (1989) revelaron que la composición de aminoácidos puede alterarse debido al cambio en la proporción relativa de las partes anatómicas del grano que difieren en tipos y contenido de proteínas y por lo tanto en su perfil de aminoácidos, lo que posiblemente provocó diferencias entre calibres.

La evaluación del efecto de calibres y variedades se llevó a cabo en los aminoácidos metionina y lisina. El primero por tratarse del principal aminoácido limitante en las leguminosas y el segundo por ser un aminoácido que aporta gran valor nutricional al grano. Este análisis se llevó a cabo tanto en la harina, fracción albúmina y globulina.

Es posible observar en la Figura 13, que la concentración de metionina en harina fue distinta entre variedades, siendo superior en la variedad Blanco Lechoso e inferior en Surutato. Esta diferenciación también se detectó en los diversos calibres, siendo superior en el calibre 18-20.

Por otra parte, lisina presentó un comportamiento similar al anterior, al encontrarse diferencias entre variedades, destacando la concentración de Hermosillo '93 (Figura 14). Los resultados de la evaluación entre calibres fueron distintos entre sí, con cierta tendencia a concentraciones mayores hacia calibres pequeños.

En la Figura 15 se presentan los valores de metionina en albúmina, encontrándose una menor concentración en la variedad Hermosillo '93 y la mayor en Surutato. Para todas las variedades, la mayor concentración de

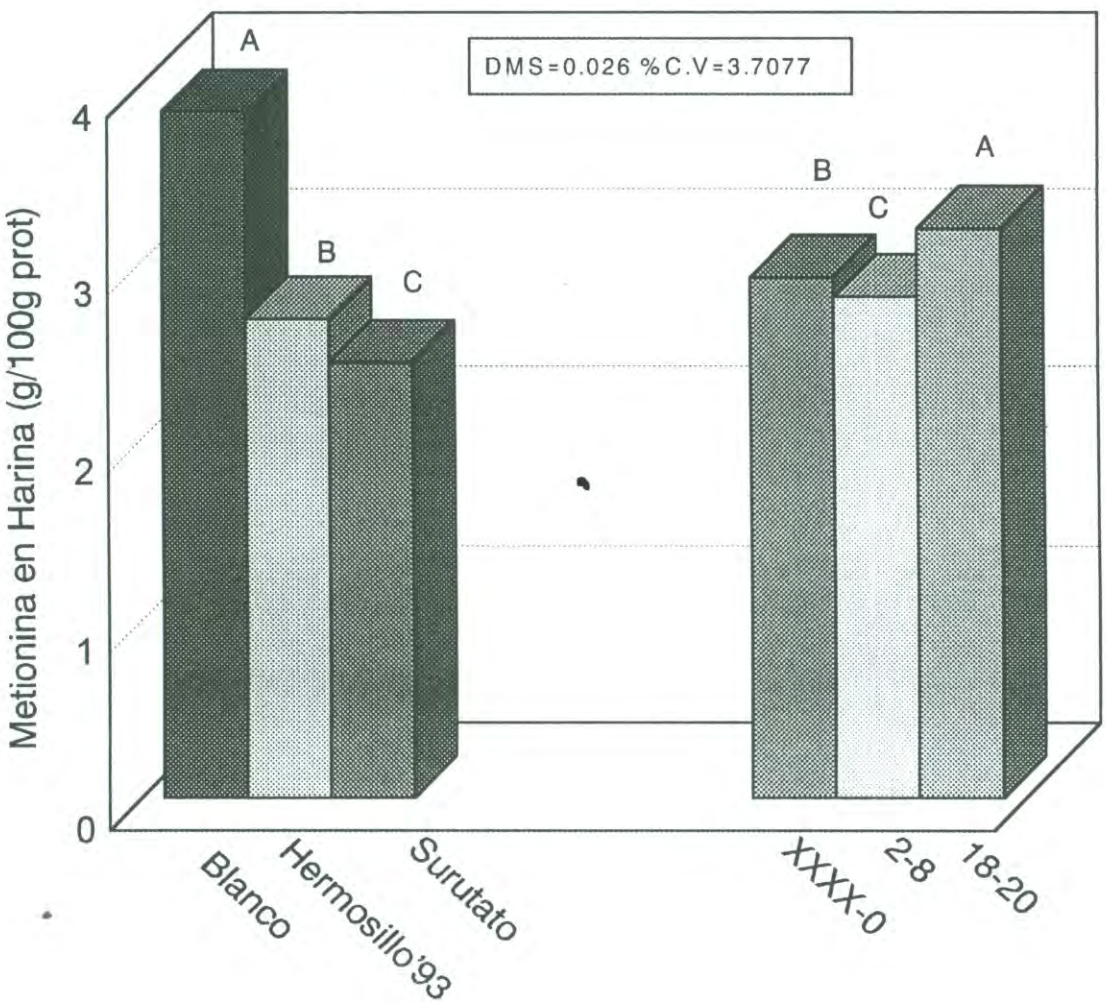


Figura 13. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Metionina en Harina de Garbanzo.

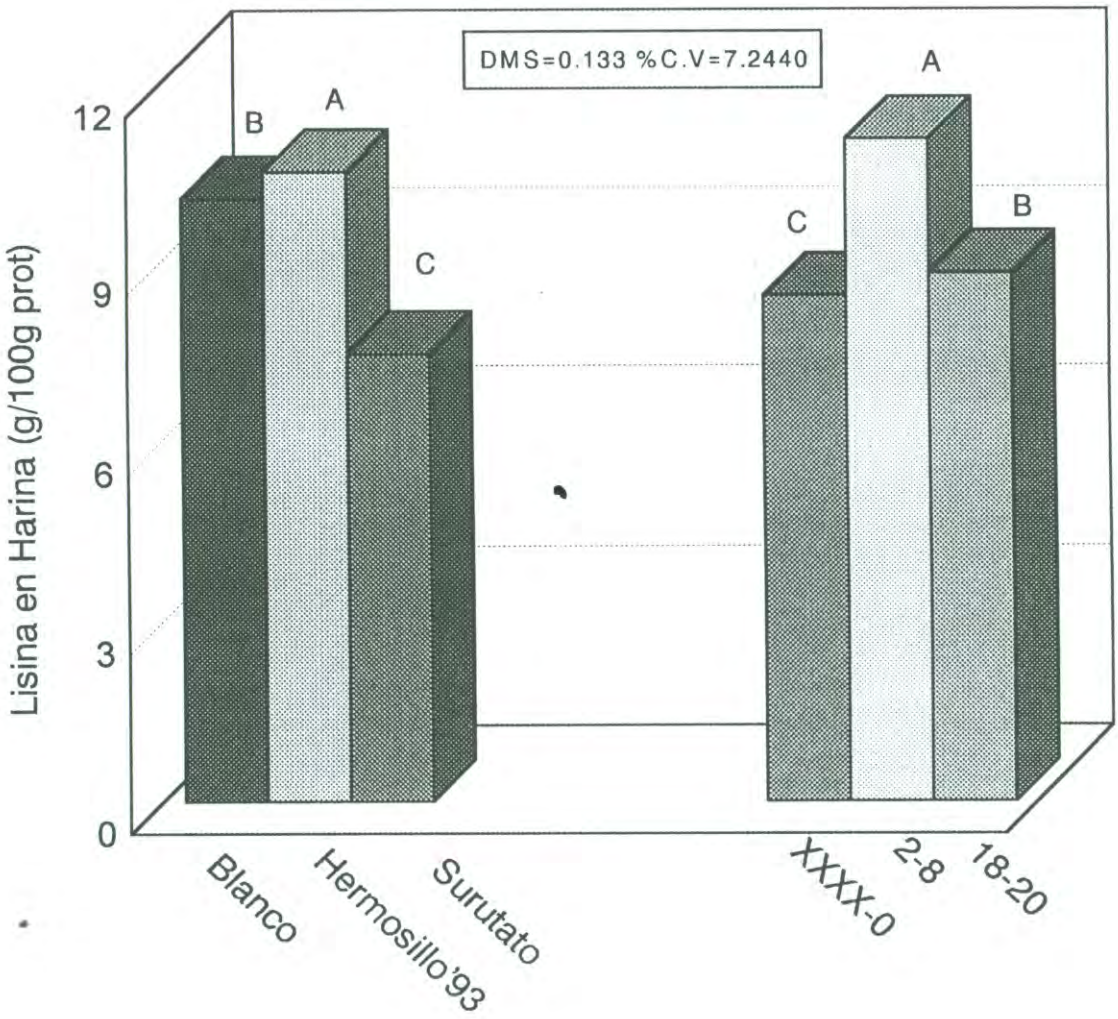


Figura 14. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Lisina en Harina de Garbanzo.

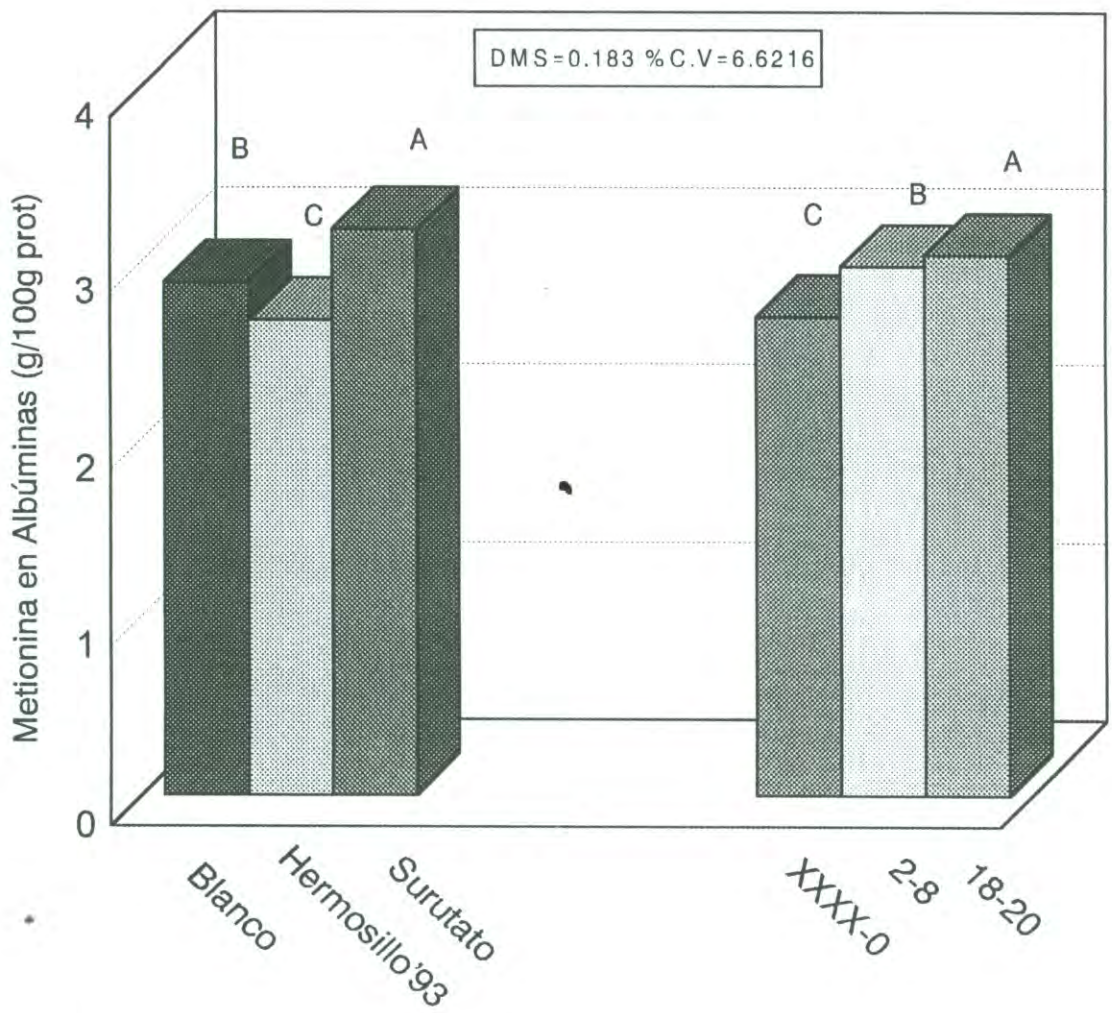


Figura 15. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Metionina en Albúminas de Garbanzo.

Metionina en albúminas se observó en el calibre 18-20. En el caso de lisina en la fracción albúmina, se detectó la misma tendencia en concentración entre variedades, sobresaliendo la variedad Surutato, mientras que los calibres presentaron valores similares entre sí (Figura 16).

Finalmente, en la fracción globulina, la variedad Hermosillo '93 concentró la mayor cantidad de metionina y Surutato la menor, detectándose principalmente en el grano de mayor tamaño (Figura 17). Para lisina, los resultados permitieron diferenciar entre variedades y calibres, sobresaliendo también la variedad Hermosillo y el calibre 2-8 (Figura 18).

Mediante el análisis de contraste, se encontró que la concentración de metionina fue similar entre albúminas y globulinas ($P<0.05$), sin embargo la tendencia fue a obtener valores menores en esta última fracción. Ambos valores fueron similares a los de la harina ($P<0.05$). A diferencia, la concentración de lisina fue comparable en concentración entre la harina y albúminas, pero menor en globulinas ($P< 0.05$).

Se observó una correlación negativa y significativa entre contenido de lisina y la proporción de proteína en la harina ($P<0.05$, $R2=- 0.7410$). Los resultados reportados en los estudios realizados por Singh and Jambunathan (1982) y Salunkhe and Kadam (1989), revelan que lisina es menor en las fracciones glutelina y principalmente en prolamina, lo cual puede provocar que al estar presentes en la muestra entera y al contribuir con el contenido de nitrógeno total, ocasionen una disminución de este aminoácido.

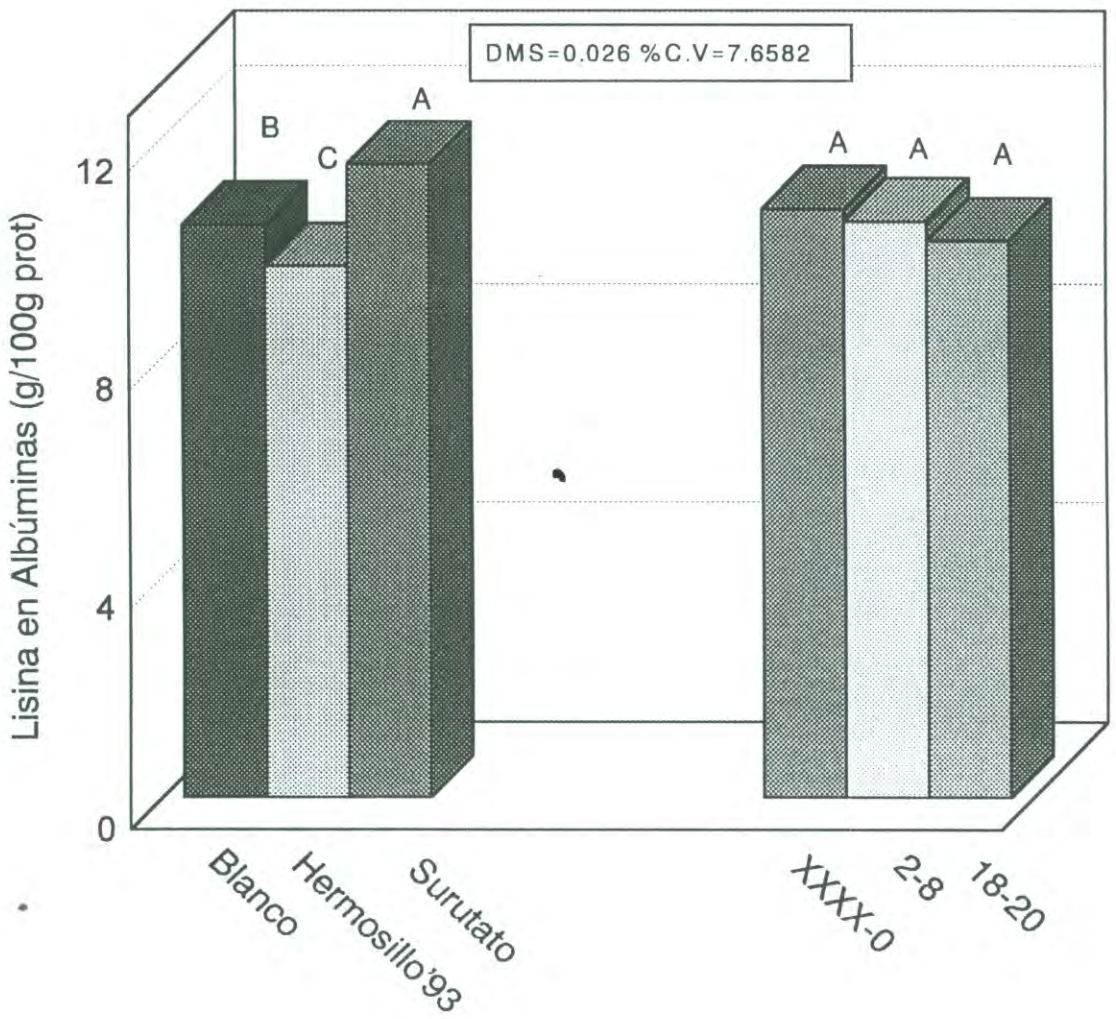


Figura 16. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Lisina en Albúminas de Garbanzo.

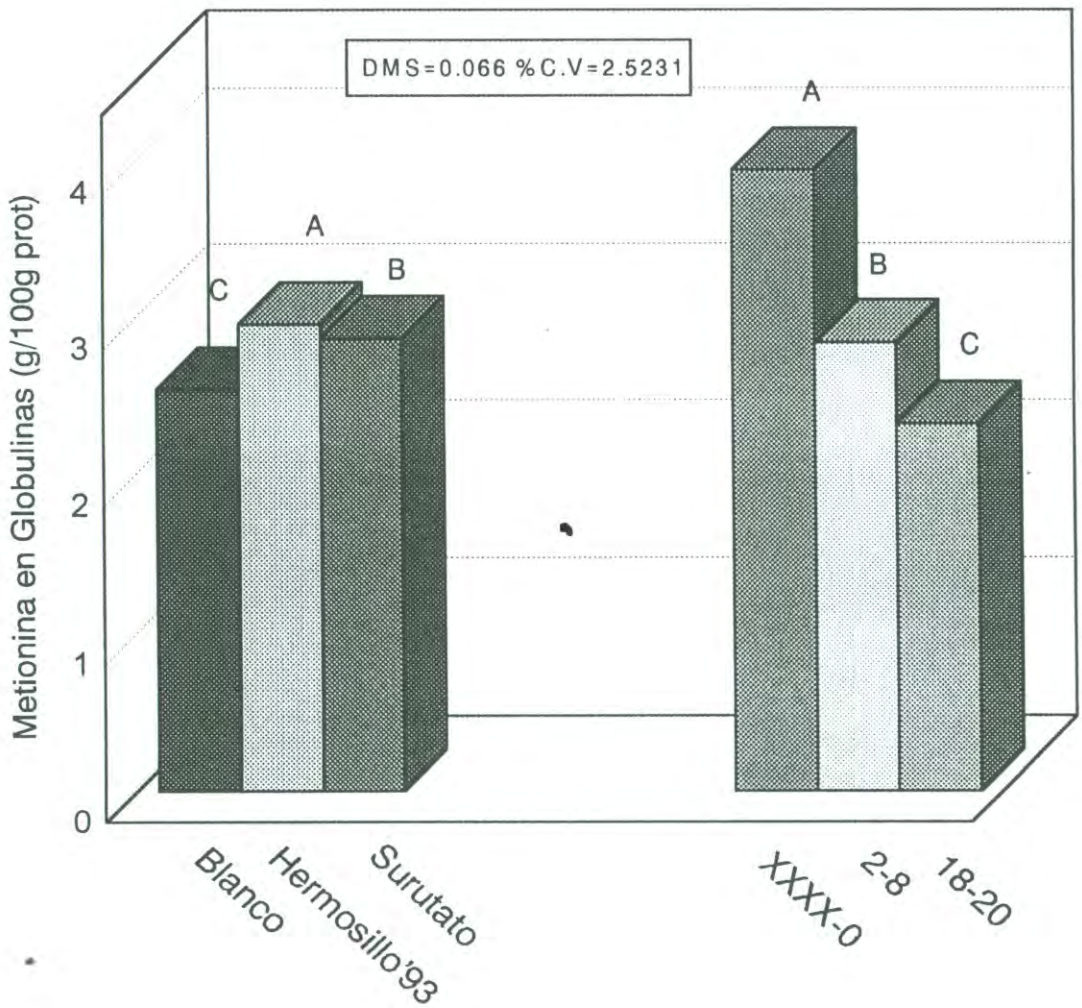


Figura 17. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Metionina en Globulinas de Garbanzo.

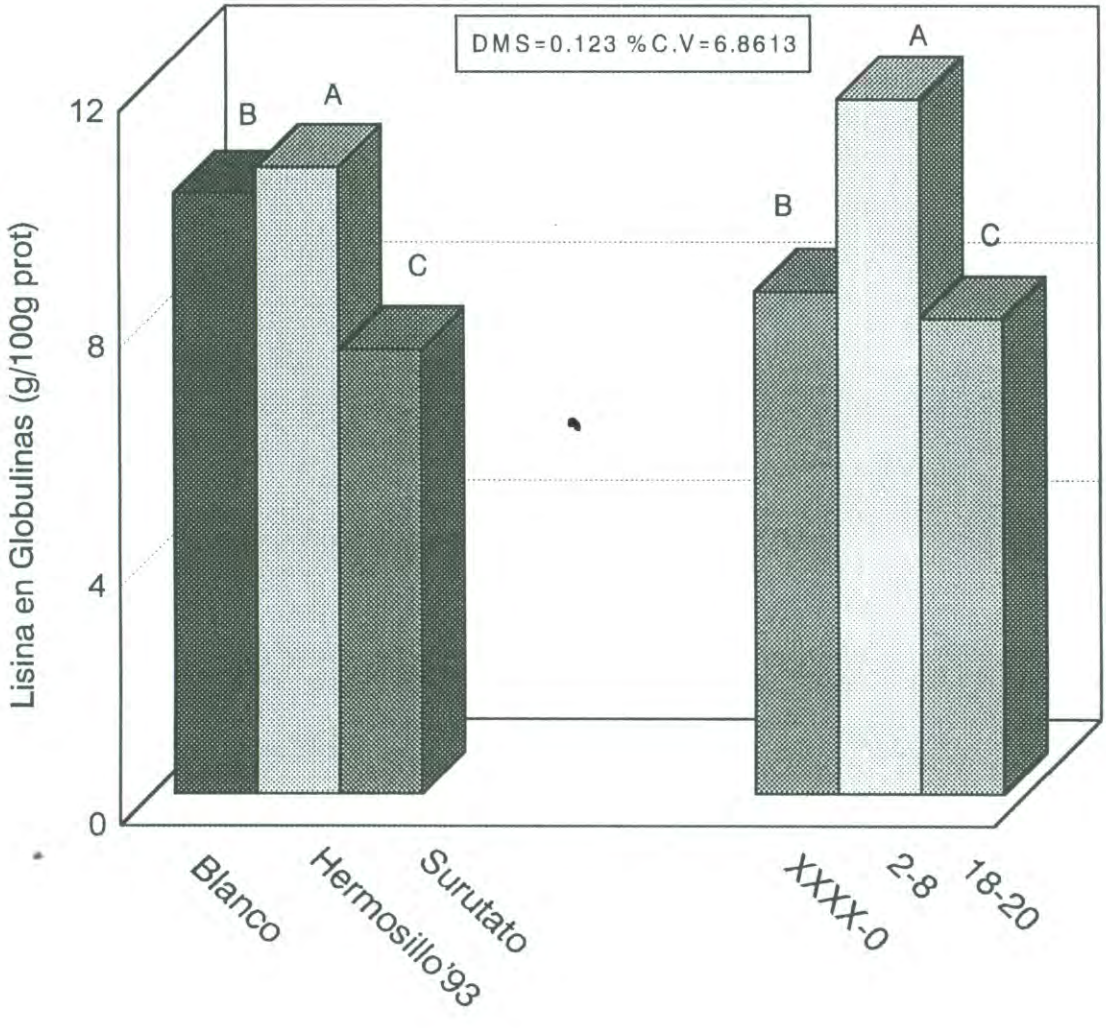


Figura 18. Efecto de la Variedad y Calibre en la Concentración de Lisina en Globulinas de Garbanzo.

Determinación de Calidad Comercial

La evaluación de la calidad comercial de garbanzo, consistió en los análisis de tiempo óptimo de remojo, tiempo óptimo de cocimiento y color .

Tiempo de Remojo

Se define como aquel en el cual los granos logran retener el 100% de absorción de agua. Este análisis se determinó por duplicado para cada una de las muestras y las curvas de remojo resultantes se presentan en la Figura 19. Fue posible determinar que el grano de garbanzo absorbe la mayor cantidad de agua dentro de las primeras horas de remojo, para posteriormente presentar una absorción más lenta hasta turnarse constante entre las 6 y 8 horas de exposición al agua. La penetración de agua se llevó a cabo más rápidamente en el calibre de menor tamaño, seguido del calibre intermedio y grande; esto refleja el grado de compactación del grano, de tal forma que entre más pequeño el calibre, la superficie a hidratar es menor y más fácil de cubrir.

Los tiempos óptimos de remojo resultantes para cada una de las variedades y calibres se presentan en la Tabla 18. En todas las variedades, el tiempo óptimo de remojo fue distinto para cada calibre, encontrándose un tiempo de remojo promedio de 5.68 hrs, que concuerda con los tiempos obtenido en otros estudios, cuyo valor promedio aceptable es de 6 horas (Sotelo, 1994; Barrón, 1994). El grano de mayor tamaño necesitó mas

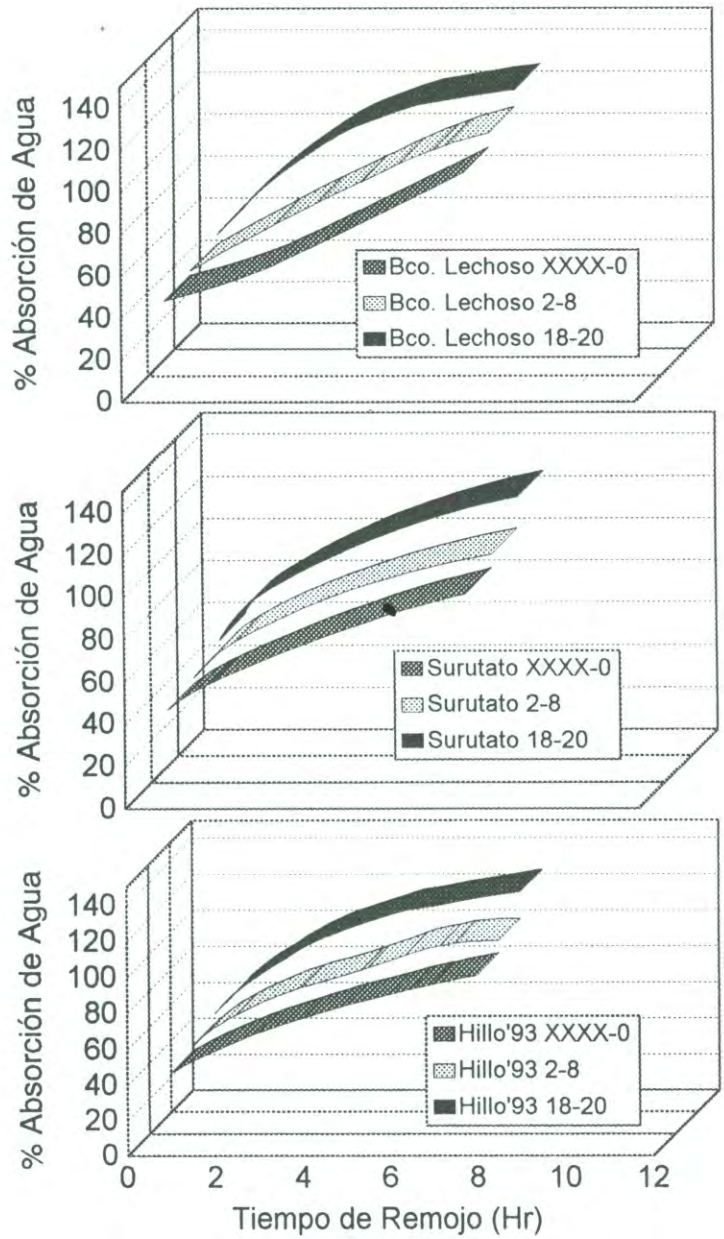


Figura 19. Curvas de Remojo de Variedades de Garbanzo y sus Distintos Calibres.

Tabla 18. Tiempos Óptimos de Remojo para los Distintos Calibres y Variedades de Garbanzo.

Variedades	Tiempo de Remojo (Hr)[1]
Bco.Lechoso	
XXXX-0	7.61 A
2-8	5.63 B
18-20	3.82 C
Surutato	
XXXX-0	7.67 A
2-8	6.37 B
18-20	4.32 C
Hermosillo'93	
XXXX-0	6.58 A
2-8	5.91 B
18-20	3.26 C

Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
1. $\bar{X} \pm D.S = 5.684 \pm 1.58$

tiempo para absorber el 100% de agua, seguido del calibre intermedio y pequeño. Los calibres más pequeños obtuvieron el máximo de absorción de agua en un tiempo de remojo menor, seguido del calibre intermedio y grande.

En la Figura 20, se muestra el efecto de calibre y variedad sobre el tiempo de remojo. Se encontró que la variedad Hermosillo '93 presentó el menor tiempo de remojo, antecediendo a Blanco Lechoso y Surutato. Este análisis confirmó la tendencia anterior, ya que el calibre de mayor tamaño presentó un tiempo mayor para la absorción de agua, seguido del intermedio y menor.

Tiempo Óptimo de Cocimiento

Una vez establecidas las condiciones óptimas de remojo, se procedió a evaluar el tiempo óptimo de cocimiento. El cocimiento en leguminosas se realiza para producir un alimento apetitoso e inactivar factores antinutricionales (Chavan *et al.*, 1989). Sin embargo, la pérdida de nutrientes durante el cocimiento excesivo es significante, por lo que es importante establecer las condiciones óptimas de calentamiento (Sing, 1985). En el presente estudio se designó como tiempo óptimo de cocimiento, aquel que produjo una respuesta en el Instron de 112 Kg-f, como se determinó previamente por Barrón y Col. (1994). Las diversas curvas de cocimiento de garbanzo se muestran en la Figura 21.

Se observó que para todas las muestras, la dureza del grano disminuyó a medida que incrementó la apliación de calor, y al igual que durante el remojo, presentó un cambio mayor durante los primeros minutos para comportarse más

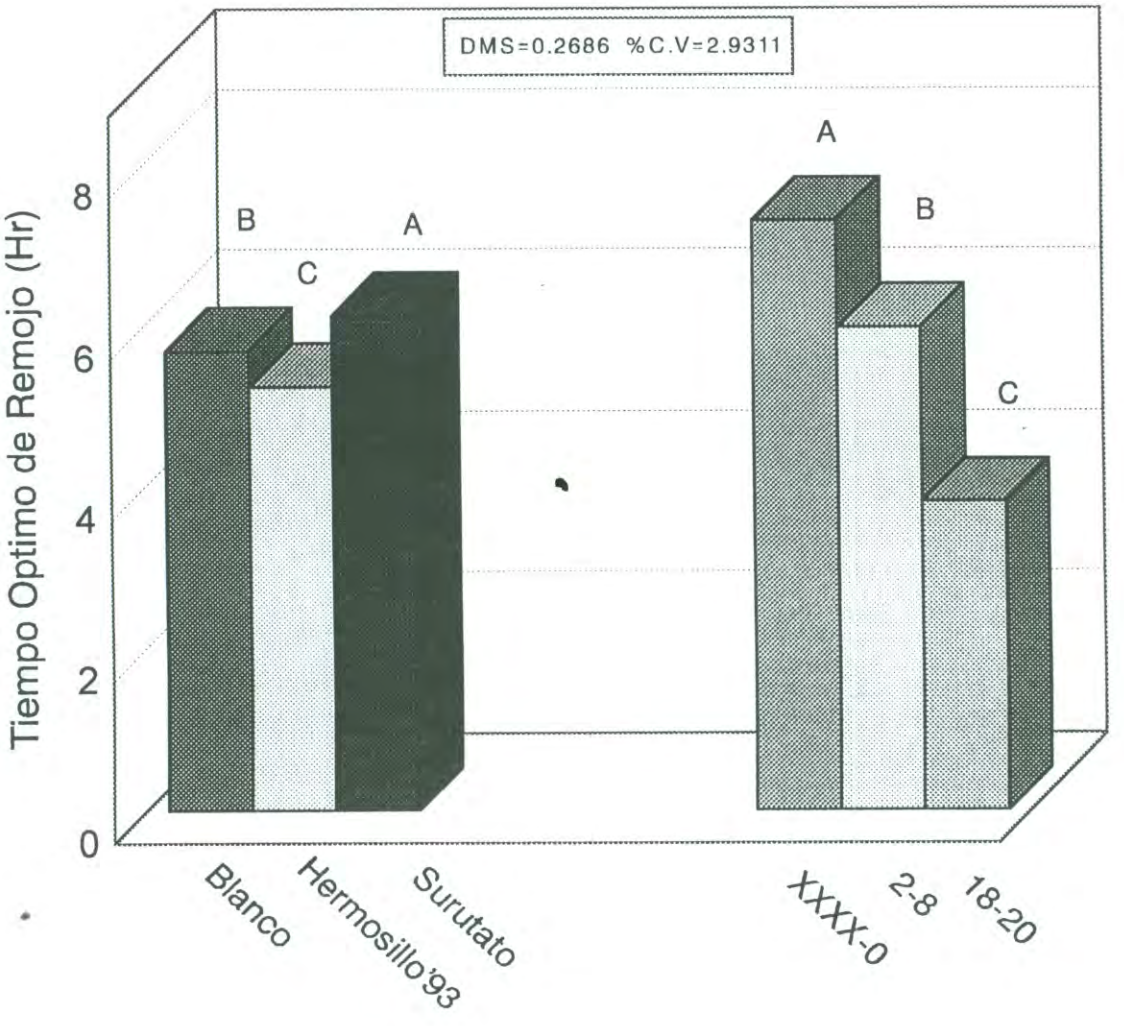


Figura 20. Efecto del Calibre y Variedad en el Tiempo Óptimo de Remojo de Garbanzo.

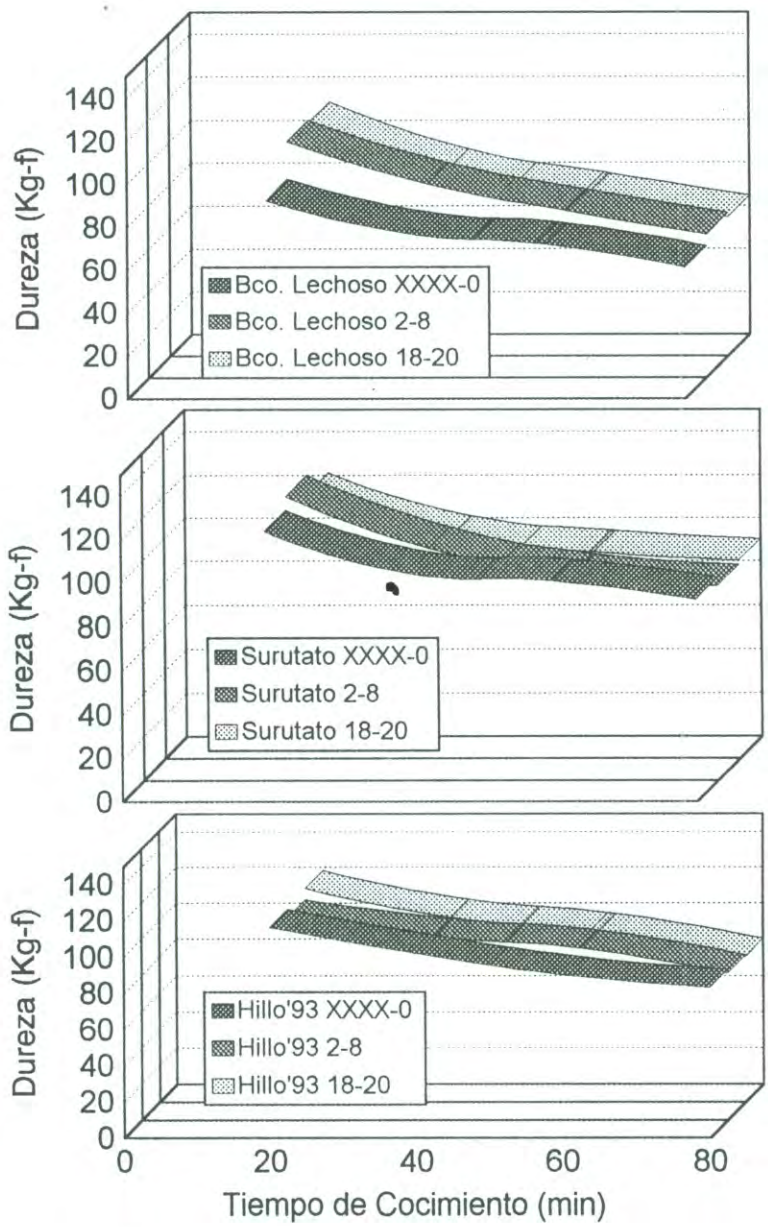


Figura 21. Curvas de Cocimiento de Variedades de Garbanzo y sus Distintos Calibres.

lento a medida que incrementó el cocimiento del grano. En todas las curvas, el grano de menor tamaño inició con una dureza superior, disminuyendo gradualmente al aumentar el tamaño del grano.

En la Tabla 19, se muestran los tiempos individuales obtenidos para el óptimo cocimiento de garbanzo. El cocimiento óptimo del grano se obtuvo en un tiempo promedio de 24.7 minutos, encontrándose dentro de la norma de comercialización, que especifíca un tiempo menor de 50 a 55 minutos con previo remojo (SARH, 1979).

La variedad Blanco Lechoso presentó el menor valor de tiempo de cocimiento en el calibre XXXX-0 y Hermosillo '93 obtuvo la menor respuesta en el calibre 2-8, mientras que en Surutato el tiempo de cocimiento fue comparable entre calibres.

Para todos los calibres, el menor tiempo de cocimiento lo mostró Blanco Lechoso, seguido de Surutato y Hermosillo '93, existiendo diferencias significativas entre ellas. En el caso de los calibres, determinó que el tiempo de cocimiento disminuye al aumentar el tamaño del grano (Figura 22).

En otro aspecto, al correlacionar los resultados de cocimiento con los constituyentes químicos, se observó que un incremento en el contenido de minerales provoca una reducción en el tiempo requerido para el óptimo cocimiento del grano ($P<0.01$, $R^2 = -0.807$).

Tabla 19. Tiempo de Cocimiento Óptimos de los Distintos Calibres y Variedades de Garbanzo.

Variedades	Tiempo Optimo de Cocimiento (Min) [1]
Bco.Lechoso	
XXXX-0	10.03 $^{B}_{A}$
2-8	18.11 $^{}_{A}$
18-20	16.74
Surutato	
XXXX-0	33.14 $^{AB}_{B}$
2-8	32.54 $^{}_{A}$
18-20	37.53
Hermosillo'93	
XXXX-0	25.73 $^{A}_{B}$
2-8	20.53 $^{}_{A}$
18-20	28.03

Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
1. $\bar{X}\pm D.S = 24.709 \pm 8.81$

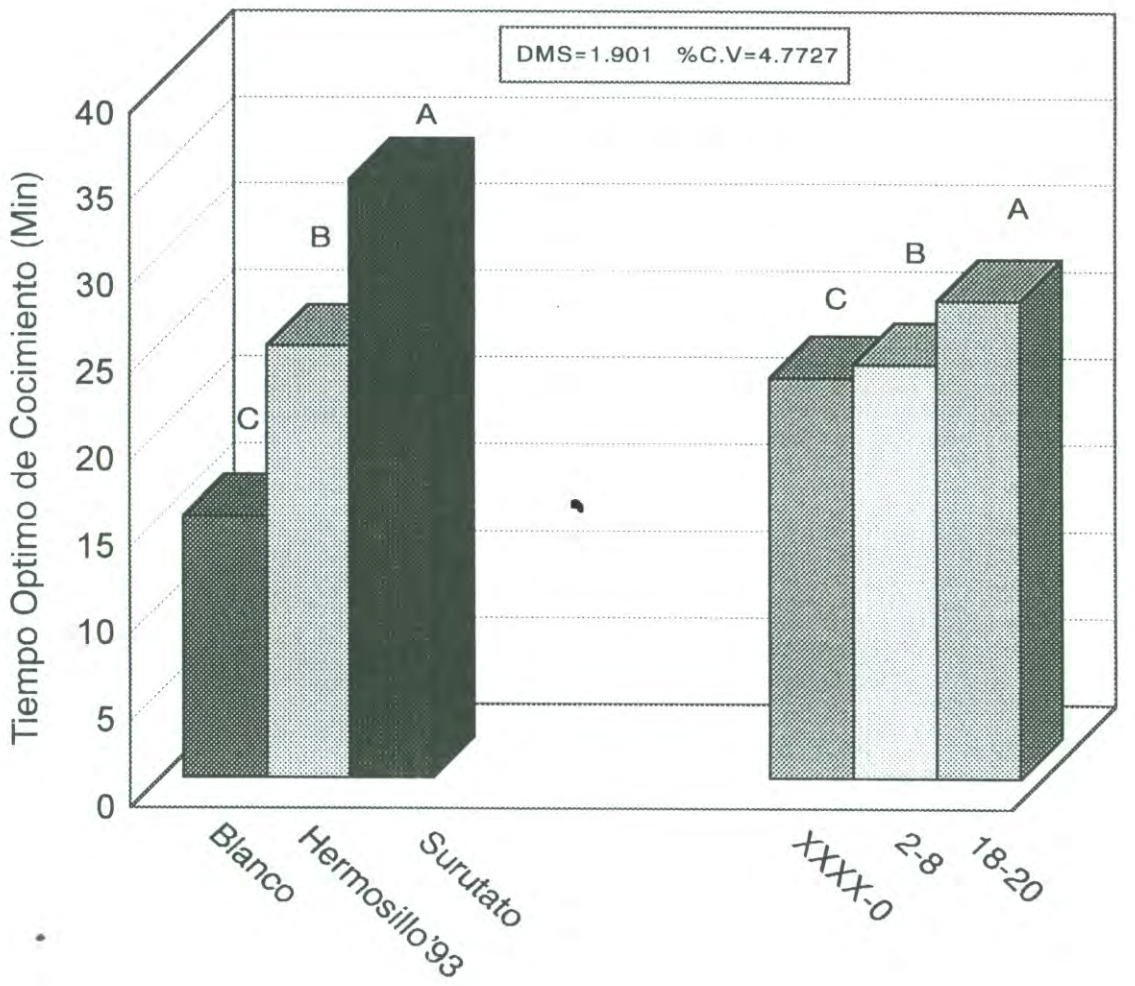


Figura 22. Efecto del Calibre y Variedad en el Tiempo Óptimo de Cocimiento de Garbanzo.

Medición de Color

Otro aspecto importante en la calidad comercial de garbanzo es el color. Se midió el porciento de reflectancia relativa, tanto en el espectro azul como verde (Tabla 20), espectros que permiten encontrar mayores diferencias, correspondiendo un color más claro a valores superiores.

En el espectro azul se detectó una reflectancia relativa promedio de 20.27%, en tanto que en el espectro verde el valor promedio fue de 32.83%.

El espectro azul no permitió diferenciar entre calibres en Blanco Lechoso y Hermosillo, mientras que en Surutato, el calibre más claro resultó ser el más grande. En contraste, el espectro verde diferenció el color del grano pequeño en la variedad Surutato y Hermosillo, mientras que Blanco Lechoso presentó un color comparable entre calibres.

Para todos los calibres, el espectro azul diferenció el color de las variedades, observándose un color más claro en Blanco Lechoso, en contraste con Surutato que resulto ser el mas oscuro. Por otra parte, la reflectancia relativa entre calibres fue superior en el grano de mayor tamaño (Figura 23).

Finalmente, en la Figura 24 se observa que en el espectro verde se presentó el mismo comportamiento anterior entre variedades, con un color más claro en Blanco Lechoso y más oscuro en Surutato, mientras que el color de los tres grupos de calibres fue significativamente diferente, destacando la reflectancia relativa del calibre intermedio.

Tabla 20. Color de los Distintos Calibres y Variedades de Garbanzo Medida en el Agtron.

Variedad	% Reflectancia	
	Azul[1] (436nm)	Verde[2] (546nm)
Bco.Lechoso		
XXXX-0	25 A	38 C AB
2-8	25 A	41.5
18-20	25 A	39.5 CB
Surutato		
XXXX-0	18.5 A	25 B
2-8	16.5 B	30.5 A
18-20	16.5 B	29 A
Hermosillo'93		
XXXX-0	19 A	27.5 B
2-8	19 A	33.5 A
18-20	18 A	31 A

Valores con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes a una $P<0.05$.
1. $\overline{X}\pm D.S = 20.277 \pm 3.65$
2. $\overline{X}\pm D.S = 32.833 \pm 5.70$

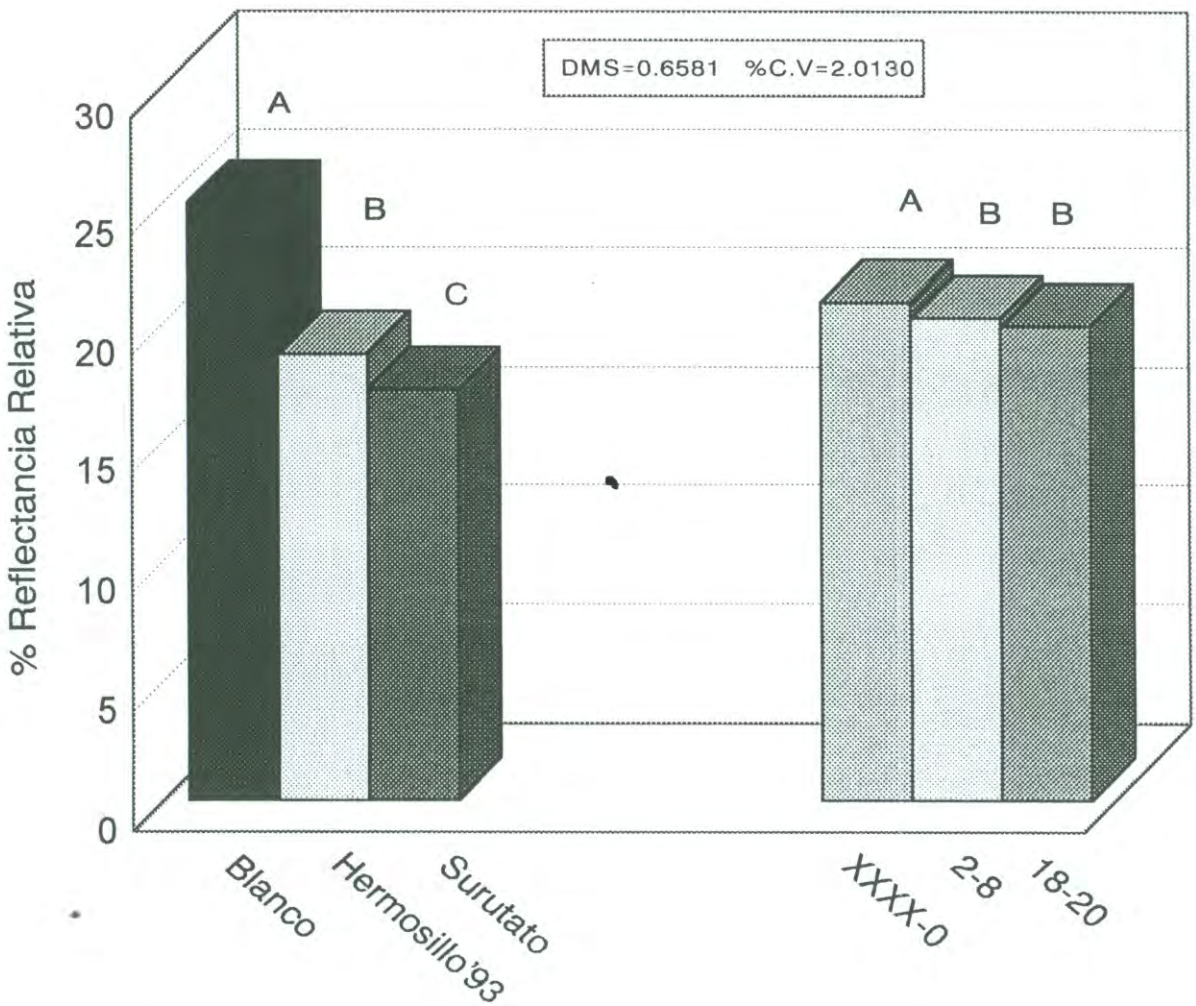


Figura 23. Efecto de la Variedad y Calibre en el Color del Grano de Garbanzo (Espectro Azul).

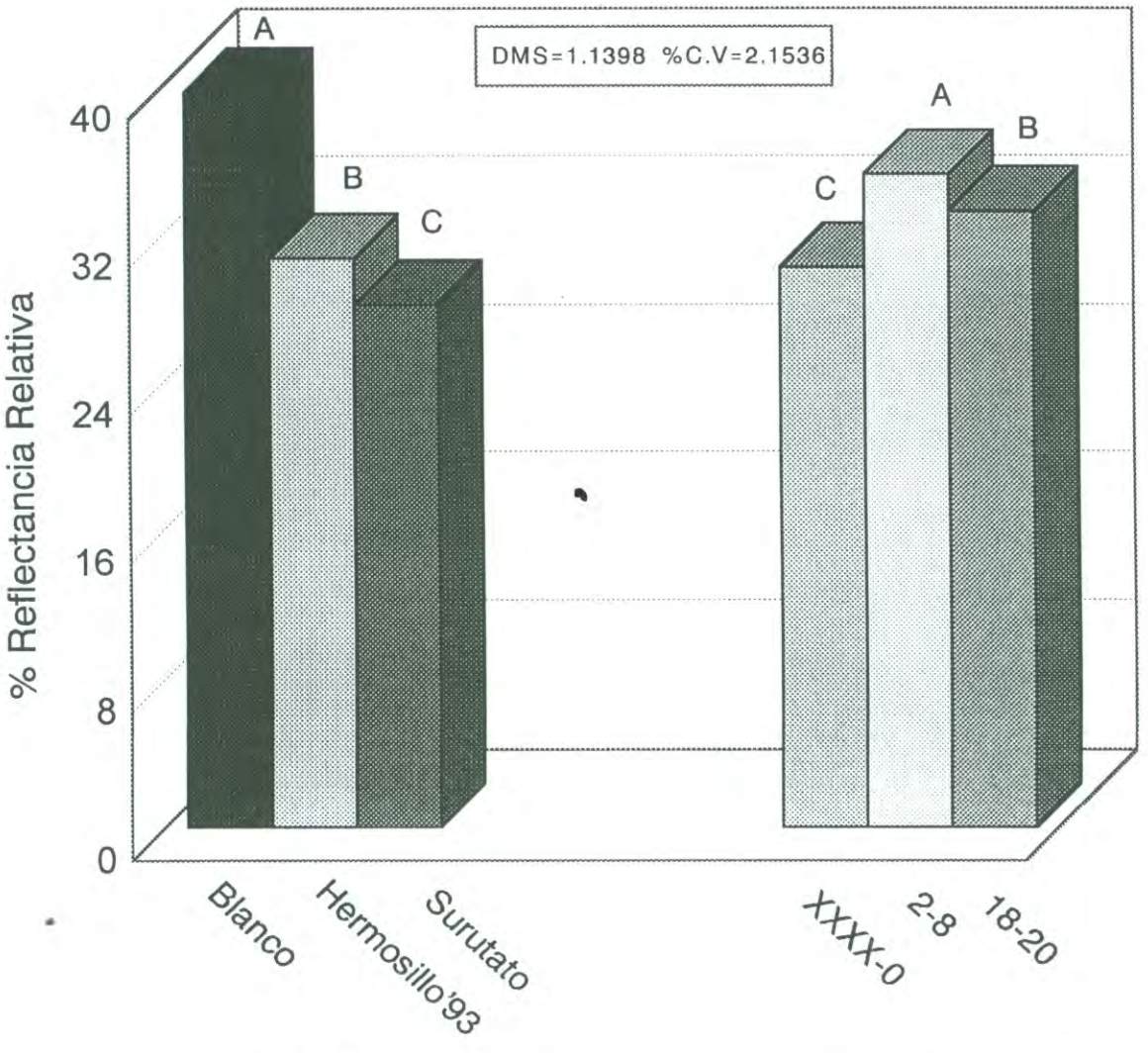


Figura 24. Efecto de la Variedad y Calibre en el Color del Grano de Garbanzo (Espectro Verde).

El análisis estadísitico permitió establecer una correlación positiva entre color de garbanzo en espectro azul y verde ($P<0.01$, $R^2=0.858$), esto significa que muestras claras presentan reflectancias superiores en ambos espectros.

Por otra parte, al correlacionar los resultados de color con los compuestos químicos de garbanzo, se encontró que un incremento en el contenido de proteína del grano contribuye a oscurecer su color, siendo significativo en el espectro azul ($P<0.01$, $R^2= -0.669$).

Mientras tanto, la reflectancia relativa del grano de garbanzo en el espectro verde, se afectó con la concentración de minerales en proporción negativa, provocando que a mayores valores de cenizas, disminuya el color blanco del grano, con un coeficiente bajo pero significativo ($P<0.01$, $R^2= -0.580$).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

Las variedades estudiadas presentan diferencias en la concentración de macronutrientes. Los calibres de menor tamaño tienen mayor contenido de proteína, cenizas y nitrógeno no proteico que los calibres mayores, en las tres variedades estudiadas.

Considerando las variables estudiadas y dentro de los rangos probados, se encontró que el tamaño de partícula es el factor más determinante en la eficiencia de extracción de albúminas y globulinas.

Los calibres de menor tamaño concentran una mayor cantidad de albúminas y globulinas. Las globulinas son la fracción de mayor importancia en las variedades de garbanzo estudiadas. Además, los cambios en el contenido de nitrógeno total del grano, afecta significativamente la concentración de globulinas.

Independientemente de la variedad de garbanzo, se concluye que tanto albúminas como globulinas presentan una digestibilidad *In Vitro* superior al de la harina. Sin embargo, la fracción globulina afecta mayormente el porcentaje de digestibilidad *In Vitro* de la harina.

En relación al perfil de aminoácidos totales, se pudo determinar que existen diferencias significativas en la concentración de aminoácidos, tanto entre las variedades estudiadas, como en sus distintos calibres.

Los aminoácidos de las globulinas presentaron concentraciones similares al de albúminas;con menor contenido de lisina y metionina.

La concentración de los aminoácidos esenciales lisina y metionina, son dependientes de la variedad, con una tendencia a una mayor concentración en calibres menores.

El tiempo de remojo está inversa y significativamente relacionado con el tamaño del grano, independientemente de la variedad de garbanzo.

Considerando el tiempo óptimo de cocimiento, las variedades estudiadas y sus correspondientes calibres estuvieron dentro del rango aceptable de calidad comercial. Independientemente de la variedad, mayores tiempos de cocimiento fueron directa y significativamente relacionados con calibres menores.

El color más claro está inversa y significativamente relacionado con el tamaño del grano y es dependiente de la variedad. Además, una concentración superior de proteínas y minerales afectan inversamente el color del grano de garbanzo, en las variedades estudiadas.

La variedad Hermosillo '93 presentó las mejores características químicas, nutricionales y comerciales; lo cual lo hace un grano de garbanzo muy prometedor que merece mayor constancia en su estudio y mejoramiento.

La concentración de la fracción globulina presenta una mayor relación con las propiedades comerciales, químicas y nutricionales de las tres variedades de garbanzo estudiadas.

El grano de rezaga presentó una calidad comercial, química y nutricional superior o comparable al garbanzo nacional y de exportación, teniendo únicamente como desventaja comercial su tamaño y aspecto.

Existe una relación inversa entre la calidad química y nutricional de las variedades de garbanzo estudiadas con sus aspectos de calidad comercial.

RECOMENDACIONES

Se sugiere aumentar el número de determinaciones en estudios similares en garbanzo, con la finalidad de que los resultados permitan realizar un mayor número de correlaciones entre las diversas calidades del grano, que logren reforzar y mejorar los criterios en la selección de garbanzo.

Sería conveniente, que la presente investigación se aplicara en las mismas variedades y calibres cultivados en cíclos agrícolas consecutivos, con el objetivo de evaluar si el comportamiento permanece constante en el tiempo.

El presente estudio demostró que las propiedades nutricionales y químicas del garbanzo de rezaga son excelentes para consumo humano, por lo que es recomendable aumentar el número de estudios relacionados con las alternativas de consumo y utilización industrial de éste grano .

REFERENCIAS

A.A.C.C. 1991. Approved Methods for Analysis. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minn.

Barrón, J. M. 1984. Textural, Nutritional and Toxicological Qualities of Pinto Bean *Phaseolus vulgaris* (UI-III). Ph.D. Thesis. Queen Elizabeth Collage. London.

CAESTOD. 1983. Guía Práctica Para Producir Garbanzo en el Valle de Santo Domingo. Grupo Interdisciplinario de Garbanzo. CAESTOD, B. C. Sur. México. Pág. 3, 4, 19.

Chang, K. C. and Satterlee, L. D. 1981. Chemistry of Dry Bean Protein. Presented at the 41st. Annual Meeting of the Institute of Food Technology, Atlanta, Ga. June 7-10.

Chavan, J. K., Kadam, S.S. and Salunkhe, D. K. 1989. Chickpea. In: CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization. Vol I. Salunkhe, D. K. and Kadam, S. S. Editors. CRC Press, USA. Págs. 261-267, 253-255, 256-259.

CIANO. 1984. Guías para la Asistencia Técnica Agrícola, Costa de Hermosillo. Grupo Interdisciplinario de Garbanzo CAECH. Vol I. Págs. 24,31.

Deep, D., Bajaj, S. and Bhat, C. M. 1978. The Effects of Soaking, Sprouting and Cooking on the Protein Quality of Two Pulses. J. Res. Punjab Agric. Univ. 15:460.

El-Faki, H.A., Venkataraman, L. and Desikachar, H. S. 1984. Effecto of Processing on the In Vitro Digestibility of Protein and Carbohydrates in Some Indian Legumes. Qual. Plant Foods Hum. Nutr. 54:127.

Fan, T. I. and Sosulski, F. W. 1974. Dispersability and Isolation of Protein from Legume Flour. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 7(4):256.

Fernández, M. L. and Berry, W. L. 1988. Nutritional Evaluation of Chickpea and Germinated Chickpea Flours. Plant Food for Human Nutrition. 38: 127-134.

Ganesh, K. G. and Venkataraman, V. L. 1978. Chickpea Seed Protein: Modification During Germination. Phytochemistry. 17: 605-609.

Gómez, G. 1990. Mocorito-88: Nueva Variedad de Garbanzo Blanco para Sinaloa. Folleto Técnico Núm. 12. SARH. Campo Experimental del Valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México. Págs. 1, 2.

González, A. M. 1987. Efecto de la Tortilla con Harina y Aislado de Soya Sobre las Propiedades Químicas, Físicas, Organolépticas y Nutricionales de las Tortillas de Harina de Trigo. Tesis de Maestria.Centro Cordinador de la Investigación en Alimentos. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 1990. Chickpea in the Nineties: proceedings of the Second International Workshop on Chickpea Improvement. 4-8 Dec. 1989. ICRISAT Center, India. Pág. 14, 33-35.

Jaya, T. V. and Venkataraman, L. V. 1980. Effect of Germination on the Nitrogenous Constituents, Essential Amino Acids, Carbohydrates, Enzymes and Antinutritional Factors in Chicpea and Green Gram. Indian Food Packer. 34:3.

Jones, D. N, Daabo, S. and Stein, S. 1981. Amino Acid Analysis and Enzymatic Sequence Determination of Peptides by an Improved O-Phtaladehyde Precolumn Labeling Procedure. J. Liq. Chromatogr. 4(4): 565-586.

Kadam, S.S. Destripande, S. S. and Jambhale, N. D. 1989. Seed Structure and Composition. In: CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization. Vol I. Salunkhe, D. K. and Kadam, S. S. Editors. CRC Press, USA. Pág. 23.

Kerese, I. 1984. Methods of Protein Analysis. Halsted Press, New York. USA. Págs. 336-340.

Kurien, P. P., Desikachar, H. S. and Parpia, H. A. 1972. Processing and Utilization of Grain Legume in India. Trop. Agric. Res. Ser. No. 6.

Lindroth, P. and Mooper, K. 1979. High Performance Liquid Chromatographic Determination of Subpicomole Amounts of Aminoacids by Precolumn Fluorescense Derivatization With O-Phtaladehyde. Anal. Chem. 51: 1667-1674.

Morales, G. y García, R. 1993. Hermosillo 93 y Pitic 93: Nuevas Variedades de Garbanzo para la Costa de Hermosillo. Folleto Técnico Num. 10. SARH. Centro Regional del Noroeste Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México. Págs. 3-5, 9, 10, 18.

Murray, D. and Roxburg, C. 1984. Amino Acid Composition of the Seed Albumins from Chickpea. J. Sci. Food Agric. 35: 893-896.

Nanavaty, K. and Gumastha, A. 1974. Effecto of Cooking Procedures on the Free and Total Niacin Content of Certain Foodstuffs. J. Nutr. Diet., 1:276.Nesheim, R. O. 1977. Food Industry Requirements form Rapid Methods of Protein Quality Assessment. Food Technology. 31: 71-72.

Osborne, T. B. 1907. Protein of Wheat Kernel. Carnagie Inft. Wash. Publ. # 84. Págs. 1-5.

Pierce Chemical Company. 1986. BCA and BCA Protein Assay Reagent. Instructions 23230, 23225. Rockford, Illinois. USA. Págs. 3-11.

Ramanathan, L. A and Bathia, B. S. 1970. Dehydrated Green Bengal Gram (*Cicer arietinum* L) J. Food Scie. Technol. 7:28.

Rao, N. A and Rao, R. D. 1974. The Nature of Major Protein Components of the Newer Varieties of *Cicer arietinum* L. Food Chem. 24:958.

Reddy, N, R., Salunkhe, D. K. and Sharma, R. P. 1980. Flatulence in Rats Following Ingestion of Cooked and Germinated Black Gram and a Fermented Product of Black Gram and Rice Blends. J. Food Sci. 45:1161.

Regenstein, C. E. 1984. Food Protein Chemistry. Food Science and Technology. An Introduction for Food Scientists. Academic Press. EUA. Págs. 90-99.

Romero, B. L. 1989. Obtención de un Material Proteico de Alto Contenido Proteico a Base de Garbanzo de Rezaga por Ultrafiltración Usando Unidades de Placas Planas. Tesis de Maestría. Centro Coordinador de Investigación en Alimentos. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

Salunkhe, D. K., Sathe, S. K. and Reddy, N. R. 1982. Legume Lipids in Chemistry and Biochemistry of Legumes. Arora, S. K., Ed. Oxford and IBH. New Delhi. Pág. 256.

Salunkhe, D. K. and Kadam, S.S. 1989. Production, Distribution and Consuptiom. In: CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization. Vol I. Salunkhe, D. K. and Kadam, S. S. Editors. CRC Press, USA. Pág. 23.

SARH. 1979. Garbanzo para la Costa de Hermosillo. Circular CIANO Num. 114. Campo Agrícola Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México. Págs. 5-8

SARH. 1981. Guía para el Cultivar Garbanzo Blanco de Exportación de Riego en el Centro y Sur de Guanajuato. Centro de Investigaciones Agrícola Experimental de el Bajío. Celaya, Guanajuato, México. Págs. 2, 3.

SARH. 1989. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comunicación Personal no Publicada.

SARH. 1981-1995. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraúlicos. Subsecretaría de Planeación.

SARH. 1991-1995. Cuadernos de Datos Básicos del Sector Agropecuario y Forestal. Unidad de Planeación. Jefatura de Programa e Información Estadística y Dirección de Productores. Hermosillo, Sonora.

SARH. 1992. Avances de la Investigación en Garbanzo en la Costa de Hermosillo. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Hermosillo,Sonora, México. Pág. 1.

SAS Institute Inc. 1984. SAS User's Guide: Statics. Version 5 Edition. Carry Inc: SAS Institute. Pág. 956.

Sastry, S. and Murray, D. 1987. The Contribution of Trypsin Inhibitors to the Nutritional Value of Chickpea Seed Protein. J. Sci. Food Agric. 40:254-261.

Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. 1981. Solubilization and Electrophoretic Characterization of the Great Northern Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) Proteins. J. Food Sci. 46:82.

Saterlee, L. D., Kendrick, J.G., Marshall, H. F., Jewell, D. K., Ali, R. A., Heckman, M. M., Steinke, H. F., Larson, D., Phillips, R. D., Sarwar, G. and Slump, P. 1982. *In Vitro* Assay for Predicting Protein Efficiency Ratio as Measured by Rat Bioassays. Collaborative Study. J. Assoc. Off Anal. Chem. 65: 798-809.

Sing, U. and Jambunathan, R. 1980. Evaluation of Rapid Methods for the Estimation of Protein Chickpea (*Cicer arietinum* L.). J. Sci. Food Agric. 31: 247-254.

Sing, U. and Jambunathan, R. 1981. Relationship Between Non Protein Nitrogen and Total Nitrogen in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Seed. J. Agric. Food Chem. 29: 423-424.

Sing, U. and Jambunathan, R. 1982. Distribution of Seed Protein Fractions and Aminoacids in Different Anatomical Parts of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Seed. Qual. Plant. Plant. Foods Human. Nutr. 31: 347-354.

Singh, U. 1985. Nutritional Quality of Chickpea (*Cicer arietinum* L.): Current Status and Future Research Needs. Qual. Plant Plant. Foods Human Nutrition. 35: 339-351.

Sosulski, F. W. and Godan, H. M. 1988. Variations In Lipids Composition Among Chickpea Cultivars. JAOCS. 65(3):369-372.

Sotelo, A., Flores, F. and Hernández, M. 1987. Chemical Composition and Nutritional Value of Mexican Varieties of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant Foods for Human Nutrition. 37: 299-306.

Sotelo, V. O. 1994. Estudio Comparativo del Cocimiento por Microondas y Cocimiento Convencional de Frijol *(Phaseolus vulgaris* L.) VAR. UI-114 y Garbanzo (*Cicer arietinum* L.) VAR. SURUTATO 77. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

Stoscheck, C. M. 1990. Guide to Protein Purification. In: Methods in Enzymology. Vol. 182. Edited by Deutscher, M. P. Academic Press. Págs. 50, 72, 73, 82, 285.

Stoma, S. J. and Nakai, S. 1971. Ultraviolet Spectrophotometric Determination of Protein in Some Food Products. Journal of Food Sci. 36: 509-510.

Verdugo, F. J. y Carranza, N. M. 1987. Diseño y Evaluación de Dos Celdas para la Medición Objetiva de Textura en Frijoles(*Phaseolus vulgaris*). Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Quimico-Biológicas. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

Vidal,Q. R. 1986. Estandarización de Métodos *In Vitro* para Predecir la Calidad Protéica en Alimentos. Tesis de Maestría. Centro Coordinador de Investigación en Alimentos. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

Waldroup, W. and Smith, K. J. 1989. Animal Feed Uses of Legumes. In: Legumes. Chemistry, Technology and Human Nutrition. Edited by Mattews, R. H. Marcel Dekker, Inc. USA. Págs. 245-247.