

201 49

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS



ESTUDIOS SOBRE EL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL
ALMACENADO

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
B I O L O G O
P r e s e o t a

ROSA MARIA ESQUIVEL FERNANDEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	10
MATERIALES Y METODOS	11
RESULTADOS Y DISCUSION	16
CONCLUSIONES	37
LITERATURA CITADA	39

INTRODUCCION

En nuestro país la producción agrícola se ve afectada por las deficiencias que existen en cuanto a manejo y conservación de los granos y semillas durante su almacenamiento.

El Programa Nacional Alimentario, (1983), señala que aproximadamente el 10 % de la cosecha de granos se pierde por prácticas deficientes de almacenamiento, lo cual representa pérdidas de miles de millones de pesos al año.

Las pérdidas más reconocidas que ocurren durante el manejo y conservación de los granos y semillas son las cuantitativas ocasionadas por factores físicos y de operación (humedad, temperatura, manejo deficiente durante el transporte, almacenamiento e industrialización) y por factores biológicos, (insectos, hongos, aves y roedores) que no solamente reducen la cantidad de granos sino también su calidad, ya que los insectos, las aves y los roedores contaminan los granos y semillas con sus desechos orgánicos, los hongos además imparten olores y sabores desagradables al grano y son capaces de contaminarlo con micotoxinas que representan un grava problema para la salud de los animales y el hombre.

Otro tipo de pérdida postcosecha, a la que generalmente no se le da la importancia que tiene, ya que no se manifiesta como disminución de peso ni daño del grano o semilla almacenada, es la reducción de calidad; uno de los ejemplos más claros en el descenso de calidad de los granos es el fenómeno de endurecimiento en frijol.

El frijol es una leguminosa que contiene de un 30 a 40 % de proteína y por esto en nuestro pueblo se emplea -

como fuente protéica además de poseer hierro, tiamina, - calcio y niacina.

En México la producción de frijol para 1981-1982 fue de 1,192,967 toneladas según estimaciones de la Dirección General de Productos Básicos, SECOM; de las cuales los - principales estados productores fueron: Zacatecas, Durango Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Chihuahua, Veracruz, Guanajuato, San Luis Potosí y Chiapas con un total de 74.7 % de - la producción nacional, Tabla 1. (SARH, 1982).

TABLA 1

PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE FRIJOL

ESTADO	% DE LA PRODUCCION NACIONAL
ZACATECAS	17.4
DURANGO	14.0
JALISCO	8.6
NAYARIT	8.4
SINALOA	7.5
CHIHUAHUA	5.6
VERACRUZ	4.3
GUANAJUATO	3.4
SAN LUIS POTOSI	2.9
CHIAPAS	2.6

FUENTE. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Coordinación General de Desarrollo Agroindustrial. México, 1982.

Las entidades de mayor consumo de frijol en el país son: Distrito Federal, Veracruz, Estado de México, Jalisco, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Nuevo León y Oaxaca - con un total de 668,697 toneladas que representan el 61 % del total que se destina al consumo humano, con un consumo per-cápita promedio de 15.1 kg. para el año de 1981. (Dirección General de Productos Básicos, México, 1981).

El endurecimiento del frijol es un fenómeno que involucra varios mecanismos que comprenden factores físicos, químicos y estructurales. El frijol endurecido representa un serio problema para el sector oficial que lo almacena y distribuye, ya que es rechazado por el industrial y el ama de casa por no reunir la calidad comercial y culinaria requeridas por estos usuarios. Otro aspecto importante del almacenamiento de esta leguminosa es la pérdida de viabilidad de las semillas ocasionada por las condiciones de almacenamiento.

Con respecto a las características de cocción del frijol, se pueden diferenciar dos aspectos de este fenómeno. En frijoles recién cosechados las diferencias en tiempo de cocción entre diversas variedades se debe probablemente a factores inherentes a la semilla y estos factores están influenciados directamente por aspectos genéticos y agronómicos. Por otro lado el desarrollo del endurecimiento está asociado a condiciones de almacenamiento deficientes, tales como contenido de humedad del grano, temperatura y tiempo de almacenamiento.

En relación a esto, enseguida se señala lo que consideramos más relevante de la revisión de bibliografía que se hizo al respecto. Autores como Morris y Wood, (1956),-

reportaron que frijol con un contenido de humedad mayor de 13 % se deterioró considerablemente después de seis meses de almacenamiento a 25°C, mientras que el almacenado con un contenido de humedad menor de 10 % mantuvo su calidad de cocción por dos años, igual que una muestra testigo almacenada a -12°C; Morris, (1963), encontró que frijol almacenado diez meses a 25°C en una humedad relativa de 65 % requiere de cinco a seis veces más del tiempo de cocción requerido para su ablandamiento; Burr, et al. (1968), reportaron que temperaturas altas combinadas con contenidos de humedad altos y períodos largos de almacenamiento contribuyen a aumentar el tiempo de cocción del frijol; Molina, et al. (1974), señalaron que las condiciones de almacenamiento afectan el tiempo de cocción y con esto la calidad nutritiva y que estos cambios de calidad son el resultado de cambios estructurales en la propia proteína del frijol; Molina, Trent y Bressani, (1976) y Molina, et al. (1979), reportaron que una temperatura y humedad relativa proporcionalmente altas, 30 a 35°C y 70 a 90 % respectivamente provocan un mayor biodeterioro del frijol negro; Sada, (1980), reportó que contenidos de humedad de frijol en equilibrio con una humedad relativa de 80 % y temperaturas de 15 y 30°C son importantes en el endurecimiento del frijol; Jackson y Varriano-Marston, (1981), encontraron que el frijol almacenado siete y catorce días en 100 % de humedad relativa y 41°C requiere de más tiempo para cocerse que el frijol testigo, pero requiere el mismo tiempo de cocción para frijol almacenado un año a temperatura ambiente y con contenido de humedad bajos; Moscoso, (1981), encontró que el frijol almacenado en temperaturas y humedades altas aumenta su tiempo de

cocción debido a un decremento en el contenido de ácido -
fítico y alteraciones en el movimiento de cationes mono y
divalentes lo cual puede deberse a un daño en el plasmale-
ma de la membrana durante su almacenamiento; Mora, (1982),
reportó que el frijol negro con contenidos de humedad de -
9.3, 13.0 y 15.4 % almacenado durante seis meses en tres -
temperaturas: 15, 20 y 25°C no sufrió ningún aumento en su
grado de dureza, pero en períodos de tiempo mayores a los-
seis meses sufrió cierto grado de endurecimiento que aumen-
ta cuando la temperatura y la humedad son altas (25°C y -
15.5 % de humedad); Gonzalez, (1982), estudió el efecto -
del tiempo de almacenamiento sobre el tiempo de cocción -
del frijol almacenado con 9, 13 y 17 % de contenido de hu-
medad, en tres temperaturas 4, 20 y 36°C, encontrando que a
mayor temperatura y humedad del grano durante el almacena-
miento aumentó el tiempo de cocción, además incluyó en es-
te trabajo un estudio sobre el efecto de la atmósfera de -
almacenamiento sobre el tiempo de cocción del frijol alma-
cenado en las condiciones mencionadas, donde encontró que-
el frijol almacenado seis meses con 13 % de humedad en una
atmósfera de CO₂ requirió menos tiempo de cocción que el -
almacenado en aire bajo esas mismas condiciones; Iuse, -
(1982), realizó un estudio con 30 líneas de frijol que con
un contenido de humedad de 12 %, después de ocho meses de-
almacenamiento a 25°C, dieron tiempo de cocción del rango-
de 30 a 70 minutos siendo de 30 minutos el tiempo de coc-
ción inicial, este mismo autor encontró que una línea de -
frijol con humedad de 12 % presentó un tiempo de cocción -
de 115 minutos después de almacenado 49 días a 40°C, y de
100 minutos después de ser almacenado durante ocho meses a
25°C; Bressani, (1982), sugiere que el fenómeno de endure-

cimiento en frijol se debe a las condiciones de temperatura y humedad bajo las cuales se almacena, tomando en cuenta el tiempo de almacenamiento.

Se han mencionado dos fenómenos relacionados con el endurecimiento del frijol: "semillas duras" hard shell, y "granos difíciles de cocer" hard to cook, términos que frecuentemente son usados como sinónimos pero que se refieren a dos fenómenos completamente distintos. El término semillas duras ha sido definido por Bourne, (1967), y se aplica a semillas maduras que no pueden imbibir agua en un tiempo razonable cuando están bajo condiciones de humedad alta, esto es un problema para los productores de semillas ya que estas no germinan.

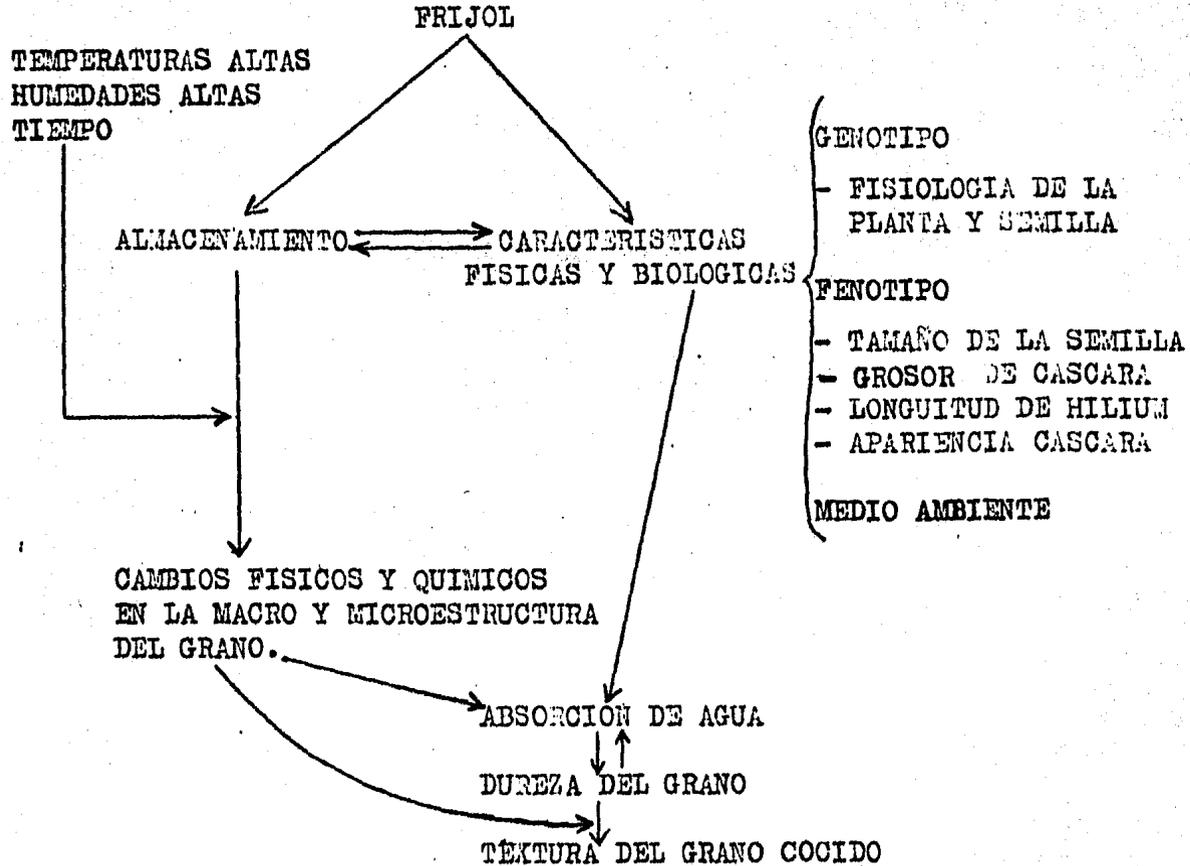
Han sido reportados dos tipos de semillas duras, uno relacionado con la impermeabilidad de la cubierta de la semilla y el otro relacionado con la impermeabilidad del cotiledón, Morris, et al. (1950). Lebedeff, (1943), sugirió que el fenómeno de semillas duras puede estar controlado por factores hereditarios.

El fenómeno de granos difíciles de cocer, se refiere a frijol duro que embebe agua igual que un frijol normal pero que requiere de un mayor tiempo para su cocción, por lo que el valor de imbibición no está relacionado con el tiempo de cocción, Burr, et al. (1968) y Molina, et al. (1976).

La pérdida de la propiedad de cocción de los frijoles se atribuye a cambios enzimáticos o químicos que ocurren durante el almacenamiento, en la Figura 1 se muestra un esquema sobre el proceso general de endurecimiento del frijol.

FIGURA 1

ESQUEMA SOBRE EL PROCESO GENERAL DE ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL



FUENTE. Bressani, R. 1982.

Durante el período de cocción algunos autores como Lantz, (1938); Molina, et al. (1975); Molina, et al. (1976); Kon, (1979); Sada, (1980); Moscoso, (1981); Bressani, (1982) y Jones y Boulter, (1983); han reportado cambios en la actividad y composición química del frijol. Por otra parte, otros autores como Nordstrom y Sistrunk, (1979); Sada, (1980); Varriano-Marston y Jackson, (1981) y Rozo, (1982); han reportado cambios en la composición de las semillas de frijol durante su almacenamiento.

En cuanto al uso del frijol endurecido han propuesto una serie de soluciones, entre ellas: frijoles deshidratados precocidos, Esselen y Davis, (1942); Feldberg, et al. (1956); frijoles de rápido cocimiento Rockland y Metzler, (1967); y los tratados con calor Molina, et al. (1976).

Muchos de estos procesos requieren del uso de aparatos de presión que por lo general son caros y emplean mucha energía, además estos procesos inducen cambios en la estructura y textura del frijol lo que hace a este producto poco aceptado por el consumidor, por lo que este tipo de tecnologías no se aplica en países donde el hombre consume gran cantidad de frijol.

Por otro lado se han realizado algunos experimentos utilizando el remojo del frijol con diferentes fines. Silva, et al. (1981), investigaron la relación entre doce horas de remojo y la cinética de cocción, en cinco temperaturas diferentes en frijol negro, utilizando como medio de remojo agua destilada y las soluciones de sodio empleadas por Rockland y Metzler, (1967). Entre sus resultados reportaron que frijol en una combinación de sales necesitó de 25 minutos para su cocción a 100°C, mientras que --

cuando fue remojado en agua destilada necesitó de 75 minutos a la misma temperatura y que aquellos sin remojo necesitaron de 100 minutos bajo las mismas condiciones para su cocción; si se aumenta la temperatura a 121°C, 10 minutos son suficientes para la cocción del frijol remojado - en la combinación de sales y 12 minutos para el remojado - en agua mientras que para aquel sin remojo se necesitan - 30 minutos. Varriano-Marston y de Omana, (1979); estudiaron el efecto de las soluciones de sodio usadas por Rockland y Metzler, (1967), sobre la química y morfología del frijol negro, buscando con ello encontrar un método simple y barato para controlar el fenómeno de granos difíciles de cocer, sin embargo sus resultados no fueron positivos; Molina, et al. (1974), determinaron un tiempo óptimo de cocción de diez minutos en autoclave para obtener el mayor valor nutritivo en muestras de frijol sometidas a - 8, 16 y 24 horas de remojo en agua; Mora, (1982), reportó que frijol negro almacenado seis meses con contenidos de humedad de 9.3, 13.0 y 15.4 % en tres temperaturas (15, - 20 y 25°C), no sufrió ningún grado de endurecimiento bajo estas condiciones; no encontró variaciones en el tiempo de cocción durante los seis meses de la prueba. Al mismo tiempo incluyó una prueba de cocción con remojo, dejando los frijoles en agua una noche antes de la cocción, este período de remojo redujo el tiempo de cocción en cerca de 20 minutos. Bajo estas mismas condiciones de almacenamiento, Mora reportó que en un período de hasta 18 meses de almacenamiento el frijol sufrió cierto grado de endurecimiento, pero en este experimento utilizó solamente la cocción sin remojo.

OBJETIVOS

Teniendo en cuenta la importancia que el problema del endurecimiento del frijol tiene en nuestro país y concientes de la carencia de información que sobre los efectos que la humedad, temperatura y período de almacenamiento tienen sobre el endurecimiento y la viabilidad de las variedades mexicanas de esta leguminosa, y además con el fin de definir las directrices de la investigación que sobre el tema se realizará en el laboratorio de granos y semillas del Instituto de Biología de la UNAM, los objetivos del presente trabajo fueron:

1. Determinar el efecto de diferentes condiciones de almacenamiento (humedad, temperatura y tiempo de almacenamiento.) sobre la calidad de las variedades mexicanas de frijol, evaluadas por el grado de endurecimiento del grano y la pérdida de la viabilidad de la semilla.
2. Determinar mediante envejecimiento acelerado, las diferencias entre algunas variedades de frijol en cuanto a la susceptibilidad o resistencia al endurecimiento.
3. Conocer el efecto del remojo en el tiempo de cocción de las variedades cuando son sometidas a un proceso de envejecimiento.

MATERIALES Y METODOS

Semilla. En el presente trabajo fueron utilizadas semillas de siete variedades de frijol (Ojo de Cabra, Negro San Luis, Pastilla, Pinto Nacional, Flor de Mayo, Bayo - Blanco, Bayo Menudo) proporcionadas por la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO). Los datos iniciales de germinación, contenido de humedad y tiempo de cocción de las siete variedades se muestran en la Tabla 2. No fueron encontrados hongos de almacén en ninguna de las variedades.

Contenido de humedad. Para determinar el contenido de humedad de las semillas fue utilizado el método de secado en estufa recomendado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (USDA, 1979) que consiste en pesar de 5 a 10 gramos de semilla y colocarlos en una estufa con circulación forzada de aire a 103°C por 72 horas. El contenido de humedad se expresó con base en el peso húmedo de la semilla mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{A}{B} \times 100$$

donde: A = peso seco de la muestra

B = peso húmedo original de la muestra

El contenido de humedad del lote original de cada variedad fue determinado con cuatro repeticiones.

Tiempo de cocción. Para determinar el tiempo de cocción fue utilizado el método empleado por Jones et al, (1983) modificado y empleado en el Laboratorio Central de Control de Calidad de CONASUPO, lugar donde se llevaron a cabo las pruebas de cocción de este experimento. La prueba

T A B L A 2

GERMINACION, CONTENIDO DE HUMEDAD Y TIEMPO DE COCCION INICIALES DE LAS VARIETADES DE FRIJOL EMPLEADAS EN ESTE TRABAJO.

VARIEDAD	* GERMINACION %	** CONTENIDO DE HUMEDAD %	*** TIEMPO DE COCCION AL 100 %. (hrs)
OJO DE CABRA	99	10.5	3:00
NEGRO SAN LUIS	95	9.3	3:00
PASTILLA	90	10.5	3:00
PINTO NACIONAL	97	11.4	3:00
FLOR DE MAYO	95	8.9	2:30
BAYO BLANCO	96	10.8	3:30
BAYO MENUDO	98	9.6	3:30

* Promedio de 8 repeticiones de 100 semillas cada una

** Promedio de 4 repeticiones de 100 semillas

*** Promedio de 4 repeticiones de 100 g. cada una.

consiste en poner a cocer 100 gramos de frijol en agua hirviendo, sacando 10 frijoles cada media hora para comprobar que estén cocidos. El resultado es reportado en porcentaje.

Germinación. Para determinar el porcentaje de germinación fue empleado el método recomendado por la American Association of Official Seed Analysts, (1981), colocando 100 semillas en una toalla de papel húmedo, que fue enrollada e incubadas a 26°C, llevándose a cabo cuenta de las germinadas a los 5 y 9 días. Fueron utilizadas 200 semillas de cada repetición del experimento y 400 semillas de cada variedad para determinar el porcentaje de germinación del lote original.

Micoflora. Para determinar el porcentaje de semillas invadidas por hongos fueron utilizadas 25 semillas de cada repetición; desinfectadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 2 % durante un minuto y sembradas en un medio de cultivo selectivo para hongos de almacén MSA (2 % malta, 6 % sal, 2 % agar) e incubadas a 26°C durante 7 días hasta que los hongos pudieron ser contados e identificados.

Almacenamiento de la semilla. Fueron empleados dos tratamientos diferentes, el primero 100 % de humedad relativa y 41°C y el segundo 75 % de humedad relativa y 26°C, y realizados tres experimentos.

Primer experimento. Almacenamiento de 7 variedades de frijol en 100 % de humedad relativa a 41°C. Fueron utilizados 11.2 kg. de frijol, (1.6 kg. de cada variedad), repartidos en 56 unidades experimentales de 200 gr. cada una; colocadas al azar dentro de cámaras con una humedad relativa de 100 %. La humedad relativa en la cámara se mantuvo con agua destilada. Las cámaras de humedad fueron

colocadas en incubadoras a una temperatura de 41°C durante 14 días. Fueron realizados 2 muestréos uno a los 7 y otro a 14 días, determinándose en cada uno de ellos los porcentajes de germinación, contenido de humedad, micoflora y tiempo de cocción mediante los métodos descritos anteriormente. El experimento fue realizado con un diseño factorial con cuatro repeticiones.

Segundo experimento. Almacenamiento de siete variedades de frijol en una humedad relativa de 75 % y 26°C fueron utilizados 28 kg. de frijol, (4 kg. de cada variedad) repartidos en 140 unidades experimentales de 200 gr. cada una; colocadas al azar dentro de cámaras con una humedad relativa de 75 % . La humedad relativa fue mantenida mediante una solución saturada de NaCl (Winston y Bates, 1960). Las cámaras de almacenamiento fueron colocadas en un cuarto incubadora a 26°C durante 120 días. Las observaciones fueron llevadas a cabo a los 40, 60, 80, 100 y 120 días de almacenamiento, determinándose en cada muestréo los porcentajes de germinación, contenido de humedad, micoflora y tiempo de cocción. El diseño experimental fue un factorial con cuatro repeticiones.

Tercer experimento. Almacenamiento de seis variedades de frijol en las condiciones descritas en el primer experimento. Fueron utilizados 19.2 kg. de frijol, (3.2 kg. de cada variedad) repartidas en 96 unidades experimentales de 200 gr. cada una. Siete días después del almacenamiento se determinó el contenido de humedad y el tiempo de cocción por los métodos descritos anteriormente. En este experimento antes de la prueba de cocción, el frijol fue sometido a un período de remojo de 16 horas, con el fin de observar el efecto del remojo en el tiempo de cocción.

Fueron empleadas 16 horas de remojo basándose en experiencias de otros investigadores así como en la de las amas - casa que remojan el frijol la noche anterior a la cocción dando un tiempo de 12 a 16 horas de remojo. El diseño experimental fue un factorial con cuatro repeticiones.

Diseño experimental. El diseño experimental utilizado fue un factorial completamente al azar, con dos factores y cuatro repeticiones bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = u + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{k(ij)}$$

Y_{ijk} = VARIABLE DE RESPUESTA

u = MEDIA GENERAL

i = NIVELES DEL FACTOR A

j = NIVELES DEL FACTOR B

k = REPETICIONES

A = FACTOR A (VARIETADES)

B = FACTOR B (TIEMPO)

AB_{ij} = INTERACCION $A_i \times B_j$

e = ERROR EXPERIMENTAL

RESULTADOS Y DISCUSION

Primer experimento (tratamiento 1). Almacenamiento de frijol en 100 % de humedad relativa y 41°C (envejecimiento acelerado). El contenido de humedad del frijol durante los 14 días de almacenamiento se muestra en la Tabla 3, donde se observa que hay una gran variabilidad en cuanto el contenido de humedad en equilibrio de las siete variedades de frijol. Algunas variedades como Ojo de Cabra y Pinto Nacional alcanzaron un contenido de humedad de la semilla alrededor de 25 % mientras que la variedad Bayo Menudo alcanzó solamente el 16.1 % bajo las mismas condiciones esto puede deberse principalmente a la variabilidad entre los genotipos de las diferentes variedades.

Para conocer el estado de las semillas después de los períodos de almacenamiento se llevaron a cabo algunas pruebas biológicas y fisicoquímicas: a) germinación b) tiempo de cocción y c) micoflora de las semillas.

a) Germinación. El Tratamiento de almacenamiento afecta en forma diferente a las distintas variedades utilizadas (Tabla 4 y 5). A los siete días de tratamiento las variedades Ojo de Cabra, Bayo Blanco, Flor de Mayo y Pinto Nacional presentan disminución en su germinación con respecto al control (Tabla 4). A los catorce días de tratamiento el porcentaje de germinación disminuye en mayor proporción con respecto al control y con respecto al encontrado con siete días de tratamiento (Tabla 5).- Con estos datos se procedió a hacer un análisis de varianza, (Tabla 6), primero se determinó si las diferencias encontradas en porcentaje de germinación en una misma variedad en los dos tiempos de muestreo era o no significativa y a este parámetro le llamamos factor tiempo B.

T A B L A 3

CONTENIDO DE HUMEDAD DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS
14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 100 % Y 41° C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		
	INICIAL	7 DIAS	14 DIAS
OJO DE CABRA	10.5	14.8	25.1
NEGRO SAN LUIS	9.3	14.8	20.9
PASTILLA	10.5	17.1	23.0
PINTO NACIONAL	11.4	21.5	24.6
FLOR DE MAYO	8.9	19.5	22.1
BAYO BLANCO	10.8	18.6	23.1
BAYO MENUDO	9.6	13.5	16.1

Los resultados son promedio de ocho repeticiones.

T A B L A 4

GERMINACION, CONTENIDO DE HUMEDAD Y MICROFLORA DE FRIJOL
ALMACENADO DURANTE 7 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 100 % Y 41°C

VARIETADES	CONTENIDO DE HUMEDAD *		GERMINACION % **		MICROFLORA % <u>Aspergillus glaucus</u>	
	INICIAL	7 DIAS	INICIAL	7 DIAS	INICIAL	7 DIAS
BAYO MENUDO	9.6	13.5	98	94a***	0	10
NEGRO SAN LUIS	9.3	14.8	95	93a	0	12
PASTILLA	10.5	17.1	90	91a	0	29
OJO DE CABRA	10.5	14.8	99	87a	0	4
BAYO BLANCO	10.8	18.6	96	83a	0	11
FLOR DE MAYO	8.9	19.5	95	71 b	0	9
PINTO NACIONAL	11.4	21.5	97	69 b	0	2

* Promedio de ocho repeticiones

** Promedio de ocho repeticiones de 100 semillas cada una

*** Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Luncan 0.05).

T A B L A 5

GERMINACION, CONTENIDO DE HUMEDAD Y MICROFLORA DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 100 % Y 41 °C

VARIETADES	CONTENIDO DE HUMEDAD % *	GERMINACION % **	MICROFLORA % <u>Aspergillus glaucus</u>
BAYO MENUDO	16.1	67 a ***	52
NEGRO SAN LUIS	20.9	45 b	95
PASTILLA	23.0	12 c	100
FLOR DE MAYO	22.1	9 c	98
BAYO BLANCO	23.1	7 c	100
OJO DE CABRA	25.1	1 d	94
PINTO NACIONAL	24.6	0 d	100

* Promedio de ocho repeticiones

** Promedio de ocho repeticiones de 100 semillas cada una

*** Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Duncan 0.05)

T A B L A 6

ANALISIS DE VARIANZA GENERAL DE LOS DATOS DE GERMINACION DE SIETE
 VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS 14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
 DE 100 % Y 41°C.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA
TRATAMIENTOS	13	73714.09	2133.2	40.7 ++
FACTOR A VARIEDADES	6	12798.96	55629.01	1061.7 ++
FACTOR B TIEMPO	1	55629.01	881.1	16.9 ++
INTERACCION AB	6	5286.12	52.4	
ERRO?	42	2198.75		
TOTAL	55	75912.84		

++ Altamente significativas ($\alpha.01$)

El resultado de tal análisis muestra que las diferencias encontradas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$). - También se realizó el análisis estadístico de los resultados en por ciento de germinación para las diferentes variedades en los dos tiempos de muestreo; encontrándose que existen diferencias significativas en el comportamiento de las variedades aquí estudiadas sin precisar si estas diferencias se manifestaban a los siete o a los catorce días.

Por lo anterior se decidió fijar el tiempo y realizar un análisis de varianza en cada uno de los tiempos de muestreo, siete y catorce días, para detectar en que tiempo de muestreo se manifestaban las diferencias encontradas entre las variedades. El análisis de varianza de los datos de germinación a los siete días de almacenamiento mostró diferencias altamente significativas ($P > 0.01$) entre variedades (Tabla 7), esto significa que a los siete días algunas variedades mostraron mayor porcentaje de germinación que otras. De las siete variedades utilizadas Bayo Menudo, Negro San Luis, Pastilla, Ojo de Cabra y Bayo Blanco resultaron estadísticamente iguales entre sí y superiores a las variedades Flor de Mayo y Pinto Nacional que a su vez resultaron iguales entre sí y que fueron las que presentaron los promedios de germinación más bajos (prueba de Duncan) (Tabla 4).

Utilizando las pruebas estadísticas antes mencionadas a los catorce días de almacenamiento la variedad Bayo Menudo que mantiene una germinación relativamente alta resultó más resistente a perder su viabilidad que todas las demás variedades utilizadas en este trabajo (Tabla 8).

T A B L A 7

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE GERMINACION DE SIETE
 VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS 7 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
 DE 100 % Y 41°C.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA
TOTAL	27	3770.11		
VARIEDADES	6	2463.36	410.56	6.5978649**
ERROR	21	1306.75	62.22619	

** Altamente significativa ($\alpha .01$)

T A B L A 8

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE GERMINACION DE SIETE
 VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS 14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
 DE 100 % Y 41°C.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA
TOTAL	27	16513.715		
VARIETADES	6	15621.715	2603.6191	61.295966**
ERROR	21	892.	42.27619	2.57

** Altamente significativa (α .01)

T A B L A 9

TIEMPO DE COCCION (100 %) DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS
14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 100 % Y 41°C.

VARIEDAD	TIEMPO DE COCCION (hrs)		
	INICIAL	7 DIAS	14 DIAS
FLOR DE MAYO	2:30	3:30	3:30
OJO DE CABRA	3:00	3:30	5:00
NEGRO SAN LUIS	3:00	3:30	3:30
PASTILLA	3:00	4:00	5:00
PINTO NACIONAL	3:00	3:30	5:00
BAYO BLANCO	3:30	4:00	5:00
BAYO MENUDO	3:30	3:30	3:30

Los resultados son promedio de cuatro repeticiones de 100 g. cada una.

T A B L A 10

MICOFLORA * DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS
14 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 100 % Y 41°C.

VARIEDAD	7 DIAS** <u>A.glaucus</u>	14 DIAS <u>A.glaucus</u>
PASTILLA	29	100
NEGRO SAN LUIS	12	95
BAYO BLANCO	11	100
BAYO MENUDO	10	52
FLOR DE MAYO	9	98
OJO DE CABRA	6	94
PINTO NACIONAL	2	100

* Promedio de cuatro repeticiones de 25 semillas cada una

**Ninguna de las variedades presentó invasión por hongos de
almacén al inicio del experimento.

estos hongos, no así en el caso de la variedad Bayo Menudo que aun tiene alto poder germinativo.

A los catorce días de envejecimiento acelerado parece que existe una relación entre germinación y tiempo de cocción, ya que la variedad Bayo Menudo que no presentó incremento en el tiempo de cocción así como la variedad Negro - San Luis que solamente requirió de media hora más para su cocción, fueron las dos únicas variedades que mantuvieron relativamente alto su poder germinativo durante este período (Tabla 5). Estas dos variedades fueron las que alcanzaron los contenidos de humedad más bajos durante la prueba (Tabla 3), lo cual seguramente influyó en estos resultados.

Segundo experimento. (tratamiento 2). Almacenamiento de frijol en 75 % de humedad relativa y 26°C. El contenido de humedad de los granos de las siete variedades de frijol a los 120 días de almacenamiento se muestra en la (Tabla-11), donde se observa la variabilidad que existe en cuanto el contenido de humedad en equilibrio de las diferentes variedades. Algunas de ellas, como Ojo de Cabra, Pinto Nacional, Pastilla y Bayo Blanco alcanzan un contenido de humedad de alrededor de 16 %, mientras que la variedad Negro - San Luis se equilibró en 14.1 %, Flor de Mayo 15.2 % y Bayo Menudo 14.7 %.

a) Germinación. Todas las variedades de frijol a excepción de la variedad Pinto Nacional mantuvieron alto su poder germinativo durante los 120 días de almacenamiento. Con los datos obtenidos y mostrados en la (Tabla 12) se realizó un análisis de varianza general (Tabla 13) y una prueba de Duncan. La variedad Pinto Nacional disminuyó en forma significativa su viabilidad con respecto al control desde los 40 días de tratamiento (Tabla 12).

T A B L A 11

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS 120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 75 % Y 26°C.

VARIEDAD	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)						\bar{X}
	0	40	60	80	100	120	
OJO DE CABRA	10.5	16.0	15.9	16.0	16.0	16.0	16.0
NEGRO SAN LUIS	9.3	13.7	13.9	14.5	14.4	14.2	14.1
PASTILLA	10.5	15.4	15.6	15.7	15.8	15.9	15.7
PINTO NACIONAL	11.4	16.0	15.9	16.0	16.1	16.1	16.0
FLORES DE MAYO	8.9	14.9	15.2	15.4	15.3	15.4	15.2
BAYO BLANCO	10.8	15.6	15.8	15.9	15.9	16.0	15.8
BAYO MENUDO	9.6	14.3	14.6	14.9	14.8	15.0	14.7

Los resultados son promedio de ocho repeticiones.

T A B L A 12

GERMINACION (%) DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS
120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 75 % Y 26°C.

VARIEDAD	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)					
	0	40	60	80	100	120
OJO DE CABRA	99	99a	98a	99a	97a	96a
BAYO MENUDO	98	98a	98a	98a	97a	95a
NEGRO SAN LUIS	95	100a	99a	97a	98a	95a
FLOR DE MAYO	95	99a	98a	99a	97a	94a
BAYO BLANCO	95	97a	98a	97a	95 b	90 b
PASTILLA	90	93 b	92 b	93a	94 b	93ab
PINTO NACIONAL	97	73 c	71 c	79 b	74 c	71 c

Los resultados son promedio de cuatro repeticiones de 200 semillas cada una
Números con letras diferentes son significativamente diferentes (Duncan 0.05).

T A B L A 13

ANALISIS DE VARIANZA GENERAL DE LOS DATOS DE GERMINACION DE SIETE VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS 120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 75 % Y 26°C.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA
TRATAMIENTOS	34	9890.0		
FACTOR A VARIETADES	6	9361.8	1560.3	157.6 ++
FACTOR B TIEMPO	4	252.7	63.2	6.4 ++
INTERACCION AB	24	275.5	11.5	1.2 +
ERROR	105	1036.8	9.9	
TOTAL	139	10926.8		

+ No significativa

++ Significativa

b) Tiempo de cocción. Respecto al tiempo de cocción a los 40 días de almacenamiento se observó que en la variedad Bayo Menudo hay un decremento de media hora con respecto a la cocción inicial, las variedades Negro San Luis y Pinto Nacional lo mantuvieron igual y las variedades Ojo de Cabra, Pastilla y Bayo Blanco lo incrementaron en media hora (Tabla 14).

A los 60 días de almacenamiento 20 días después de la primera observación las variedades Flor de Mayo y Bayo Blanco disminuyeron en media hora su tiempo de cocción. Las variedades Ojo de Cabra, Negro San Luis, Pinto Nacional y Bayo Menudo lo mantuvieron igual y la variedad Pastilla lo incrementó en media hora (Tabla 14).

A los 80 días de almacenamiento y con respecto a la segunda observación a los 60 días, la variedad Negro San Luis disminuyó en media hora su tiempo de cocción; las variedades Ojo de Cabra, Pastilla, Flor de Mayo y Bayo Menudo lo mantuvieron igual; y las variedades Pinto Nacional y Bayo Blanco lo incrementaron en media hora (Tabla 14)

A los 100 días de almacenamiento 20 días después con respecto a 80 días de almacenamiento las variedades Ojo de Cabra y Bayo Blanco mantuvieron igual su tiempo de cocción; y las variedades Negro San Luis, Pastilla, Pinto Nacional, Flor de Mayo y Bayo Menudo incrementaron media hora dicho tiempo (Tabla 14).

A los 120 días de almacenamiento todas las variedades mantuvieron el mismo tiempo de cocción que a los 100 días de almacenamiento.

T A B L A 14

TIEMPO DE COCCION (hrs) DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS
120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 75 % Y 26° C.

VARIEDAD	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO					
	0	40	60	80	100	120
FLOR DE MAYO	2:30	3:00	2:30	2:30	3:00	3:00
OJO DE CABRA	3:00	3:30	3:30	3:30	3:30	3:30
NEGRO SAN LUIS	3:00	3:00	3:00	2:30	3:00	3:00
PASTILLA	3:00	3:30	4:00	4:00	4:30	4:30
PINTO NACIONAL	3:00	3:00	3:00	3:30	4:00	4:00
BAYO BLANCO	3:30	4:00	3:30	4:00	4:00	4:00
BAYO MENUDO	3:30	2:30	2:30	2:30	3:00	3:00

Los resultados son promedio de cuatro repeticiones de 100 g. cada una.

Algunas variedades como Flor de Mayo, Negro San Luis Bayo Blanco y Bayo Menudo disminuyeron su tiempo de cocción en algún momento durante el período de almacenamiento, este resultado aunque no esperado concuerda con lo reportado por Mora, (1982) ya que el reportó que algunos frijoles disminuyeron su tiempo de cocción bajo determinadas condiciones de almacenamiento. Las variedades Pinto Nacional y Pastilla fueron las más susceptibles a endurecerse después de 120 días de almacenamiento en 75 % de humedad relativa y 26°C.

c) Micoflora de la semilla. Prácticamente no hubo invasión severa por hongos de almacén en ninguna de las siete variedades utilizadas (Tabla 15), en el período de 120 días de almacenamiento por lo que el decremento de germinación observado en la variedad Pinto Nacional (Tabla 12) suponemos se debió principalmente a procesos fisiológicos de la semilla.

En esta prueba de almacenamiento dos variedades Pinto Nacional y Pastilla cuyos promedios de germinación al final de la prueba fueron diferentes incrementaron casi en la misma proporción su tiempo de cocción por lo que podemos concluir que el porcentaje de germinación no es indicativo del tiempo de cocción de las variedades de frijol.

Tercer experimento (tratamiento 1). En este experimento se tomaron muestras de las diferentes variedades almacenadas a 41°C y 100 % de humedad relativa a las cuales se les determinó tiempo de cocción en dos condiciones: 1) remojados en agua por 16 horas y 2) no remojados. El efecto del tratamiento de remojo en las variedades sin

T A B L A 15

MICOFLORA (%) DE SIETE VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS
 120 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 75 % Y 26°C.

VARIEDAD	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DIAS)				
	40	60	80	100	120
OJO DE CABRA	4	2	19	1	3
NEGRO SAN LUIS	2	9	2	4	1
PASTILLA	4	3	2	1	1
PINTO NACIONAL	4	14	4	5	2
FLOR DE MAYO	8	2	0	0	0
BAYO BLANCO	11	5	7	4	2
BAYO MENUDO	2	0	1	2	3

Los resultados son promedio de cuatro repeticiones de 25 semillas cada una.

envejecer se observó únicamente en la variedad Bayo Menudo ya que el frijol de esta variedad con el tratamiento de 16 horas de remojo, redujo en una hora su tiempo de cocción (Tabla 16). En cambio la variedad Flor de Mayo aumentó en treinta minutos su tiempo de cocción con el mismo tratamiento y las variedades Ojo de Cabra, Bayo Blanco, Negro San Luis y Pastilla tuvieron el mismo tiempo de cocción con y sin remojo (Tabla 16).

Después de los siete días de envejecimiento acelerado en las variedades Ojo de Cabra, Bayo Blanco, Flor de Mayo, Pastilla y Bayo Menudo se observó el efecto del tratamiento de remojo, en el tiempo de cocción ya que cada una de las variedades redujo este tiempo en treinta minutos (Tabla 16). En la variedad Negro San Luis, envejecida durante siete días no se observó ningún efecto del remojo en el tiempo de cocción, ya que presentó el mismo tiempo de cocción con y sin remojo (Tabla 16)

Estos resultados indican que cada una de las variedades tiene comportamiento diferente en cuanto a endurecerse bajo las condiciones de almacenamiento aquí probadas.

T A B L A 16

TIEMPOS DE COCCION CON Y SIN REMOJO DE SEIS VARIETADES DE FRIJOL
ALMACENADAS 7 DIAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 100 % Y 41° C.

VARIETADES	DATOS INICIALES		7 DIAS	
	C/R	S/R	C/R	S/R
OJO DE CABRA	3:00	3:00	3:00	3:30
BAYO BLANCO	3:00	3:00	3:30	4:00
FLOR DE MAYO	3:00	2:30	3:00	3:30
NEGRO SAN LUIS	3:00	3:00	4:00	4:00
PASTILLA	3:00	3:00	3:30	4:00
BAYO MENUDO	2:30	3:30	3:00	3:30

CR. Con remojo de 16 horas en agua

SR. Sin remojo

Los resultados son promedio de cuatro repeticiones de 100 g.cada una.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analizó el comportamiento de siete variedades de frijol (Ojo de Cabra, Negro San Luis, Pastilla, Pinto Nacional, Flor de Mayo, Bayo Blanco y Bayo Menudo) en cuanto a germinación, tiempo de cocción y micoflora cuando son sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento. A continuación se enlistan las conclusiones más relevantes de este trabajo.

1. Las semillas de las variedades de frijol utilizadas en este trabajo muestran diferente ganancia de humedad bajo la misma humedad relativa de almacenamiento.
2. A los catorce días de almacenamiento en 100 % de humedad relativa y 41°C la variedad Bayo Menudo fue la más resistente a perder su viabilidad mientras que las variedades Ojo de Cabra y Pinto Nacional fueron las más susceptibles.
3. A los siete días de almacenamiento en 100 % de humedad relativa y 41°C las variedades Pastilla y Flor de Mayo aumentaron en una hora su tiempo de cocción, mientras que las demás no lo incrementaron.
4. A los catorce días de almacenamiento en 100 % de humedad relativa y 41°C las variedades Ojo de Cabra, Pastilla y Pinto Nacional incrementaron dos horas su tiempo de cocción, mientras que la variedad Bayo Menudo resultó ser la más resistente, ya que no aumentó su tiempo de cocción bajo las mismas condiciones de almacenamiento.

5. Durante los 120 días de almacenamiento en 75 % de humedad relativa y 26°C prácticamente ninguna variedad perdió su poder germinativo a excepción de la variedad - Pinto Nacional que se vió afectada desde los 40 días - de almacenamiento.
6. La variedad Bayo Menudo redujo su tiempo de cocción en treinta minutos, la variedad Pastilla lo aumentó noventa minutos y la variedad Negro San Luis mantuvo el mismo tiempo de cocción después de ser almacenados 120 - días en una humedad relativa de 75 % y 26°C.
7. El efecto benéfico del remojo sobre el tiempo de cocción solamente se observó en las variedades Ojo de Cabra, Bayo Blanco y Flor de Mayo después de ser almacenado siete días en una humedad relativa de 100 % y 41°C por lo que el tratamiento de remojo no fue efectivo - en todas las variedades de frijol aquí estudiadas.

LITERATURA CITADA

- American Association of Official Seed Analysts. 1981. Rules for Testing Seeds. Journal of Seed Technology. - Vol. 6 No. 2: 125 pp.
- Bourne, M.C. 1967. Size, Density and Hardshell in Dry Beans. Food Technology. 21: 335-338.
- Bressani, R. 1982. El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 32-2: 308-325.
- Bressani, R. 1982. Introducción al Simposio sobre el problema de endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 32-2: 215-216.
- Burr, H. J., Kon, S. y Morris, H.J. 1968. Cooking rates of - dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. Food Technology. 23: 336-338.
- Dirección General de Productos Básicos, SECOM, México, 1981.
- Esselen, . y Davis, . 1942. Dehydrated baked beans. Canner 95: 18.
- Feldberg, W.O. 1956. Preparation and evaluation of precooked dehydrated bean products. Food Technology. 10: 523.
- Gonzalez, M. 1982. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 32 2: 258-274.
- Jackson, G.M. y Varriano-Marston, F. 1981. Hard-to-cook phenomenon in beans: Effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. Journal of Food Science. 46: 799-803.

- Jones, P.M.B. y Boulter, D. 1983. The cause of reduced cooking rate in *Phaseolus vulgaris* following adverse storage conditions. *Journal of Food Science*. 48: 623-626.
- Kon, S. 1979. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. *Journal of Food Science*. 44: 1329-1340.
- Lantz, E. M. 1938. Effect of different methods of cooking on the vitamin B content of Pinto beans. *New Mexico. Agr. Expt. Sta. Bull.* 254.
- Lebedeff, G. A. 1943. Heredity and environment in the production of hardshell seed in common beans (*Phaseolus vulgaris*) *Agr. Exp. Sta. Rio Piedras, P.R. Res. Bull.* 4.
- Luse, R. 1982. Estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) sobre el problema del endurecimiento del frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 32-2: 401-414.
- Morris, H. J. y Wood, E. R. 1950. Processing quality of varieties and strains of dry beans. *Food Technology*. 4: 247-251.
- Morris, H. J. y Wood, E. R. 1956. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. *Food Technology* 10: 225-228.
- Morris, H. J. 1963. Cooking qualities of dry beans. *Sixth-Annual Dry Bean Conference*. Los Angeles, C. A.

- Molina, M. R., De la Fuente, G. y Bressani, R. 1974. Interrelaciones entre tiempo de remojo, tiempo de cocción, valor nutritivo y otras características del frijol (*Phaseolus vulgaris*) Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 32-2: 469-480.
- Molina, M. R., De la Fuente, G. y Bressani, R. 1975. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean. (*Phaseolus vulgaris*). - Journal of Food Science 40: 587-591.
- Molina, M. R., Baten, M. A., Gomez-Brenes, R. A., King, R. W. y Bressani, R. 1976. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans. (*Phaseolus vulgaris*). - 41: 661-666.
- Molina, M. R., Trent, F. y Bressani, R. 1976. Studies on the biodeterioration of the black beans. (*Phaseolus vulgaris*) Presentado en XXXVI Annual Meeting of the Institute of Food Technologists (IFT) - Anaheim, California, June 6-9.
- Molina, M. R., Baten, M. A., Axtell, B. y Bressani, R. - 1979. Alternativas para aumentar la disponibilidad y utilización del frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) En: Memoria de la XXV Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. (PCCMCA) Vol. 3 Tegucigalpa, Honduras, Secretaria de Recursos Naturales, 1979. 12p (trabajo L-17).

- Moscoso, W. 1981. Relationships between the hard-to cook-phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and minerals. *Dissertation Abstracts International* 41: 4443.
- Mora, C. 1982. Estudios realizados por el CIGRAS sobre el enriquecimiento del frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. V 32-2: 326-341.
- Nordstrom, C. L. y Sistrunk, W. A. 1979. Effect of type of bean, moisture level, blanch treatment and storage time on quality attributes and nutrient-content of canned dry beans. *Journal of Food Science* 44-2: 392-403.
- Programa Nacional de Alimentación 1983-1988. Poder Ejecutivo Federal. México 1983.
- Rozo, C. 1982. Effect of extended storage on the degree of thermal softening during cooking, cell wall components, and polyphenolic compounds of red kidney beans. (*Phaseolus vulgaris*). *Dissertation Abstracts International* 42: 4732.
- Rockland, L. B. y Metzler, A. E. 1967. Quick cooking Lima and other dry beans. *Food Technology* 21: 26A.
- Sada, G. 1980. Effects of different conditions of storage on germination, texture, nutritional quality and chemical composition of light red kidney beans. (*Phaseolus vulgaris*) *Dissertation Abstracts International* 41: 1300.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Coordinación General de Desarrollo Agroindustrial. - México, 1982.
- Silva, C. A. B., Bates, R. P. y Deng, J. C. 1981. Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans. (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Food Science 46: 1716-1719.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1979.- Grain Equipment Manual GR 916-6. Federal Grain Inspection Service, Standardization Division, - Richard-Geabayer A.F.B. Kansas City. Mo.
- Varriano-Marston, E. y De Omana, E. 1979. Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans. (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Food Science 44: 531-536.
- Varriano-Marston, E. y Jackson, G. M. 1981. Hard-to-cook phenomenon in Beans: Structural changes during storage and imbibition. Journal of Food Science 46: 1379-1385.
- Winston, P. W. y Bates, D. H. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research 41: 232-237.