

176
rej



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"La calidad de cocción del frijol, almacenado
a diferentes temperaturas"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
DAVID RODRIGUEZ BRAVO

México, D. F.

1 9 8 8



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.

I N D I C E

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
MATERIALES Y MÉTODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	49

LA CALIDAD DE COCCIÓN DE FRIJOL, ALMACENADO A DIFERENTES TEMPERATURAS

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

El frijol común es una planta que pertenece a la familia de las Leguminosas, en México se cultivan muchas especies siendo las principales: Phaseolus vulgaris L. P. coccineus L. P. multiflorus Wild. y P. lunatus L. De estas P. vulgaris es la de mayor abundancia y distribución, ya que el 90 % del total de las variedades de frijol que se cultivan en México pertenecen a esta especie.

En México el frijol es, después del maíz, el más importante entre los granos alimenticios básicos. (Mapa 1, Cuadro 1). Se siembra principalmente en el bajío, la región tropical del Golfo de México (Veracruz Tabasco y las Huastecas Potosina e Hidalguense). La meseta central, las costas del Pacífico (Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Colima, Oaxaca y Chiapas, y en el norte de México (Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila, Sonora, Nuevo León y Tamaulipas). Becerril (1982).

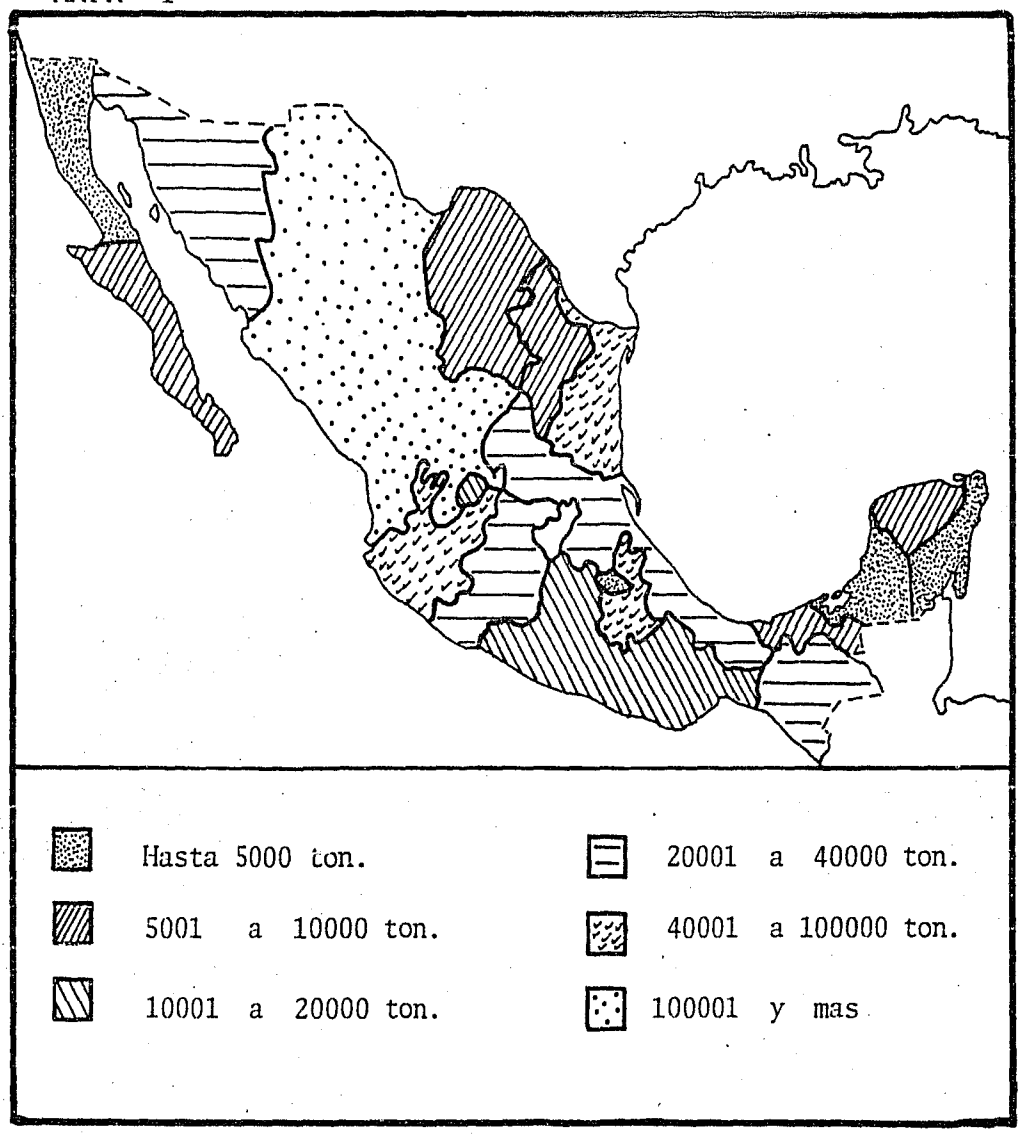
El frijol también constituye un alimento tradicional en la dieta de otros países tropicales y subtropicales, proporcionando cantidades significativas de proteínas y calorías, tanto a la población rural como a la urbana. Bressani (1982).

Antunes et al (1979), determinaron el porcentaje aproximado de la composición química de la semilla de frijol Phaseolus vulgaris (Cuadro 2).

En México, como en muchos otros países de Latinoamérica, la producción de granos y semillas es mucho mayor que la demanda inmediata para su consumo, por tal motivo el hombre se ve en la necesidad de almacenarlos, para después consumirlos de acuerdo a sus necesidades.

Con relación al almacenamiento existen pérdidas llamadas de postcosecha, las cuales son ocasionadas principalmente por la deficiencia en la infraestructura de almacenamiento, en los

MAPA 1



Zonas de producción de granos de frijol en México.

Fuente Becerril (1985) PUAL.

CUADRO 1

PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE FRIJOL
EN LA REPÚBLICA MEXICANA EN EL
AÑO AGRÍCOLA 1986.

ESTADOS	PORCENTAJE*	PRODUCCIÓN EN TONELADAS**
ZACATECAS	26.2	306113
DURANGO	14.8	173622
NAYARIT	14.0	163499
CHIHUAHUA	11.4	133175
SINALOA	8.9	104479
GUANAJUATO	4.2	49620
CHIAPAS	3.9	39000
VERACRUZ	2.8	33520
MEXICO	1.6	19650

*Porcentaje de la producción total.

** La producción total del año agrícola 1986
fué de 1,166428 tons.

Fuente: Avances de siembra y cosecha 1985-86.
SARH.

CUADRO 2

COMPOSICIÓN QUÍMICA APROXIMADA DE SEMILLAS DE
FRIJOL (Phaseolus vulgaris).

COMPONENTES	PORCENTAJES
PROTEÍNAS	23.7
LÍPIDOS	1.8
CENIZAS	2.9
FIBRA CRUDA	4.6
HUMEDAD	10.0
CARBOHIDRATOS	57.0

Fuente: Antunes, et al. (1979).

programas de conservación y la organización y administración de las bodegas y silos, lo cual no permite tener un control de los factores físicos (humedad y temperatura) y de los factores bióticos (hongos, insectos, roedores y aves) que demeritan a los granos en los almacenes.

Los daños a los granos y semillas, después de la cosecha, se manifiestan tanto cuantitativa como cualitativamente.

Las pérdidas cuantitativas se deben a la acción de plagas, tales como insectos, roedores y aves, las cuales consumen directamente el grano o lo deterioran físicamente.

Las pérdidas cualitativas se producen por factores tanto físicos como biológicos, entre estos últimos se encuentran los hongos, que reducen las propiedades nutritivas y organolépticas como sabor y la textura, además de la presencia de micotoxinas, desafortunadamente estos daños prácticamente no son evidentes a simple vista.

El endurecimiento del frijol es una pérdida de postcosecha a nivel cualitativo, en donde el frijol sufre cambios en sus características físicas, composición química y calidad proteínica, la causa de dichos cambios está vinculada en gran medida, a las condiciones de almacenamiento.

Se deben considerar y diferenciar dos aspectos distintos de este fenómeno de endurecimiento, el primero se refiere a los cultivos recién cosechados en donde las diferencias en el tiempo de cocción se deben principalmente a factores inherentes a la semilla que a su vez son debidos a aspectos de orden genético, y el otro que se relaciona con el desarrollo de un proceso de endurecimiento del grano debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento tales como: humedad del grano, temperatura, humedad relativa del ambiente y tiempo (Elias, 1982).

De esta manera una de las características de aceptabilidad más importantes que determinan la calidad del frijol es el tiempo que éste necesita para suavizarse durante el proceso de cocción. Esta característica es reclamada por el consumidor, tanto a nivel doméstico como industrial debido a las obvias implicaciones que ello tiene desde el punto de vista económico y organoléptico; se dice económico porque requiere mayor gasto de energía para el proceso de cocción, y organoléptico, porque en muchos casos el sabor del grano sufre también un cambio notable, además de que un cocimiento prolongado disminuye el valor nutritivo, ya que en el proceso térmico al que se somete para su consumo se degradan proteínas de importancia nutritiva para el consumidor.

Factores de almacenamiento involucrados en el endurecimiento del frijol.

Se han realizado diferentes estudios con relación a las condiciones que causan el fenómeno de endurecimiento del frijol, así como sobre las alternativas a seguir para su prevención.

Morris y Wood (1956), observaron que frijol almacenado a 25 C en una humedad relativa de 65% durante 10 meses requiere 6 veces más del tiempo normal requerido para suavizarse, esto indica que aun en condiciones no muy drásticas de almacenamiento pero en un período relativamente largo, ciertas variedades se endurecen.

Burr et al (1968), observaron que almacenando frijol con temperaturas altas 30, 35 C y contenidos de humedad altos 14,15 %, por períodos largos de tiempo, el frijol se endurece, aumentando así su tiempo de cocción. Esta ha sido la idea que normalmente prevalece en cuanto a las condiciones que favorecen el endurecimiento de este grano.

Molina et al (1975), señalaron que además de prolongarse el tiempo de cocción, la calidad nutritiva se ve afectada por las condiciones de almacenamiento, esta baja calidad nutritiva se debe a cambios estructurales de la propia proteína del frijol.

Jackson y Varriano Marston (1981), hicieron un experimento en el cual observaron que el frijol almacenado un año a temperatura ambiente contenidos de humedad de la semilla bajos, requería igual tiempo de cocción que aquellas almacenadas por 14 días en 100% de humedad relativa y 41 C de temperatura, lo cual significa que efectivamente el envejecimiento acelerado conduce a los mismos resultados que el almacenamiento a largo plazo en cuanto al fenómeno de endurecimiento.

Causas bioquímicas del endurecimiento del frijol

A nivel bioquímico los eventos moleculares responsables de la cocción de frijol no han sido establecidos con precisión, sin embargo ha sido señalado por Jones y Boutler (1983), que la suavización de frijol durante la cocción va acompañado de la solubilización de pectinas. Las pectinas son polímeros metilados del ácido galacturónico asociado con iones divalentes calcio y magnesio; que se encuentran localizadas en la pared de las células del cotiledón y su función es de darle rigidez al grano. Los

pectatos de calcio y magnesio son insolubles, sin embargo durante la cocción, la interacción ión divalente-pectina debe disminuir para permitir que las pectinas se solubilicen y el grano de frijol se suavice. El tiempo requerido para que esta solubilización se efectúe se reflejara en el tiempo de cocción.

El hecho de que durante la cocción, el frijol duro requiera de mayor tiempo para su suavización que el requerido, por el no duro sugiere que la solubilización de las pectinas en granos duros es más difícil de realizarse que en grano no endurecido.

La disminución en la solubilidad de las pectinas en los granos duros podría deberse a una de las siguientes posibilidades: (Comunicación personal de la Dra I. Bernal).

a). La calidad y cantidad de las pectinas es diferente en frijol duro y no duro. Estas diferencias podrían establecerse durante el período de almacenamiento por síntesis de pectinas o por modificaciones de las ya existentes.

b). El tipo y número de sitios de interacción ión divalente-pectina son diferentes en frijol no duro y frijol duro, esto podría suceder si durante el almacenamiento el grado de metilación de las pectinas disminuye.

c). La cantidad y calidad de los sitios alternos de interacción a los cuales el calcio y magnesio se pueden movilizar durante la cocción del frijol sufren modificaciones durante el deterioro.

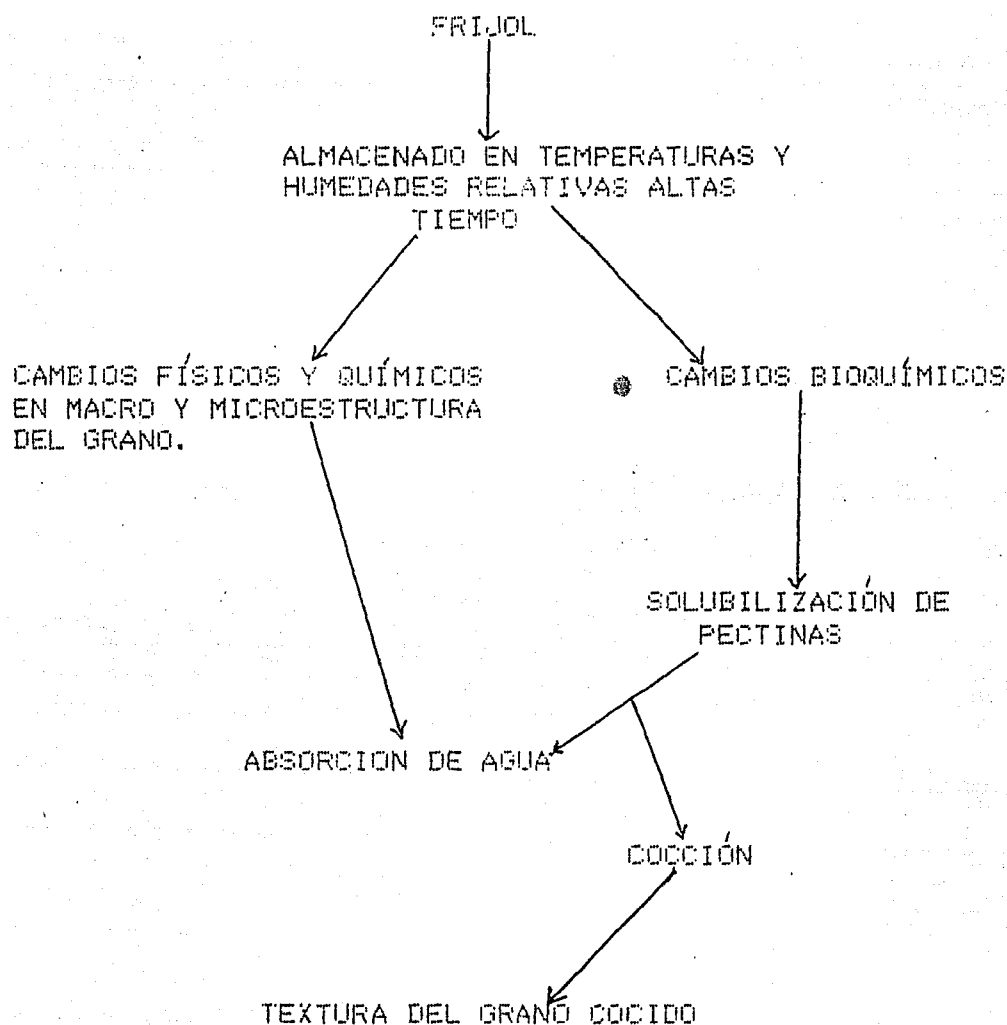
Lolas y Markakis (1975), observaron que entre los compuestos químicos relacionados en el proceso de endurecimiento y de la cocción incluyen los ácidos fítico y pectico, además de los cationes divalentes calcio y magnesio, así como las enzimas pectina-esterasa y fitasa.

Moscoso (1981), reportó que si se almacena frijol en temperaturas y humedades relativas altas 35 C y 80 % respectivamente, éste aumenta su tiempo de cocción observándose que el contenido de ácido fítico baja, al mismo tiempo que ocurren alteraciones en el movimiento de cationes calcio y magnesio, debido a posibles lesiones del plasmalema de la membrana celular durante su almacenamiento.

Elias (1982), observó que los mecanismos que incluyen la

lignina, complejos proteina-taninos, compuestos polifenólicos y la enzima polifenol oxidasa, son factores que cambian la microestructura de la testa y del cotiledón, lo que a su vez afecta la capacidad de hidratación y el reblandecimiento del frijol.

A continuación se esquematiza el proceso de endurecimiento del frijol de acuerdo a Bressani (1982).



.....

Objetivos.

Un de los objetivos del presente trabajo fue el observar la resistencia o susceptibilidad al endurecimiento de las variedades mexicanas de frijol, Bayo Blanco, Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra almacenadas en una humedad relativa de 85% y a 26 y 35 C.

Por otra parte, tomando en cuenta que existen variedades que difieren en sus tiempos de cocción desde el momento de su cosecha, se consideró importante conocer su comportamiento durante su almacenamiento, para esto se escogieron las variedades Amarillo y Bayo 400 las cuales presentaron tiempo de cocción largo y Michigan 800 y Negro Huasteco con tiempo de cocción corto.

MATERIALES Y METODOS:

Semilla, en los experimentos realizados se utilizaron ocho variedades de frijol cultivadas y cosechadas en Iguala Gro; por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, (INIFAP), siendo estas Bayo Blanco, Flor de Mayo, Negro Jamaica, Ojo de Cabra, Amarillo, Bayo 400, Michigan 300 y Negro Huasteco, con un contenido de humedad inicial de: 8.9, 8.5, 7.9, 8.2, 8.5, 9.2, 9.1 y 8.5, respectivamente. Los datos iniciales de las variedades utilizadas se muestran en los cuadros 3 y 4.

Contenido de humedad. Para determinar el contenido de humedad de la semilla fue utilizado el método de secado en estufa, recomendado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1979). Este método consiste en colocar muestras por duplicado de 5 a 10 g. de semilla en cajas de aluminio previamente pesadas de cada una de las repeticiones para posteriormente colocarlas en una estufa con circulación forzada de aire a 103 C por 72 hs. Una vez transcurrido este tiempo, las cajas fueron tapadas y sacadas de la estufa, colocandolas en un desecador hasta enfriarse, para posteriormente pesarlas en una balanza analítica.

El contenido de humedad se calculó con base en el peso húmedo de la semilla y se expresó en porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad} = a/b \times 100$$

Donde: a = pérdida de agua en gramos (la diferencia entre peso húmedo y peso seco de la muestra)

b = peso húmedo original de la muestra.

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

Germinación: Para determinar el porcentaje de germinación fue empleado el método descrito por Moreno (1984), utilizando como sustrato toallas de papel húmedo sobre las que se colocan 100 semillas por repetición, las toallas se enrollaron e incubaron en un cuarto de temperatura constante de 26 C, realizandose conteos

de germinación a los 5 y 9 días, fueron utilizadas 100 semillas de cada repetición en cada uno de los muestreos, y 200 semillas de cada variedad para determinar el porcentaje de germinación del lote original.

Micoflora: Para determinar el porcentaje de semillas invadidas por hongos se procedió a desinfectar superficialmente 25 semillas de cada repetición con una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante un minuto y medio y posteriormente sembradas en malta-sal-agar que es un medio selectivo para hongos de almacén (Christensen 1957), la fórmula de éste medio es la siguiente:

Extracto de malta.....	20g.
Agar.....	20g.
NaCl.....	50g.
Agua destilada.....	1000ml.

Estas pruebas se realizaron en una cámara estéril, para evitar contaminación. Después de que fueron colocadas las semillas en las cajas de Petri, éstas fueron incubadas en un cuarto de temperatura constante a 26 C por 7 días hasta que los hongos pudiesen ser contados e identificados.

Tiempo de cocción: para determinar el tiempo de cocción fue utilizado el método de Jones y Boutler (1983), el cual fue modificado en el Laboratorio de Conservación de Granos y Semillas del Instituto de Biología de la UNAM. Este consiste en colocar 450 semillas en una olla de peltre con 2 litros de agua hirviendo, el volumen de agua se mantiene constante agregando agua hirviendo durante el tiempo que dura la prueba. Apartir de los primeros 90 minutos de cocción cada 30 minutos se sacan 50 granos los que se presionan entre los dedos pulgar e índice, considerandose cocidos si el frijol cede a la presión de los mismo y no presenta grumos, se considera la muestra cocida si 45 semillas es decir el 90% de los granos de la muestra están cocidos.

CUADRO 3

DATOS INICIALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN %	MICROFLORA %	TIEMPO DE COCCIÓN*
BAYO BLANCO	8.9	97	0	4:00
FLOR DE MAYO	8.5	95	0	3:30
NEGRO JAMAÑA	7.9	100	0	3:30
OJO DE CABRA	8.2	96	0	3:30

*Tiempo de cocción en horas, promedio de cuatro repeticiones de 450 granos de cada variedad.

CUADRO 4

DATOS INICIALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN %	MICROFLORA %	TIEMPO DE COCCIÓN*
AMARILLO	8.5	95	0	3:00
BAYO 400	9.2	96	0	2:30
MICHIGAN 800	9.1	99	0	1:30
NEGRO HUASTECO	8.5	98	0	1:30

*Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 granos de cada variedad.

Almacenamiento del frijol.

Experimento 1

Almacenamiento en una humedad relativa de 85%, a 26 y 35 C de las variedades de frijol Bayo Blanco, Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra, con un contenido de humedad inicial de 8.9, 8.5, 7.9 y 6.2, respectivamente.

Se almacenaron 3.2 Kg. de cada variedad de frijol en cada temperatura repartidas en 64 unidades experimentales de 200 g. cada una, las cuales fueron colocadas al azar dentro de cámaras de humedad relativa de 85%. La humedad relativa se mantuvo con una solución saturada de cloruro de potasio (Winston y Bates, 1960). Las cámaras de humedad fueron colocadas en incubadoras a 26 y 35 C. durante 120 días, llevándose a cabo muestreos a los 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento, determinándose en cada muestreo los porcentajes de contenido de humedad, germinación, micoflora y tiempo de cocción.

Experimento 2

Almacenamiento de las variedades de frijol Amarillo, Bayo 400, Michigan 800 y Negro Huasteco a 26 C. y con contenidos de humedad iniciales del grano que fueron: 8.5, 9.2, 9.1 y 8.5 respectivamente.

Se almacenaron 3.2 Kg de cada variedad: Amarillo, Bayo 400, Michigan 800 y Negro Huasteco repartidos en 64 unidades experimentales de 200 gramos cada una, las cuales fueron envasadas en bolsas dobles de plástico (polietileno) perfectamente selladas para después almacenarlas en un cuarto de temperatura constante de 26 C. durante 120 días, realizándose muestreos a los 30, 60, 90, y 120 días de almacenamiento, determinándose las mismas pruebas que en el experimento 1.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1.

Almacenamiento de las variedades de frijol Bayo Blanco, Flor de Mayo Negro Jamapa y Ojo de Cabra en 85% de humedad relativa a 26 y 35 C.

Los datos iniciales de contenido de humedad, germinación, micoflora y tiempo de cocción de las 4 variedades se muestran en el cuadro 3.

Temperatura de 26 C.

Contenido de humedad. El contenido de humedad durante los 120 días de almacenamiento se incrementó de 7.9-8.9 % a 19.3-19.9% (Cuadro 15). La cantidad de agua absorbida por cada una de las variedades muestra que todas ellas alcanzan, a los 120 días de almacenamiento, contenidos de humedad muy similares, lo cual indica que después de un tiempo determinado todas tienen la misma capacidad de absorción de agua, aunque la velocidad de hidratación presenta ciertas diferencias como puede observarse a los 30 y 60 días de almacenamiento. (Cuadro 15 y Gráfica 1).

Germinación. Durante los primeros 30 días de almacenamiento, todas las variedades mantuvieron porcentajes de germinación por arriba del 90%. (Cuadro 8). A los 60 días, las variedades Bayo Blanco y Negro Jamapa mantuvieron su germinación en 94 y 89% respectivamente, mientras que la Flor de Mayo y Ojo de Cabra presentaron germinaciones de 58 y 54% respectivamente, perdiendo prácticamente el 50% de su poder germinativo durante este período de almacenamiento. (Cuadro 10). A los 90 días las variedades tuvieron germinaciones entre 66 y 10%. A los 120 días de almacenamiento todas las variedades presentaron germinaciones por abajo del 6 %. (Cuadro 5).

En esta condición de almacenamiento las variedades Negro Jamapa y Bayo Blanco que tuvieron porcentajes de germinación por arriba de 58% hasta los 90 días de almacenamiento, fueron las más "resistentes" a perder su viabilidad, mientras que las variedades Flor de Mayo y Ojo de Cabra que desde los 60 días presentaron

germinaciones de 58 y 54% respectivamente resultaron ser las más "susceptibles". (Cuadro 5 y Gráfica II).

El análisis de variancia de germinación bajo estas condiciones de almacenamiento durante 120 días, mostró diferencias significativas ($\alpha < 0.05$) entre variedades, entre tiempos, así como en la interacción tiempo variedades (Cuadro 6). Por lo tanto se decidió fijar el tiempo para poder determinar las diferencias entre variedades en cada uno de los muestreos a los 30, 60, 90 y 120 días.

A los 30 días de almacenamiento el análisis de los datos de germinación mostró diferencias significativas entre variedades. (Cuadro 7). Para detectar estas diferencias se realizó una prueba de contraste de medias por el método de Duncan, encontrándose que las variedades Bayo Blanco, Flor de Mayo y Negro Jamapa son iguales entre sí, siendo la variedad Ojo de Cabra significativamente (probabilidad $\alpha < 0.05$) diferente a las tres anteriores. (Cuadro 8).

A los 60 días de almacenamiento hubo diferencias significativas entre variedades. (Cuadro 9). Para detectar estas diferencias se realizó una prueba de contraste de medias de Duncan encontrándose que las variedades Bayo Blanco y Negro Jamapa son iguales entre sí, pero diferentes a Flor de Mayo y Ojo de Cabra que a su vez resultaron iguales. (Cuadro 10).

A los 90 días de almacenamiento se detectaron diferencias significativas entre variedades. (Cuadro 11). Al aplicar la prueba de contraste de medias de Duncan se observó que las variedades Negro Jamapa y Bayo Blanco son iguales entre sí, pero diferente de Flor de Mayo y Ojo de Cabra, así mismo Flor de Mayo fue diferente a Ojo de Cabra. (Cuadro 12).

A los 120 días de almacenamiento el anova no muestra diferencias significativas ($\alpha < 0.05$) entre variedades. (Cuadro 13). Y la germinación estuvo entre 0 a 6% (Cuadro 14).

Tiempo de cocción. A los 30 días de almacenamiento. La variedad Negro Jamapa disminuyó en 30 minutos su tiempo de cocción; las variedades Bayo Blanco y Flor de Mayo lo mantuvieron igual al inicial y la variedad Ojo de Cabra lo incrementó en 30 minutos. A los 60 días, las variedades Bayo Blanco y Negro Jamapa incrementaron su tiempo de cocción 30 minutos; Flor de Mayo lo incrementó 60 minutos y la variedad Ojo de Cabra ya no se coció. A los 90 días, la variedad Negro Jamapa aumentó su tiempo de cocción 60 minutos y las variedades Bayo Blanco, Flor de Mayo y Ojo de Cabra ya no se cocieron. A los 120 días ninguna de las variedades se coció. (Cuadro 16).

Durante los 120 días de almacenamiento las variedades

tuvieron diferente velocidad de endurecimiento resultando la variedad Ojo de Cabra la más susceptible a este fenómeno y la variedad Negro Jamapa la más resistente. (Cuadro 16 y Gráfica III).

Micoflora. Se observó una ligera invasión por Aspergillus glaucus a partir de los primeros 30 días de almacenamiento en todas las variedades, alcanzando, a los 120 días de almacenamiento una invasión de 86, 84, 68 y 67% en las variedades Ojo de Cabra, Bayo Blanco, Negro Jamapa y Flor de Mayo, respectivamente. (Cuadro 17 y Gráfica IV).

CUADRO 5

GERMINACIÓN* DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 120 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 26 C.

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)				
	0	30	60	90	120
BAYO BLANCO	97	99	94	58	6
FLOR DE MAYO	100	99	58	22	4
NEGRO JAMAFA	99	98	89	66	4
OJO DE CABRA	97	95	54	10	0

*Porcentaje de germinación promedio de 4 repeticiones de 100 semillas de cada variedad.

CUADRO 6

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA GERMINACIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS 120 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 26 C.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.M.	C.M	F CALCULADA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA $\alpha 0.05$
A (VARIEDADES)	3	7763.2	2587.72	65.92*	S
B (TIEMPO)	3	80745.5	29915.18	658.64*	S
A X B	9	6628.6	736.51	18.76*	S
ERROR	48	1884.3	39.3		
TOTAL	63	97021.6			

* Significativo.

CUADRO 7

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA GERMINACIÓN DE 4 VARIEDADES
DE FRIJOL ALMACENADAS 30 DÍAS EN UNA HUMEDAD
RELATIVA DE 85 % Y 26 C.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C. M.	F Cal
TOTAL	15	79.93		
VARIEDADES	3	51.18	17.06	7.12*
ERROR	12	28.75	2.39	

* Significativo.

CUADRO 8

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA, Y TIEMPO DE COCCIÓN
DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 30 DÍAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 85 % Y 26 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICROFLORA** %	TIEMPO DE COCCIÓN***
BAYO BLANCO	15.3	99a	1	4:00
FLOR DE MAYO	17.2	99a	1	3:30
NEGRO JAMAPA	18.5	98a	7	3:00
OJO DE CABRA	17.6	95 b	7	4:00

* Porcentajes de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan α 0.05).

** Porcentaje de semillas invadidas por Aspergillus glaucus.

***Tiempo de cocción en horas, promedio de cuatro repeticiones de 450 semillas cada una.

CUADRO 9

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA GERMINACIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS 60 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85 % Y 26 C.

FUENTE DE VARIACIÓN	G. L.	S.C.	C.M.	F Cal
TOTAL	15	5805		
VARIEDADES	3	5250	1750	37.8*
ERROR	12	555.5	46.29	

* Significativo.

CUADRO 10

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 60 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85 % Y 26 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICROFLORA** %	TIEMPO DE COCCIÓN***
SAYO BLANCO	18.8	94a	50	4:30
NEGRO JAMAPA	19.5	89a	71	4:00
FLOR DE MAYO	19.0	58 b	85	4:30
OJO DE CABRA	19.6	54 b	89	NC****

* Porcentaje de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan < 0.05).

** Porcentaje de semillas invadidas por Aspergillus glaucus.

*** Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas de cada variedad.

****No se cocció.

CUADRO 11

ANÁLISIS DE VARIANZA DE GERMINACIÓN DE CUATRO VARIETADES DE
FRIJOL ALMACENADO 90 DÍAS EN UNA HUMEDAD
RELATIVA DE 85 % Y 26 C.

FUENTE DE VARIACIÓN	S.L.	S.C.	C.M.	F Cal
TOTAL	15	7887.8		
VARIETADES	3	7334.8	2444.9	53.0*
ERROR	12	553	46.0	

* Significativo ($\alpha=0.05$)

CUADRO 12

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN
CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 90 DÍAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 26 C.

VARIETADE	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICROFLORA** %	TIEMPO DE COCCIÓN***
NEGRO JAMAPA	19.8	66a	61	4:30
BAYO BLANCO	19.3	58a	57	NC****
FLOR DE MAYO	19.3	22 b	66	NC
OJO DE CABRA	19.9	10 c	89	NC

* Porcentaje de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan $\alpha=0.05$).

** Porcentaje de semillas invadidas por Aspergillus glaucus.

*** Tiempo de cocción en horas.

****No se coció.

CUADRO 13

ANÁLISIS DE VARIANZA DE GERMINACIÓN DE CUATRO VARIEDADES
DE FRIJOL ALMACENADO 120 DÍAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 26 C.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C. M.	F Cal
TOTAL	15	131.9		
VARIEDADES	3	55.2	18.4	2.87
ERROR	12	76.75	6.39	

CUADRO 14

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICOFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN
DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 120 DÍAS EN UNA
HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 26 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICOFLORA** %	TIEMPO DE COCCIÓN***
BAYO BLANCO	19.8	6a	84	NC****
FLOR DE MAYO	19.2	4a	67	NC
NEGRO JAMAPA	19.6	4a	68	NC
OJO DE CABRA	19.8	0a	86	NC

* Porcentaje de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan α 0.05).

** Porcentaje de semillas invadidas por Aspergillus glaucus.

*** Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas para cada variedad.

****No se cocció.

CUADRO 15

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL
ALMACENADO DURANTE 120 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
DE 85% Y 26 C.*

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)				
	0	30	60	90	120
BAYO BLANCO	8.9	15.3	18.8	19.3	19.8
FLOR DE MAYO	8.5	17.2	19.0	19.3	19.8
NEGRO JAMAFA	7.9	18.5	19.5	19.8	19.6
OJO DE CABRA	8.2	17.6	19.6	19.9	19.8

* Contenido de humedad promedio de 3 repeticiones
de cada variedad.

CUADRO 16

INCREMENTO EN EL TIEMPO DE COCCIÓN* DE CUATRO VARIEDADES DE
FRIJOL ALMACENADO DURANTE 120 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
DE 85% Y 26 C.

VARIEDAD	COCCIÓN INICIAL	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)			
		30	60	90	120
BAYO BLANCO	4:00	0	30	NC**	NC
FLOR DE MAYO	3:30	0	60	NC	NC
NEGRO JAMAFA	3:30	- 30	30	60	NC
OJO DE CABRA	3:30	30	NC	NC	NC

* Incremento en minutos.

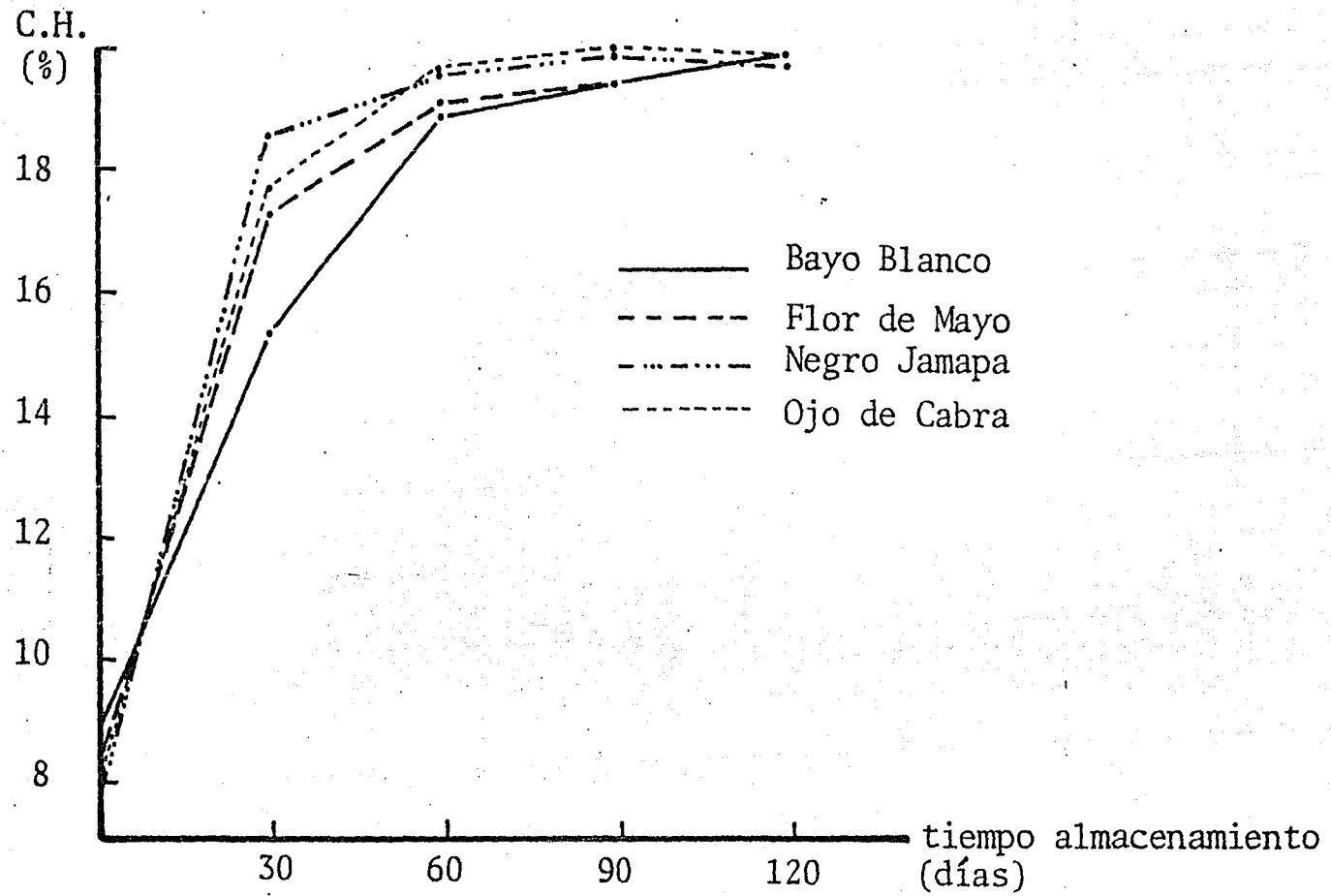
**No se cocció.

CUADRO 17

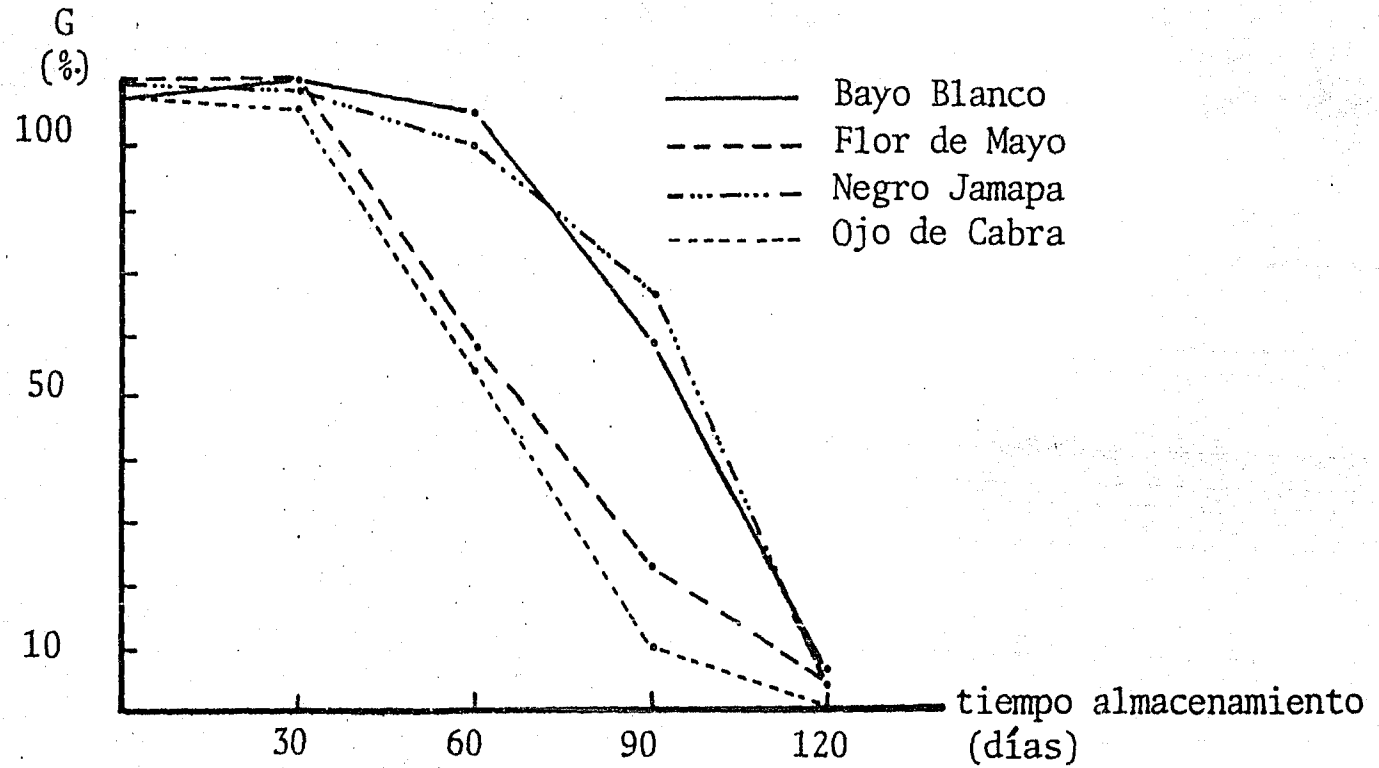
PORCENTAJES DE SEMILLAS DE FRIJOL INVADIDAS POR Aspergillus
glaucus DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN UNA HUMEDAD
RELATIVA DE 85% Y 26 C.

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)				
	0	30	60	90	120
BAYO BLANCO	0	1	50	57	84
FLOR DE MAYO	0	1	85	66	67
NEGRO JAMAICA	0	7	71	61	68
OJO DE CABRA	0	7	89	84	86

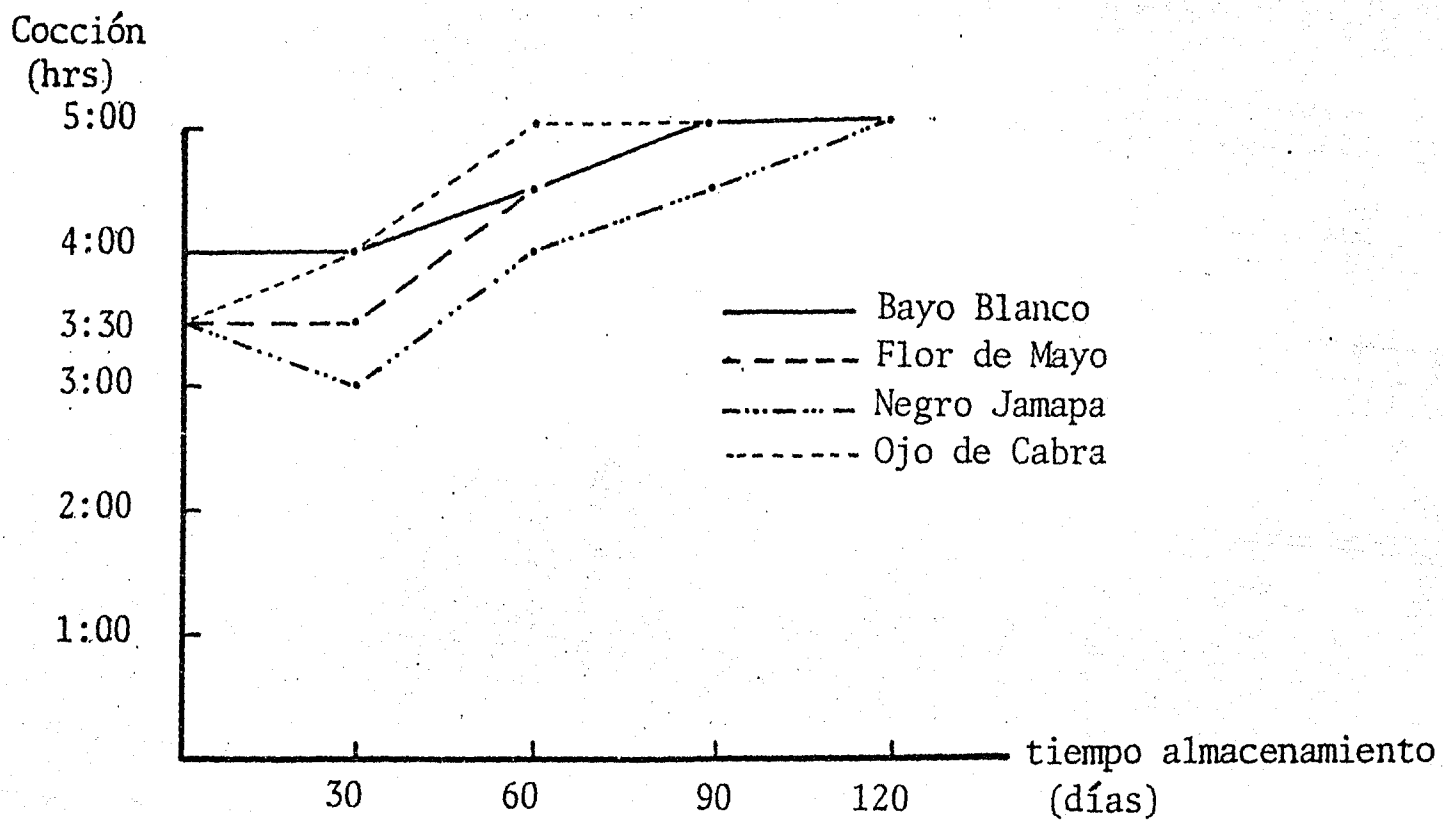
* Promedio de 4 repeticiones de 25 semillas de frijol para cada una de las variedades.



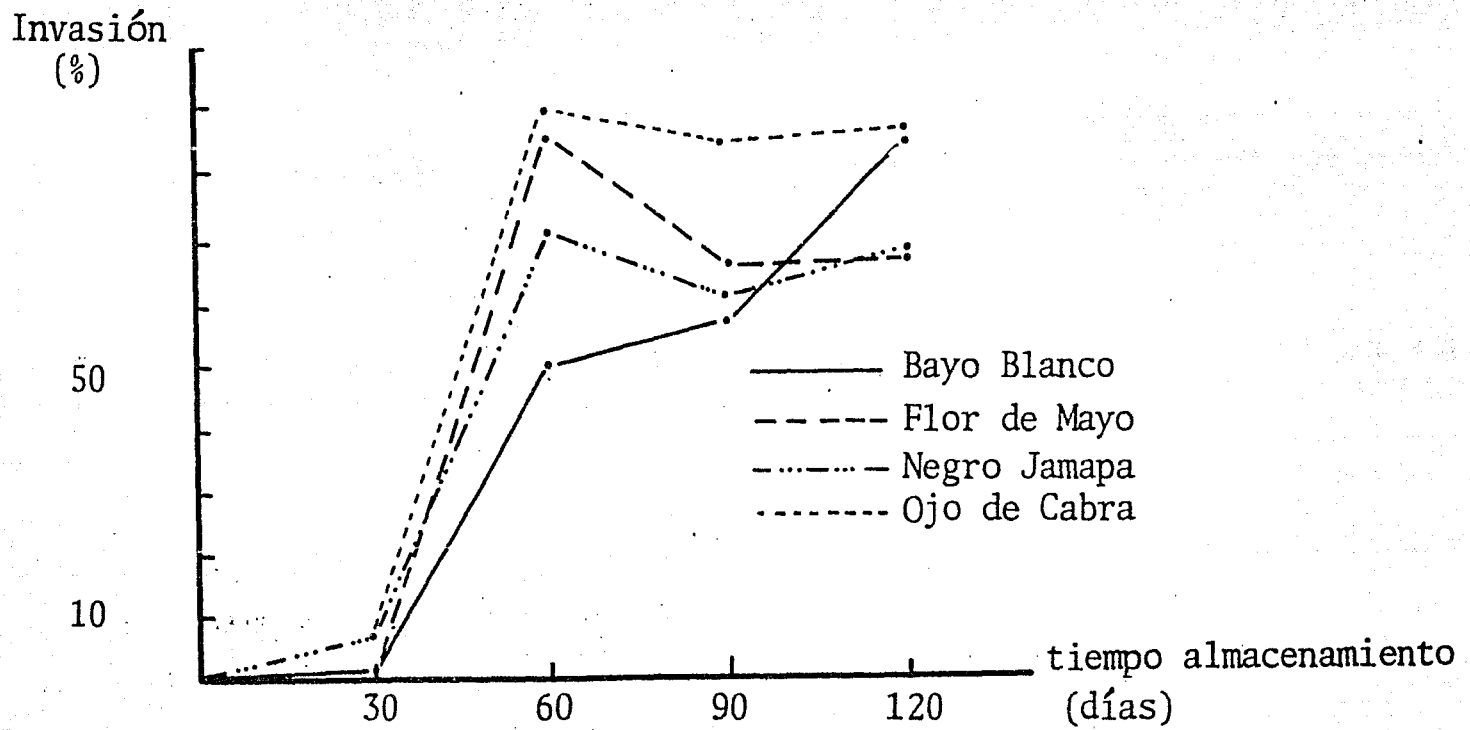
Gráfica I. Contenido de humedad de frijol almacenado 120 días en 85% H. R. y 26° C.



Gráfica II. Germinación de frijol almacenado 120 días en 85% H. R. y 26° C.



Gráfica III. Tiempo de cocción de frijol almacenado 120 días en 85% H. R. y 26° C.



Gráfica IV. Porcentaje de Semillas invadidas por Aspergillus glaucus durante su almacenamiento a 85% H. R. y 26° C.

Almacenamiento a 35 C. Y 85 % de Humedad Relativa.

Contenido de humedad. El contenido de humedad durante los 60 días de almacenamiento se incremento de 7.9-8.9% a 13.0-18.5%. (Cuadros 3, 18, 19 y 20).

Todas las variedades alcanzaron contenidos de humedad muy similares a los 60 días de almacenamiento, lo que indica que tienen la misma capacidad de captación de agua y que además su velocidad de hidratación es la misma como se pueda observar a los 30 días de almacenamiento. (Cuadros 18 y 19 Gráfica V).

Germinación: Desde los 30 días de almacenamiento ninguna de las variedades presentó porcentos de germinación por arriba del mínimo requerido por SNICS que es 85% para fines agrícolas. (Cuadros 18, 19 y 21. Gráfica VI). Considerando que la germinación de las semillas se redujo a un nivel demasiado bajo, no se creyó pertinente realizar un análisis estadístico de dichos datos.

Tiempo de cocción: El almacenamiento en esta temperatura afectó en forma severa la calidad de cocción de los granos, endureciendolos en corto tiempo, ya que ninguna de las variedades se coció en los primeros 30 días de almacenamiento. (Cuadros 18, 19 y 22. Gráfica VII).

Micoflora. Se observó una severa invasión por Aspergillus glaucus a los 30 días de almacenamiento en todas las variedades, alcanzando a los 60 días de almacenamiento una invasión de 99, 96, 95 y 93% en las variedades Flor de Mayo, Bayo Blanco, Ojo de Cabra y Negro Jamaica respectivamente. (Cuadros 18, 19 y 23).

Esta severa invasión es ocasionada por la interacción de la alta humedad relativa con la alta temperatura en las que fueron almacenadas las semillas de frijol, permitiendo con esto el desarrollo de hongos de almacén en las semillas, ocasionando el biodeterioro de ésta, y por consecuencia acelerando la pérdida de su capacidad para germinar. (Cuadros 21, 23 y Gráfica VIII).

Este experimento fue planeado a 120 días de almacenamiento, pero con los resultados obtenidos a los 60 días, en donde el deterioro fue severo, se creyó pertinente no realizar los muestreos a los 90 y 120 días.

CUADRO 18

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADAS DURANTE 30 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN %	MICROFLORA*	TIEMPO DE COCCIÓN**
BAYO BLANCO	17.9	8	77	NC***
FLOR DE MAYO	17.9	11	88	NC
NEGRO JAMAPA	17.8	4	43	NC
OJO DE CABRA	18.2	0	99	NC

*Porcentaje de semillas invadidas por Aspergillus glaucus.

**Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas de cada variedad.

***No se coció.

CUADRO 19

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL, ALMACENADO DURANTE 60 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C.

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN %	MICROFLORA*	TIEMPO DE COCCIÓN**
BAYO BLANCO	18.4	2	96	NC***
FLOR DE MAYO	18.0	1	99	NC
NEGRO JAMAPA	18.5	0	93	NC
OJO DE CABRA	18.3	0	95	NC

* Porcentaje de semillas invadidas por Aspergillus glaucus.

** Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas de cada variedad.

***No se coció.

CUADRO 20

CONTENIDO DE HUMEDAD% * DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 60 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C.

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)		
	0	30	60
BAYO BLANCO	8.9	17.9	18.4
FLOR DE MAYO	8.5	17.9	18.0
NEGRO JAMAPA	7.9	17.8	18.5
OJO DE CABRA	8.2	18.2	18.3

* Contenido de humedad promedio de 4 repeticiones para cada variedad.

CUADRO 21

GERMINACIÓN* DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 60 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85% Y 35 C.

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)		
	0	30	60
BAYO BLANCO	97	8	2
FLOR DE MAYO	98	11	1
NEGRO JAMAPA	100	4	0
OJO DE CABRA	96	0	0

*Germinación promedio de cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

CUADRO 22

TIEMPO DE COCCIÓN* DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL
ALMACENADO DURANTE 60 DÍAS EN UNA HUMEDAD RELATIVA
DE 85% Y 35 C.

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)		
	0	30	60
SAYO BLANCO	4:00	NC**	NC
FLOR DE MAYO	3:30	NC	NC
NEGRO JAMAFA	3:30	NC	NC
OJO DE CABRA	3:30	NC	NC

* Tiempo de cocción promedio de cuatro repeticiones
de 450 semillas cada una.

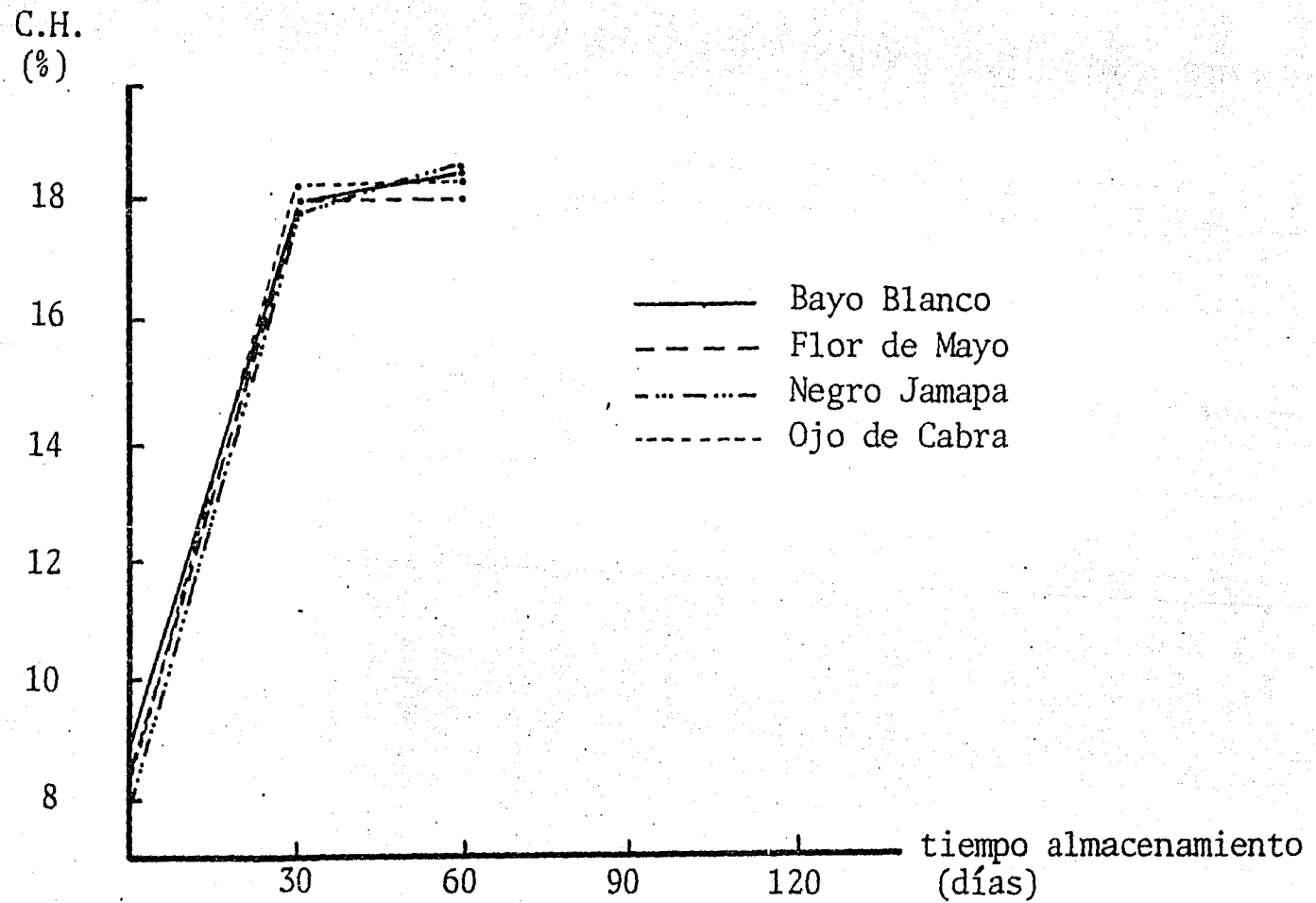
**No se cocció.

CUADRO 23

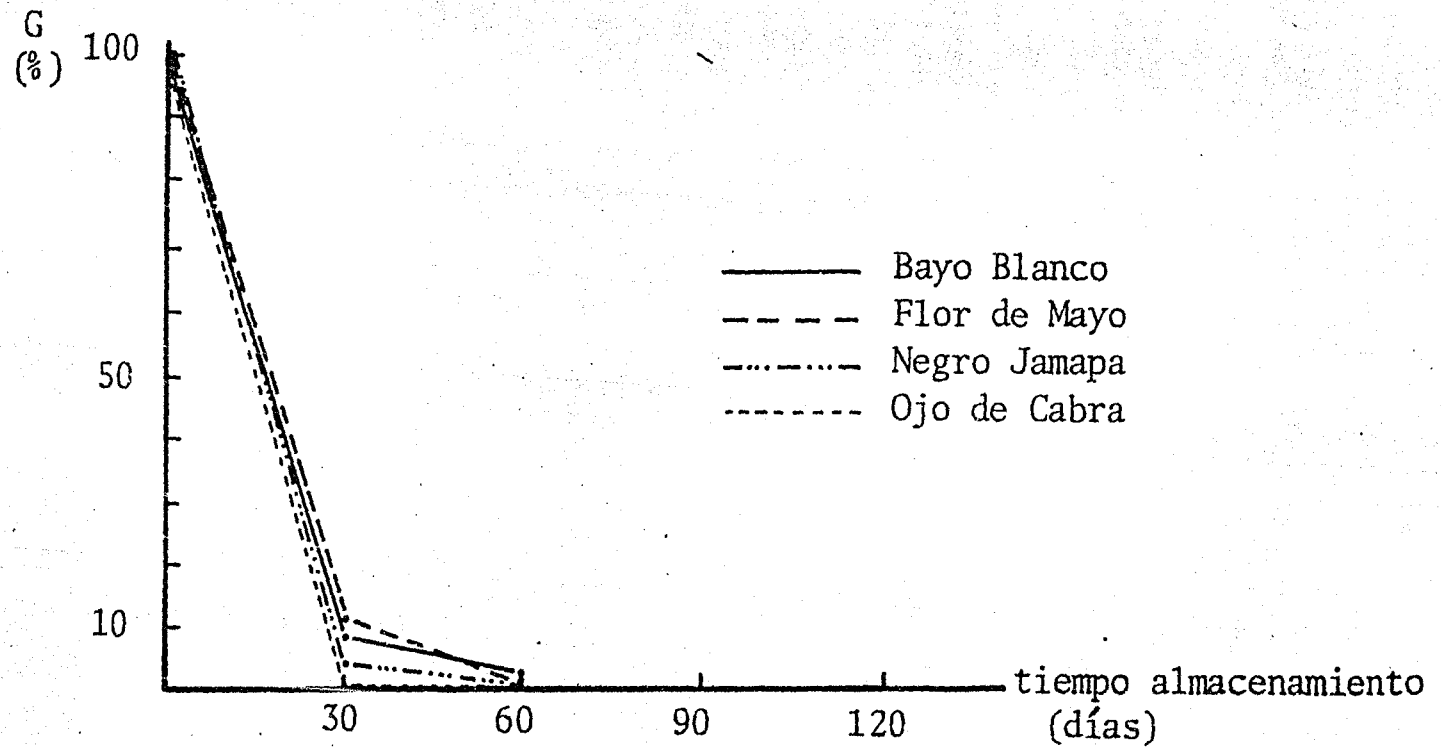
PORCENTAJE* DE SEMILLAS DE FRIJOL INVADIDAS POR
Aspergillus glaucus DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN
UNA HUMEDAD RELATIVA DE 85 % Y 35 C.

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO EN (DÍAS)		
	0	30	60
SAYO BLANCO	0	77	96
FLOR DE MAYO	0	88	99
NEGRO JAMAFA	0	43	93
OJO DE CABRA	0	99	95

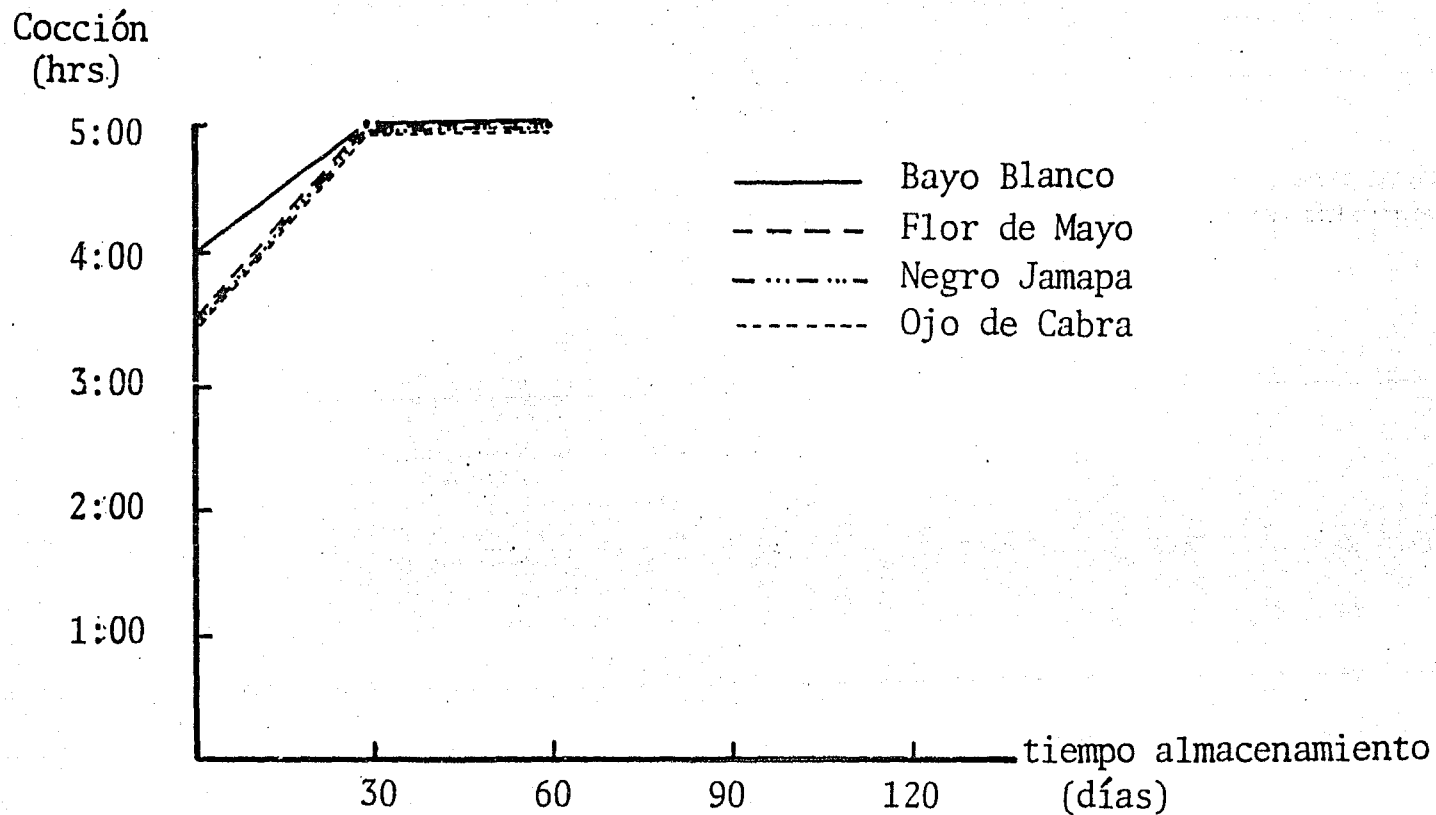
* Porcentaje promedio de 4 repeticiones de 25
semillas para cada variedad.



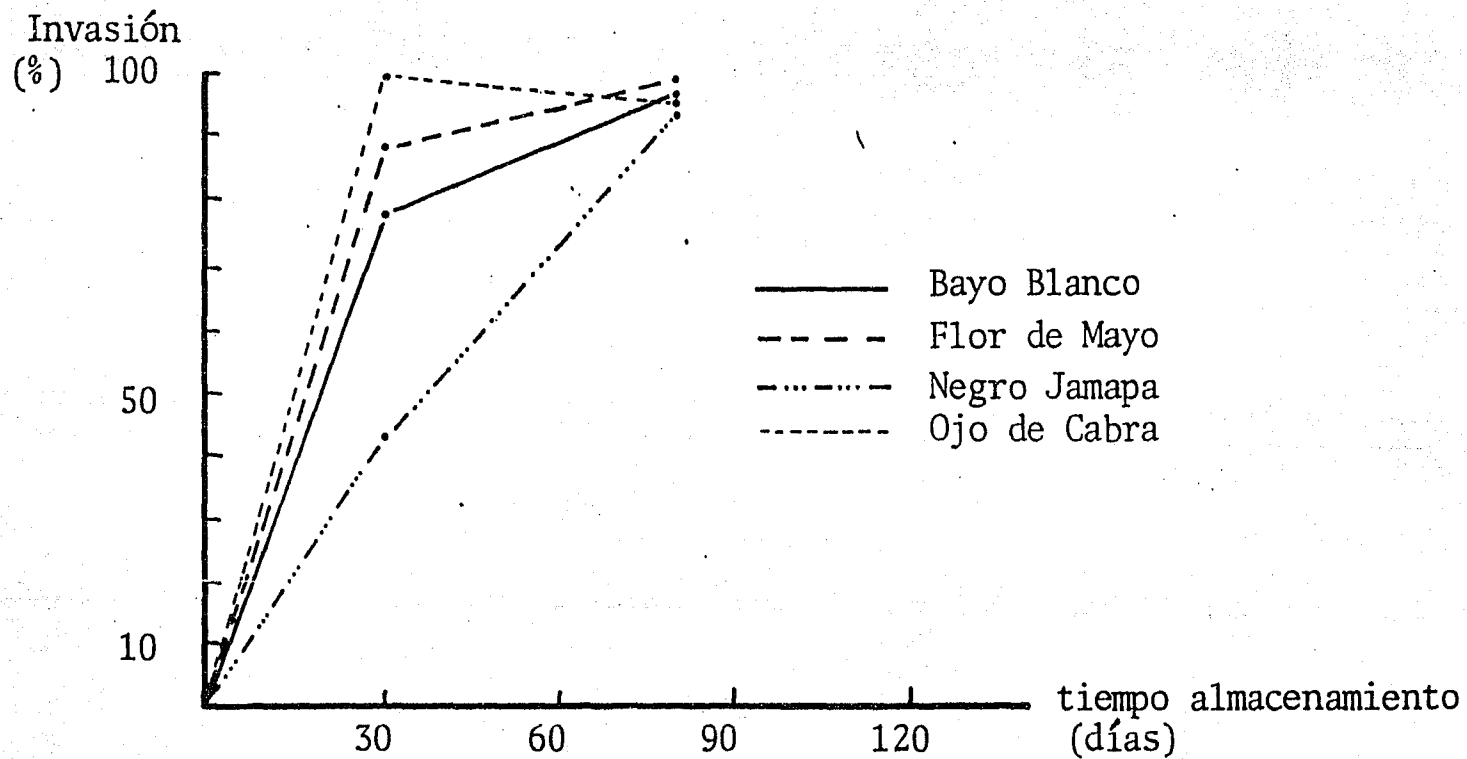
Gráfica V. Contenido de humedad de frijol almacenado 60 días en 85% H. R. y 35° C.



Gráfica VI. Germinación de frijol almacenado durante 60 días en 85% H. R. y 35° C.



Gráfica VII. Tiempo de cocción de frijol almacenado 60 días en 85% H. R. y 35° C.



Gráfica VIII. Porcentaje de semillas de frijol invadidas por Aspergillus glaucus durante 60 -- días en 85% H. R. y 35° C.

Experimento 2

Almacenamiento de las variedades de frijol Amarillo, Bayo 400, Michigan 800 y Negro Huasteco. Los datos iniciales de contenido de humedad, germinación, micoflora y tiempo de cocción se muestran en el cuadro 4.

Contenido de humedad. El contenido de humedad de las cuatro variedades fluctuó en 8.5 y 9.7%, durante los 120 días de almacenamiento. (Cuadro 34 y Gráfica IX).

Germinación. Durante todo el periodo de almacenamiento (120 días), las cuatro variedades de frijol mantuvieron su porcentaje de germinación por arriba del 95%. (Cuadro 25 y gráfica X).

El análisis de varianza de los resultados de la germinación en estas condiciones de almacenamiento durante 120 días mostró diferencias significativas ($\alpha 0.05$) entre variedades, entre tiempos, así como en la interacción tiempo variedades (Cuadro 24). Por lo que se decidió fijar el tiempo para poder determinar las diferencias entre las variedades en cada uno de los muestreos.

A los 30 días de almacenamiento el análisis de los datos de germinación mostró diferencias significativas ($\alpha 0.05$) entre variedades (Cuadro 26). Para detectar estas diferencias se realizó una prueba de contraste de medias por el método de Duncan, encontrándose que la variedad Negro Huasteco es diferente a Bayo 400 y Michigan 800, mientras que la variedad Amarillo es diferente a Michigan 800 pero no se puede diferenciar de Negro Huasteco y Bayo 400, así mismo la variedad Bayo 400, no se puede diferenciar de Amarillo y Michigan 800 siendo esta última la que presentó germinación más baja. (Cuadro 27).

A los 60 días de almacenamiento existieron diferencias significativas entre variedades (Cuadro 28). Para detectar estas diferencias se realizó una prueba de contraste de medias por el método de Duncan encontrándose que la variedad Negro Huasteco fue diferente a Bayo 400 y Michigan 800, mientras que la variedad Amarillo no se pudo diferenciar de Negro Huasteco, ni de Bayo 400 y Michigan 800, estas dos últimas variedades son iguales entre sí. (Cuadro 29).

A los 90 días de almacenamiento se detectaron diferencias significativas entre variedades (Cuadro 30). Por lo que se realizó

una prueba de contraste de medias por el método de Duncan la cual muestra que las variedades Michigan 800 y Negro Huasteco son iguales entre sí, pero diferentes a Amarillo y Bayo 400 las cuales a su vez también son iguales entre sí. (Cuadro 31).

A los 120 días de almacenamiento las variedades Amarillo, Michigan 800 y Negro Huasteco, son iguales entre sí pero diferentes a la variedad Bayo 400. (Cuadros 32 y 33).

Tiempo de cocción. Se puede observar un incremento en el tiempo de cocción. (Cuadro 34 y gráfica XI). A los 30 días de almacenamiento, la variedad Amarillo mantuvo su tiempo de cocción inicial y las variedades Michigan 800, Bayo 400 y Negro Huasteco, incrementaron su tiempo de cocción en 30, 60 y 90 minutos respectivamente con respecto al tiempo de cocción inicial. A los 60 días, todas las variedades mantuvieron su incremento en el tiempo de cocción, la variedad Amarillo no alteró su tiempo de cocción inicial. A los 90 días de almacenamiento, la variedad Negro Huasteco disminuye 30 minutos su tiempo de cocción con relación al tiempo de cocción observado a los 30 y 60 días de almacenamiento, pero mantiene un incremento de 60 minutos con respecto al tiempo de cocción inicial, la variedad Amarillo mantiene su tiempo igual al inicial, Michigan 800 mantiene su incremento de 30 minutos, observado desde los 30 días de almacenamiento, la variedad Bayo 400 incrementa a 90 minutos su tiempo de cocción. A los 120 días de almacenamiento, todas las variedades mantienen el tiempo de cocción observado a los 90 días. La variedad Amarillo no tuvo ningún cambio en cuanto a su tiempo de cocción durante los 120 días de almacenamiento.

Micoflora. Los resultados obtenidos, (Cuadro 35), muestran que los granos de frijol no son invadidos por hongos de almacén, debido principalmente a que la humedad en el sistema de almacenamiento no permitió el desarrollo de hongos de almacén.

CUADRO 24

ANÁLISIS DE VARIANZA DE GERMINACIÓN DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADO 120 DÍAS A 26 C Y CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO.

FUENTE DE VARIANZA	D.L.	S.C.	C.M	F CALCULADA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA 0.05
A (VARIETADES)	3	134.9	44.9	9.1*	S
B (TIEMPO)	3	414.5	138.3	28.1*	S
A X B	9	177.6	19.7	4.0*	S
ERROR	48	237	4.9		
TOTAL	63	966			

*Significativo

CUADRO 25

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN* DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 120 DÍAS A 26 C Y CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

VARIETADE	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)				
	0	30	60	90	120
AMARILLO	95	98	93	95	99
BAYO 400	96	97	92	96	95
MICHIGAN 900	99	95	87	93	98
NEGRO HUASTECCO	98	100	97	98	98

*Porcentaje promedio de 4 repeticiones de 100 semillas para cada variedad.

CUADRO 26

ANÁLISIS DE VARIANZA DE GERMINACIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE
FRIJOL ALMACENADO 30 DÍAS A 26 C Y CON BAJO
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal
TOTAL	15	75.8		
VARIEDADES	3	46.3	15.4	6.27*
ERROR	12	29.5	2.45	

*Significativo

CUADRO 27

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN
DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO 30 DÍAS EN 26 C Y CON
BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICROFLORA %	TIEMPO DE COCCIÓN**
NEGRO HUASTECO	8.9	100a	0	3:00
AMARILLO	8.8	98ab	0	3:00
BAYO 400	9.1	97 bc	0	3:30
MICHIGAN 800	9.1	95 c	0	2:00

*Porcentajes de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan 0.05).

**Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas para cada variedad.

CUADRO 28

ANÁLISIS DE VARIANZA DE GERMINACIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE
FRIJOL ALMACENADO 60 DÍAS A 26 C Y CON BAJO
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal
TOTAL	15	371.8		
VARIEDADES	3	193.3	64.41	4.33*
ERROR	12	178.5	14.87	

*Significativo

TABLA 29

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACION, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN
DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO 60 DÍAS EN 26 C Y CON
BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICROFLORA %	TIEMPO DE COCCIÓN**
NEGRO HUASTECO	9.1	97a	0	3:00
AMARILLO	8.9	93ab	0	3:00
BAYO 400	9.2	92 b	0	3:30
MICHOGAN 800	9.6	87 b	0	2:00

* Porcentaje de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan 0.05).

**Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas para cada variedad.

CUADRO 30

ANÁLISIS DE VARIANZA DE GERMINACIÓN DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADO 90 DÍAS A 26 C Y CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO.

FUENTE DE VARIACIÓN	S.L.	S.C.	C.M.	F Ca1
TOTAL	15	34		
VARIETADES	3	21.5	7.1	6.88*
ERROR	12	12.5	1.0	

*Significativo

CUADRO 31

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 90 DÍAS EN 26 C Y CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

VARIETADE	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICROFLORA %	TIEMPO DE COCCIÓN**
MICHIGAN 800	9.7	98a	0	2:00
NEGRO HUASTECCO	9.2	98a	0	2:30
SAYO 400	9.2	96 b	0	4:00
AMARILLO	9.3	95 b	0	3:00

* Porcentaje de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan 0.05).

**Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas para cada variedad.

CUADRO 32

ANÁLISIS DE VARIANZA DE GERMINACIÓN DE CUATRO VARIEDADES DE
FRIJOL ALMACENADO 120 DÍAS A 26 C Y CON BAJO
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal
TOTAL	15	68		
VARIEDADES	3	51.5	17.16	12.48*
ERROR	12	16.5	1.37	

* Significativo

CUADRO 33

CONTENIDO DE HUMEDAD, GERMINACIÓN, MICROFLORA Y TIEMPO DE COCCIÓN
DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 120 DÍAS
A 26 C Y CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

VARIEDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD %	GERMINACIÓN* %	MICROFLORA %	TIEMPO DE COCCIÓN**
AMARILLO	8.9	99a	0	3:30
MICHIGAN 800	9.7	98a	0	2:00
NEGRO HUASTECO	9.2	98a	0	2:30
BAYO 400	9.3	95 b	0	3:30

* Porcentaje de germinación con letras diferentes resultaron ser significativamente diferentes (Duncan 0.05).

** Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de 450 semillas para cada variedad.

CUADRO 34.

PORCENTAJE DEL CONTENIDO DE HUMEDAD* DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL ALMACENADO DURANTE 120 DÍAS A 26 C Y CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)				
	0	30	60	90	120
AMARILLO	8.5	8.8	8.9	9.3	8.9
BAYO 400	9.2	9.1	9.2	9.2	9.3
MICHIGAN 800	9.1	9.6	9.6	9.7	9.7
NEGRO HUASTECO	8.5	8.9	9.1	9.2	9.2

*Promedio de 8 repeticiones para cada variedad.

CUADRO 35

PORCENTAJE DE SEMILLAS DE FRIJOL* INVADIDAS POR Aspergillus glaucus DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN 26 C Y CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO

VARIEDAD	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)				
	0	30	60	90	120
AMARILLO	0	0	0	0	0
BAYO 400	0	0	0	0	0
MICHIGAN 800	0	0	0	2	0
NEGRO HUASTECO	0	0	0	0	0

*Porcentaje promedio de 4 repeticiones de 25 semillas para cada variedad.

CUADRO 36

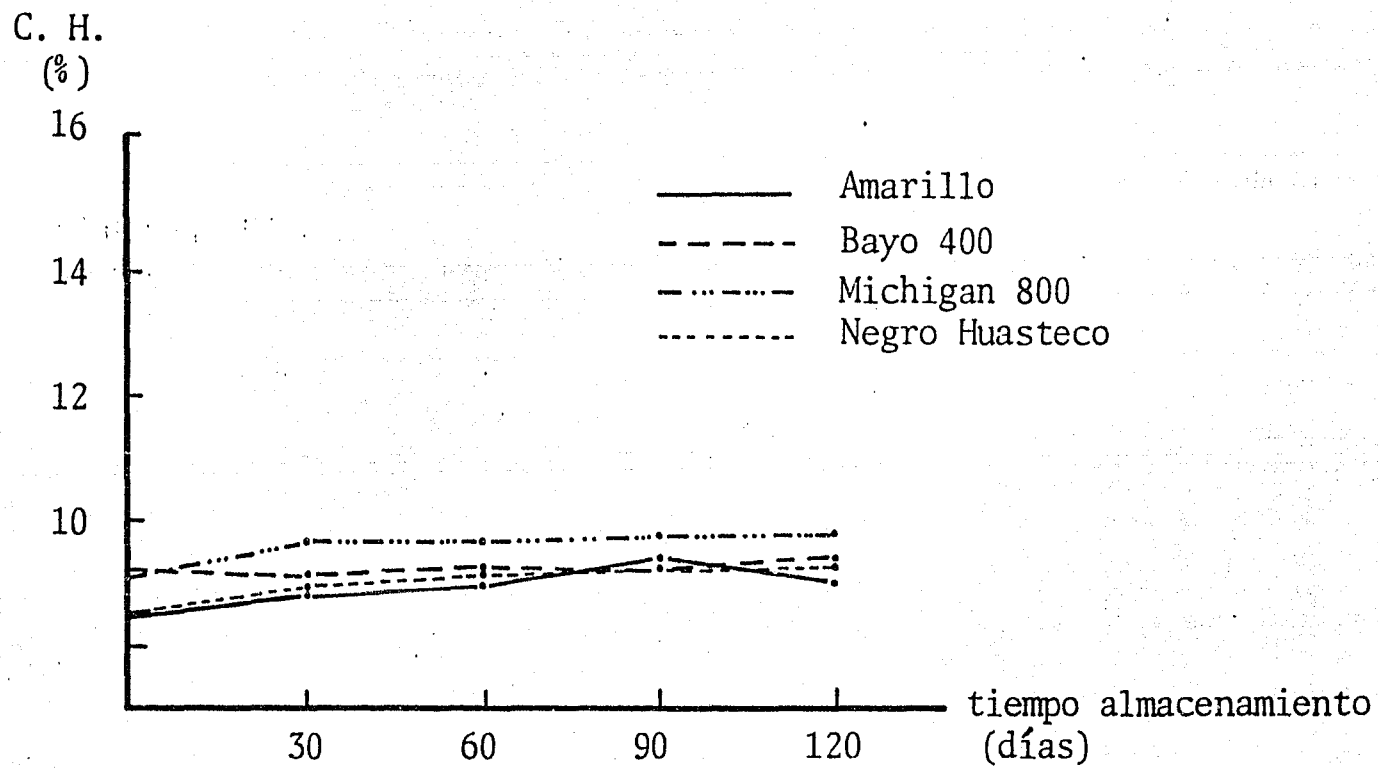
*INCREMENTO EN TIEMPO DE COCCIÓN DE CUATRO VARIEDADES FRIJOL
ALMACENADO CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO
DURANTE 120 DÍAS EN 26 C.

VARIEDAD	COCCIÓN INICIAL	PERÍODO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)			
		30	60	90	120
AMARILLO	3:00	0	0	0	0
BAYO 400	2:30	60	60	90	90
MICHIGAN 800	1:30	30	30	30	30
NEGRO HUASTECO	1:30	90	90	60	60

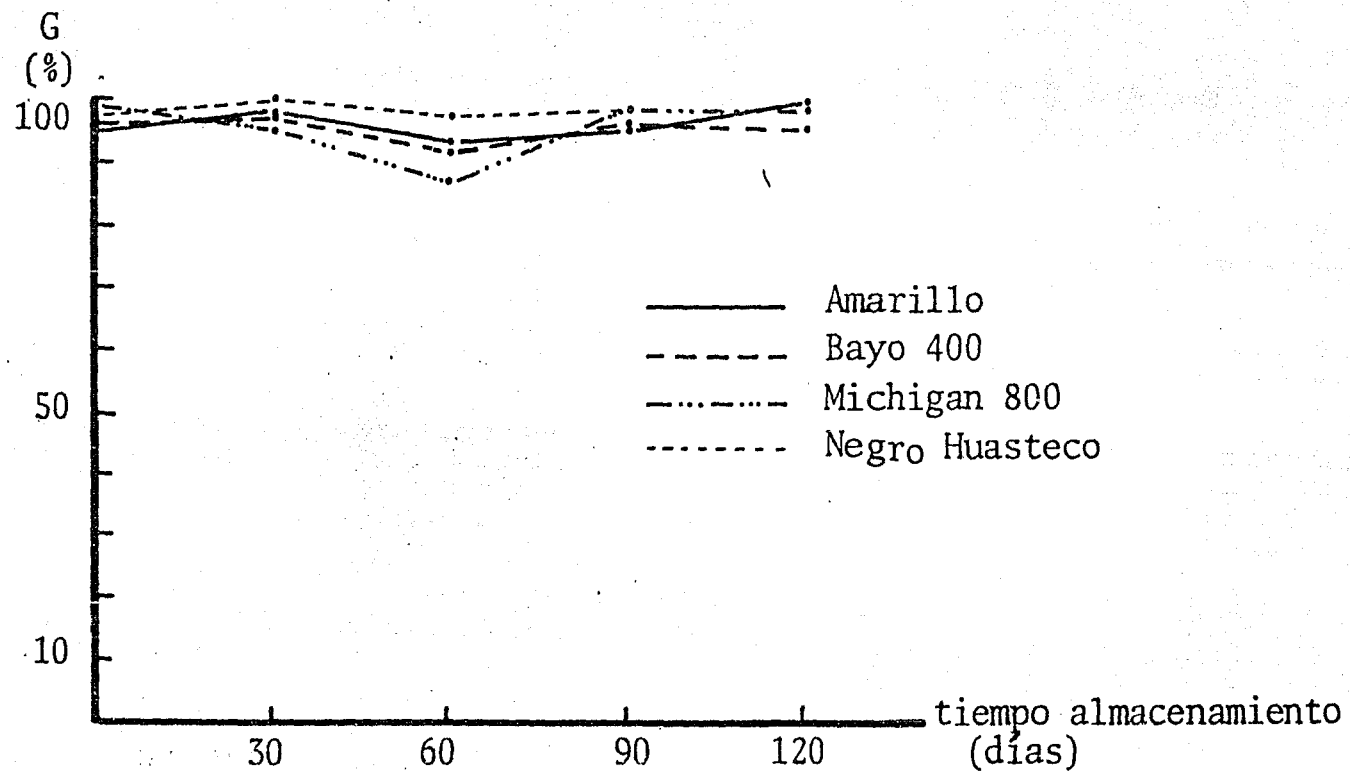
* Incremento en minutos.

**Tiempo de cocción en horas, promedio de 4 repeticiones de

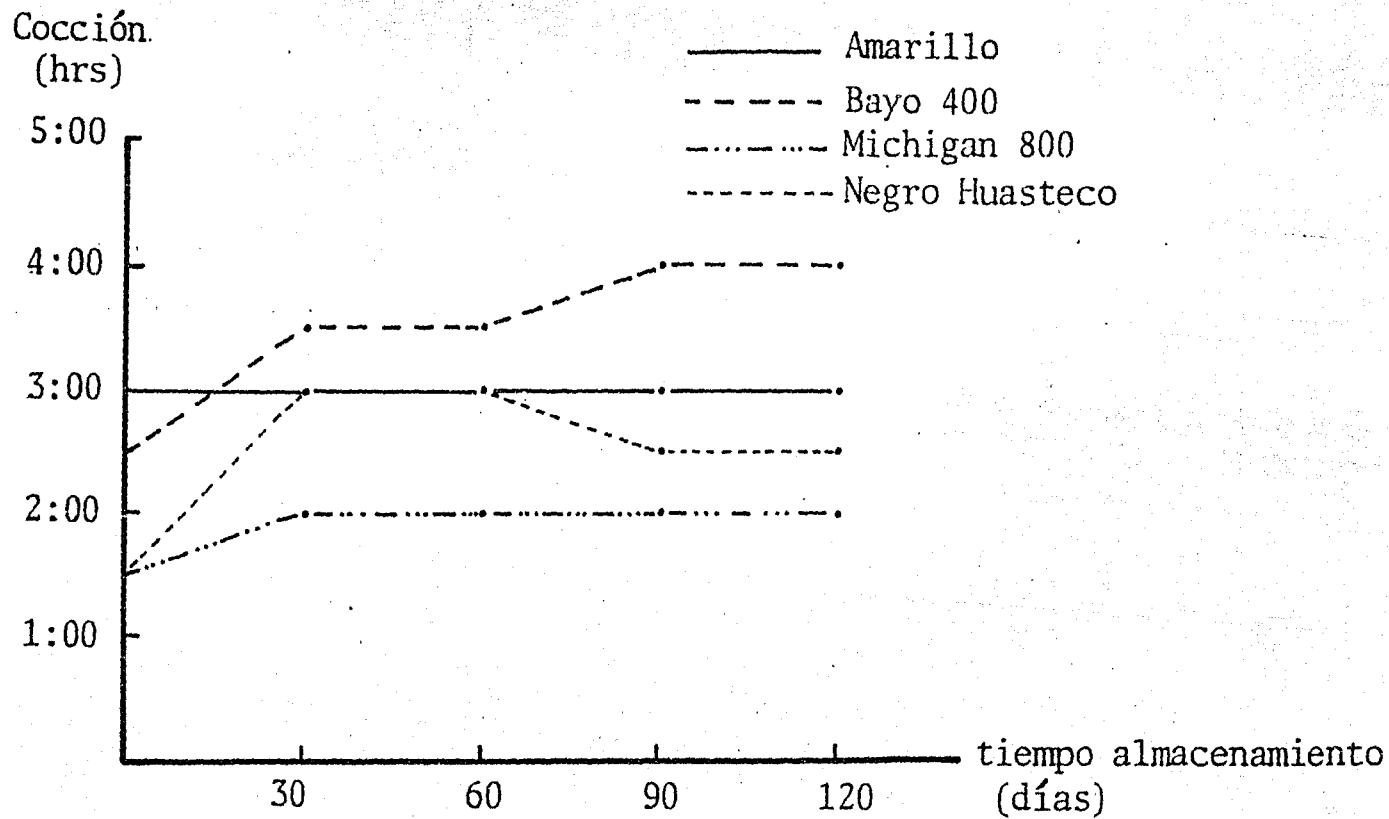
450 semillas para cada variedad.



Gráfica IX. Contenido de humedad de frijol almacenado 120 días a 26° C. y con bajo contenido de humedad.



Gráfica X. Porcentaje de germinación de frijol almacenado 120 días a 26° C. y con bajo contenido de humedad del grano.



Gráfica XI. Tiempo de cocción de frijol almacenado 120 días a 26° C. y con bajo contenido de humedad - del grano.

CONCLUSIONES:

Experimento 1

Almacenamiento de las variedades de frijol Bayo Blanco, Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra en 85% de humedad relativa a 26 y 35 C.

La velocidad de hidratación fue diferente en todas las variedades almacenadas a 26 C.

A 35 C no se apreció ninguna diferencia en la velocidad de hidratación entre las variedades de frijol.

Las variedades de frijol Bayo Blanco, y Negro Jamapa, fueron las más resistentes a perder viabilidad en la humedad relativa de 85% y a 26 C.

Las variedades Flor de Mayo y Ojo de Cabra, perdieron casi el 50 % de su poder germinativo a los 60 días de almacenamiento en la condición de 85% de humedad relativa y a 26 C.

A 35 C todas las variedades de frijol pierden su poder germinativo desde los 30 días de almacenamiento, lo cual demuestra el efecto de la alta temperatura y alta humedad sobre este fenómeno biológico.

La variedad Ojo de Cabra fue la más susceptible a endurecerse y la variedad Negro Jamapa la más resistente a endurecerse en una humedad relativa de 85 % y 26 C.

Cuando se almacenan estas mismas variedades Bayo Blanco, Flor de Mayo, Negro Jamapa y Ojo de Cabra en 35 C y 85 % de humedad relativa la susceptibilidad del frijol a endurecerse se manifiesta en un periodo de almacenamiento más corto.

La invasión por hongos de almacén fue exclusivamente por Aspergillus glaucus el cual, invade a las semillas de todas las variedades en las dos condiciones después de 30 días de almacenamiento.

Experimento 2

Almacenamiento de las variedades de frijol Amarillo, Bayo 400, Michigan 800 y Negro Huasteco a 26 C y con bajo contenido de humedad del grano.

El contenido de humedad se mantuvo por abajo del 10 % en todas las variedades.

Todas las variedades mantuvieron su germinación arriba del 90 % en esta condición durante los 120 días de almacenamiento.

Con relación a las variedades que en el momento de su cosecha tenían corto y largo tiempo de cocción se observó que al almacenarlas (con baja humedad y 26 C de temperatura) no existió una correlación entre su dureza inicial y el desarrollo del fenómeno de endurecimiento, ya que una variedad de cada categoría (Michigan 800 y Amarillo) no se endurecen, mientras que (Negro Huasteco y Bayo 400) si se endurecen, esto sugiere que las variedades que requieren mayor tiempo de cocción después de ser cosechadas no necesariamente son las que se van a endurecer más rápido, ni que las variedades que requieren menor tiempo de cocción al inicio se van a endurecer más lentamente.

Ninguna de las variedades de frijol presentó invasión por hongos de almacén durante el periodo de almacenamiento, que fué de 120 días.

SALIR DE LA BIBLIOTECA
ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

LITERATURA CITADA

Antunes, P.L. y V. C. Sgarbieri. 1979. Influence of time and conditions of storage on technology and nutritional properties of a dry beans (Phaseolus vulgaris), variety Rosinha G2. Jour. of Food Sci. 44: 1703-1706.

Becerril, B. 1985. El almacenamiento de Semillas. En memorias del Curso del Programa Universitario de Alimentos (PUAL). 27.

Bressani, R. 1982. El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol. Arch. Latinoamer. Nutr., 32: 309-325.

Burr, H.G. S. Kon y H.J. Morris. 1968. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. Food Tech. 22: 336-338.

Christensen, C.M. 1957. Deterioration of stored grain by fungi. Bot. Rev. 23: 108-134.

Elias, G.E. 1982. Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. Arch. Latinoamer. Nutr., 32: 233-257.

Jakson, G.M. y E. V. Marston. 1981. Hard to cook phenomenon in beans; effect of accelerate storage on water absorption and cooking time. Jour. of Food Sci. 46: 799-803.

Jones, P.M. y D. Boutler. 1983. The cause of reduce cooking rate in Phaseolus vulgaris following adverse storage conditions. Jour. of Food Sci. 48: 623-626.

Lolas, G.M. y P. Markakis. 1975. Phytic acid and other phosphorus compound of beans (Phaseolus vulgaris). Jour. Agr. Food. Chem. 23: 13-15.

Molina, R. M., G. de la Fuente y R. Bressani. 1975. Interrelationships between storage, soaking time cooking time and nutritive value. of The black beans (Phaseolus vulgaris). Jour. Food Sci. 40: 587-591.

Moreno, M. E. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Instituto de Biología, UNAM. México. 383 pp.

Morris, H.I. y E. R. Wood. 1956. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. Food Technol. 10: 225-229.

Moscoso, W. 1981. Relationships between the hard to cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin acid and other minerals. Dissertation Abstracts Int. 41:4443.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
1986. Dirección General de Economía Agrícola. México.

United States Department of Agriculture. 1979. Grain
equipment manual GR 916-6. Federal Grain Inspection Service.
Standardization Division, Richard-Geabayer A.E.F. Kansas City.

Winston, P.W. y D. H Bates. 1960. Saturated solutions for the
control of humidity in biological research. Ecology, 41: 232-237.