

ESTUDIOS REALIZADOS POR EL CIGRAS SOBRE EL ENRIQUECIMIENTO DEL FRIJOL

Miguel A. Mora C.¹

Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS),
Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,
Costa Rica, C. A.

GENERALIDADES

La importancia del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) como elemento básico en la dieta de una parte importante de la población latinoamericana, es un hecho de conocimiento general. También se sabe que, además de la escasez general de alimentos ocasionada por los diferentes problemas de producción existentes, una proporción considerable de granos básicos (y otros alimentos) se pierde en el trayecto comprendido entre la cosecha y su consumo final. Entre las muchas causas que producen pérdidas en los granos básicos en general, sobresale la infestación por insectos y hongos. En el caso del frijol, además de producirse pérdidas por éstas y otras causas comunes a los demás granos, también se presenta el fenómeno inducido por el tiempo de cocción que, dependiendo de varios factores, aumenta con el tiempo de almacenamiento, el cual puede ser tan largo que resulte impráctica su utilización. Al incrementarse el tiempo de cocción, no sólo aumenta el gasto de ener-

1 Miembro del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica, C. A.

gía y tiempo que implica la preparación de los frijoles, sino que también se provoca una pérdida muy importante de su calidad nutritiva (1).

Entre los factores mencionados que se ha visto afectan el tiempo de cocción de los frijoles, se encuentran los siguientes: 1) las características propias del grano como cultivar y condiciones de producción del mismo; 2) la temperatura del grano; 3) el contenido de humedad del grano, y 4) la duración del período de almacenamiento.

Factores tales como la condición propia del grano y el tiempo de almacenamiento están ligados a patrones culturales y a la disponibilidad y manejo de existencias del grano. Por este motivo, resulta un tanto difícil ejercer control sobre ellos mientras que la humedad y temperatura —aunque muy dependientes del aspecto económico— son más factibles de variar.

Bajo el razonamiento expuesto, el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) ha realizado algunos trabajos sobre el tema del endurecimiento del frijol, en búsqueda de información acerca del comportamiento de nuestros frijoles bajo diferentes condiciones de almacenamiento. En realidad, nuestro Programa es relativamente nuevo, y todavía nos queda mucho por aprender.

Hasta el momento se han finalizado cuatro trabajos sobre el tema. En ellos hay factores comunes a todos, como son la fuente de los frijoles, el sistema de ajuste de humedad, la forma de almacenamiento y el método de cocción.

En todos los casos se usó frijoles recién cosechados adquiridos por el Consejo Nacional de Producción para su distribución como semilla o grano. En esta forma se pretendía obtener frijol de buena calidad inicial.

En los casos en que fue necesario ajustar la humedad del frijol para el almacenamiento, esto se hizo agregándole agua al grano o secándolo lentamente, según fuera requerido.

Para mantener la humedad del frijol durante los diferentes períodos de almacenamiento, éste se guardaba en envases plásticos cerrados herméticamente, los que se abrían cada semana para muestreo o ventilación.

Las diferentes temperaturas se mantenían poniendo los envases plásticos con el frijol en incubadoras graduadas a la temperatura deseada. En algunos casos se almacenó el grano en un laboratorio del Centro, con aire acondicionado, donde la temperatura se mantuvo a 25°C con muy poca variación.

Las pruebas de cocción se realizaron con base en el método de cocción aceptado por la Comisión Coordinadora de Mercadeo y Estabilización de Precios de Centro América. Mediante este método se pone una muestra de frijol (200 – 300 g en nuestro caso) en agua hirviendo, y se toman periódicamente (cada 15-20 minutos) muestras de 50 granos de frijol. Cada grano se presiona entre los dedos índice y pulgar y todos los granos que puedan ser aplastados con facilidad se consideran cocidos. El tiempo de cocción es el necesario para alcanzar un porcentaje determinado de frijoles cocidos (90-96-100%).

Todos los ensayos se hicieron al menos en duplicado.

ENSAYO No. 1

Efecto de Tres Contenidos de Humedad y Tres Temperaturas sobre el Endurecimiento de Frijol (Phaseolus vulgaris) Almacenado Durante Seis Meses

Materiales y métodos

En este ensayo se evaluó el efecto de los contenidos de humedad (9.3, 13.0 y 15.4%) y tres temperaturas de almacenamiento (15, 20 y 25°C) sobre el endurecimiento de un cultivar de frijol negro (Tabla 1).

Se obtuvieron muestras mensuales de cada condición de almacenamiento, y se les determinó la humedad y el tiempo de cocción con y sin remojo. Para la cocción con remojo se dejaban los frijoles en agua una noche antes de hacer la prueba.

TABLA 1

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Contenido de humedad o/o	Temperatura °C		
	15	20	25
9.3	1	2	3
13.0	4	5	6
15.4	7	8	9

Resultados y discusión

De acuerdo con experiencias previas (2), en las condiciones de almacenamiento usadas en este ensayo se esperaba encontrar algún grado de endurecimiento del frijol. Sin embargo, excepto por un ligero aumento del tiempo de cocción en la evaluación a los seis meses del frijol almacenado con un contenido de humedad (c.h.) de 15.40/o y a 25°C, el frijol no se endureció en las condiciones y tiempo de prueba. En la Figura 1 se muestra esta tendencia y, además, se presenta el efecto promedio del remojo de los frijoles antes de su cocción. Dentro de las condiciones en que se realizó este ensayo, el remojo redujo el tiempo de cocción en cerca de 20 minutos, pero faltaría probar el efecto del remojo en frijoles que tengan características diferentes, especialmente en cuanto a dureza.

ENSAYO No. 2

Endurecimiento de Frijoles Almacenados a Tres Temperaturas y Tres Humedades durante 18 Meses

Materiales y métodos

Este segundo ensayo fue prácticamente una continuación del No. 1 antes comentado. En este caso se usaron condiciones de almacenamiento similares (Tabla 2), pero prolongado el tiempo de almacenamiento a 18 meses.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se consideró innecesario efectuar pruebas de cocción durante los primeros seis meses de almacenamiento, ya que no se esperaba ningún cambio de dureza importante durante este período. Solamente se hizo una prueba inicial, y luego se hicieron pruebas de cocción y humedad mensuales a partir del séptimo mes de almacenamiento.

Resultados y discusión

En este ensayo se encontró de nuevo que, en condiciones de almacenamiento similares a las empleadas aquí, no se presentan cambios notables de dureza durante los primeros seis meses de almacenamiento (Figura 2). No obstante, a partir del séptimo mes se comenzó a notar cierto grado de endurecimiento, aun en con-

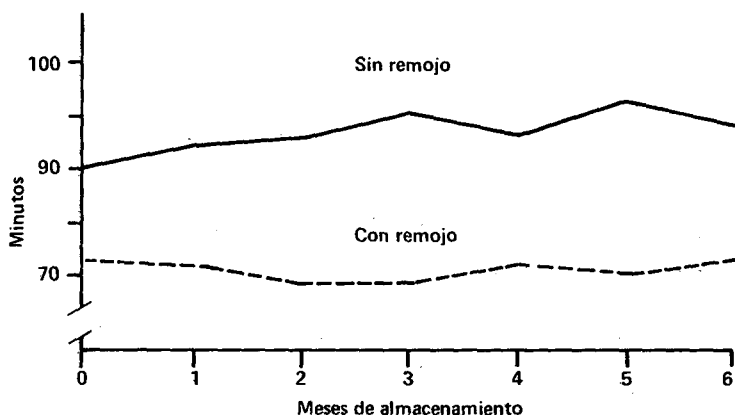


FIGURA 1

Tiempo de cocción promedio (con y sin remojo) de frijoles negros almacenados a 15, 20 y 25°C, y 9.3, 13.0 y 15.4% c.h. durante seis meses

TABLA 2

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Contenido de humedad %	Temperatura °C		
	15	20	25
9.2	1	2	3
12.2	4	5	6
15.5	7	8	9

diciones de almacenamiento a baja temperatura y bajo contenido de humedad donde en otros ensayos no se ha endurecido el frijol (2). Es difícil, sin embargo, hacer comparaciones entre ensayos de endurecimiento de frijoles porque las condiciones en que se realizan son muy variables entre sí. No obstante, un factor común, es la tendencia general, revelada aquí nuevamente, de que mientras

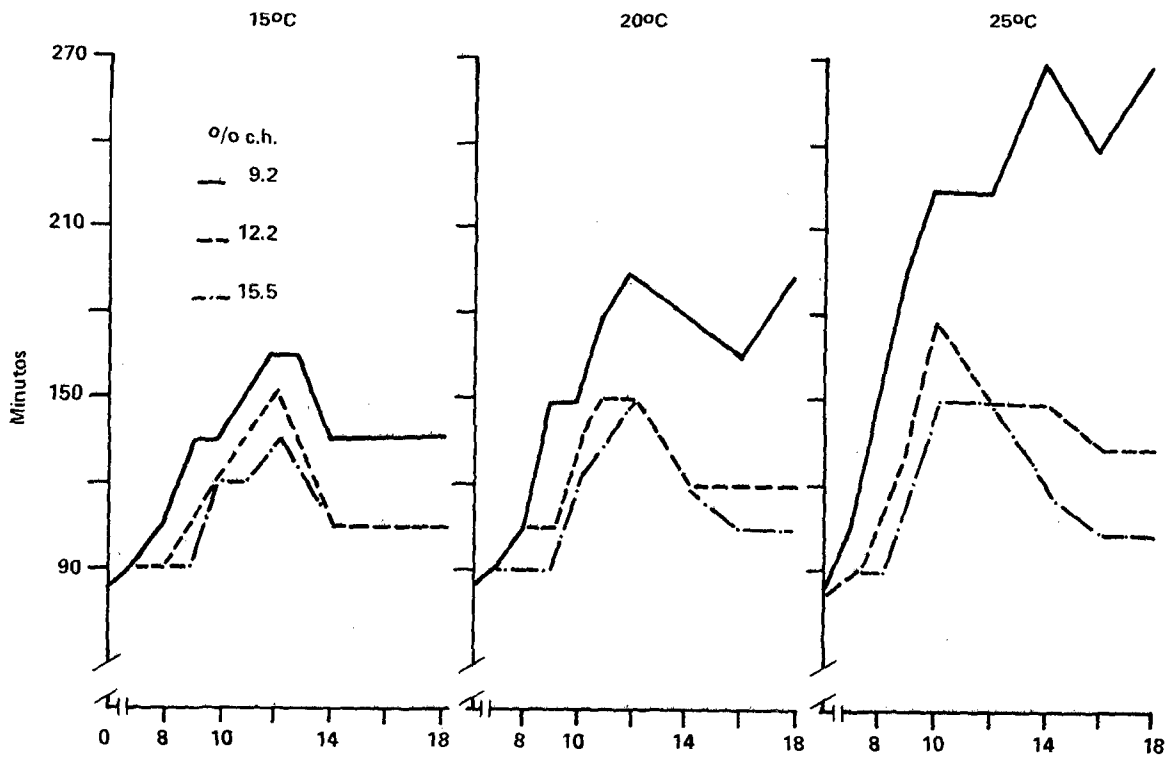


FIGURA 2

Tiempo de cocción de frijoles negros almacenados a 15, 20 y 25°C, y 9.2, 12.2 y 15.5% o c.h. durante 18 meses

más altas sean la humedad y la temperatura, mayor es el endurecimiento en un período de tiempo dado.

En cuanto al efecto del tiempo de almacenamiento, en esta ocasión se constató un comportamiento un tanto inesperado, ya que la tendencia general es que —dependiendo de los otros factores— mientras más prolongado sea el tiempo de almacenamiento, más aumenta el tiempo de cocción de los frijoles, lo cual no resultó del todo cierto en esta ocasión. Encontramos que inicialmente hubo un aumento del tiempo de cocción de los frijoles almacenados en todas las condiciones, pero luego de transcurrido cierto tiempo, la dureza disminuyó (Figura 2). Esta disminución se observó en casi todos los tratamientos pero a diferentes tiempos de almacenamiento, variando éstos entre 10 y 12 meses. Aunque tal hecho resulta extraño, no creemos que se trate de un error experimental ya que ocurrió a diferentes tiempos de almacenamiento, y la tendencia a disminuir se repitió durante varios muestreos ya hacia el final del ensayo.

En lo que al efecto sobre la cocción a cada una de las temperaturas y contenidos de humedad usados concierne, ya se mencionó que hasta en condiciones tan favorables como 15°C y 9.2% de c.h. hubo cierto cambio en la dureza del grano. Sin embargo, estos cambios son mucho menores que los encontrados al usar alta humedad (15.5%) y mayor temperatura (20 a 25°C). Se nota también que la diferencia entre los resultados encontrados en frijol almacenado a 9.2 y 12.2% de c.h. es pequeña, por lo que podría cuestionarse el beneficio a obtener utilizando humedades menores de 12.2% (o de 13%) como se ha expresado en otras ocasiones (2), si la temperatura es de 20°C o menor. Cuando la temperatura es mayor (25°C), sí podría ser aconsejable usar contenidos de humedad menores de 12.2%. También es cierto que si el contenido de humedad es alto (15.5%), cualquier descenso en temperatura retardaría el proceso de endurecimiento.

ENSAYO No. 3

Efecto del Tratamiento con Calor sobre el Endurecimiento del Frijol

Antecedentes

En el INCAP, Molina *et al.* (3) realizaron un trabajo en el que

se demostró que al calentar los frijoles bajo ciertas condiciones antes de su almacenamiento, es factible reducir casi totalmente el endurecimiento. Debido a las grandes posibilidades que implica este principio, el CIGRAS acordó llevar a cabo un trabajo tendiente a la puesta en práctica del mismo.

Materiales y métodos

Para este estudio se utilizaron frijoles negros recién cosechados (con cerca de 16^o/o c.h.) a los que se les ajustó la humedad a 13 y 16^o/o, y se colocaron en un horno con aire forzado a 125^oC durante 0, 2, 4 y 6 minutos. Los frijoles en cada combinación de humedad y tiempo de exposición en el horno se almacenaron luego a 13 y 16^o/o de humedad y a 25^oC durante 12 meses (Tabla 3).

TABLA 3

TRATAMIENTOS DE CALOR DE FRIJOLES EN UN HORNO

Minutos a 125 ^o C	Humedad ^o /o	
	13	16
0	a*, b**	a, b
2	a, b	a, b
4	a, b	a, b
6	a, b	a, b

* a Frijol almacenado luego a 13^o/o de contenido de humedad y a 25^oC.

**b Frijol almacenado luego a 16^o/o de contenido de humedad y a 25^oC.

Para aplicar el tratamiento de calor, se calentaba el horno a 125^oC y se esparcía el frijol en bandejas con una capa de un grano de espesor. Todas las bandejas se ponían a la vez en un horno, por lo que la pérdida de calor era mínima y el tratamiento uniforme. Luego se ajustaba de nuevo la humedad para empezar el período de almacenamiento.

Se realizaron pruebas de humedad y de cocción a los 0, 3, 6, 9 y 12 meses de almacenamiento.

Resultados y discusión

En esta ocasión no fue posible medir el efecto del tratamiento con calor ya que no se presentó ningún cambio considerable de dureza, ni aun en el tratamiento control almacenado con 16^o/o de humedad. Solamente se notó un leve endurecimiento en todos los frijoles a los que se les bajó la humedad a 13^o/o para someterlos al tratamiento con calor y luego se les rehumedeció a 16^o/o para almacenarlos (Tabla 4). Al encontrarse el mismo grado de endurecimiento, tanto en los frijoles que no se calentaron como en los que se sometieron a diferentes tiempos de calentamiento, se estima que el proceso de secamiento y rehumedecimiento fue el único factor causante de este endurecimiento. Aunque el cambio de dureza fue leve, sería interesante comprobar si en realidad existe alguna relación entre cambios de humedad como los mencionados y el proceso de endurecimiento, ya que estos cambios de humedad se presentan con frecuencia en el campo y podrían estar afectando la dureza del frijol.

TABLA 4

TIEMPO DE COCCION A LOS 12 MESES* DE FRIJOLES SOMETIDOS A DIFERENTES TRATAMIENTOS DE CALOR Y ALMACENAMIENTO

Humedad %/o		Minutos a 125°C			
Tratamiento	Almacenamiento	0	2	4	6
16	13	75	75	75	75
16	16	75	75	75	82.5
13	13	75	75	75	75
13	16	90	90	90	90

* El tiempo de cocción inicial fue de 60 minutos.

A pesar de que no se puede demostrar el efecto del tratamiento por calor por no haberse endurecido los frijoles, ello tiene un significado muy importante, como es el hecho de que existe cierta combinación de factores que permite almacenar frijoles al menos por un año sin problemas de endurecimiento, aun cuando el frijol tenga una alta humedad (16^o/o) y se encuentre en un ambiente normal (25°C).

Todavía no conocemos cuáles son los factores que permiten este tipo de almacenamiento, pero al comparar este ensayo con el anterior en el que sí se presentó el endurecimiento a partir de los 7 meses de almacenamiento, la diferencia más sobresaliente observada es que los frijoles que se usaron en el presente ensayo llegaron al laboratorio húmedos (cerca de 160/o) y muy suaves (menos de 60 minutos de cocción) mientras que los frijoles del ensayo anterior, aunque recién cosechados, al llegar al laboratorio tenían cerca de 130/o de c.h. y 75 minutos de cocción, o sea que por alguna razón ya se había iniciado el proceso de endurecimiento. Estas observaciones conducen a la necesidad de prestar atención al manejo del frijol en el lapso que transcurre desde su cosecha hasta el inicio del almacenamiento, a fin de determinar qué factor puede provocar ese rápido deterioro inicial. Una posible causa, y así lo creen algunos investigadores que han estado trabajando con frijoles después de la cosecha, es que la forma de secamiento puede afectar la dureza del frijol. En este ensayo, al secar el frijol se hizo en una forma lenta sólo con aire a temperatura ambiente.

ENSAYO No. 4

Endurecimiento de Frijol Almacenado en Diferentes Zonas Geográficas. (Trabajo en desarrollo por el Agr. Edgar Morales, como proyecto de su Trabajo de Tesis de graduación en la Universidad de Costa Rica)

Se ha comprobado en diferentes ocasiones que mientras menor sea la temperatura y el contenido de humedad del frijol almacenado, menor es el endurecimiento en un período de tiempo dado. En países tropicales, donde por regla general se tienen altas temperaturas y altas humedades relativas (que afectan el contenido de humedad de los granos) durante la mayor parte del año, el problema del endurecimiento se recrudece aún más. Por ello, es lógico pensar en el almacenamiento de los frijoles en cámaras con ambientes controlados artificialmente para mantener una temperatura y una humedad relativamente bajas, a fin de mantener bajo el contenido de humedad de los frijoles. Esta alternativa para evitar el problema de endurecimiento del grano, sin embargo, resulta onerosa, no solamente por la alta inversión inicial que implica la construcción de las cámaras, sino también por el mantenimiento continuo que éstas requieren.

Aun en países tropicales pero montañosos, como Costa Rica, se pueden encontrar regiones donde especialmente por su altura sobre el nivel del mar, tienen bajas temperaturas y no muy altas humedades relativas. En el presente caso el propósito fue someter a ensayo la posibilidad de usar estas regiones para el almacenamiento del frijol, sin necesidad de construir cámaras refrigeradas.

Materiales y métodos

Se almacenó frijol bajo tres condiciones ambientales: a) en una cámara refrigerada cuya temperatura promedio era de 22°C y con cerca de 50% de humedad relativa, b) en una localidad de 2,300 metros sobre el nivel del mar, donde la temperatura es baja (aproximadamente de 8 a 20°C) y, c) una tercera localidad a 1,000 metros de altitud, con temperaturas más altas (entre 15 y 29°C). En cada lugar se almacenó frijol con dos niveles de humedad inicial (menores de 9.4 a 13.0% y altos, de 13.8 a 15.4%) (Tabla 5).

TABLA 5

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DEL FRIJOL

Localidad	\bar{x} Humedad inicial %	
	Bajas	Altas
Cámara (22°C)	13.0	14.6
Baja temperatura (8 a 20°C)	12.4	15.4
Alta temperatura (15 a 29°C)	9.4	13.8

Para cada tratamiento o condición de almacenamiento se almacenaron cuatro sacos de yute que contenían 46 kg cada uno. Luego se hicieron mediciones de contenido de humedad y cocción mensualmente.

Resultados y discusión

En la Figura 3 se presentan las temperaturas máximas y mínimas mensuales de las localidades de almacenamiento y la tempera-

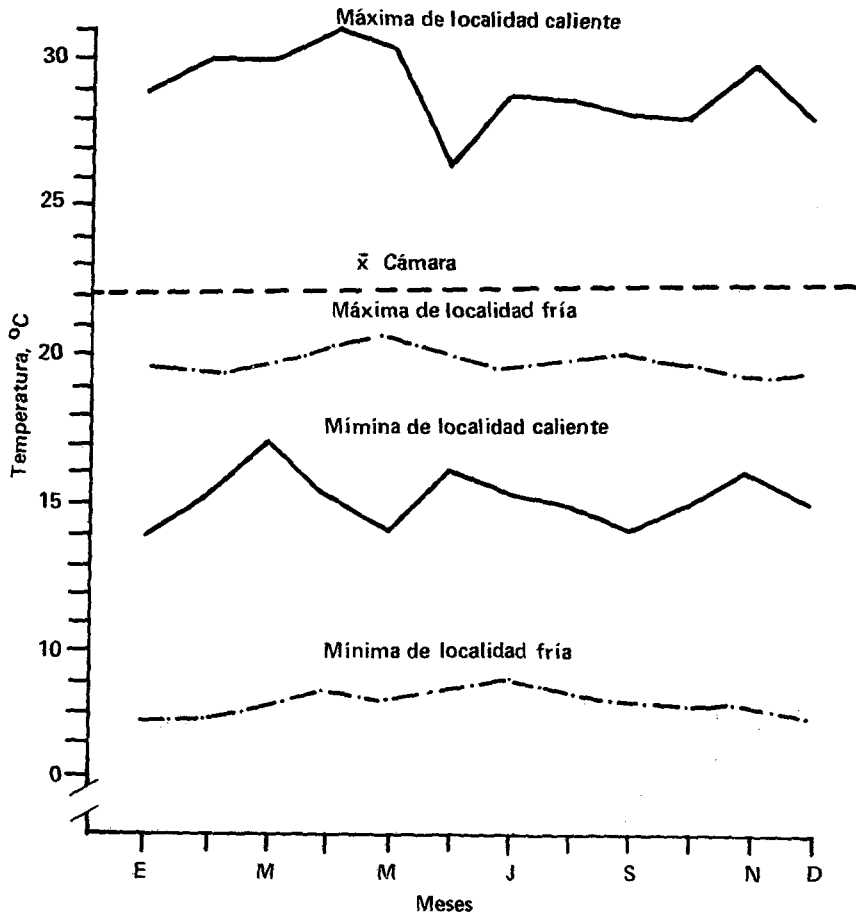


FIGURA 3

Temperaturas de tres localidades usadas para almacenar frijoles

tura promedio de la cámara. Según se observa, en realidad hay poca variación de temperatura durante el año en cada localidad, pero sí es notoriamente más baja en una de ellas. En la localidad de temperatura baja, ésta no sube de 20°C, mientras que en la otra llega hasta 30°C.

Aunque la temperatura de la cámara es solamente 2 a 3°C más baja que la temperatura promedio de la localidad de alta temperatura, la diferencia principal estriba en que en la cámara, los

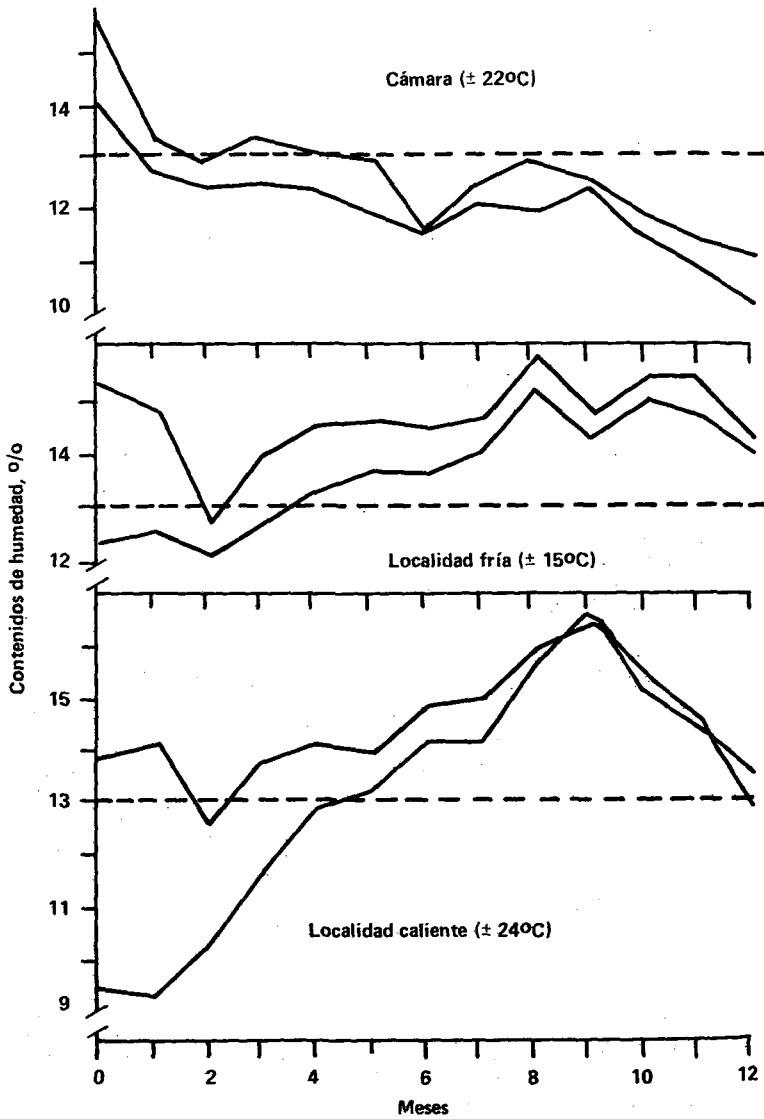


FIGURA 4

Contenido de humedad de frijoles almacenados en tres ambientes con diferentes temperaturas y humedades relativas

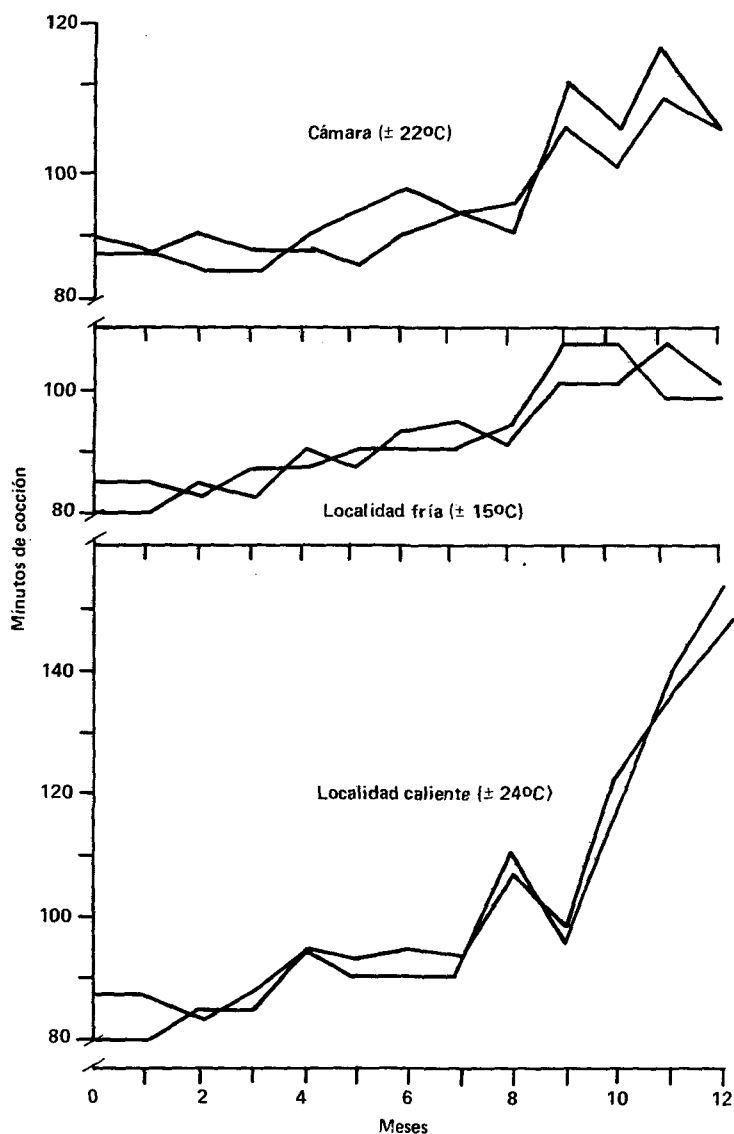


FIGURA 5

Tiempos de cocción de frijoles almacenados en tres ambientes con diferentes temperaturas y humedades relativas

frijoles nunca estuvieron sometidos a temperaturas altas (cerca de 30°C).

Contenido de humedad

Por estar el frijol en sacos muy expuestos a la humedad relativa del ambiente, ésta ejerció bastante efecto sobre el contenido de humedad del grano (Figura 4). No obstante, la diferencia inicial en humedad se perdió rápidamente y después de los cuatro meses fue apenas de 1^o/o o menos.

El contenido de humedad del frijol en la cámara bajó bastante hasta llegar a cerca de 10^o/o. En la localidad fría el contenido de humedad durante el año sufrió algunas variaciones, pero tendiendo a ser siempre entre 13 y 15^o/o. En la localidad más caliente, sin embargo, hubo marcada tendencia hacia un aumento del contenido de humedad durante los primeros nueve meses, ascendiendo ésta de 9.4 y 13.8 hasta 16.5^o/o. Después empezó a bajar de nuevo, siendo ese descenso de 13.0 a 13.4^o/o a los 12 meses de almacenamiento.

Tiempo de cocción

Es evidente el notorio contraste entre el aumento del tiempo de cocción del frijol almacenado en la localidad más caliente con el almacenado en la zona fría y en la cámara (Figura 5). En la localidad caliente hubo un período de siete meses en que el cambio de dureza fue muy leve, pero luego empezó a aumentar hasta casi duplicarse el tiempo de cocción a los 12 meses. En las otras dos condiciones de almacenamiento, el aumento de dureza tuvo menor significado práctico, siendo el endurecimiento ligeramente mayor en la cámara que en la localidad fría.

En conclusión, consideramos que el almacenamiento de frijol en la región con baja temperatura resultó ser tan efectivo como el almacenamiento en la cámara con ambiente controlado, y mucho mejor que el almacenamiento en la localidad con mayor temperatura.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R., L. G. Elías & A. T. Valiente. Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans

- (*Phaseolus vulgaris* L.). *Brit. J. Nutr.*, **17**: 69-78, 1969.
2. Burr, H. K., S. Kon & H. J. Morris. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. *Food Technol.*, **22**: 319-338, 1968.
 3. Molina, M. R., M. A. Baten, R. A. Gómez Brenes, K. W. King & R. Bressani. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Food Sci.*, **41**: 661-666, 1976.