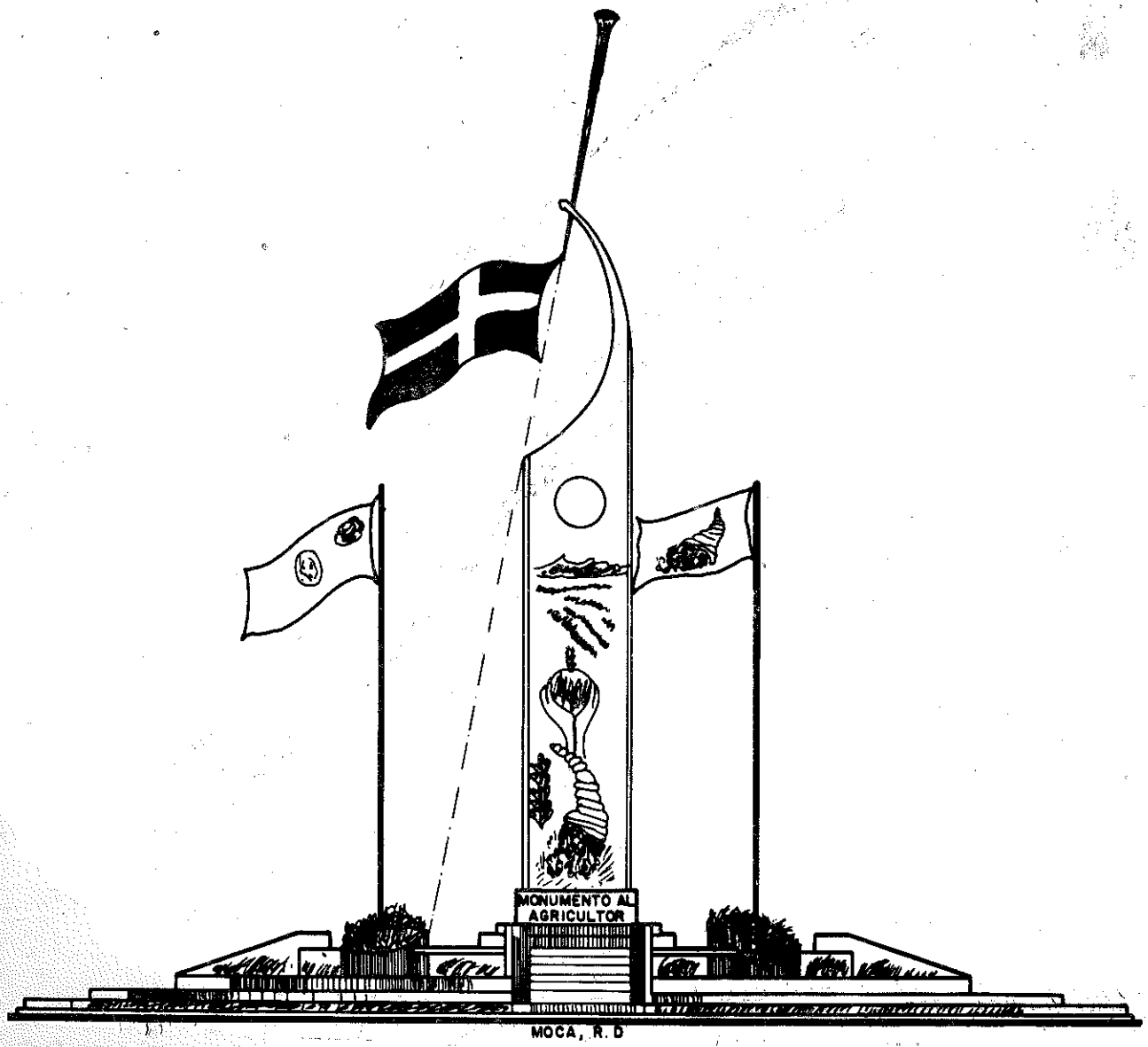
PCCMCA

PROGRAMA COOPERATIVO CENTROAMERICANO PARA EL MEJORAMIENTO DE CULTIVOS ALIMENTICIOS

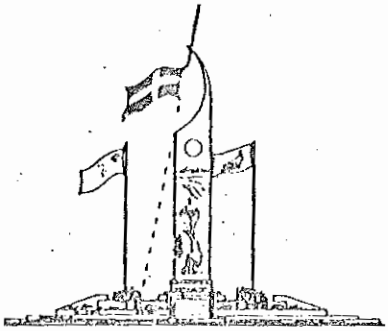
MEMORIA

XXVII REUNION ANUAL



SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

23-28 de marzo de 1981



MONUMENTO AL AGRICULTOR
MOCA, R.D.

PCCMCA

PROGRAMA COOPERATIVO CENTROAMERICANO
PARA EL MEJORAMIENTO DE CULTIVOS ALIMENTICIOS

XXVII REUNION ANUAL

Santo Domingo, 23–27 de marzo de 1981

MEMORIA

VOLUMEN I-A

REPUBLICA DOMINICANA
SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA

XXVII Reunión Anual del PCCMCA

SEMINARIO SOBRE EL PROBLEMA DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL COMUN*

MODERADOR: DR. RICARDO BRESSANI
INCAP, Guatemala

PONENCIAS:
6609-6615 : Libres

Número de Secuencia

El significado nutricional y alimentario del endurecimiento del frijol. Bressani, R. (INCAP, Guatemala). SEF-1 6616

La producción del frijol en Centroamérica y El Caribe. Gálvez, G. (CIAT, Costa Rica). SEF-2* 6617

Problemas en el almacenamiento y el mercadeo del frijol en Centroamérica y El Caribe. Castillo de Arévalo, Yolanda (SIECA, Guatemala). SEF-3 6618

La morfología y fisiología del grano de frijol. Martínez, R. (INCAP, Guatemala). SEF-4* 6619

Efecto del almacenamiento a altas temperaturas y alta humedad sobre algunas características físicas y químicas del frijol. Moscoso, W. (ISA, Santiago, República Dominicana). SEF-5 6620

Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. Mejía (de), E. (Univ. del Valle, Guatemala). SEF-6 6621

---

* Los trabajos marcados con asteriscos no fueron entregados para su inclusión en esta Memoria. Deben solicitarse a los autores.

	Número de Secuencia
Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. Elías, L.G. (INCAP, Guatemala).	SEF-7 6622
Estudios realizados por el CIAT sobre el problema del endurecimiento del frijol. Luse, R. (CIAT, Cali, Colombia).	SEF-8* 6623
Prevención del endurecimiento del frijol y aprovechamiento del grano endurecido. Molina, M. (INCAP, Guatemala).	SEF-9 6627
Estudios realizados por CIGRAS (Importancia del control de calidad sobre el problema del endurecimiento del frijol). Mora, M. (CIGRAS, Costa Rica).	SEF-10 6628

6629-6633 Libres

EL SIGNIFICADO ALIMENTARIO Y NUTRICIONAL DEL ENDURECIMIENTO*

Rocardo Bressani**

6616

La producción agrícola en el mundo está siendo objeto de muchos problemas que están poniendo en peligro la disponibilidad futura de alimentos. Entre los problemas más serios están los recursos energéticos cada día más limitados y por consiguiente más costosos, menor cantidad de tierra arable, pocos incentivos en políticas agropecuarias y el incremento mundial de la población.

Esta serie de problemas y muchos otros más llevan a formular una pregunta fundamental, que es cómo utilizar más eficientemente los recursos limitantes del globo terrestre para el mejoramiento integral del hombre. Básicamente, lo que la pregunta implica es cómo usar mejor y más eficientemente la tierra disponible, principalmente la tierra arable. La pregunta no es fácil de responder, pero ayudaría a encontrar una respuesta si se analiza en términos de una ecuación multifactorial, que para los propósitos de esta discusión, debería de incluir como factores principales la capacidad o eficiencia de producción en kilogramos por hectárea, las características funcionales y tecnológicas del producto y su valor nutritivo.

En base a lo anterior y a otras consideraciones hemos propuesto la fórmula indicada en el Cuadro 1 para propósitos de poder tener bases para responder a los aspectos nutricionales y de aceptabilidad que es necesario considerar en la producción de alimentos, así como también para integrar las actividades entre el sector agrícola con los de tecnología y nutrición. Esta ecuación define productividad en base a la cantidad de materia seca por hectárea, en base a la estabilidad y eficiencia en transformar el alimento para su consumo y en base a su valor nutritivo. Este último componente es muy importante para motivar los otros dos, ya que después de todo se produce con

---

*Presentado al Simposium sobre Endurecimiento de Frijol, en la XXVII Reunion Anual del PCCMCA. Santo Domingo. Rep.Dominicana. 23-27 de marzo 1981.
** INCAP, Guatemala.

el propósito de que el consumidor llene o satisfaga sus necesidades nutricionales y en el transcurso haya beneficios económicos para todos.

El término de producción es fácil de comprender, e incluye la tecnología necesaria para que el cultivo produzca con eficiencia que le permite su estructura genética. Para el valor tecnológico se deben considerar las tecnologías de conservación y procesamiento, tanto en relación con el aspecto de producción como con los de utilización por el consumidor. El valor nutritivo se refiere a los aspectos de utilización de nutrientes y con qué eficiencia el alimento proporciona esos nutrientes al individuo. Para la comprensión de la fórmula multifactorial es necesario aceptar que los factores son dependientes entre sí para propósitos de ser vehículos de nutrientes para el individuo, como se indica en el Cuadro 2. Este Cuadro muestra en una forma sencilla la cadena de eventos desde producción hasta utilización y también muestra la interacción que debe existir entre ellos. En pocas palabras, una limitación en utilización debe ser analizada en si esta depende de la estructura genética de la planta o es inducida por manejos de postcosecha. A su vez, se debe establecer si existe alguna incompatibilidad entre el cambio genético y el aspecto de procesamiento así como en producción.

Se ha expuesto estas consideraciones para que sirvan de base al problema que se discutirá en este Simposium, el problema del endurecimiento del frijol.

En los últimos años mucho interés se ha manifestado en reducir las pérdidas postcosecha de los alimentos, indicando que su reducción aumentaría significativamente la disponibilidad al consumidor (1). Por lo general y en lo que se refiere a granos básicos, las pérdidas que se consideran son las de orden físico y las inducidas por contaminación química o biológica. Sin embargo, las pérdidas de granos, por ejemplo de frijol, por endurecimiento no

han sido del todo consideradas, ya que el grano duro de frijol es normal en apariencia y no está contaminado necesariamente con agentes biológicos o químicos. Constituye una pérdida debido a que en primer lugar no se puede cocinar con facilidad y economía y segundo porque pierde su aceptabilidad por el consumidor. Finalmente, es pérdida debido a que si llega a cocinarse, el procesamiento térmico al cual fue sujeto destruye su valor nutritivo.

En base a estas consideraciones se discutirá a continuación cuatro aspectos básicos. Uno de ellos lo constituye el significado alimentario y luego el nutricional del frijol en la dieta. El tercer aspecto será el efecto del proceso de cocción sobre el valor nutritivo del frijol y para finalizar se indicará las implicaciones del endurecimiento sobre el proceso de cocción y sobre el valor nutritivo del producto final.

Significado Alimentario del Frijol

La mayor parte de las encuestas sobre consumo de alimentos que se hayan efectuado en América Latina han demostrado que el alimento más importante, después de un cereal, de un tubérculo o fruto, es el frijol. Las cantidades consumidas por persona por día varían entre países. Algunos datos al respecto de 1969, se presentan en el Cuadro 3 para los países de Centro América como ejemplo (2, 3). En el área rural el consumo varía de 54 a 72 g por persona diariamente y en el área urbana de 47 a 52 g. Esta información así como otra de tipo socioeconómico indica que existe poca diferencia en cantidad consumida entre grupos socioeconómicos bajos y los grupos socioeconómicos altos, sugiriendo que es un alimento de alta aceptabilidad. Se ha observado que como consecuencia de la relativa baja disponibilidad del frijol que aumenta su precio, los grupos de población socioeconómicos altos tienden a mantener la cantidad que generalmente consumen , mientras que los grupos socioeconómicos bajos, quienes en realidad consumen las peores

dietas, disminuyen el consumo de frijol.

Información reciente ha indicado que el consumo de frijol por persona por día ha descendido de alrededor de 17 kg/año a 14 kg/año (4). Esta reducción en consumo no es debido a que existe menor demanda ya que es un alimento de alta aceptabilidad como se indicó anteriormente, sino más bien es debido a una producción que no ha aumentado significativamente como se muestra en la Figura 1, para América Latina en general y Brasil y México en particular (4). Esta información indica tasas de crecimiento de 0.3% para América Latina y de 0.6 a 0.7% para Brasil y México, respectivamente. Por el otro lado, aunque las tasas de crecimiento poblacional se han reducido en América Latina, estas son todavía significativamente mayores que las del incremento en producción de frijol, lo que ha traído aumentos en los precios. Posiblemente ésta sea la explicación de una menor frecuencia en consumo, como se indica en el Cuadro 4 para el área rural de Guatemala. Se puede observar que solo un pequeño porcentaje de la población come el frijol diariamente y la mayor parte 3 ó 4 veces por semana (3). Esta situación o sea la baja disponibilidad es la que motiva los programas de producción, los cuales reciben indudablemente todo el énfasis. Sin embargo, de gran importancia también lo es el manejo y el almacenamiento de la producción, para reducir y preservarla con la calidad adecuada para consumo de la población, más aun si ya de si es deficitaria. El concepto de mejor manejo y mejor almacenamiento todavía no se ha percibido por el valor y significado que tiene, demostrado esto por el hecho de que siempre se habla en cuánto ha subido o bajado la producción.

Las pérdidas post-cosecha pueden originarse de dos maneras, las endógenas y las exógenas. Las endógenas son aquellas que resultan por alteraciones en el proceso biológico natural de maduración, mientras que las exógenas son las que se originan por influencias externas que incluyen alteraciones físicas, ataque de animales e insectos, contaminación bacterial o

química y malos sistemas de almacenamiento (5). La condición conocida como el del endurecimiento del frijol, cae principalmente en este segundo grupo y es responsable por la baja disponibilidad y alto costo del frijol casi como lo es la relativa baja producción.

Significado Nutricional del Frijol

La importancia nutricional del frijol radica en el aporte proteico que hace a la dieta en general, que como lo muestra el Cuadro 5 para algunos países de Centro América, es del 19-27% para el área rural y del 15-17% para el área urbana (2). Estas cifras solo son superadas por el alto consumo de cereales en el área rural y por productos de origen animal en el área urbana. Por otro lado, para poblaciones que consumen yuca o plátano, como fuente de energía, el aporte proteico del frijol es mucho mayor, ya que la concentración de proteína en estos alimentos es sumamente baja.

Además de aportar proteína total a la dieta, es de interés indicar que el frijol contribuye cantidades significativas de otros nutrientes, como se indica en el Cuadro para hierro y tiamina, así como en calcio y en niacina en menor grado.

La importancia nutricional del frijol sin embargo, es mayor de lo que hasta ahora se ha indicado, y es que debido a su contenido de aminoácidos esenciales al organismo animal, constituye el suplemento proteínico natural de la proteína de los cereales. No se desea sugerir con esto que la proteína del frijol no tenga deficiencias en aminoácidos, sino más bien que constituye el complemento proteico ideal a la proteína de los cereales. Esto puede observarse en los resultados de la Figura 2 que demuestra que conforme aumenta el aporte de proteína del frijol a la del maíz en este caso, o viceversa, ocurre

un aumento en la eficiencia de utilización de la proteína de la mezcla (6). Esta situación también ocurre con otros cereales y en la Figura 3 se muestra el efecto complementario entre arroz y frijol, dando una respuesta muy similar a la indicada para maíz y frijol (6).

Un estudio similar pero con yuca y/o plátano se presenta en la Figura 4, en la cual se puede observar una respuesta diferente a la de los cereales, o sea que conforme aumenta el aporte de proteína del frijol aumenta el comportamiento de los animales, pero no existe un efecto complementario (7). En este caso el significado nutricional del frijol es mucho mayor que en el caso de los cereales, y sus características nutricionales podrían ser diferentes, pero en todo caso el punto importante que se desea enfatizar es que el frijol es de gran importancia como aportador de cantidad y calidad de proteína en dietas a base de cereales o de alimentos farináceos.

Procesamiento del Frijol

El frijol común, como la gran mayoría de las leguminosas de grano contienen sustancias de acción fisiológica adversa que es necesario eliminar antes de ser consumidas. El proceso de eliminación de estas sustancias se logra a través de una cocción húmeda por períodos de tiempo que varían con el tipo de leguminosa, siendo por ejemplo mayor el tiempo de cocción para el frijol común que para el frijol de costa (Vigna). Por el otro lado, un exceso de cocción puede traducirse en un deterioro en la calidad proteínica del producto y consecuentemente pierde, si no todo, gran parte de su potencial como proteína suplementaria. Estas condiciones están bastante claras en los resultados de la Figura 5. En la Figura se pueden notar dos tendencias bien claras. La primera es aquélla en la cual ocurre un mejoramiento en la calidad del producto y llega a un valor máximo entre los 30 a 40 minutos de cocción. La segunda tendencia, también clara, es la descendente, pasados

los 40 minutos de cocción. En esta fase, ocurre una serie de reacciones entre algunos aminoácidos esenciales, por ejemplo lisina, y los carbohidratos, de tal manera que el aminoácido ya no es utilizado por el organismo animal y de ahí la caída en valor proteínico (8). Además de esto es probable que los pigmentos del frijol también reaccionen con los aminoácidos, imposibilitando su liberación por el sistema gastrointestinal y reduciendo así la digestibilidad de la proteína en el frijol (9).

Definición y consecuencias del endurecimiento del frijol

Hasta ahora se han indicado dos aspectos de suma importancia. Primero el papel nutricional tan importante que juega el frijol en la dieta rural y segundo que para optimizar la utilización de los nutrientes en el frijol en particular proteína, es necesario cocinarlos por tiempos definidos.

Ahora bien, por razones todavía objeto de investigación el frijol tiene la tendencia de resistir al proceso de cocción, tendencia que se magnifica con un almacenamiento inadecuado, condición ésta que se le conoce como endurecimiento (10, 11, 12, 13). Esta condición que se encuentra muy frecuentemente en el frijol tiene implicaciones de gran magnitud, tanto económicas como nutricionales. La Figura 6 muestra un corte transversal de dos frijoles, uno recién cosechado y el otro que había sido almacenado en silos del gobierno por algún tiempo. Se puede notar diferencias gruesas en el corte, el grano de recién cosecha se ve completamente hidratado e hinchado, no así el frijol almacenado. Lo que tal vez es peor, es la diferencia en la cantidad de leña o energía necesaria para cocinar el producto. Esta diferencia ya constituye un gasto económico, que es de gran significancia para el consumidor rural, quien usa leña para estos propósitos. Ahora bien, el frijol almacenado posiblemente se hubiera cocinado con más tiempo de cocción, sin embargo, y en base a lo ya

expuesto (Figura 5) su valor nutritivo sería muy inferior al que podría ser. Uno de los cambios que sufre es la pérdida en aminoácidos y uno de los más susceptibles es la lisina como lo muestra el Cuadro 6.

En este ejemplo, la cocción a presión atmosférica por 8 horas redujo la cantidad de lisina en un 29% (14). La implicación es que su capacidad suplementaria a los cereales disminuye así como también para tubérculos y otros alimentos farináceos. Otros datos al respecto se presentan en la Figura 7. En este caso se puede observar que el tiempo de almacenamiento está inversamente relacionado al valor proteínico, habiendo también una relación inversa entre valor proteico y tiempo de cocción en cada tiempo de almacenamiento (10). Además de estos hechos, el sabor cambia y como consecuencia de esto ya no es aceptado por el consumidor, aumentando así la pérdida económica en el producto. Un caso documentado fue una compra de 5,000 toneladas de frijol adquiridas a un precio de 0.66 dólares el kilogramo. Por un manejo sumamente malo el frijol finalmente se vendió a un precio de 0.15/kg, traduciéndose todo esto en costo perdido de $2.3 millones más los costos de almacenamiento para Guatemala (5).

Hipótesis general del proceso de endurecimiento

Hasta la fecha no existen datos concretos y conocidos que puedan explicar el proceso de endurecimiento, pero podría explicarse en términos generales como se indica en la Figura 8. La evidencia disponible en la actualidad sugiere que existen dos vías que dan origen a esa condición. Una vía es inherente en la semilla, o sea aquella que podría originarse por las partes anatómicas del grano. Estas podrían ser de origen genético o adquiridas por la planta, de acuerdo al medio en donde se cultiva. Por ejemplo, el espesor de la cáscara y la apariencia de la misma. El tamaño del grano y la longitud del hilum. Posiblemente el contenido de proteína. El papel de estas estructuras

pueden estar influenciadas por el almacenamiento. Esto constituye la segunda vía del endurecimiento, que induce cambios físicos y químicos en la micro-estructura de la semilla, tanto en la cáscara como en el cotiledón. El efecto de cualquiera de las dos vías es la de resistir la absorción de agua, siendo necesario incrementar el tiempo de cocción para suavizarlos. Agunos datos donde parece existir acuerdo entre investigadores con respecto a la estructura anatómica del grano se presentan en el Cuadro 7. Tanto el tamaño del grano, como la clase de cáscara y su estructura y la proteína del frijol afectan la absorción de agua, lo cual como ya se indicó está relacionado al endurecimiento del frijol (15). El mecanismo es complejo y requiere ser reconocido. Como ya se explicó, el endurecimiento cáusa pérdidas económicas en el producto mismo y en el mayor uso de energía y pérdidas nutricionales ya que no se consume o su calidad nutritiva se deteriora. Además, es posible que la aceptabilidad del frijol por el consumidor esté relacionada a la estructura del grano que también determina su preparación para consumo.

Se considera por consiguiente, que el problema es de mucha importancia y de ahí la justificación de realizar este Simposium en presencia de Ingenieros Agrónomos y Fitomejoradores, encargados del almacenamiento de granos y científicos en alimentos para que en equipo el problema sea resuelto. Los conocimientos actuales del problema e información de soporte al mismo, serán discutidos en las conferencias que se dictarán en este Simposium.

REFERENCIAS

1. NRC (National Academy of Sciences). Post-harvest food losses in developing countries. National Academy of Sciences Washington, D. C. 1978.

2. Flores, M., R. Bressani y L. G. Elías. Factores y tácticas que influyen en los hábitos alimentarios del consumidor. p. 49-64. En: El Potencial del Frijol y de otras leguminosas de grano comestibles en América Latina. Serie CS-2 Agosto 1975. ICAT, Cali, Colombia.

3. Bressani, R., M. Flores y L. G. Elías. Aceptabilidad y valor nutricional de las leguminosas de grano en la dieta humana. p. 13-29. En: El Potencial del Frijol y de otras Leguminosas de Grano Comestibles en América Latina. Serie CS-2. Agosto, 1975. CIAT, Cali, Colombia.

4. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Hojas de Frijol para América Latina. Marzo, 1979. CIAT, Cali, Colombia.

5. Gordon Booth, R. Post-harvest losses: a neglected area of concern. Agribusiness Worldwide 38-45. Feb/March 1980.

6. Bressani, R. Complementary amino acid patterns. In: Nutrients in Processed Foods. Proteins. Chapter 16. American Medical Association. Pub. Sci. Group, Inc. Acton, Mass, 1974.

7. Bressani, R. y L. G. Elías. Cantidad mínima de proteína de frijol para mantenimiento de peso en ratas en crecimiento alimentadas con tubérculos y plátano. INCAP. Informe Anual, 1980.

8. Bressani, R., L. G. Elías and A. T. Valiente. Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (Phaseolus vulgaris). Brit. J. Nutr. 17:69, 1963.

9. Bressani, R. and L. G. Elías. The Nutritional Role of Polyphenols in Beans. p. 61. In: Polyphenols in cereals and legumes. (J. H. Hulse, ed.). IDRC-145e, Ottawa, Canada, 1978.

10. Molina, M. R., G. de la Fuente and R. Bressani. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (Phaseolus vulgaris). J. Food Sci. 40:587-591, 1975.

11. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley and P. W. Voisey. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and micrstructure of cowpeas (Vigna uguiculata). J. Food Sci. 43:1832-1838, 1978.

12. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley and P. W. Voisey. Effect of storage time and cooking conditions on the hard-to-cook defect in cowpeas (Vigna unguiculata). J. Food Sci. 44:790, 1979.

13. Varriano-Marston, E. and E. de Omana. Effect of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black bean (Phaseolus vulgaris). J. Food Sci. 44:531, 1979.

14. Almas, K. and A. E. Bender. Effect of heat treatment of legumes on available lysine. J. Sci. of Food & Agric. 31:448-452, 1980.

15. Bressani, R., L. G. Elías y M. E. de España. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol común (Phaseolus vulgaris) Arch. Latinoamer. Nutr. A ser publicado en 1981.

CUADRO I

PRODUCTIVIDAD AGRICOLA PARA EL HOMBRE

Productividad = Producción x Valor Tecnológico x Valor Nutritivo

Producción: kg/ha

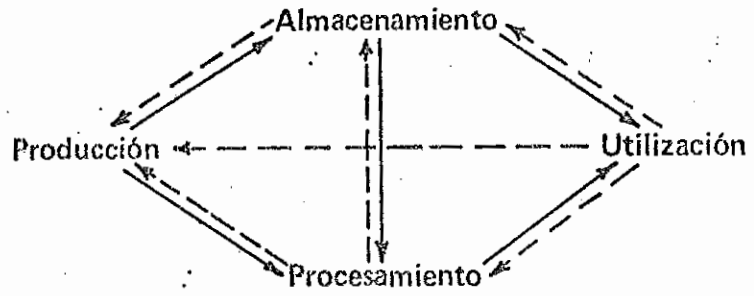
Valor Tecnológico: Características aceptables en conservación, procesamiento y aceptabilidad

Valor Nutritivo: Utilización máxima de nutrientes del alimento solo o combinado en dietas.

Incap 81–122

CUADRO 2

ETAPAS EN LA CADENA ALIMENTICIA E INTERACCIONES



Rendimiento Valor Tecnológico Valor Nutritivo

Incap 80-917

CUADRO 3

CONSUMO DE FRIJOL EN PAISES DE CENTRO AMERICA (1969)

	Rural g/persona/día	Urbano g/persona/día
Costa Rica	57	48
El Salvador	59	52
Guatemala	54	49
Honduras	56	47
Nicaragua	72	50

Incap 81–132

CUADRO 4

FRECUENCIA DE LA INGESTA DE FRIJOL POR FAMILIA EN EL AREA RURAL DE GUATEMALA*

Frecuencia días/semana	Número de familias	Distribución o/o
2	10	12.7
3	20	25.3
4	36	45.5
5	10	12.7
6	3	3.8

* Santa María Cauqué, 1972.

Incap 81—124

CUADRO 5

CONTRIBUCION PORCENTUAL DEL FRIJOL A LA INGESTA PROMEDIO DE ALGUNOS NUTRIENTES (AREA RURAL)

País	Proteína	Hierro	Tiamina
Costa Rica	25.2	27.2	29.9
El Salvador	20.5	37.1	23.7
Guatemala	18.7	24.7	23.9
Honduras	22.8	26.2	23.9
Nicaragua	26.8	29.2	30.9

Encuestas Dietéticas de Centro América — INCAP.

Incap 81—133

CUADRO 6

EFECTO DE LA COCCION A PRESION ATMOSFERICA DEL FRIJOL SOBRE SU CONTENIDO DE LISINA DISPONIBLE

Tiempo de cocción, hrs	Lisina disponible g/16 g N
0	6.5
2	5.1
8	4.6

Amos & Bender. J. Sci. Food & Ag. 31: 448, 1980.

Incap81—123

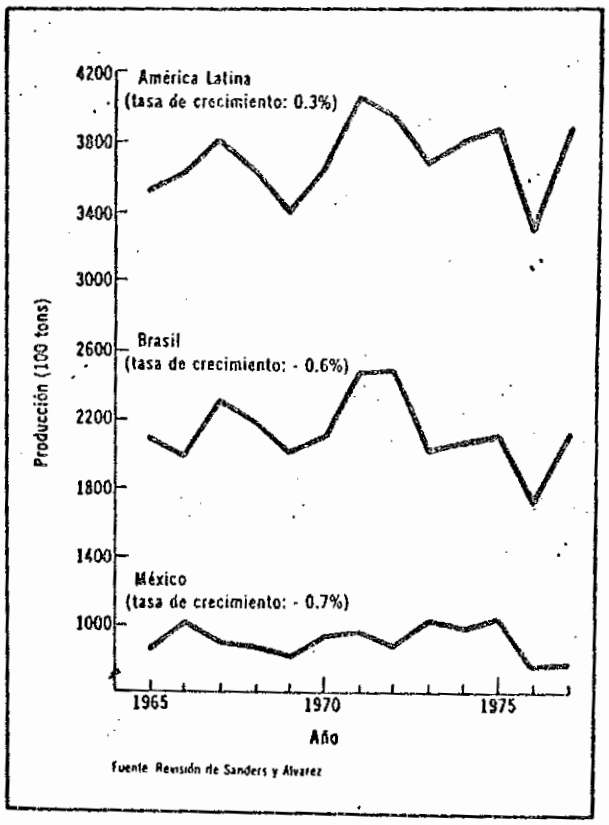
CUADRO 7

ALGUNOS FACTORES FISICOS Y QUIMICOS QUE AFECTAN LA ABSORCION DEL AGUA POR EL FRIJOL

Factores	Efecto
1. Tamaño de semilla	Grano pequeño con menos cáscara y más proteína favorece más rapida absorción de agua (?)
2. Grueso de la cáscara	Menos gruesa, más rápida la absorción del agua
3. Apariencia de la cáscara	Cáscara amorfa favorece la más rápida absorción del agua, cáscara fina y brillante la reduce
4. Contenido de proteína	Mayor contenido de proteína (menor contenido CHO), más rápida la absorción del agua

Incap 81–130

FIGURA 1



Producción de frijol en América Latina, México y Brasil (1965-1977)

Incap 81—131

FIGURA 2

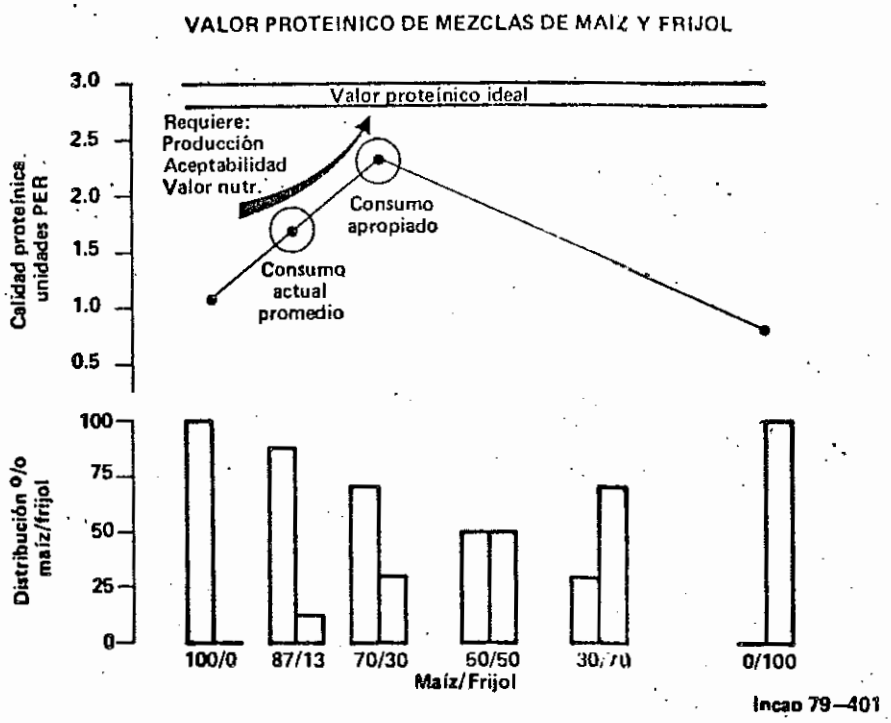

VALOR PROTEINICO DE MEZCLAS DE MAIZ Y FRIJOL
Valor proteínico ideal
Requiere:
Producción
Aceptabilidad
Valor nutr.
Consumo apropiado
Consumo actual promedio
Calidad proteínica unidades PER
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
Distribución % maíz/frijol
100
75
50
25
0
100/0
87/13
70/30
50/50
30/70
0/100
Maíz/Frijol
Incap 79—401

FIGURA 3

EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON PROTEINA ANIMAL EN DIETAS A BASE DE ARROZ Y FRIJOL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE RATAS EN CRECIMIENTO

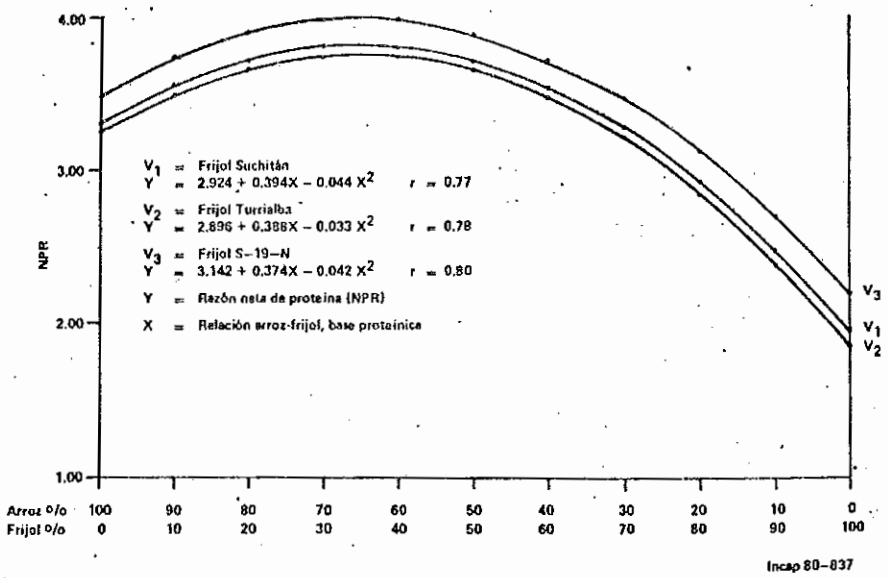
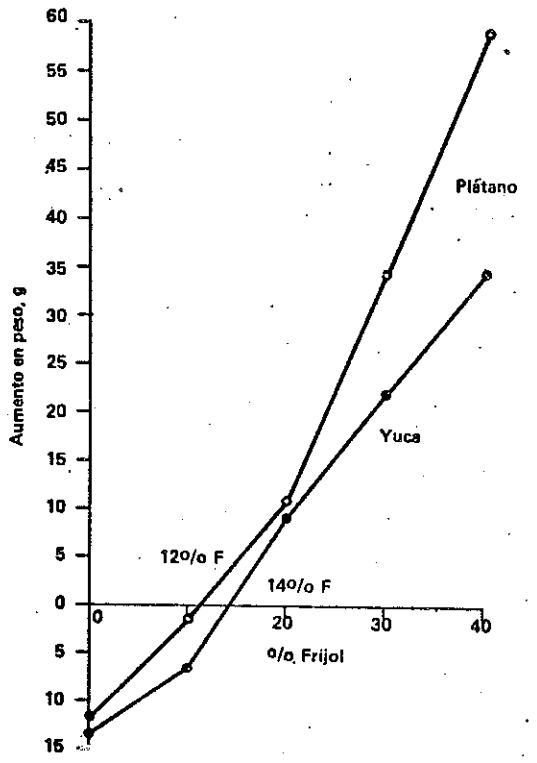


FIGURA 4

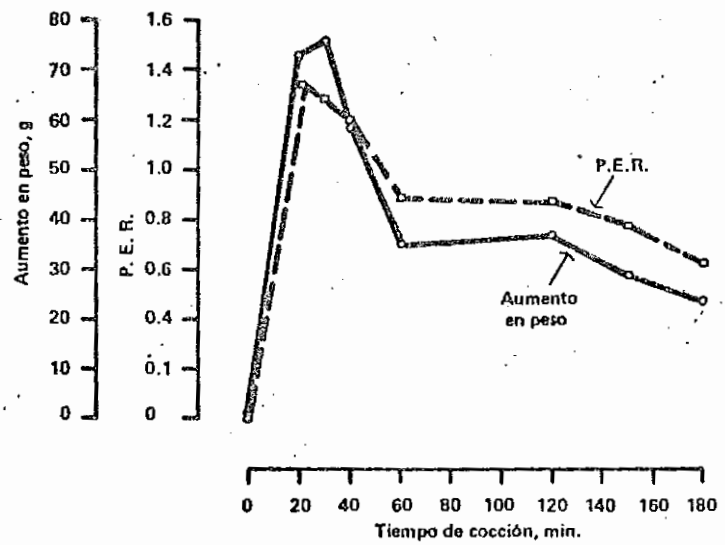
CANTIDAD MINIMA DE FRIJOL PARA MANTENIMIENTO DE PESO DE RATAS ALIMENTADAS CON PLATANO O CON YUCA



Incap 81–187

FIGURA 5

EFECTO DEL TIEMPO DE COCCION SOBRE LA CALIDAD PROTEINICA DEL FRIJOL



Bressani, Elías & Valiente 1963.

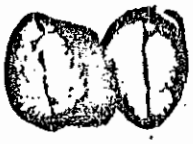
Incap 79—403

FIGURA 6

FRIJOL DE COSECHA

RECIENTE

ALMACENADO

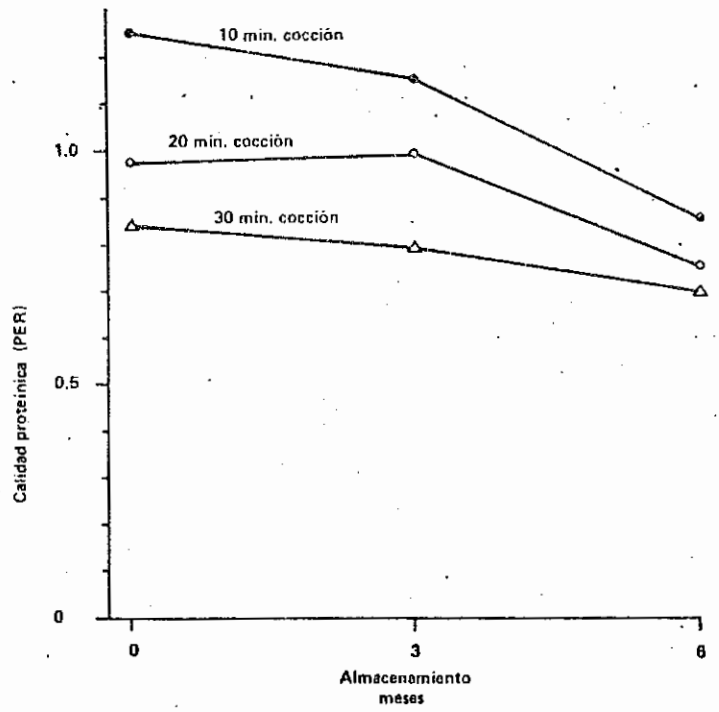


COCCION

3 hrs	6 hrs
2.6 Kg leña	6.8 kg Leña

FIGURA 7

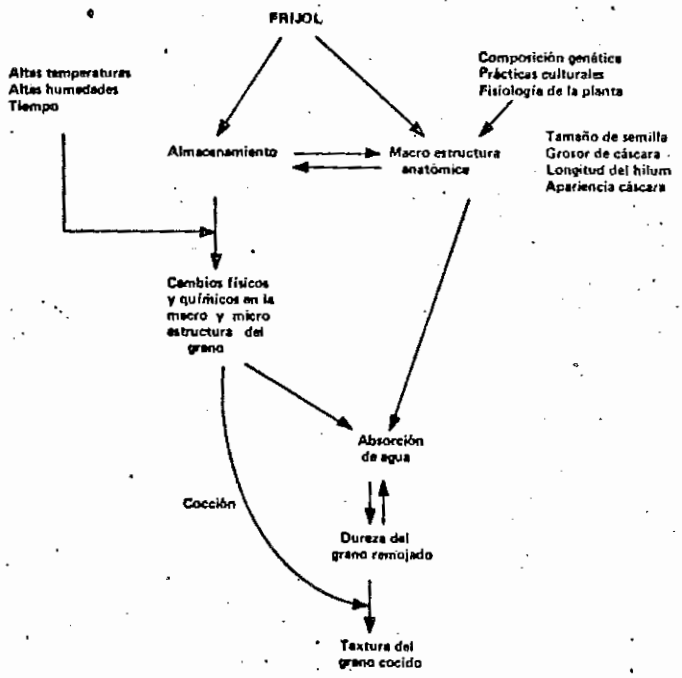
EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE CALIDAD DE LA PROTEINA DEL FRIJOL COCINADO POR POR 10, 20 Y 30 MINUTOS



Incap 81-188

FIGURA 8

HIPOTESIS SOBRE EL PROCESO GENERAL DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL



Incap 81–186

6618

PROBLEMAS EN EL ALMACENAMIENTO Y EL MERCADEO DEL FRIJOL EN CENTROAMERICA Y EL CARIBE *

Yolanda Castillo de Arévalo **

1. La producción de frijol y las disponibilidades nacionales de Centroamérica y el Caribe

La tendencia de la producción mundial de frijol se presenta definidamente creciente aunque a tasas moderadas -2.8 anual-; sin embargo, en algunos países del Istmo Centroamericano y del Caribe, la producción, durante el lapso de 1965 a 1978, se ha mantenido estable, tal los casos de Nicaragua, Haití y República Dominicana; Honduras, Costa Rica y Panamá han decrecido, mientras que Guatemala ha presentado un comportamiento errático. El Salvador, es el único país que ha acrecentado su producción, a tasas anuales de 5.7; sin embargo, tales -- aumentos no han sido suficientes para ofrecer a su población los niveles de consumo per cápita de principios de período, debido a que su principal abastecedor hasta el año 1970, Honduras, suspendió sus ventas. (Ver Cuadros 1 a 8 Anexo).

Dentro de las limitaciones que presenta la información disponible de los países objeto de análisis: Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Haití, se pudo estimar que en Centroamérica el

---

* Presentado a la XXVII Reunión Anual del PCCMCA, Santo Domingo, Rca.Dominicana. 23 al 27 de marzo de 1981.

** SIECA, Guatemala.

frijol (Phaseolus vulgaris) negro o rojo, constituye una de las principales fuentes de proteínas para las poblaciones de bajos ingresos, mientras que los países del caribe consumen adicionalmente otros tipos de leguminosas como sustitutos.

Ante el comportamiento que presenta la producción de frijol, estos países continúan dependiendo de importaciones para no ver afectados en mayor medida, sus niveles de disponibilidades tradicionales, a pesar de ello, todos los países han experimentado continuos decrementos en sus consumos per cápita, tendencia que se presenta más aguda en Costa Rica y Panamá, los que en el término de menos de 10 años han visto prácticamente reducidas a la mitad dichas disponibilidades.2/

Cuadro 1

CONSUMOS PER CAPITA DE FRIJOL
(Kilos por persona)

Países	Quinquenios		
	1965/69	1970/75	1975/76
Guatemala	8.44	9.45	7.00
El Salvador	8.20	8.10	7.93
Honduras	13.50	12.51	11.25
Nicaragua	22.00	11.94	17.45
Costa Rica	13.44	13.14	6.34
Panamá	4.87	2.94	2.30
República Dominicana	6.16	7.66	6.86
Haití	7.47	6.87	6.27

Fuente: Cuadros del 1 al 8 del Anexo.

2/ Ver Cuadros 1 al 8 del Anexo.

Esta situación resulta preocupante, por cuanto los mayores productores de América: Brasil, México y Estados Unidos, 3/ aunque han incrementado su producción continuamente, en los dos primeros tales aumentos son insuficientes para cubrir su creciente demanda, al punto que Brasil ha bajado su consumo per cápita de 28.02 kg anuales en 1971 a 19.50 kg en que lo estima en 1980; a pesar de que alrededor del 10 por ciento de su consumo interno lo cubre con producto proveniente de Estados Unidos. En cuanto a México, este país acrecienta cada año sus importaciones procedentes también de Estados Unidos, las que pasaron de 7 524 TM en 1970 a 16 604 TM en 1979 4/. En cuanto a Estados Unidos, destina cerca del 40 por ciento de sus exportaciones totales a abastecer a los países europeos, los que básicamente lo procesan y enlatan.

2. Demandas complementarias

Adicional a las cifras que aquí se consignan sobre producción y demanda de frijol negro y rojo, se presenta en algunos países una demanda complementaria que por sus características no influye notablemente en el consumo interno, - tal el caso de Guatemala. En este país, el producto de consumo básico lo constituye el frijol negro. Sin embargo, también produce el país, frijoles colorados, rojas y blancos, consumidos eventualmente como un plato especial, por las familias de mediano y alto ingreso.

3/ Ver Cuadro 9 del Anexo.
4/ Foreign Agricultural Service

También la industria procesadora ofrece al mercado frijoles enlatados negros y rojos, pero en el primer caso, la principal materia prima usada la ha constituído otra especie de frijol (Vigna). En total, la demanda industrial de frijoles escasamente alcanza las 250 Toneladas Métricas anuales.

3. Comercio Exterior

Los países objeto del presente comentario, consignan importaciones de frijol negro y rojo las centroamericanos, y "Pinto" y "Red Kidney Beans" los del Caribe y Panamá, por magnitudes de cierta significación, las que representan alrededor del 20 por ciento de su oferta total; excepto Nicaragua y Honduras, país este último cuyas reducidas importaciones durante el período revisado -1965/66 - 1978/79-, hacen suponer que se trata de semilla.

Hasta el año 1971, el mayor proveedor de Centroamérica era Honduras, a partir de esa fecha las ventas de este país fueron siendo sustituídas por EE.UU., el que en la actualidad abastece de más del 60 por ciento de las necesidades del área centroamericana. Panamá y República Dominicana se proveen en éste país de casi la totalidad de sus necesidades externas de grano.

A nivel de países, las condiciones de dependencia externa han sido las siguientes: 5/ Guatemala, hasta el año 1971 efectuaba exportaciones que casi compensaban los volúmenes ingresados. A partir de esa fecha el predominio de las

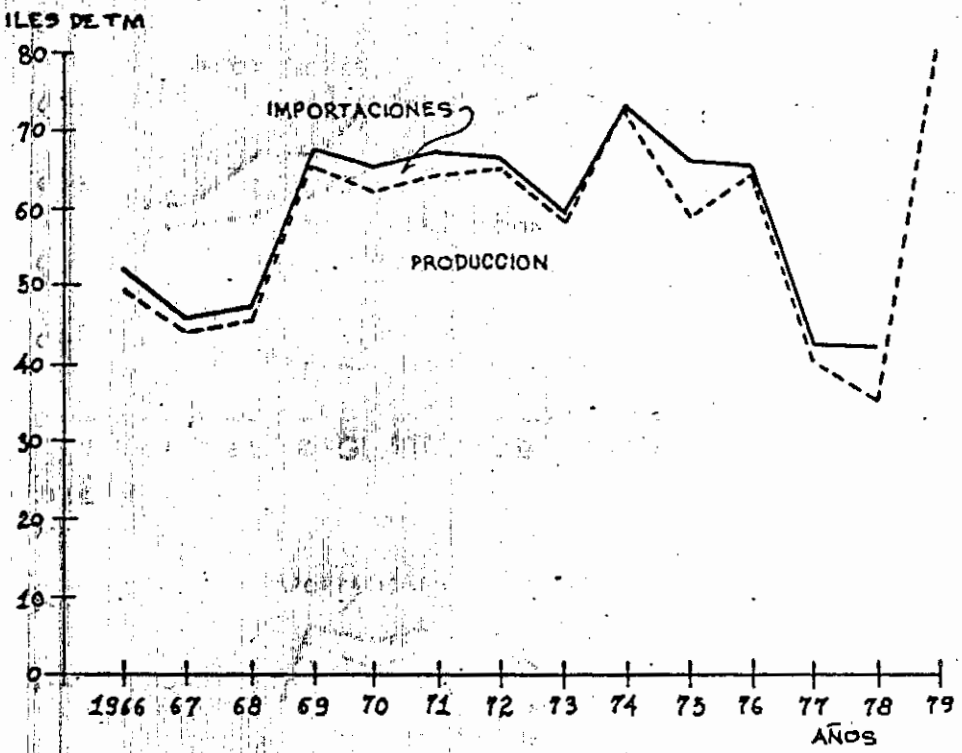
5/ Ver Cuadros 1 al 8 del Anexo.

importaciones ha sido definido. El Salvador, hasta 1970 cubrió con importaciones casi el 40 por ciento de su demanda total; en los años subsiguientes su dependencia externa se ha reducido al punto que sólo representa el 7 por ciento de su oferta total bruta, aunque continúa siendo un importador neto.

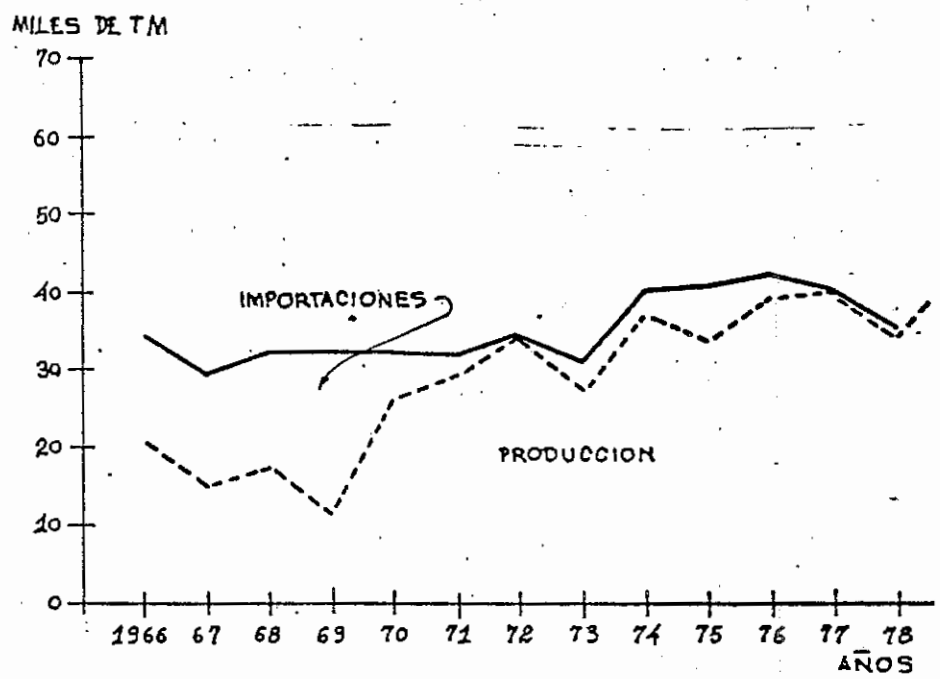
Honduros, hasta el año 1977 continuaba siendo predominantemente exportador proveyendo a Guatemala y El Salvador. Esta situación se revirtió al decrecer las exportaciones desde 16.5 mil TM en 1966 y 21.8 mil TM en 1968, hasta alcanzar 80 y 30 TM en 1978 y 1979 respectivamente, siendo en estos dos últimos años inferiores a sus importaciones. Nicaragua, reportaba hasta el año 1972 un récord de país exportador neto; a partir de esa fecha prácticamente viene compensando sus reducidas importaciones con ventas también modestas hacia Costa Rica y Guatemala.

Costa Rica y Panamá, son países típicamente importadores y, en el primero de ellos, aunque sus importaciones se han visto disminuídas, la producción no ha presentado aumentos que compensen tales reducciones. Panamá, por su parte, ofrece un cuadro de importaciones bastante constante, alrededor de un promedio de 2 000 TM anuales, provenientes mayoritariamente de EE.UU. República Dominicana también importa alrededor del 20 por ciento de sus necesidades internas, abastecido también por los Estados Unidos en su mayor parte. Haití consigna importaciones estadounidences de muy poca significación.

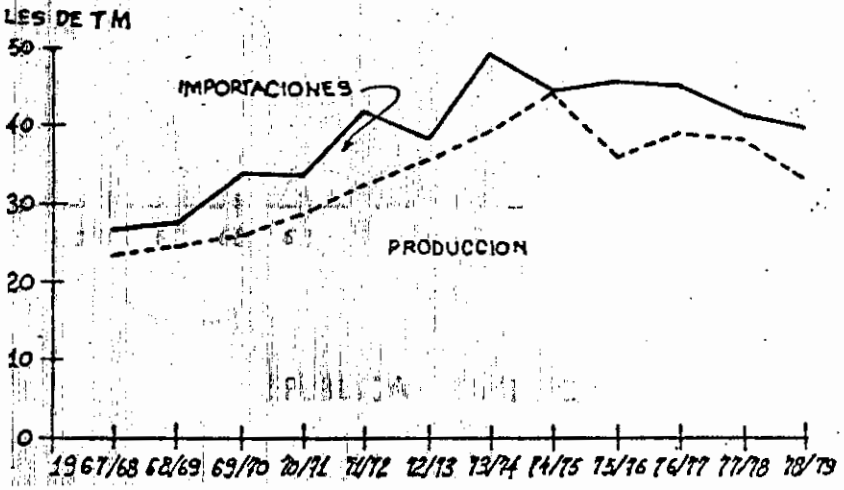
GUATEMALA



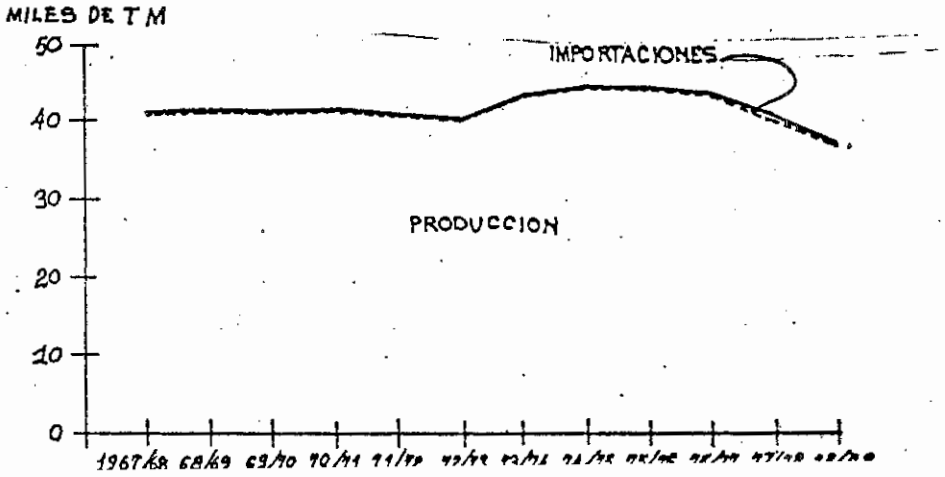
EL SALVADOR

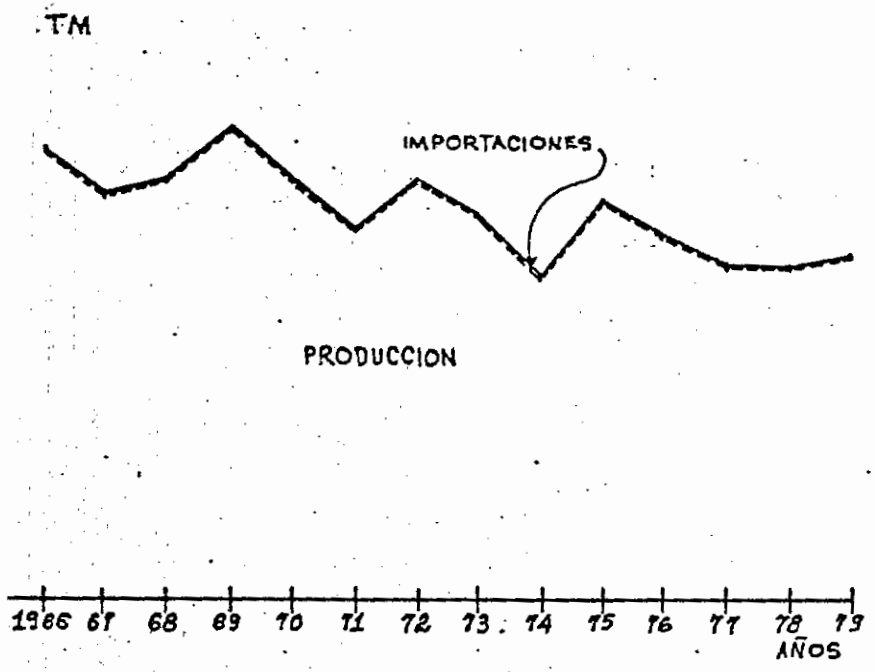


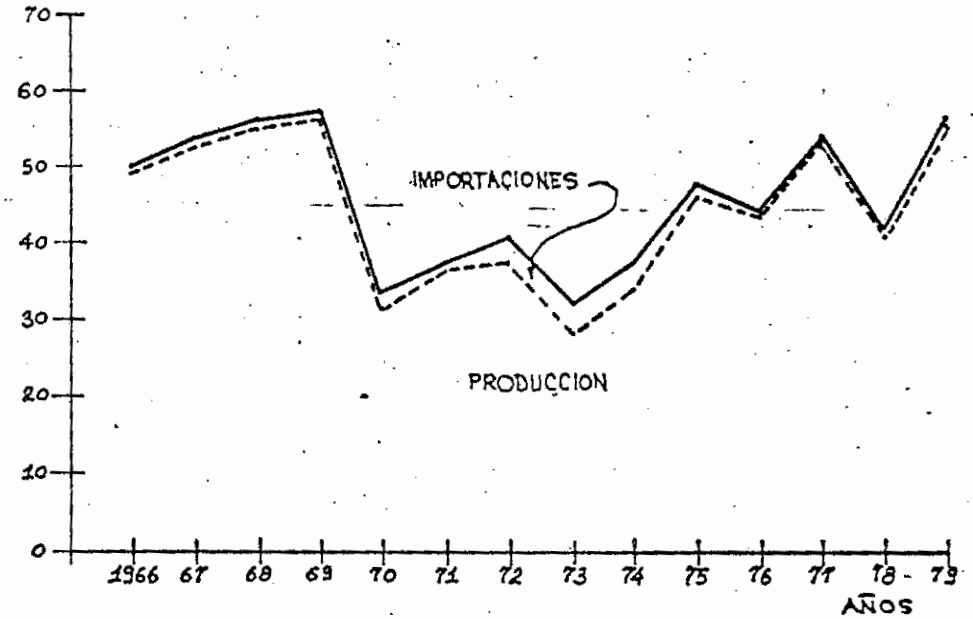
REPUBLICA DOMINICANA

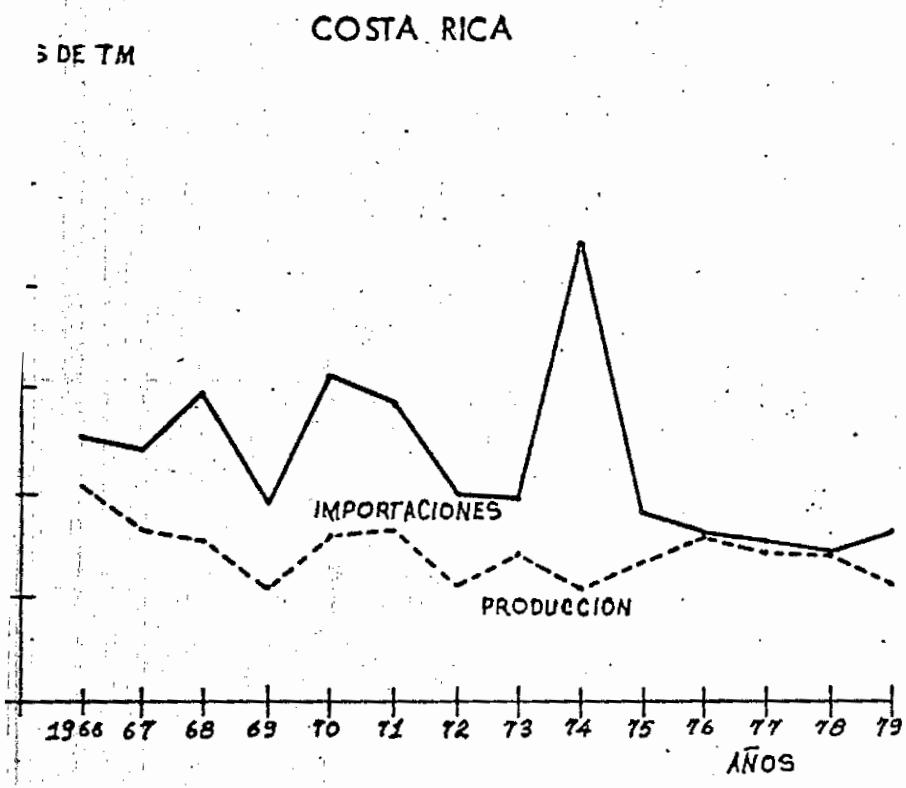


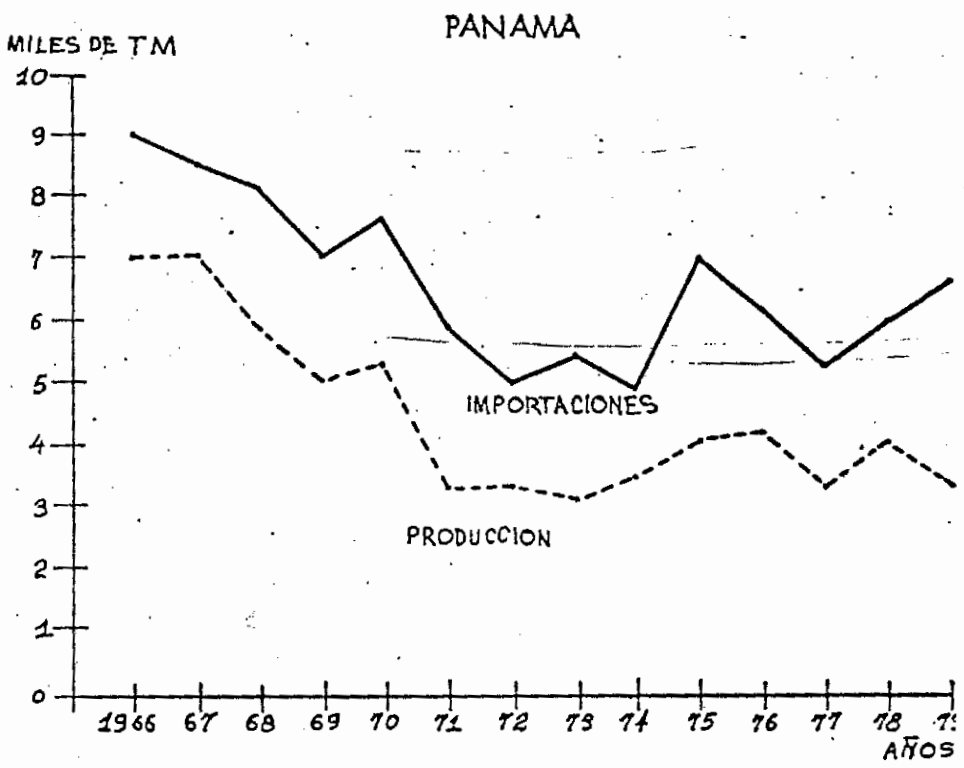
HAITI




TM
IMPORTACIONES
PRODUCCION
1966 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79
AÑOS


70
60
50
40
30
20
10
0
IMPORTACIONES
PRODUCCION
1966 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79
AÑOS


COSTA RICA
S DE TM
IMPORTACIONES
PRODUCCION
1966 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79
AÑOS


PANAMA
MILES DE TM
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
IMPORTACIONES
PRODUCCION
1966 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78
AÑOS

4. Sistemas de comercialización

a) Precios y Márgenes de comercialización

Como ocurre con casi todos los productos básicos de consumo doméstico en los países en proceso de desarrollo, el frijol presenta una estructura de comercialización ineficiente, que en parte se traduce en la imposibilidad de que se trasladen hacia atrás, esto es, al productor, los beneficios representados en las mejoras en los precios pagados por el consumidor.

El análisis del comportamiento de los precios al productor, al mayorista y al consumidor, durante los períodos 1969/1973 y 1974/1978, paro casi todos los países, pone de manifiesto que los mayores márgenes de intermediación se presentan entre los precios al mayoreo y los precios al consumidor, reflejando esto que el detallista percibe una ganancia mayor por unidad vendida; sin embargo, dentro del volumen de grano que mueve cada uno de estos intermediarios, la utilidad final del mayorista resulta proporcionalmente muy significativa, por cuanto el mayorista comercializa cantidades de producto muy superiores a las que vende el comerciante minorista; por ello llama la atención los casos de El Salvador y Honduras donde los márgenes entre el precio percibido por el productor y el de venta al mayorista, es aún superior al del detallista; tal se aprecia en el Cuadro 2.

Cuadro 2

FRIJOL: MARGENES DE COMERCIALIZACION
(US$ por kilogramo)

Países	Promedio 1969/1973	Promedio 1974/1978
GUATEMALA:		
Precio al productor	0.23	0.36
Precio al por mayor	0.24	0.41
Precio al por menor	0.27	0.48
Márgenes		
Mayorista/productor	4.3%	13.9%
Minorista/mayorista	12.5%	17.1%
Minorista/productor	17.4%	33.3%
EL SALVADOR:		
Precio al productor	0.26	0.28
Precio al por mayor	0.28	0.45
Precio al por menor	0.32	0.53
Márgenes		
Mayorista/productor	7.7%	60.7%
Minorista/mayorista	14.3%	17.8%
Minorista/productor	23.1%	89.3%
HONDURAS:		
Precio al productor	0.18	0.22
Precio al por mayor	0.20	0.34
Precio al por menor	0.23	0.39
Márgenes		
Mayorista/productor	11.1%	54.5%
Minorista/mayorista	15.0%	14.7%
Minorista/productor	27.8%	77.3%

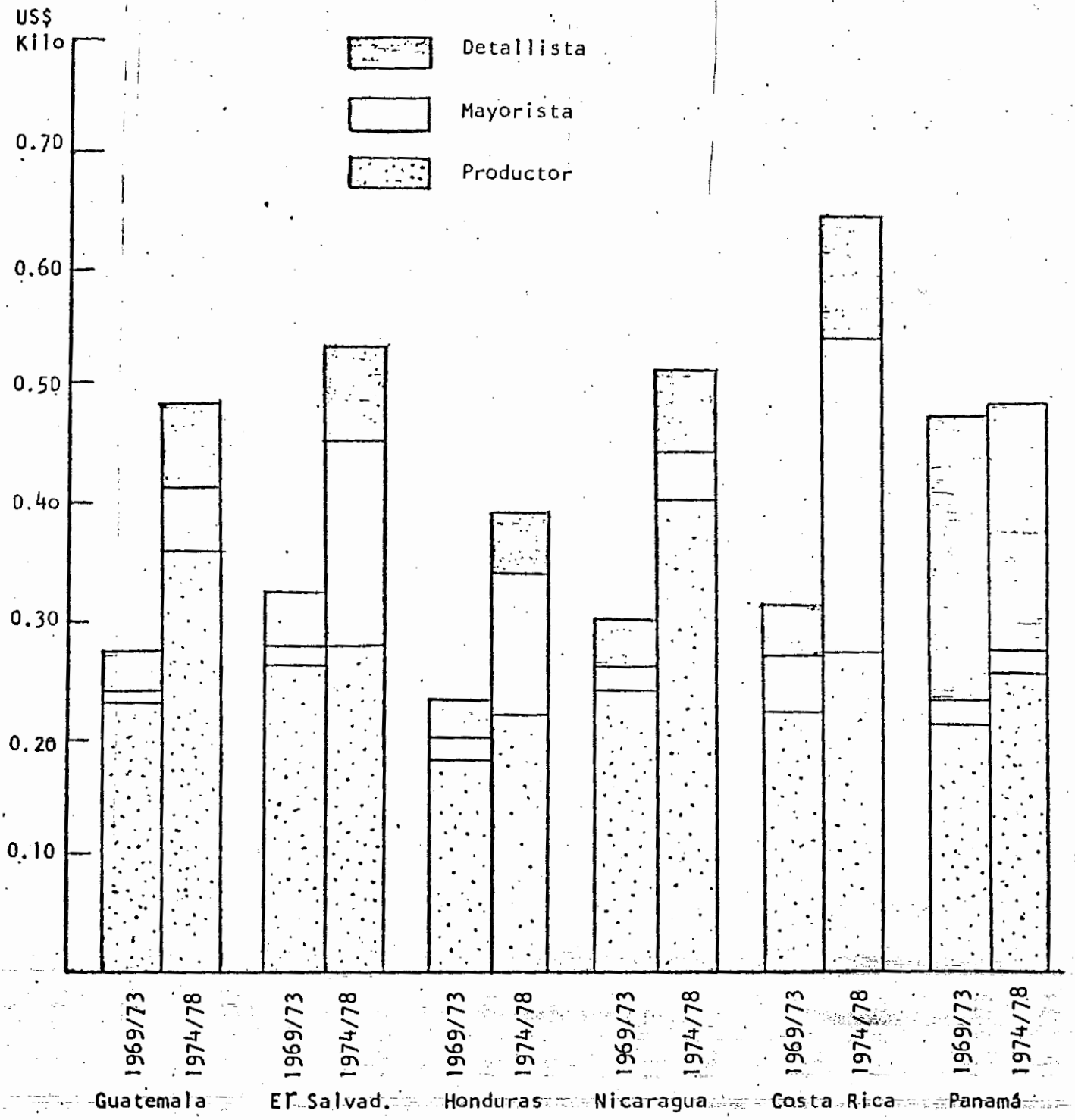
Continuación ... Cuadro 2

Países	Promedio 1969/1973	Promedio 1974/1978
NICARAGUA:		
Precio al productor	0.24	0.40
Precio al por mayor	0.26	0.44
Precio al por menor	0.30	0.51
Márgenes		
Mayorista/productor	8.3%	10.0%
Minorista/mayorista	15.4%	15.9%
Minorista/productor	25.0%	27.5%
COSTA RICA:		
Precio al productor	0.22	0.27
Precio al por mayor	0.27	0.54
Precio al por menor	0.31	0.64
Márgenes		
Mayorista/productor	13.6%	0.8%
Minorista/mayorista	14.8%	18.5%
Minorista/productor	40.9%	28.0%
PANAMA:		
Precio al productor	0.21	0.25
Precio al por mayor	0.23	0.27
Precio al por menor	0.47	0.48
Márgenes		
Mayorista/productor	9.5%	8.0%
Minorista/mayorista	104.3%	77.8%
Minorista/productor	123.8%	92.0%

Fuente: Cálculos con base en datos de los Cuadros del 10 al 15 del Anexo.

SEF3-11

FRIJOL: MARGENES DE COMERCIALIZACION



Los países que presentan recargos totales -minorista/productor- más aceptables parecen ser Nicaragua, Costa Rica y Guatemala, los que alcanzan entre un 27.5, 28.0 y 33.3 por ciento respectivamente, mientras que Honduras, El Salvador y Panamá evidencion recargos hasta del 77, 89 y 92 por ciento en su orden.

Los precios de esta leguminosa han reflejado el impacto alcista de la inflación, tanto a nivel de agricultor como de consumidor, siendo interesante destacar que en algunos países como Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, los precios al productor aumentaron a tasas superiores a las de los Indices de Costo de Vida. Sin embargo, en dichos precios al productor está incorporodo el costo creciente de producción por lo que los márgenes de utilidad del agricultor si no se han visto proporcionalmente reducidos, sólo se han mantenido. Por otro lado, los precios al mayoreo y al detalle en todos los países, parecen haber aumentado a tasas aún más aceleradas, elevando en forma desproporcionada los márgenes de comercialización.

Independientemente de las variaciones que se vienen observando en los precios del frijol como consecuencia de los efectos inflacionarios, se presenta la tradicional estacionalidad de las cosechas que se traduce en fluctuaciones de precios dentro de cada período agrícola, en los cuales se observan niveles

máximos y mínimos con rangos bastante pronunciados, lo cual evidencia las deficiencias operacionales de los sistemas de producción y de distribución, pues la producción de frijol descansa fundamentalmente, en pequeñas empresas, con grandes restricciones derivadas de insuficiencias de capital y falto de almacenamiento adecuado, lo cual los obliga a negociar la venta de su producto casi de inmediato y, por otra parte, en el funcionamiento de un sistema de distribución que impide un suministro regular a precios equitativos y con variaciones mínimas al consumidor.

Cuadro 3

FRIJOL: PRECIOS MAXIMOS Y MINIMOS AL POR MENOR
(US$ por kilo)

País	Año	Máximo	Mínimo
Guatemala :	1967	0.30	0.17
	1976	0.43	0.37
El Salvador:	1967	0.33	0.19
	1976	0.63	0.43
Honduras:	1967	0.28	0.17
	1976	0.33	0.28
Nicaragua :	1967	0.33	0.21
	1976	0.55	0.45
Costa Rica	1967	0.39	0.23
	1976	0.67	0.67 a/

a/ Precios de Venta del Consejo Nacional de Producción.
Fuente: SIECA.

b) Mermas

Las mermas o pérdidas físicas de grano generadas normalmente en la etapa post-cosecha, a partir de la recolección (arranque y aporreo en algunos países) hasta la comercialización, se estiman superiores al diez por ciento en los países del Istmo Centroamericano. Las cifras dadas por GAFICA 6/, y que van desde un 3.6 por ciento aplicado a El Salvador, hasta un 5 por ciento para Honduras, se aplican exclusivamente a las pérdidas producidas en las fases de transportación y manipuleo. Desafortunadamente, estas cifras no pasan de ser estimados gruesos resultado de ciertas observaciones parciales, pues no se ha efectuado ninguna investigación continua y formal en cada país, que permita establecer con mayor exactitud el origen y la cantidad de las mismas.

Dada la magnitud de los déficit reales que los países considerados en este análisis, presentan en su oferta interna de frijol, se estima que si estos porcentajes altos de pérdidas se pudiesen reducir a un mínimo tolerable, ello vendría a representar para todos los países la eliminación de sus importaciones y un significativo incremento en sus disponibilidades per cápita, de por sí bastante castigados.

6/ Grupo Asesor de la FAO para la Integración Económica Centroamericana. Año 1970.

c) Problemas de Almacenamiento

Los problemas que se presentan en el almacenamiento del frijol ameritan un comentario dentro del somero análisis que aquí se ha expuesto, debido a que este es el grano más afectado por las condiciones y tiempo en que permanece en bodega. En efecto, es el producto que pierde más fácilmente su humedad - pues es muy sensible a las condiciones ambientales y el secamiento constante lo endurece, siendo éste el principal problema que se presenta en el almacenamiento. Su manejo en grandes cantidades en silos herméticos resulta desventajosa - porque su manipuleo produce fácilmente la separación de los cotiledores del frijol, por lo que sólo puede almacenarse en bodegas, ensacado, lo que lo toma - sensible a temperaturas altas. Estas parecen ser las principales razones por las cuales los Organismos Reguladores no manejan fuertes cantidades de este producto.

Normalmente, las cosechas de frijol, por provenir de pequeñas extensiones de terreno, no representan para el agricultor mayores problemas en su almacenamiento. Generalmente, es cosechado con una humedad de 16 a 17 por ciento, - aunque en las zonas de mayor precipitación pluvial contiene más del 20 por ciento de humedad. El grano es secado al sol por carecer los agricultores de equipo de secamiento adecuado y después es guardado en toneles o en sacos. En algunos

lugares como la zona oriental de Guatemala, usan pequeños silos de UNA tonelada más o menos, lo secan al 14 por ciento de humedad y lo guardan con impurezas (tallos, pedazos de hojas), las que actúan como retenedores de humedad. Al momento de la venta es limpiado por medios manuales. Por el contrario, las pérdidas por ataques de plagas (gorgojos), se presentan en magnitudes significativas, estimándose que sólo por esta causa las mismas alcanzan más del diez por ciento

Sin embargo, como se ha señalado, a nivel de Estado, el manejo y almacenamiento de fuertes cantidades de frijol ha representado problemas. Costa Rica y El Salvadar por ejemplo, en diversos periodos han efectuado y acumulado importaciones superiores a las 10.0 mil toneladas; y Honduras durante la catátrofe del huracán FIFI recibió donaciones por magnitudes de ese orden. Desafortunadamente, ninguno de los países dispone de una tecnología que le permita preservar la calidad del frijol en periodos más largos de almacenamiento; consecuencia de ello, las pérdidas por endurecimiento sufrido en estos granos almacenados, afectó fuertemente las economías de los Organismos Reguladores, las que alcanzaron cifras superiores al millón de dólares en cada país afectado.

Esta situación resulta preocupante por cuanto limita severamente la capacidad de los paísea para manejar Programas de RESERVAS DE CONTINGENCIA,

mecanismo que está tratando de concretarse a nivel nacional dentro de una estrategia regional, como un instrumento regulador del mercado de consumo. En efecto, con esa restricción es poco probable que los países opten por mantener inventarios permanentes de frijol, los que, sobre la base de requerimientos mínimos de UN mes del consumo, representarían cifras del orden mínimo de 4 000 TM para Guatemala, 3 000 TM para El Salvador, 3 000 TM para Honduras, 4 000 TM en Nicaragua, poco más de 1 000 TM en Costa Rica y cerca de 400 TM para Panamá.

Consecuencia de esta situación, los Organismos de Estabilización de los países, a través de diversas vías, han iniciado gestiones de colaboración técnica en la realización de estudios para encontrar sistemas de conservación del grano de frijol sin que se endurezcan, aun sometido a largos períodos de almacenamiento, así como la determinación de procedimientos a que pueden ser sometidos los granos endurecidos para ser utilizados en el consumo humano y para otros usos.

Concluyendo, podemos señalar que en los actuales sistemas de comercialización del frijol se manifiestan: a) Una proliferación de pequeños productores que no tienen capacidad de regateo y que por carecer de centros de contratación organizados en el lugar de origen, quedan dependientes en alto grado del camionero-comerciante. b) Deficiencias en la fase del comercio mayorista, etapa

que constituye una articulación básica entre la producción y el consumo, por lo que su ordenamiento es una condicionante para tornar más eficiente la primera etapa de este producto y más competitivas y económicas las acciones de abastecimientos del sector consumidor; c) Un comercio detallisto desorganizado, situación que afecta los abastecimientos pues generalmente se presenta un crecido número de pequeñas unidades de venta, con el agravante de que cuanto más pequeños son los volúmenes de venta, las utilidades o márgenes que recargan los comerciantes superan los costos de comercialización.

La acción efectiva de los Organismos Reguladores para ordenar las fases de comercialización de este producto, ya comentadas, están en gran medida condicionadas por la capacidad de los países de manejar contidades significativas de frijol. Frente a esta necesidad se presenta la limitante dada por el problema del endurecimiento del grano cuando se almacena por más de un período agrícola, situación que obviamente reduce la capacidad operativa de las entidades reguladoras del Estado.

A fin de tornar más eficientes los procesos de comercialización y abastecimiento del frijol y más efectiva la acción reguladora del Estado, sería recomendable: a) que los países se aboquen a la tarea de estudiar y determinar las causas y magnitud real de las pérdidas post-cosecha a fin de adoptar las

acciones que permitan superarlas; b) como un esfuerzo regional, se continúen las investigaciones en la búsqueda de un sistema económico de conservación del frijol almacenado por un largo período, sin que se endurezca; así como alternativas formas de utilización de los granos endurecidos, para consumo humano.

Cuadro 1

GUATEMALA: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION

(Toneladas Métricas)

Años	Producción 1/	Importaciones 2/	Exportaciones 2/	UTILIZACION			
				Semilla 3/	Mermas 4/	Consumo Humano	
						Total TM	Kg. p/cápita
1965/66	49 510	2 646	1 230	7 542	2 139	41 245	8.71
1966/67	44 146	1 854	2 569	8 646	1 834	32 951	6.76
1967/68	45 669	1 617	1 203	9 108	1 935	35 040	6.97
1968/69	65 642	1 831	979	11 094	2 793	52 607	10.17
1969/70	62 514	2 665	2 125	9 036	2 663	51 355	9.59
1970/71	64 768	3 011	1 577	10 614	2 847	52 741	9.55
1971/72	65 343	1 624	87	11 850	2 809	52 221	9.17
1972/73	58 563	1 304	13	6 798	2 514	50 542	8.61
1973/74	72 790	389	1	5 556	3 073	64 549	10.66
1974/75	59 285	7 346	107	5 862	2 794	57 868	9.27
1975/76	64 589	1 006	10	6 258	2 755	56 572	8.79
1976/77	40 590	1 846	58	8 088	1 780	37 510	5.66
1977/78	35 553	6 578	212	10 494	1 760	29 665	4.33
1978/79	80 537	14	957	11 238	3 343	65 013	9.22

1/ Fuente: Banco de Guatemala y Dirección General de Estadística.
2/ Dirección General de Estadística: Anuarios de Comercio Exterior. Incluídos movimientos de semilla.
3/ Calculado aplicando 60 kg. por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.
4/ 4.2% sobre Oferta Total: P + M - X. Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

Cuadro 2

EL SALVADOR: DISPONIBILIDAD DE FRIJOL PARA CONSUMO INTERNO

(Toneladas Métricas)

						UTILIZACION			
								Consumo Humano	
	Producción 1/	Importaciones 2/	Exportaciones 2/	Inventarios Iniciales 3/	Inventarios Finales 3/	Semilla 4/	Mermas 5/	Disponibilidad Total TM	Kg. per cáp
/66	20 800	13 496	1 738	258	672	1 583	1 157	29 404	9.3
/67	15 462	14 481	2 998	672	423	1 702	979	24 513	7.5
/68	17 486	15 493	910	423	543	1 898	1 150	28 901	8.5
/69	21 447	11 395	272	543	2 010	1 969	1 120	28 004	8.0
/70	26 287	6 237	15	2 010	1 486	2 163	1 170	29 700	8.2
/71	29 877	1 986	50	1 486	327	2 390	1 188	29 424	7.7
/72	34 500	333	280	327	3 399	2 383	1 133	27 965	7.3
/73	27 402	3 780	-	3 399	3 307	2 702	1 126	27 446	7.0
/74	37 476	3 076	-	3 307	1 233	3 080	1 534	38 010	9.4
/75	33 681	7 416	-	1 233	1 674	3 346	1 464	35 846	8.4
/76	39 643	3 028	51	1 674	15 543	3 167	1 035	24 549	5.1
/77	40 025	368	12	15 543	13 335	3 180	1 533	37 876	8.
/78	34 224	1 268	19	13 335	11 886	3 600	1 330	32 012	7.
/79	43 240	...	162	11 886	...	...	...	...	.

Estadísticas Agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería
Dirección General de Estadística: Anuarios de Comercio Exterior.
Ministerio de Planificación, Indicadores Económicos y Sociales.
Calculado aplicando 60 Kg. por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.
3.6% sobre oferta total: P + M - X ± Inventarios Netos. Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico C troamericano. SIECA, 1975.

Cuadro 3

HONDURAS: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION

(Toneladas Métricas)

Años	Producción 1/	Importaciones 2/	Exportaciones 2/	UTILIZACION			
				Semilla 3/	Mermas 4/	Consumo Humano.	
						Total TM	Kg. p/cápita
1965/66	58 200	731	16 505	4 296	2 121	36 009	15.43
1966/67	52 800	109	16 646	4 776	1 813	29 674	12.33
1967/68	54 800	61	21 778	5 124	1 654	26 305	10.61
1968/69	61 300	48	17 813	4 362	2 177	36 996	14.47
1969/70	54 600	4	9 268	4 362	2 267	38 707	14.67
1970/71	48 000	5	12 388	4 380	1 780	29 457	10.82
1971/72	54 700	4	10 842	4 368	2 193	37 301	13.26
1972/73	49 800	172	989	3 678	2 449	42 856	14.76
1973/74	41 900	97	6 133	4 032	1 793	30 039	10.02
1974/75	51 800	387	3 373	3 984	2 441	42 389	13.70
1975/76	47 500	156	1 353	3 624	2 315	40 364	12.60
1976/77	43 000	156	2 316	3 648	2 042	35 150	10.59
1977/78	43 100	175	80	3 642	2 160	37 393	10.87
1978/79	44 500	295	30	3 600	2 238	38 927	10.93

1/ Banco Central de Honduras.
2/ Dirección de Estadística y Censos, Anuarios de Comercio Exterior
3/ Calculado aplicando 60 kg. por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.
4/ 5.0% sobre oferta total: P + M - X. Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

Cuadro 4

NICARAGUA: DISPONIBILIDADES DE FRIJOL PARA CONSUMO INTERNO

(Toneladas Métricas)

						UTILIZACION			
								Consumo Humano	
	Producción 1/	Importaciones 2/	Exportaciones 2/	Inventorios Iniciales 4/	Inventarios Finales 4/	Semilla 3/	Mermas 5/	Disponibilidad Total TM	Kg. per cápit
6	49 045	455	4 442	...	...	3 378	1 937	39 743	22.61
7	52 537	1 502	1 794	...	...	3 522	2 246	46 477	25.66
8	55 168	1 370	4 648	...	...	3 576	2 231	46 083	24.71
9	56 033	1 527	4 680	...	...	2 454	2 274	48 154	25.08
0	31 708	1 828	5 982	...	...	2 820	1 185	23 549	11.95
1	36 349	1 392	10 859	...	...	2 940	1 156	22 786	11.20
2	37 674	3 052	9 306	...	...	2 412	1 351	27 657	13.1
3	28 626	3 602	25	...	...	2 838	1 385	27 980	12.8
74	34 164	3 348	1 055	566	1 826	3 936	1 514	29 747	13.2
75	46 584	1 419	1 783	1 826	21 473	3 390	1 143	22 040	9.2
76	44 270	99	3 039	21 473	18 763	4 080	1 894	38 066	16.3
77	54 156	109	48	18 763	20 769	3 720	2 245	46 252	18.6
78	41 165	837	864	20 769	11 210	4 020	2 180	44 497	17.4
79	55 500	979	3 907	11 210	12 264	3 174	2 215	46 12	17.4

Banco Central: Boletines Anuales del Departamento de Estudios Económicos
Dirección de Estadística: Anuarios de Comercio Exterior. Incluidos movimientos de semilla
Calculado aplicando 60 Kg por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente
Informes Anuales Banco Central
4.3% sobre oferta total: $P + M - X \pm I$. Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

Cuadro 5

COSTA RICA: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION

(Toneladas Métricas)

Años	Producción 1/	Importaciones 2/	Exportaciones 2/	UTILIZACION			
				Semilla 3/	Mermas 4/	Consumo Humano	
						Total TM	Kg./cápita
1965/66	21 004	4 690	94	4 056	1 633	19 911	13.18
1966/67	16 953	7 414	50	3 810	997	19 510	12.49
1967/68	15 778	14 129	13	3 360	1 226	25 308	15 [illegible]
1968/69	11 058	8 425	62	3 018	796	15 607	9.[illegible]
1969/70	15 296	16 124	1	2 034	1 288	28 575	16.5[illegible]
1970/71	12 024	16 602	1	1 368	1 174	26 083	14.69
1971/72	8 925	11 179	26	450	823	18 804	10.25
1972/73	14 203	5 774	106	432	815	18 624	9.97
1973/74	11 031	33 089	1	2 130	1 809	42 898	22.39
1974/75	13 750	4 745	-	2 130	758	16 482	8.38
1975/76	16 212	17	-	1 656	665	14 295	7.03
1976/77	14 059	188	80	1 452	581	12 134	5.88
1977/78	14 010	377	79	1 314	587	12 330	5.84
1978/79	11 321	5 114	-	1 480	674	14 281	6.61

1/ Banco Central de Costa Rica.
2/ Dirección de Estadística y Censos, Anuarios de Comercio Exterior.
3/ Calculado aplicando 60 kg. por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.
4/ 4.1% sobre la oferta total: P + M - X. Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

Cuadro 6

PANAMA: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION

(Toneladas Métricas)

Años	Producción 1/	Importaciones 2/	Exportaciones 2/	UTILIZACION			
				Semilla 3/	Mermas 4.9%	Consumo Humano	
						Total TM	Kg. p/cápita
1965/66	7 000	2 030	-	1 254	442	7 334	5.65
1966/67	7 089	1 483	-	1 074	369	7 129	5.36
1967/68	5 980	2 140	18	996	398	6 708	4.89
1968/69	5 115	1 964	-	1 014	347	5 718	4.04
1969/70	5 340	2 396	92	816	375	6 453	4.41
1970/71	3 344	2 613	-	720	292	4 943	3.34
1971/72	3 354	2 021	-	618	263	4 494	2.95
1972/73	3 165	2 470	-	726	275	4 616	2.94
1973/74	3 547	1 729	-	966	258	4 052	2.50
1974/75	4 112	2 279	-	996	313	5 082	3.05
1975/76	4 255	1 077	-	936	261	4 135	2.40
1976/77	3 344	2 009	-	888	262	4 203	1.03
1977/78	4 089	1 955	-	780	296	4 968	2.72
1978/79	3 312	3 424	-	780	330	5 626	3.04

1/ Dirección de Estadística y Censos, Panamá en Cifras.

2/ Dirección de Estadística y Censos, Anuarios de Comercio Exterior de Panamá: 1965/66 a 1971/72; Foreign Agriculture Circular, Mayo 1980, 1972/73 a 1978/79.

3/ Calculado aplicando 60 kg. por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.

Cuadro 7

REPUBLICA DOMINICANA: OFERTA INTERNA

(Toneladas Métricas)

Años	Producción 1/	Importaciones 2/	UTILIZACION			
			Semilla 3/	Merma 4.9%	Consumo Humano	
					Total TM	Kg. p/ cópita
1967/68	23 370	3 047	1 810	1 294	23 313	5.73
1968/69	24 650	2 955	1 900	1 353	24 352	5.80
1969/70	26 000	7 934	2 100	1 663	30 174	6.95
1970/71	28 900	4 995	2 300	1 660	29 935	6.67
1971/72	32 100	9 376	2 600	2 032	36 844	7.95
1972/73	35 600	3 199	2 900	1 901	33 998	7.10
1973/74	39 600	10 058	2 600	2 433	44 025	8.89
1974/75	44 000	4	2 500	2 156	39 348	7.69
1975/76	36 000	9 827	2 700	2 245	40 882	7.72
1976/77	39 000	5 652	2 700	2 188	39 764	7.27
1977/78	38 000	3 448	2 820	2 031	36 597	6.47
1978/79	33 000	6 765	2 800	1 944	34 931	5.97

1/ FAO: Boletines Mensuales años: 1967/68, 1969/70, 1974/75 a 1978/79. Años restantes calculados por interpolación.

2/ Foreign Agricultural Trade Statistical Report, US Department of Agriculture y Foreign Agriculture Circular, US Department of Agriculture.

3/ Calculado aplicando 60 kg. por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.

Cuadro 8

HAITI: OFERTA INTERNA

(Toneladas Métricas)

Años	Producción	Importaciones 2/	UTILIZACION			
			Semilla 3/	Merma 4.9%	Consumo Humano	
					Total TM	Kg.p/cápita
1967/68	41 000	90	5 580	2 013	33 916	7.71
1968/69	41 000	-	5 580	2 009	33 411	7.45
1969/70	41 000	-	5 580	2 009	33 411	7.26
1970/71	40 500	1	5 400	1 985	33 116	7.03
1971/72	40 000	-	5 400	1 960	32 640	6.78
1972/73	39 000	11	5 400	1 912	31 699	6.44
1973/74	43 000	-	5 400	2 107	35 493	7.04
1974/75	44 000	31	5 400	2 157	36 474	7.07
1975/76	44 000	56	4 800	2 159	37 097	7.05
1976/77	46 000	300	6 060	2 269	37 971	7.02
1977/78	40 000	218	6 060	1 970	32 188	5.82
1978/79	37 000	309	6 060	1 820	29 426	5.19

1/ FAO: Boletines Mensuales de Economía y Estadísticas Agrícolas: años 1967/68, 1969/70 y 1972/73 a 1978/79. Años restantes, calculados por interpolación.

2/ Fuente: Foreign Agriculture Circular, US. Department of Agriculture

3/ Calculado aplicando 60 kg. por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.

Cuadro 9

FRIJOL: PRODUCCION MUNDIAL

(1000 Toneladas Métricas)

Países	1961/65	1969/71	1975	1979
Total Mundial	9 956	12 377	12 631	14 781
Africa	873	1 108	1 184	1 285
Asia	3 989	5 619	5 753	7 545
China	1 294	2 460	2 179	4 000
India	1 815	2 152	2 599	2 400
Resto Asia	880	1 007	975	1 145
Europa	914	846	712	699
América	4 117	4 727	4 934	5 192
Brasil	1 927	2 366	2 271	2 187
México	761	894	1 027	1 056
U.S.A.	833	790	790	937
Resto de países	596	677	846	1 012
Oceanía	1	1	3	5
U.R.S.S.	62	75	45	80

Fuente: FAO.

Cuadro 10

GUATEMALA: PRECIOS DE FRIJOL NEGRO

(US Dólares por kilo)

Años	Productor 1/	Por Mayor 2/	Consumidor 1/	Indice precios al consumidor 1975=100 3/	Oficiales de Garantía 4/
1965	0.212	...	0.240	...	-
1966	0.192	...	0.210	62.2	-
1967	0.202	...	0.230	62.5	-
1968	0.223	...	0.260	63.7	-
1969	0.210	0.220	0.230	65.0	0.152
1970	0.254	0.258	0.300	66.6	0.148
1971	0.215	0.201	0.230	66.3	0.174
1972	0.213	0.220	0.240	66.6	0.183
1973	0.257	0.298	0.350	76.2	0.196
1974	0.291	0.345	0.430	88.4	0.326
1975	0.357	0.380	0.460	100.0	0.413
1976	0.323	0.347	0.390	110.7	0.284
1977	0.435	0.443	0.500	124.6	0.278
1978	0.491	0.519	0.630	134.5	0.363
1979		0.459	0.560	150.0	0.363

1/ Dirección General de Estadística
2/ Dirección General de Estadística, SIECA y Banco de Guatemala.
3/ Dirección General de Estadística, Banco de Guatemala y Cálculos por cambio de base.
4/ INDECA. Precio para Oriente, Altiplano Central y Sur-Occidente.

Cuadro 11

EL SALVADOR: PRECIOS DE FRIJOL ROJO

(US Dólares por kilo)

Años	Productor 1/	Por Mayor 2/	Consumidor 2/	Indice precios al consumidor 1975=100 3/	Oficiales de Garantía 4/
1965	...	...	0.196	92.9	-
1966	...	...	0.207	91.8	-
1967	0.213	...	0.257	93.2	0.157
1968	0.212	...	0.265	95.6	0.191
1969	0.220	0.229	0.253	95.4	0.174
1970	0.285	0.303	0.363	98.1	0.230
1971	0.258	0.266	0.330	98.4	0.230
1972	0.174	0.234	0.290	100.0	0.217
1973	0.345	0.373	0.383	106.4	0.243
1974	0.259	0.470	0.530	124.4	0.522
1975	0.300	0.436	0.530	148.1	0.557
1976	...	0.418	0.487	158.6	0.562
1977	...	0.510	0.548 a/	177.3	0.565
1978	...	0.574	...	200.8	0.600
1979	...	0.448	...	...	0.600

1/ Calculados con base en datos del Banco Central
2/ Instituto Regulador de Abastecimientos: IRA y SIECA.
3/ Dirección de Estadística y Censos y cálculos por cambio de base.
4/ IRA: Precios para calidad 1.
a/ Preliminares

Cuadro 12

HONDURAS: PRECIOS DE FRIJOL ROJO

(US Dólares por kilo)

Años	Productor 1/	Por Mayor 2/	Consumidor 1/	Indice precios al consumidor 1975=100 3/	Oficiales de Garantía 4/
1965	...	...	0.162	68.5	0.158
1966	0.168	...	0.205	69.8	0.114
1967	0.171	...	0.198	71.1	0.114
1968	0.179	...	0.196	73.1	0.141
1969	0.174	0.166	0.186	74.4	0.141
1970	0.183	0.194	0.237	75.8	0.130
1971	0.182	0.167	0.245	78.6	0.152
1972	0.185	0.178	0.196	82.7	0.152
1973	0.193	0.283	0.300	93.3	0.147
1974	0.201	0.269	0.326	100.0	0.152
1975	0.207	0.284	0.347	106.0	0.207
1976	0.212	0.285	0.337	117.5	0.228
1977	0.234	0.405	0.456	125.3	0.272
1978	0.245	0.450	0.500	134.8	0.315
1979	...	0.404	0.530	...	0.326

1/ Banco Central de Honduras
2/ Banco Central de Honduras e IHMA
3/ Banco Central de Honduras y cálculos por cambio de base
4/ Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola (IHMA), Precios promedia.

Cuadro 13

NICARAGUA: PRECIOS DE FRIJOL ROJO

(US Dólares por kilo)

Años	Productor 1/	Por Mayor 1/	Consumidor 1/	Indice precios al consumidor 1975=100 2/	Oficiales de Garantía 3/
1965	...	...	0.178	55.0	0.194
1966	...	...	0.194	57.8	0.186
1967	0.148	...	0.259	62.1	0.186
1968	0.150	...	0.223	60.5	0.186
1969	0.159	0.188	0.216	61.0	0.199
1970	0.212	0.279	0.310	62.7	0.212
1971	0.238	0.239	0.275	67.9	0.238
1972	0.248	0.250	0.333	69.1	0.248
1973	0.326	0.338	0.385	89.5	0.326
1974	0.431	0.437	0.510	100.0	0.431
1975	0.424	0.453	0.510	101.8	0.396
1976	0.340	0.382	0.490	104.7	0.340
1977	0.423	0.482 a/	0.544 a/	116.6	0.423
1978	0.445	0.520	...	121.9	0.342 b/
1979	...	...	...	...	...

a/ Preliminar. b/ Precio oficial.
1/ Banco Central de Nicaragua
2/ Banco Central de Nicaragua y cálculos por cambio de base
3/ Banco Central, Valores promedios de compra.

Cuadro 14

COSTA RICA: PRECIOS DE FRIJOL NEGRO

(US Dólares por kilo)

Años	Productar 1/	Por Mayor 2/	Consumidor 2/	Indice precios al consumidor 1975=100 3/	Oficiales de Garantía 1/
1965	0.171	...	0.243	...	0.180
1966	0.155	...	0.247	...	0.147
1967	0.164	...	0.280	...	0.197
1968	0.179	...	0.280	49.1	0.196
1969	0.186	0.213	0.260	50.4	0.174
1970	0.180	0.290	0.335	52.7	0.246
1971	0.207	0.281	0.330	54.3	0.245
1972	0.200	0.259	0.310	56.8	0.245
1973	0.345	0.295	0.316	65.5	0.490
1974	0.424	0.410	0.510	85.2	0.575
1975	0.525	0.581	0.700	100.0	0.571
1976	0.530	0.548	0.670	103.5	0.571
1977	0.528	0.605	0.670	107.8	0.565
1978	0.530	0.587	...	...	0.582
1979	...	...	...	...	...

1/ Banco Central de Costa Rica.
2/ Dirección de Estadística y Censos, Anuarios Estadísticos
3/ Banco Central y cálculos por cambio de base.

Cuadro 15

PANAMA: PRECIOS DE FRIJOL COLORADO (o CHIRICANO)

(US Dólares por kilo)

Años	Productor 1/	Por Mayor 1/	Consumidor 1/	Indice Precios al consumidor 1975 = 100 2/
1965	0.232		0.439	65.3
1966	0.194	0.196	0.448	65.4
1967	0.195	0.215	0.450	66.3
1968	0.223	0.221	0.478	67.3
1969	0.228	0.280	0.521	68.5
1970	0.241	0.250	0.456	70.7
1971	0.238	0.254	0.446	72.1
1972	0.257	0.264	0.417	75.9
1973	0.283	0.322	0.608	81.1
1974	0.449			94.8
1975	0.492	...	...	100.0
1976	0.325	...	...	104.0
1977	0.353	...	...	108.7
1978	0.419	...	...	113.3

1/ Dirección de Estadística y Censos: Estadística Panameña y Panamá en Cifras.
2/ Dirección de Estadística y Censos y Cálculos por cambio de bas.

CONSUMOS PER CAPITA DE FRIJOL
(Kilos por persona)

Países	Quinquenios		
	1965/69	1970/75	1975/76
Guatemala	8.44	9.45	7.00
El Salvador	8.20	8.10	7.93
Honduras	13.50	12.51	11.25
Nicaragua	22.00	11.94	17.45
Costa Rica	13.44	13.14	6.34
Panamá	4.87	2.94	2.30
República Dominicana	6.16	7.66	6.86
Haití	7.47	6.87	6.27

Fuente: Cuadros del 1 al 8 del Anexo.

Incap 81–141

FRIJOL: PRECIOS MAXIMOS Y MINIMOS AL POR MENOR
(US$ por kilo)

País	Año	Máximo	Mínimo
Guatemala:	1967	0.30	0.17
	1976	0.43	0.37
El Salvador:	1967	0.33	0.19
	1976	0.63	0.43
Honduras:	1967	0.28	0.17
	1976	0.33	0.28
Nicaragua:	1967	0.33	0.21
	1976	0.55	0.45
Costa Rica:	1967	0.39	0.23
	1976	0.67	0.67[a]

a Precios de Venta del Consejo Nacional de Producción.

Fuente: SIECA.

Incap 81–142

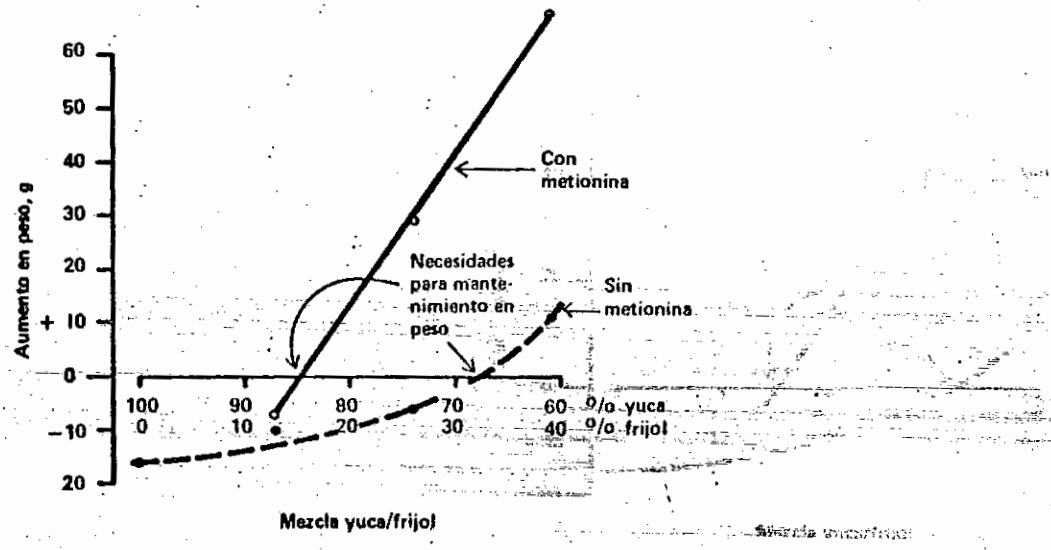
EFICIENCIA DE UTILIZACION DE LA TIERRA EN TERMINOS DE PROTEINA DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris)

	Digestibilidad de la proteína 64o/o	Digestibilidad de la proteína 84o/o
Rendimiento de frijol (kg/ha^{-1})	1000	1000
Rendimiento de proteína (kg/ha^{-1})	230	230
Proteína absorbida (kg/ha^{-1})	147	193
Proteína desperdiciada (kg/ha^{-1})	83	37
Frijol desperdiciado (kg/ha^{-1})	360	160
Tierra no utilizada eficientemente (o/o)	36	16

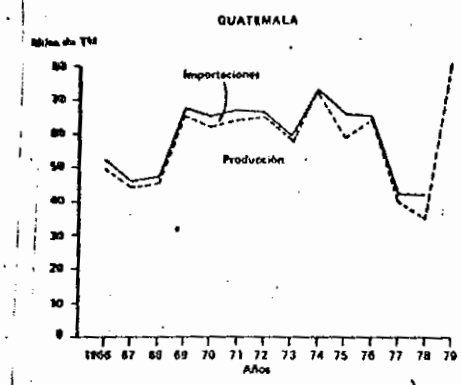
Fuente: Bressani, R. y L. G. Elías. Nutritional Value of Legume Crops for Humans and Animals. Advances in Legume Science (R. J. Summerfield and Bunting, eds.) H.M.S.O., London, P. 135-155, 1980.

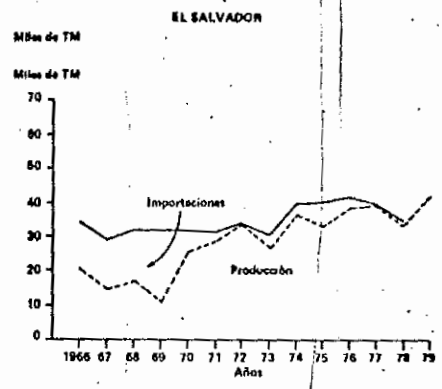
Incap 81–173

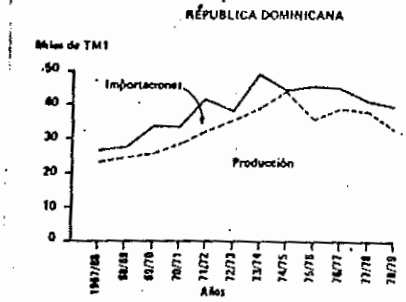
SIGNIFICADO NUTRICIONAL DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE LA PROTEINA DEL FRIJOL PARA DIETAS A BASE DE YUCA

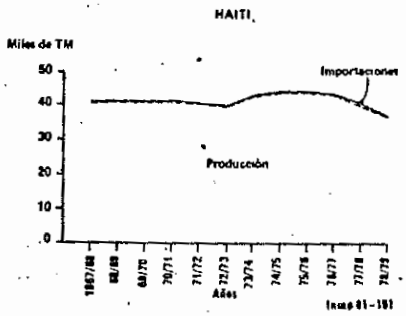


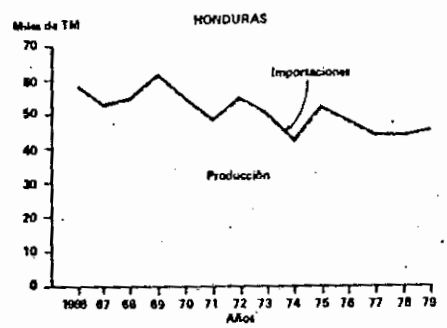
Incap 79–404

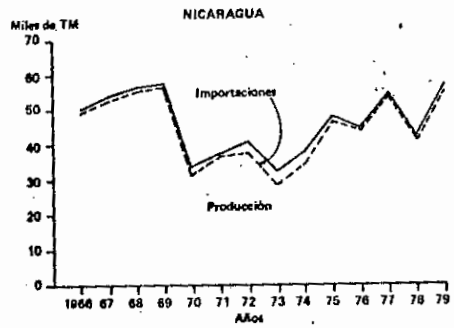

GUATEMALA
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años

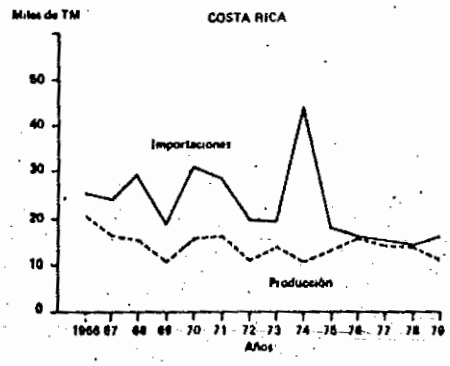

EL SALVADOR
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años

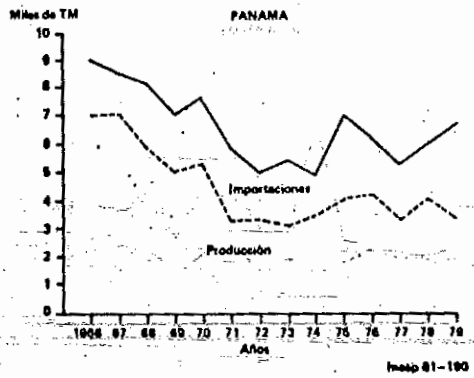

REPUBLICA DOMINICANA
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años


HAITI
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años

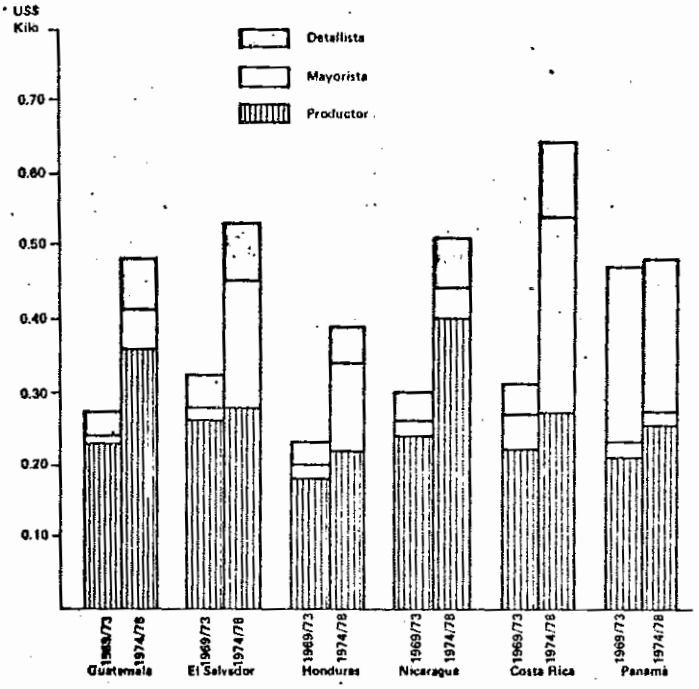

HONDURAS
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años


NICARAGUA
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años


COSTA RICA
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años


PANAMA
Miles de TM
Importaciones
Producción
Años

FRIJOL: MARGENES DE COMERCIALIZACION



Incap 81-189

EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A ALTA TEMPERATURA Y ALTA HUMEDAD SOBRE ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL FRIJOL*

Wilfredo Moscoso**

6620

INTRODUCCION.

Los frijoles almacenados bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa sufren un incremento en el tiempo requerido para su ablandamiento apropiado durante el proceso de cocimiento. Frijoles almacenados por 10 meses a 25°C y una humedad relativa del 65% sufren un aumento de 5 a 6 veces en el tiempo necesario para su ablandamiento (Morris, 1963). El problema es más evidente en las zonas tropicales donde existen condiciones normales de alta temperatura y humedad relativa.

Gloyer (1921) identificó dos problemas como causantes de la pérdida de la propiedad de ablandamiento de los frijoles:

a. Cáscara dura o impermeabilidad de la cáscara de los frijoles al agua. Los frijoles afectados por este problema sufren de rehidratación lenta lo cual afecta las propiedades de cocimiento y de germinación de las semillas.

b. Sclerema que es considerado como la impermeabilidad de los cotiledones al agua debido a cambios enzimáticos que ocurren durante el almacenamiento. Como resultado, los frijoles pierden la propiedad de ablandamiento requiriendo más tiempo de cocimiento que los frijoles normales.

El siguiente trabajo analiza los factores conocidos, tanto físicos como químicos, que inciden en la ocurrencia de ambos problemas.

---

* Presentado al Simposium sobre Endurecimiento del Frijol, en la XXVII Reunión Anual del PCCMCA. Santo Domingo, Rep. Dominicana. 23-27 de marzo de 1981.

ABSORCION DE AGUA.

De acuerdo a Gloyer (1921), las propiedades de absorción de agua de los frijoles secos es afectada por factores de variedad, clima, cultural y de almacenamiento. Almacenando frijoles secos en un cuarto caliente con una humedad relativa baja induce el problema de cáscara dura o impermeabilidad de la cáscara al agua (Gloyer, 1921). Crean y Hasiman (1963 a) encontraron que la impermeabilidad de la cáscara al agua se puede inducir secando guisantes de cáscara uniforme hasta un contenido de humedad menor del 15%. El cambio es reversible, si almacenamos los guisantes que son impermeables en un ambiente con una humedad relativa alta, estos se vuelven permeables a medida que su contenido de humedad aumenta. Un efecto similar fue reportado por Gloyer (1928) para diferentes variedades de frijoles.

La cáscara es la primera barrera a la penetración del agua y se espera que afecte la razón inicial de absorción de agua en los frijoles. Sefa-Dedah et al (1979 b) reportó diferencias en el espesor de la cáscara, hilum y micrópilo de cowpeas, las cuales determinan la razón de absorción de agua en diferentes variedades. De acuerdo a los datos, una cáscara fina, un hilum y micrópilo grandes favorecen una absorción rápida de agua.

Hamad y Powers (1965), Snyder (1936) y Varriano-Marston y De Omana (1979) reportaron una relación entre el contenido de pectinas de la cáscara y la razón de absorción de agua de los frijoles secos.

Se ha tratado de correlacionar las propiedades de absorción de agua con la textura de frijoles cocidos. Mejía (1979) y Sefa-Dedeh et al (1978) encontraron una relación negativa entre la absorción de agua de frijoles secos almacenados y sus propiedades de cocimiento. Sin embargo, Burr et al (1968) y Molina et al (1976) encontraron que frijoles secos, los cuales absorbían agua tan rápidamente como frijoles frescos, mostraron pérdidas en sus propiedades de cocimiento. Recientemente, Jackson y Varriano-Marston (1980) sugirieron que la pérdida en propiedades de cocimiento de los frijoles almacenados no depende de las propiedades de absorción de agua debido a que frijoles frescos y envejecidos muestran curvas de cocimiento paralelas cuando son remojadas a un mismo contenido de humedad antes del proceso de cocimiento.

La Fig. 1 presenta los resultados de la determinación de la propiedad de absorción de agua en diferentes muestras de frijoles rojos después de tres meses de almacenamiento bajo condiciones diferentes de temperatura y contenido de humedad (Moscoso, 1981). El patrón de absorción se caracterizó por una toma de agua rápida durante las primeras 6 a 12 horas cuando se llegó al punto de saturación. Se observa una relación entre el contenido inicial de humedad de los frijoles y las razones de absorción de agua durante la primera hora de remojo, así como la cantidad máxima de agua absorbida después de 12 horas de remojo.

Frijoles almacenados a 32°C y un contenido de humedad del 14.9% mostraron un incremento consistente en la cantidad de agua absorbida durante la primera hora de remojo a través de 9 meses

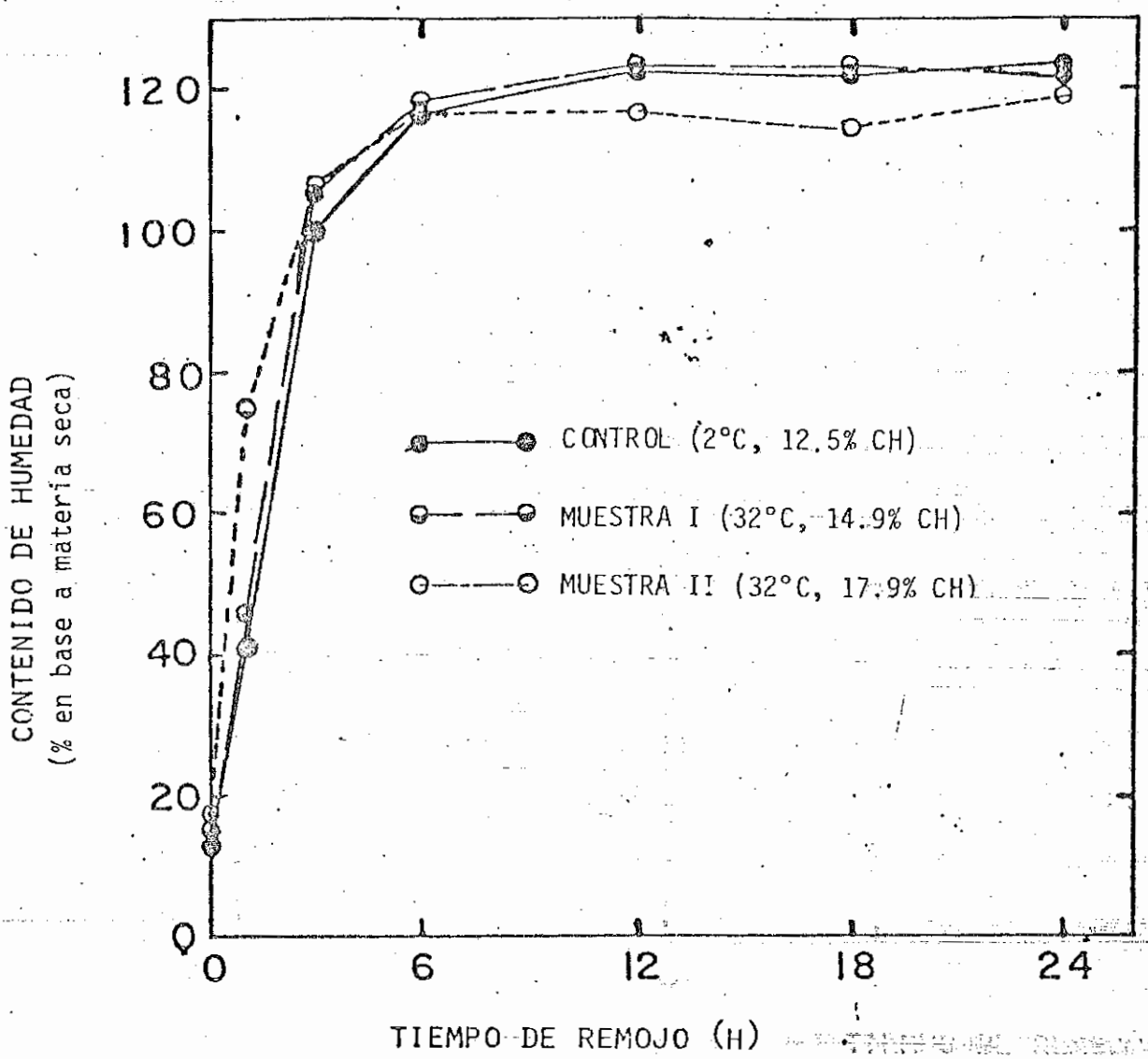


Fig. 1: Absorción de agua en frijoles secos después de tres meses de almacenamiento.

de almacenamiento (Fig. 2). Esto sugiere que cambios ocurridos durante el almacenamiento hacen la cáscara más permeable a la penetración de agua. Sin embargo, este punto requiere más investigación debido a que los cambios no fueron tan consistentes en las muestras almacenadas a 32°C y un contenido de humedad del 17.9% (Moscoso, 1981).

Moscoso (1981) encontró que la cantidad máxima de agua absorbida por los frijoles durante el remojo es afectada por el contenido inicial de agua y la temperatura de almacenamiento. Muestras almacenadas a 2°C mostraron absorción de agua constantes durante los 9 meses, mientras que las muestras almacenadas a 32°C mostraron un descenso gradual en la cantidad máxima de agua absorbida durante el mismo período. (Fig. 3).

PROPIEDADES DE COCIMIENTO.

Alta temperatura y humedad relativa durante el almacenamiento resultan en un incremento en el tiempo de cocimiento necesario para ablandar los frijoles, amarronamiento de las semillas, rancidez de las grasas y la aparición de sabores y olores indeseables (Burr et al, 1967; Hughes y Sandsted, 1975; Morris y Wood, 1956; Rockland y Metzler, 1967; Sefa-Dedeh et al, 1979 a). Sin embargo, Morris y Wood (1956) reportaron que frijoles almacenados con un contenido de humedad menor del 10% mantuvieron su calidad por 2 años a 77°F casi tan bien como una muestra control almacenada a -10°F.

La pérdida en la propiedad de cocimiento de los frijoles es atribuido a cambios enzimáticos o químicos que ocurren durante

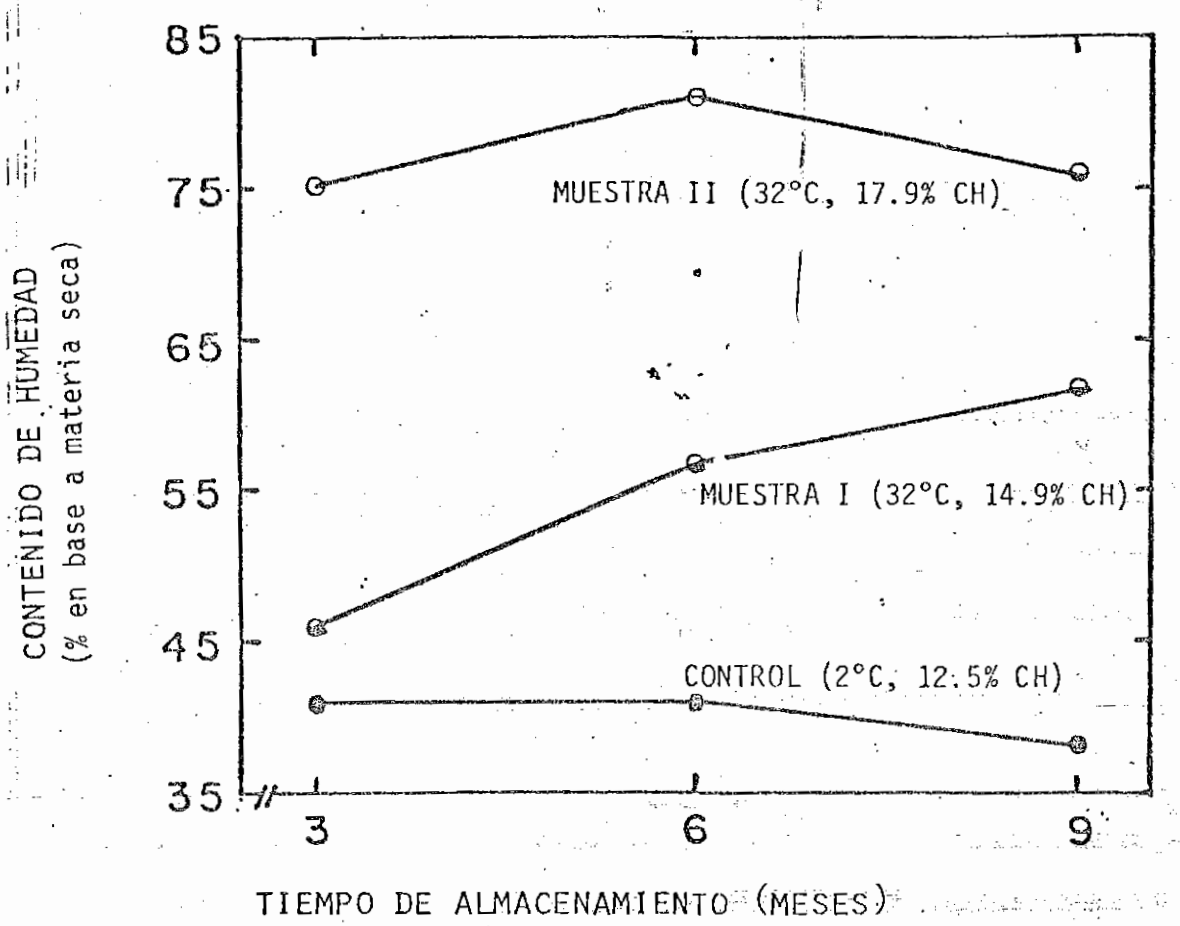


Fig. 2: Absorción de agua en frijoles después de una hora de remojo.

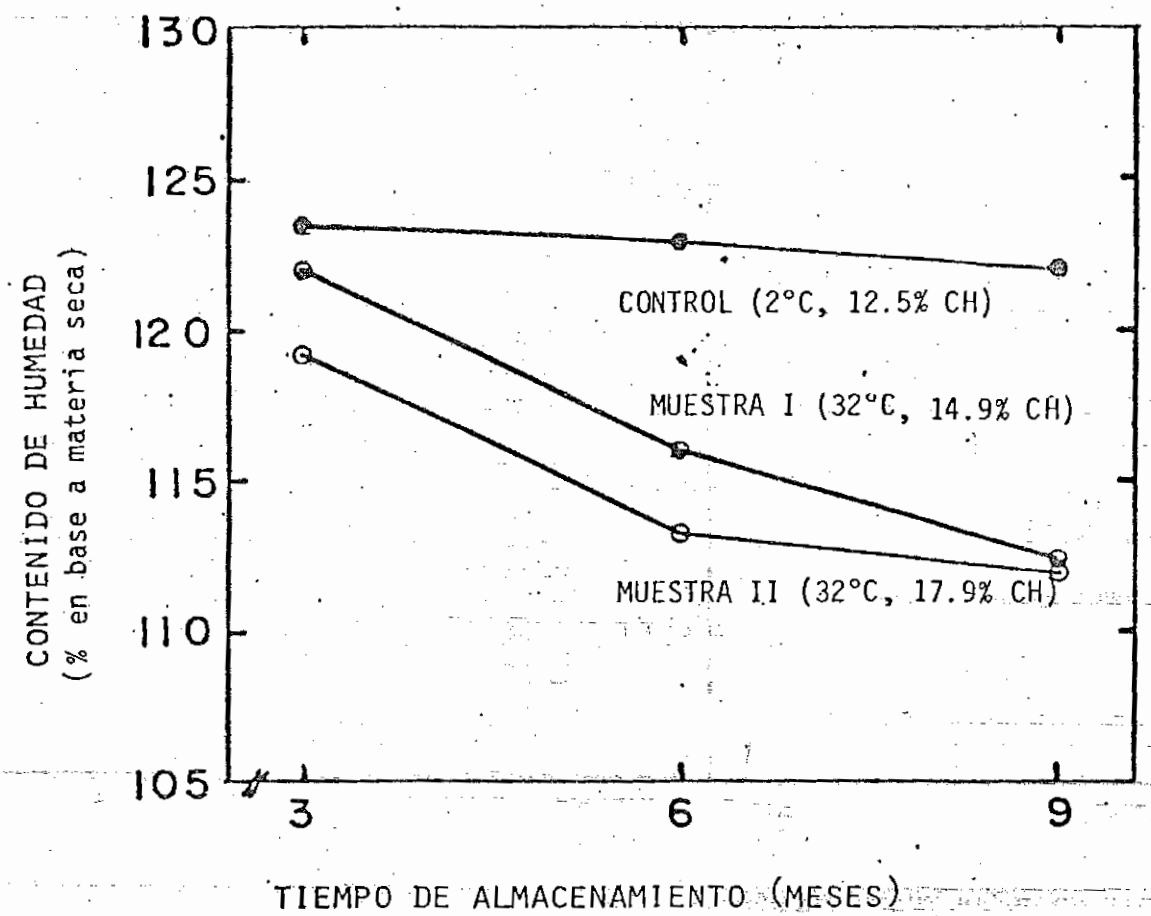


Fig. 3: Absorción de agua en frijoles después de 24 horas de remojo.

el almacenamiento. Mattson (1946) reportó que si los guisantes son remojados en agua durante 8 días, pierden totalmente la propiedad de ablandarse durante el cocimiento. Sin embargo, si los guisantes son hervidos por 10 minutos luego de remojarlos en agua por 4 horas, el remojo no tendrá ningún efecto y los guisantes se ablandarán tan bien como en su condición original siempre y cuando no haya filtración de solutos. Mattson et al (1950) atribuyó un incremento en el fosfato inorgánico en guisantes almacenados por 12 meses a 20°C y un contenido de humedad variable, al rompimiento hidrolítico del ácido fítico por la enzima fitasa. Un tratamiento térmico corto antes del almacenamiento evitó que frijoles negros se convirtieran en difíciles de cocinar (Molina et al, 1976) y fue efectivo en prevenir una reducción en el contenido de taninos de los frijoles durante el almacenamiento (Mejía, 1979). Por otra parte, Harman y Mattick (1976) reportaron una reducción en el contenido de los ácidos linoleico y linolénico en guisantes envejecidos por 10 semanas a 30°C y una humedad relativa del 92%.

Sefa-Dedeh et al (1979 a) sugirió que el proceso de ablandamiento durante el cocimiento de cowpeas frescos seguían reacciones cinéticas de primer orden, pero cowpeas almacenados a alta temperatura no siguieron el mismo patrón. Huang y Bourne (1980) encontraron que las razones de ablandamiento en guisantes verdes enlatados y frijoles secos durante el proceso de retorta, fueron consistentes con dos mecanismos cinéticos de primer orden simultáneos; mecanismo 1 que actúa sobre el substrato "a" considerado ser las substancias pécticas en la lamela media y el mecanismo 2

que actúa sobre el substrato "b" de composición química desconocida. Las razones constantes para el mecanismo 1 fueron 20 a 30 veces mayores que las razones constantes para el mecanismo 2.

Graficando las fuerzas de penetración promedio obtenidas en frijoles cocidos, los cuales habían sido almacenados por 3, 6 y 9 meses bajo condiciones diferentes de temperatura y contenido de humedad, en papel semilogaritmo, resulta en líneas rectas indicando que el proceso de ablandamiento sigue reacción cinética de primer orden (Figs. 4-6). El cuadro 1 muestra las razones aparentes de ablandamiento calculadas a partir de las inclinaciones de las líneas y sus respectivos coeficientes de correlación los cuales fueron mejor que -0.96 (Moscoso, 1981).

De acuerdo a los datos presentados por Moscoso (1981), un descenso en las razones de ablandamiento es evidente en ambas muestras almacenadas a 32°C. Los frijoles almacenados con un contenido de humedad del 17.9% mostraron un mayor descenso que los frijoles almacenados con un contenido de humedad del 14.9%. Se observa que los frijoles almacenados a 32°C y un contenido de humedad del 17.9% tuvo razones de cocimiento similares a 6 y 9 meses de almacenamiento. Aparentemente, los frijoles alcanzaron una razón de ablandamiento mínima luego de ser almacenadas por 6 meses. Los frijoles almacenados con un contenido de humedad del 14.9% mostraron una razón de ablandamiento intermedia, las cuales disminuyeron progresivamente durante el período de almacenamiento. Los resultados están de acuerdo con reportes anteriores de que temperatura y humedad relativa altas durante

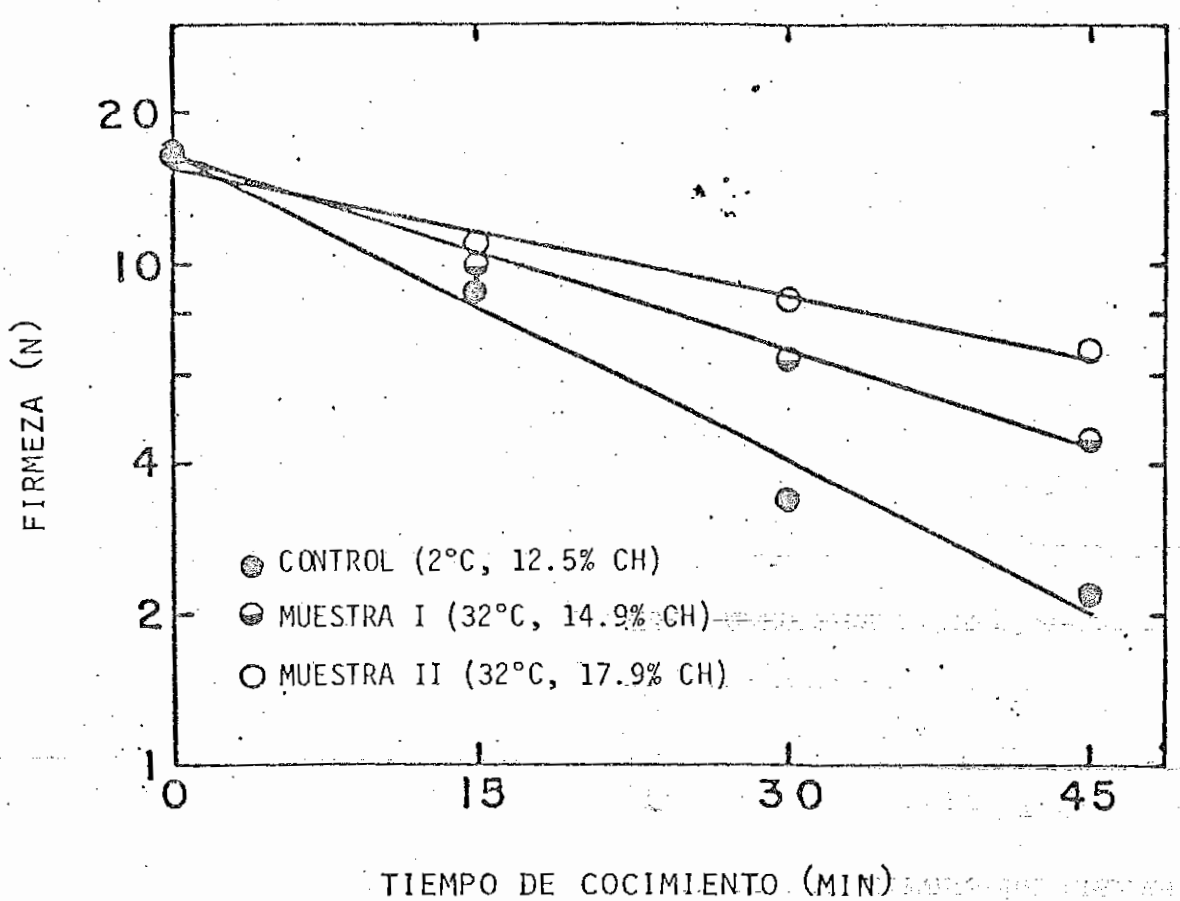


Fig. 4: Ablandamiento de los frijoles almacenados por tres meses.

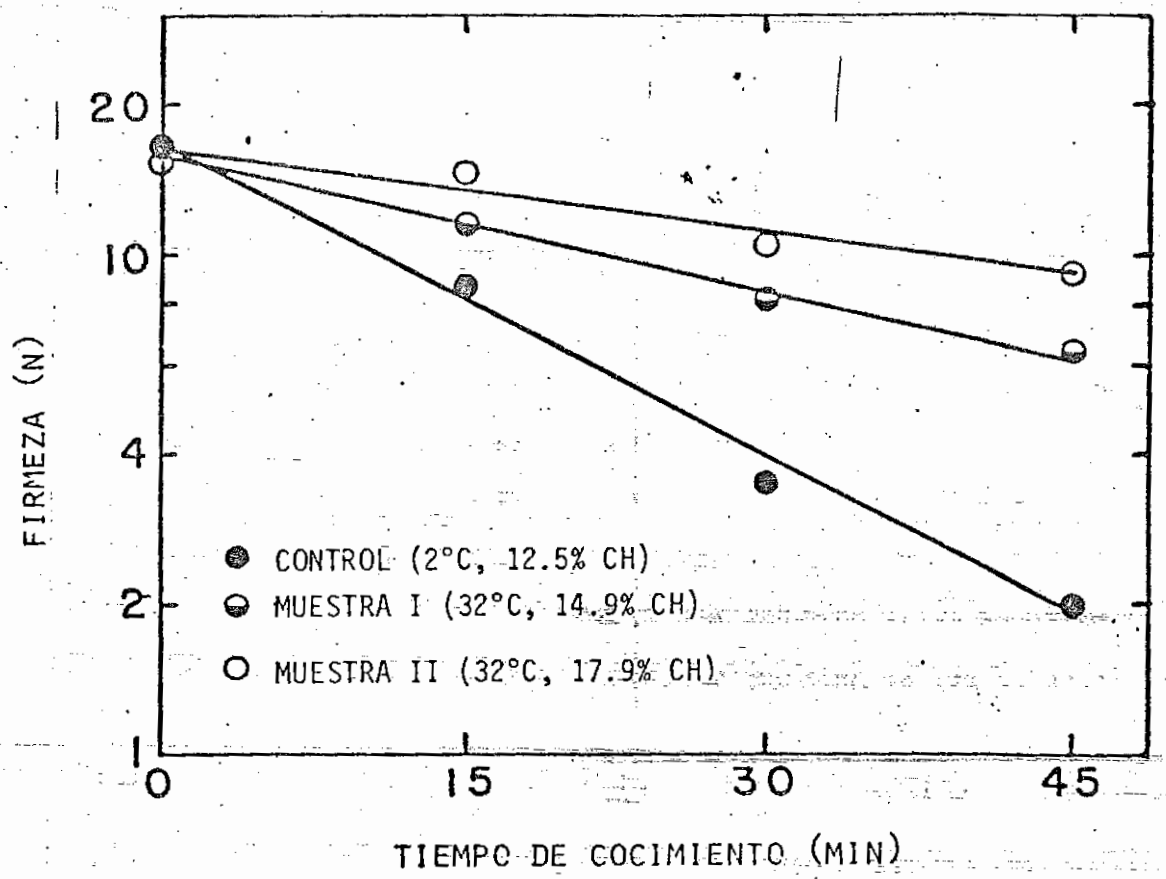


Fig. 5: Ablandamiento de los frijoles almacenados por seis meses.

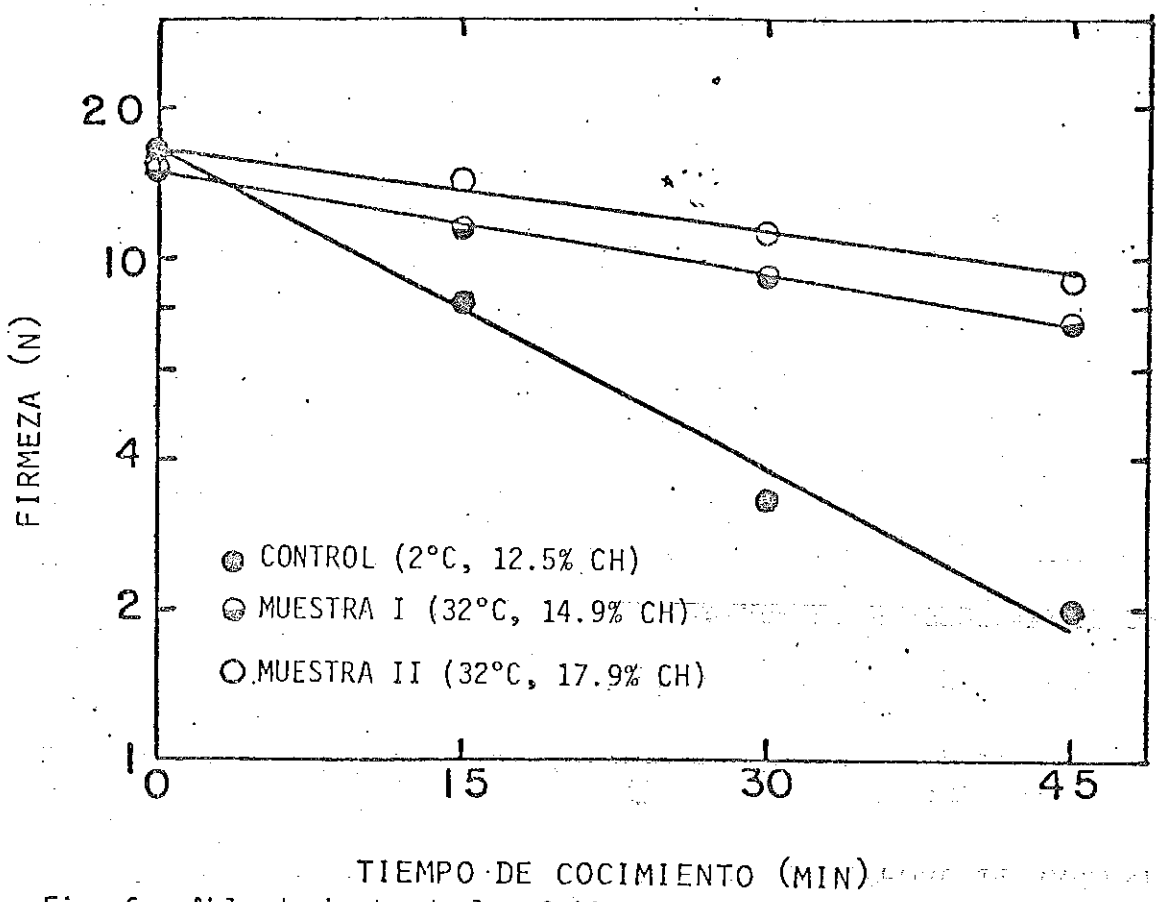


Fig. 6: Ablandamiento de los frijoles almacenados por nueve meses.

CUADRO 1: RAZONES CONSTANTES DE ABLANDAMIENTO APARENTE Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION PARA FRIJOLES ALMACENADOS.[1]

TIEMPO ALMACENAMIENTO (Meses)	CONTROL (2°C, 12.5% CH) RAZON CONSTANTE (min^{-1})	CONTROL (2°C, 12.5% CH) COEFICIENTE CORRELACION	MUESTRA I (32°C, 14.5% CH) RAZON CONSTANTE (min^{-1})	MUESTRA I (32°C, 14.5% CH) COEFICIENTE CORRELACION	MUESTRA II (32°C, 17.9% CH) RAZON CONSTANTE (min^{-1})	MUESTRA II (32°C, 17.9% CH) COEFICIENTE CORRELACION
3	0.0203	-0.99	0.0128	-1.00	0.0084	-0.99
6	0.0210	-1.00	0.0091	-1.00	0.0055	-1.00
9	0.0211	-0.99	0.0068	-1.00	0.0055	-0.98

1/ Correlación del tiempo de cocimiento con el logaritmo de la firmeza de los frijoles.

el almacenamiento causan un incremento en el tiempo requerido para ablandar los frijoles secos (Burr *et al*, 1968; Mattson *et al*, 1950; Morris, 1963).

Las razones constantes de ablandamiento mostraron una alta correlación negativa (r = -0.91) con el contenido de humedad de los frijoles remojados por una hora. Una relación inversa se observó luego de remojar por 24 horas cuando el coeficiente de correlación fue de 0.88 (Moscoso, 1981). Debido a que Jackson y Varriano-Marston (1980) mostraron que la pérdida en la propiedad de cocimiento de los frijoles almacenados no depende de las propiedades de absorción de agua, puede asumirse que mecanismos similares son responsables de cambiar las propiedades de absorció de agua y las razones de ablandamiento durante el cocimiento de los frijoles almacenados.

SUBSTANCIAS PECTICAS.

Kon (1980) sugirió que el ablandamiento de las leguminosas durante el cocimiento envuelve un intercambio de calcio presente en el insoluble pectato de calcio de las leguminosas con sodio y potasio presente en el soluble fitato de sodio y potasio. Estudios con el microscopio electrónico de la estructura celular en cotiledones de las habas revelan una disolución gradual de la lamela media durante el cocido. Cuando el tejido está completamente cocido la lamela media aparece completamente disuelta y se observa una separación de las células (Rockland y Jones, 1974) Poco rompimiento en la lamela media de cowpeas, los cuales fueron almacenados por 12 meses a 29°C y una humedad relativa del 80%

fue observada aún después de 90 minutos de cocimiento a 100°C por Sefa-Dedeh et al (1979 a). Esto implica que frijoles de fácil y difícil cocimiento difieren en la razón relativa a la cual la lamela media se rompe.

Cuando los materiales vegetales son cocidos, las protopectinas son parcialmente hidrolizadas a pectinas solubles en agua en proporción directa con la severidad del proceso de cocimiento (Doesburg, 1965). Las pectinas son consideradas como las substancias cementos que mantienen las células vegetales juntas y una medida de las substancias pécticas insolubles en agua, proporcionará información respecto a la fortaleza de las fuerzas de ligazón que mantienen las plantas celulares juntas.

Se ha sugerido que el proceso de ablandamiento de los frijoles secos depende de la razón de disolución de la lamela media (Rockland y Jones, 1974; Sefa-Dedeh et al, 1979 a). La razón de rompimiento de la protopectina durante el proceso de cocimiento puede ser estimada siguiendo cambios en el contenido de substancias pécticas insolubles en función del tiempo de cocimiento de los tejidos.

Una gráfica del logaritmo del contenido de las substancias pécticas insolubles en la cáscara y cotiledones versus el tiempo de cocimiento sugieren que la disolución de las substancias pécticas durante el cocimiento sigue reacciones cinéticas de primer orden (Moscoso, 1981). Las razones constantes aparentes calculadas a partir de las inclinaciones de las líneas están dadas en los cuadros 2 y 3 para las cáscaras y cotiledones, respectivamente. A pesar de que los resultados no fueron tan consistentes como aquellos de las razones

CUADRO 2: RAZONES CONSTANTES APARENTES PARA LA DISOLUCION DE LAS SUBSTANCIAS PECTICAS EN LA CASCARA Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION.[1]

TIEMPO ALMACENAMIENTO (Meses)	CONTROL (2°C, 12.5% CH) RAZON CONSTANTE (10^{-3}xmin^{-1})	CONTROL (2°C, 12.5% CH) COEFICIENTE CORRELACION	MUESTRA I (32°C, 14.9% CH) RAZON CONSTANTE (10^{-3}xmin^{-1})	MUESTRA I (32°C, 14.9% CH) COEFICIENTE CORRELACION	MUESTRA II (32°C, 17.9% CH) RAZON CONSTANTE (10^{-3}xmin^{-1})	MUESTRA II (32°C, 17.9% CH) COEFICIENTE CORRELACION
3	1.07	-0.86	0.73	-0.91	0.60	-0.95
6	0.89	-0.99	0.50	-0.92	0.44	-0.95
9	0.94	-0.94	0.48	-0.95	0.36	-0.97

1/ Correlación del tiempo de cocimiento con el logaritmo del contenido de substancias pécticas insolubles en agua.

CUADRO 3: RAZONES CONSTANTES APARENTES PARA LA DISOLUCION DE LAS SUBSTANCIAS PECTICAS EN EL COTILEDON Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION.[1]

TIEMPO ALMACENAMIENTO (Meses)	CONTROL (2°C, 12.5% CH) RAZON CONSTANTE (10^{-3}xmin^{-1})	CONTROL (2°C, 12.5% CH) COEFICIENTE CORRELACION	MUESTRA I (32°C, 14.9% CH) RAZON CONSTANTE (10^{-3}xmin^{-1})	MUESTRA I (32°C, 14.9% CH) COEFICIENTE CORRELACION	MUESTRA II (32°C, 17.9% CH) RAZON CONSTANTE (10^{-3} xmin^{-1})	MUESTRA II (32°C, 17.9% CH) COEFICIENTE CORRELACION
3	1.19	-0.99	0.51	-0.99	0.28	-0.94
6	0.85	-0.95	0.26	-0.93	0.11	-0.87
9	1.10	-0.95	0.28	-0.96	0.05	-0.80

1/ Correlación del tiempo de cocimiento con el logaritmo del contenido de substancias pécticas insolubles en agua.

de ablandamiento, se observa una aproximación muy buena a los datos experimentales como lo indican los coeficientes de correlación que en todos casos fueron mejores que -0.80 y muchas veces mejor que -0.94.

Las razones constantes de ablandamiento mostraron una alta correlación con las razones constantes para la disolución de las substancias pécticas en la cáscara y cotiledones (Fig. 7 y 8). Los datos indican que razones constantes rápidas de ablandamiento corresponden a razones constantes rápidas de disolución de las substancias pécticas durante el cocimiento (Moscoso, 1981).

Jackson y Varriano-Marston (1980) y Morris (1963) reportaron que la cáscara en frijoles frescos hacían una mayor contribución a las propiedades de cocimiento de los frijoles secos, mientras que los cotiledones jugaban un papel más predominante en la propiedad de cocimiento de los frijoles envejecidos. Los datos en los cuadros 2 y 3 soportan estas observaciones debido a que las razones constantes para la disolución de las substancias pécticas tanto en la cáscara como los cotiledones de los frijoles frescos y envejecidos mostraron diferencias que estaban relacionadas con las propiedades de cocimiento de los mismos. El avenag de las razones constantes para la disolución de las substancias pécticas fueron relativamente más altas en los cotiledones que en la cáscara de los frijoles almacenados a 2°C. Los valores correspondientes son 1.05 y 0.97 para los cotiledones y cáscaras, respectivamente. El efecto opuesto fue observado en la cáscara y cotiledones de las muestras almacenadas a 32°C y un contenido de humedad alto, donde las razones de disolución de las substanci

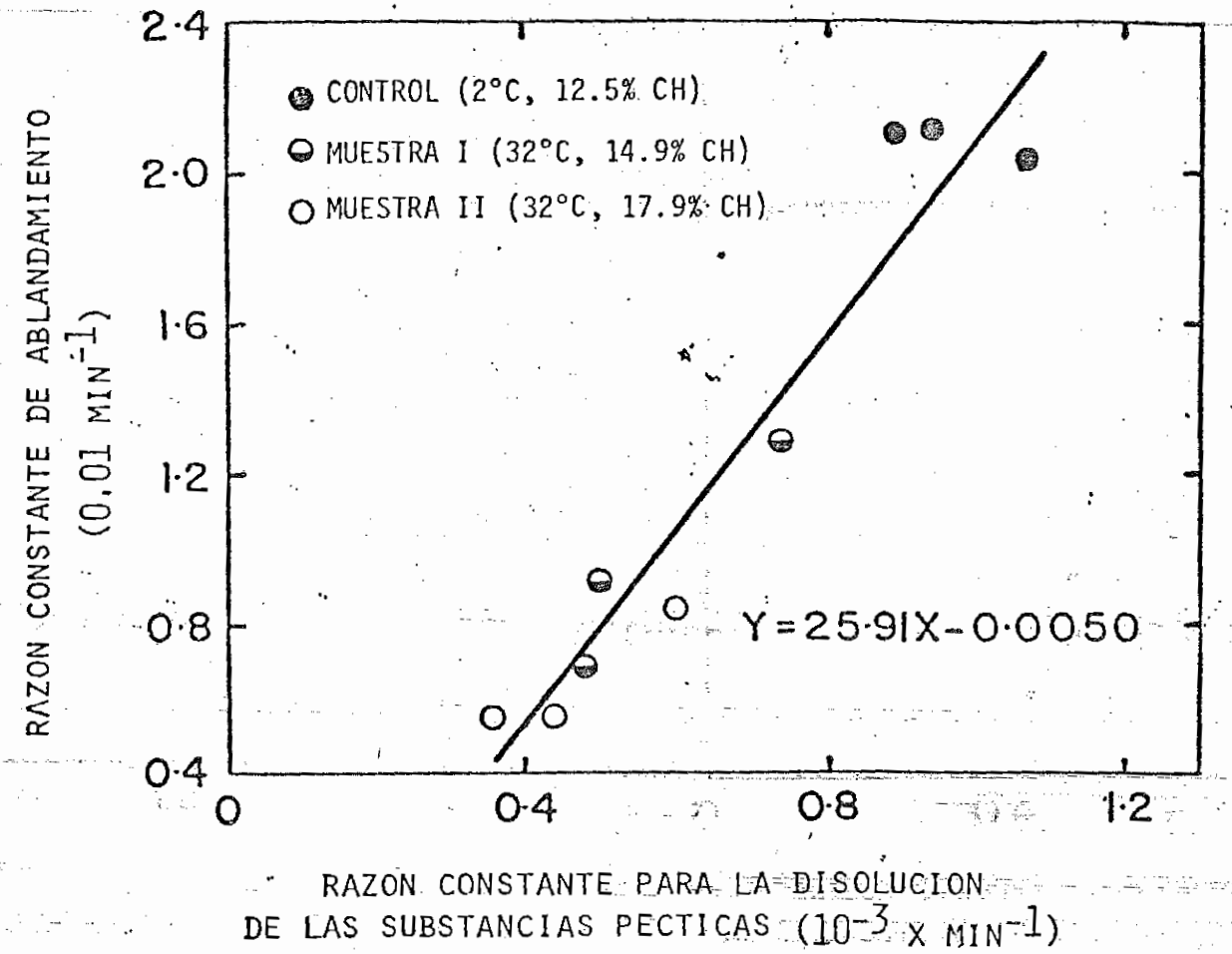


Fig. 7: Relación entre la razón constante de ablandamiento y la razón constante de disolución de las substancias pécticas en la cáscara.

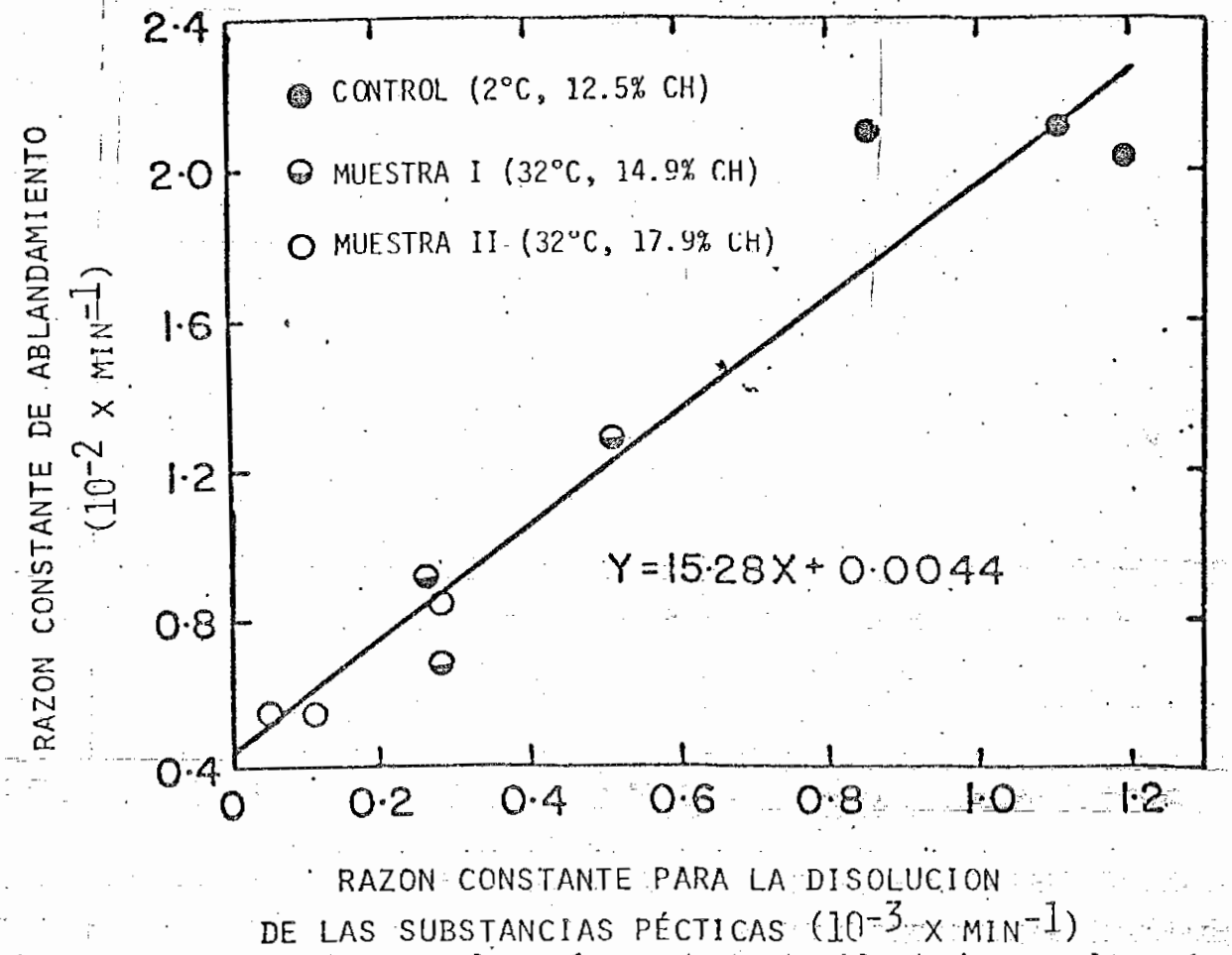


Fig. 8: Relación entre la razón constante de ablandamiento y la razón constante de disolución de las substancias pécticas.

pécticas en la cáscara fueron más alta que en los cotiledones.

ACIDO FITICO.

De acuerdo a Mattson et al (1950), la deterioración en la calidad de cocimiento de los guisantes secos durante su almacenamiento se debe al rompimiento hidrolítico del fitato por la enzima fitasa resultando en la formación de fosfato inorgánico, el cual no actúa como un precipitante de calcio y magnesio al PH de los guisantes. Haisman (1962) reportó que luego de remojar por 18 horas a 20°C, guisantes almacenados a 37°C y una humedad relativa del 75% durante 12 meses, resultó en una pérdida considerable de ácido fítico y los guisantes eran de difícil cocimiento. Por otra parte, guisantes de fácil cocimiento no experimentaron grandes pérdidas de ácido fítico durante el remojo. Pérdidas adicionales se observaron durante el proceso de cocimiento para ambas muestras, pero los guisantes de fácil cocimiento retuvieron cantidades relativamente mayores de ácido fítico.

Frijoles rojos almacenados bajo condiciones diferentes de temperatura y contenido de humedad mostraron diferencias en su contenido de fósforo del ácido fítico luego de ser remojados por 18 horas a 25°C. (Fig. 9). Los frijoles almacenados a 2°C no mostraron cambios significantes (al nivel del 5% de probabilidad) en su contenido de ácido fítico durante el almacenamiento. Sin embargo, los frijoles almacenados a 32°C y un contenido alto de humedad mostraron un descenso consistente en el contenido de ácido fítico, siendo la muestra almacenada con un contenido de humedad del 17.9% las que mostraron una mayor reducción (Moscoso, 1981).

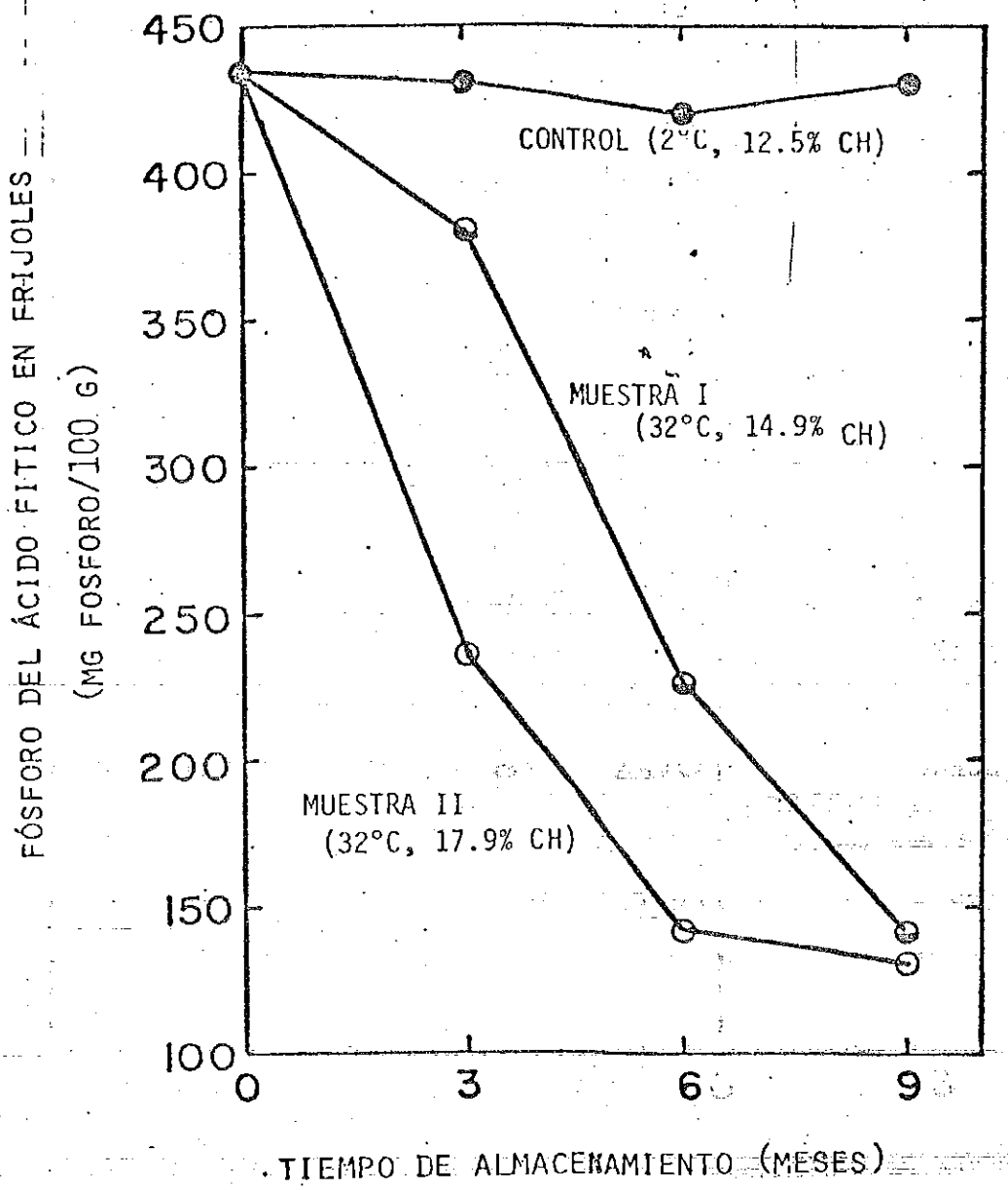


Fig. 9: Fósforo del ácido fitico en frijoles rojos remojados.

De acuerdo a los datos presentados por Moscoso (1981) un contenido de fósforo del ácido fítico de los frijoles remojados tiene una alta correlación con la razón de ablandamiento de los frijoles (r = 0.96), la razón constante para la disolución de las substancias pécticas en las cáscaras (r = 0.95) y los cotiledones (r = 0.92). Esto implica que un alto contenido de fósforo de ácido fítico en los frijoles favorece una razón rápida de ablandamiento y disolución de las substancias pécticas, haciendo los frijoles de más fácil cocimiento. Este punto se ilustra mejor haciendo una gráfica de la firmeza de los frijoles luego del cocimiento por 45 minutos versus el contenido de fósforo del ácido fítico en los frijoles remojados (Fig. 10). Una alta correlación negativa (r = -0.97) se observa indicando que mientras más alto sea el contenido de fósforo del ácido fítico de los frijoles, menor será la firmeza luego del cocimiento.

MINERALES.

De acuerdo a Mattson et al, (1950), los guisantes son más fáciles de ablandar a medida que la razón de cationes monovalentes a divalentes aumenta. A un contenido dado de ácido fítico los cationes afectan la propiedad de cocimiento en el orden K > Mg > Ca. Los frijoles secos son muy susceptibles a los iones de calcio y magnesio presentes en el agua de remojo o de cocimiento dando como resultado una pérdida en la propiedad de cocimiento (Crean y Haisman, 1963 b; Snyder, 1936). Aún el calcio y magnesio endógeno afectan adversamente la propiedad de cocimiento (Mattson, 1946; Quenser et al, 1978). Por otra parte, cationes monovalentes como el sodio y el potasio tienden a hacer

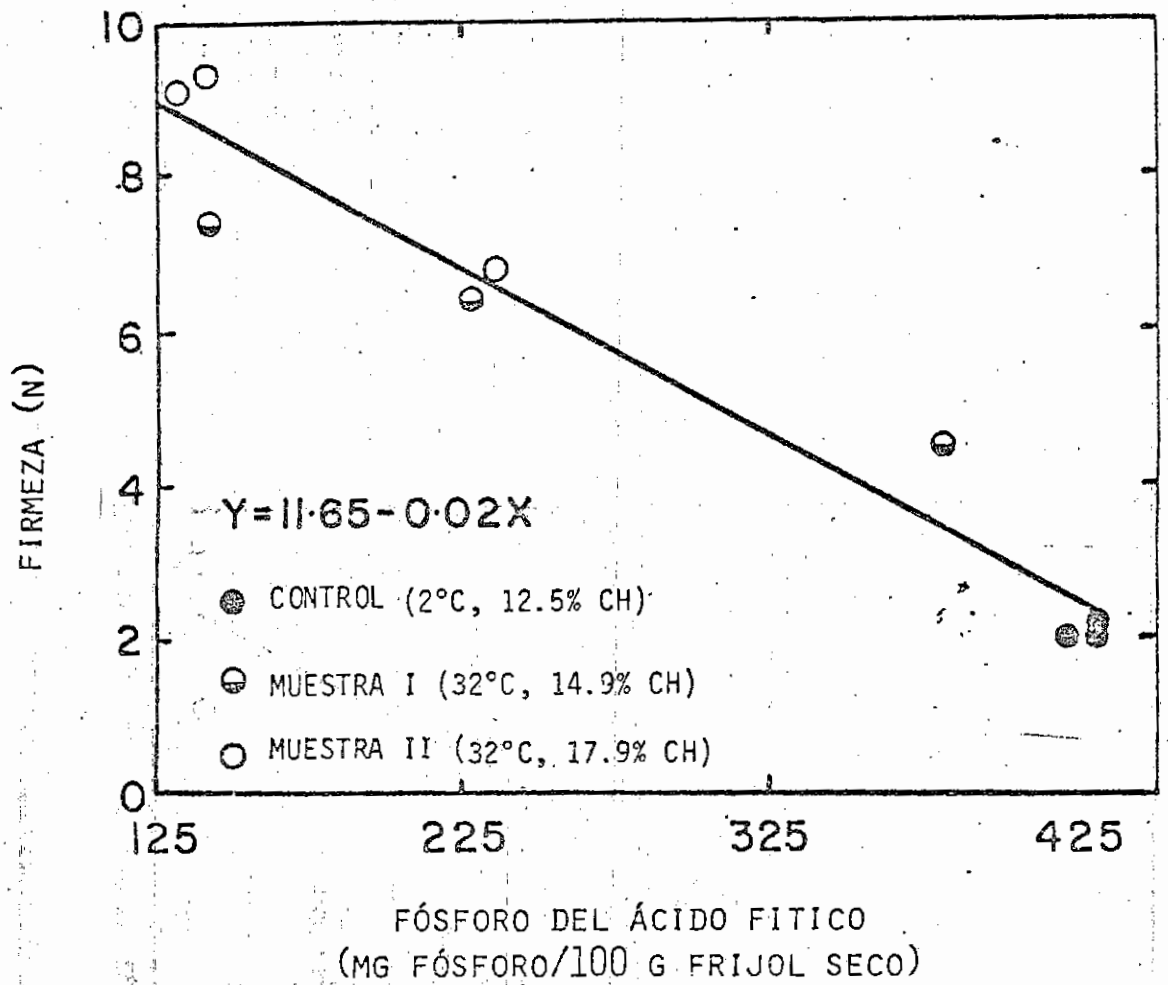


Fig. 10: Relación entre el fósforo del ácido fítico en frijoles remojados y la firmeza de los frijoles después de 45 min. de cocimiento.

los frijoles de más fácil cocimiento (Mattson, 1946; Rockland y Metzler, 1967; Snyder, 1936; Varriano-Marston y de Omana, 1979).

La cantidad de minerales perdidos durante el remojo aumenta a medida que los frijoles envejecen. Haisman (1962) reportó que guisantes de difícil cocimiento, los cuales habían sido almacenados a 37°C y una humedad relativa del 75% durante 12 meses, perdieron más potasio y magnesio que guisantes de fácil cocimiento y pérdidas adicionales ocurrieron durante el proceso de cocimiento. Harman y Granett (1972) reportaron un incremento en la filtración de potasio y magnesio así como un incremento en la conductividad eléctrica del agua de remojo de guisantes envejecidos que fue asociado con daño extenso en la membrana del plasmalema. Jackson y Varriano-Marston (1980) también observaron un incremento en la razón de filtración de electrolitos durante el remojo de frijoles negros envejecidos que fue atribuido a la deterioración de los cotiledones durante el envejecimiento.

La Fig. 11 muestra el efecto del tiempo de cocimiento en el contenido de calcio en la cáscara de frijoles almacenados por tres meses (Moscoso, 1981). Los resultados indican que un contenido alto de calcio está relacionado con mayor firmeza, más substancias pécticas totales y más substancias pécticas insolubles en agua. Cocinando los frijoles por 45 minutos ocasionó una reducción de 38 a 48% en el contenido de calcio de la cáscara en los frijoles almacenados a 2°C, mientras que los frijoles de difícil cocimiento experimentaron pérdidas menores del 16%.

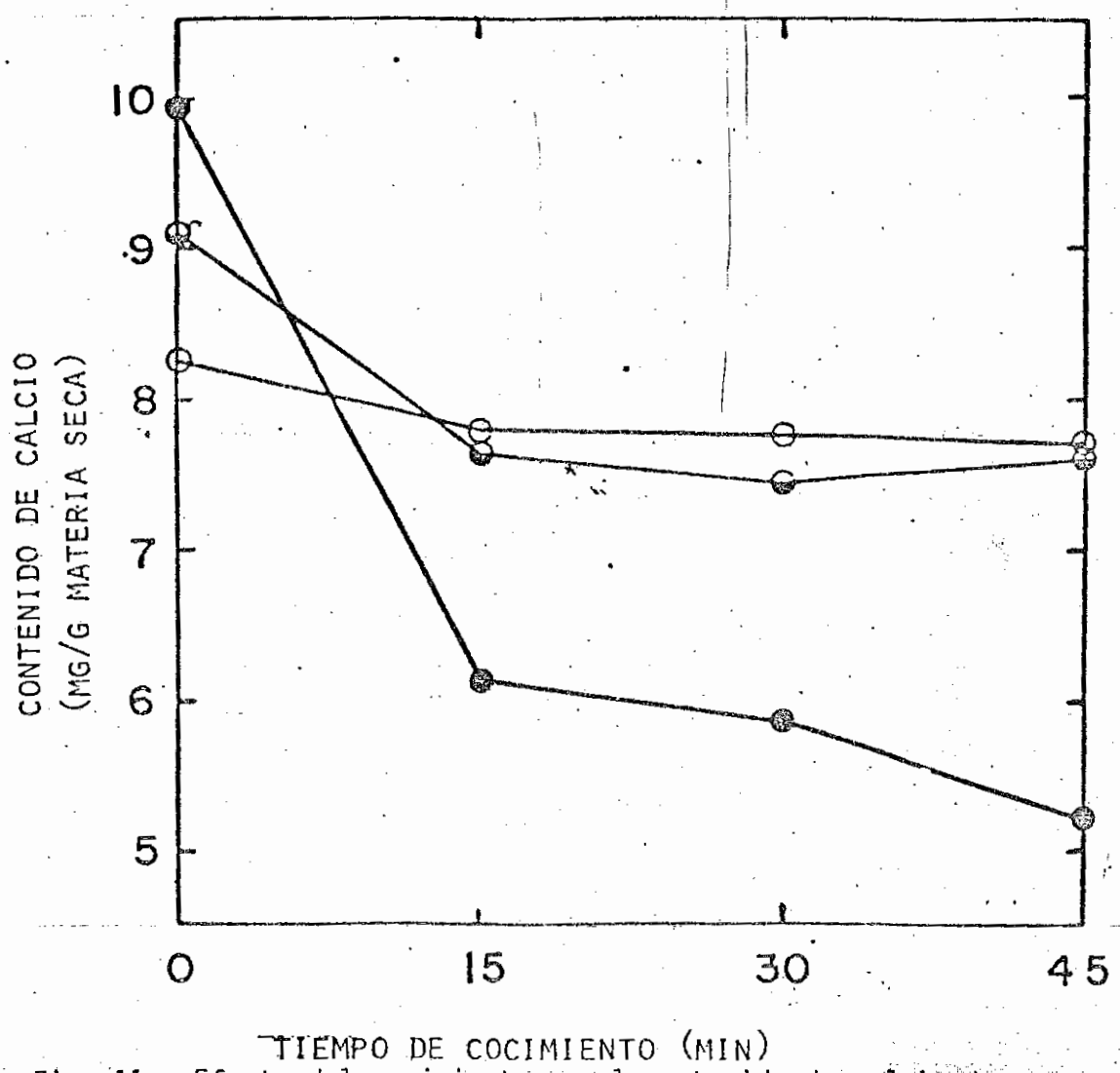


Fig. 11: Efecto del cocimiento en el contenido de calcio de la cáscara de frijoles almacenados por tres meses. ●, control (20°C, 12.5% CH); ⊖, muestra I (32°C, 14.9% CH); O, muestra II (32°C, 17.9% CH).

El efecto del cocimiento en el contenido de magnesio siguió un patrón similar al de calcio (Fig. 12). La cáscara en los frijoles almacenados a 2°C perdieron cerca del 29% del contenido de magnesio luego de ser cocidos por 45 minutos, mientras que los frijoles de difícil cocimiento experimentaron una reducción menor del 11% en el contenido de magnesio. Un contenido alto de magnesio en la cáscara parece estar asociado con alta firmeza de los frijoles, substancias pécticas totales y substancias pécticas insolubles en agua (Moscoso, 1981).

El contenido de potasio en la cáscara no estuvo bien correlacionada con la firmeza de los frijoles y el contenido de substancias pécticas totales y substancias pécticas insolubles en agua. La cáscara de los frijoles almacenados a 2°C mostró un contenido bajo de potasio luego de ser remojados por 18 horas a 25°C (Fig. 13). Luego del cocido por 15 minutos se observó un incremento de más del doble en el contenido de potasio y resultó en valores comparables al de los frijoles almacenados a 32°C y un contenido de humedad alto (Moscoso, 1981).

Cocinando los frijoles por 45 minutos resultó en una ligera reducción en el contenido de potasio de la cáscara en los frijoles almacenados a 32°C y un alto contenido de humedad. Como la cáscara de los frijoles almacenados a 2°C mostraron una ganancia considerable de potasio durante los primeros 15 minutos de cocimiento, el resultado fue un incremento en el contenido de potasio. Sin embargo, un cocimiento adicional resultó en mayores reducciones de iones de potasio en la cáscara de los frijoles almacenados a 2°C en comparación a las pérdidas observadas en los frijoles

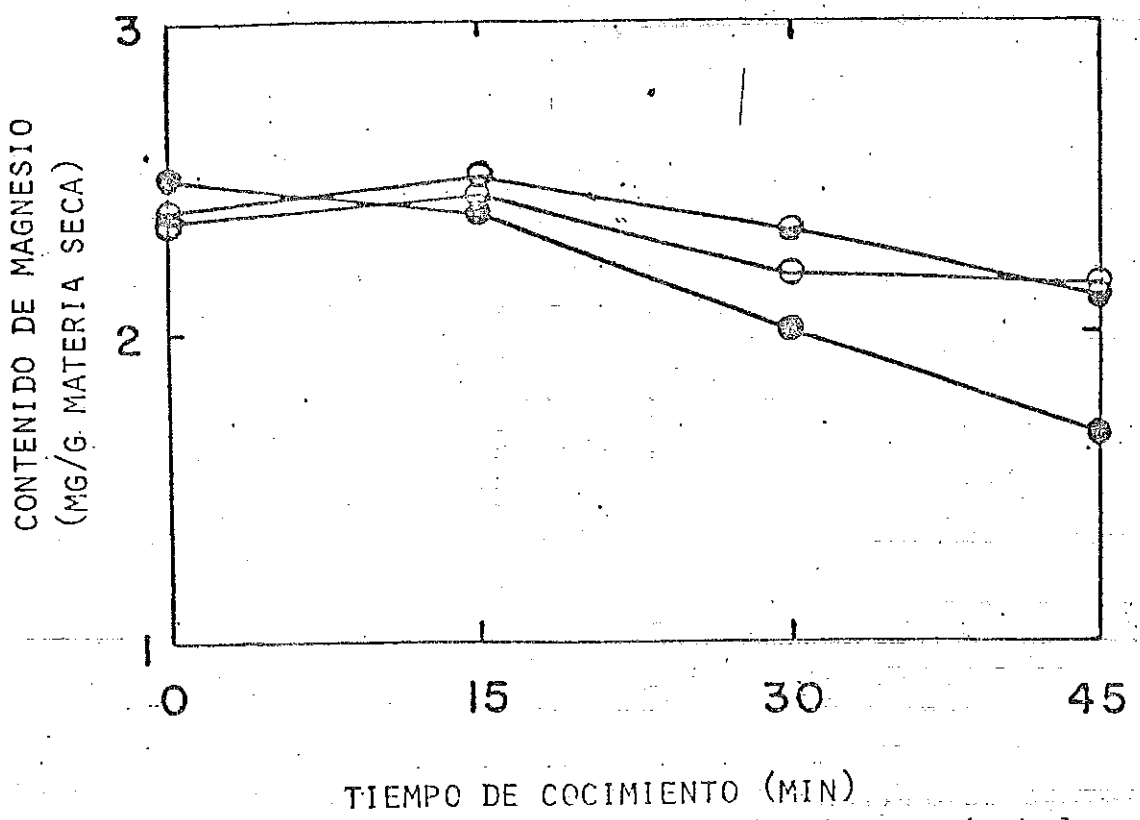


Fig. 12: Efecto del cocimiento en el contenido de magnesio de la cáscara de frijoles almacenados por tres meses. ●, control (2°C, 12.5% CH); ◐, muestra I (32°C, 14.9% CH); ○, muestra II (32°C, 17.9% CH).

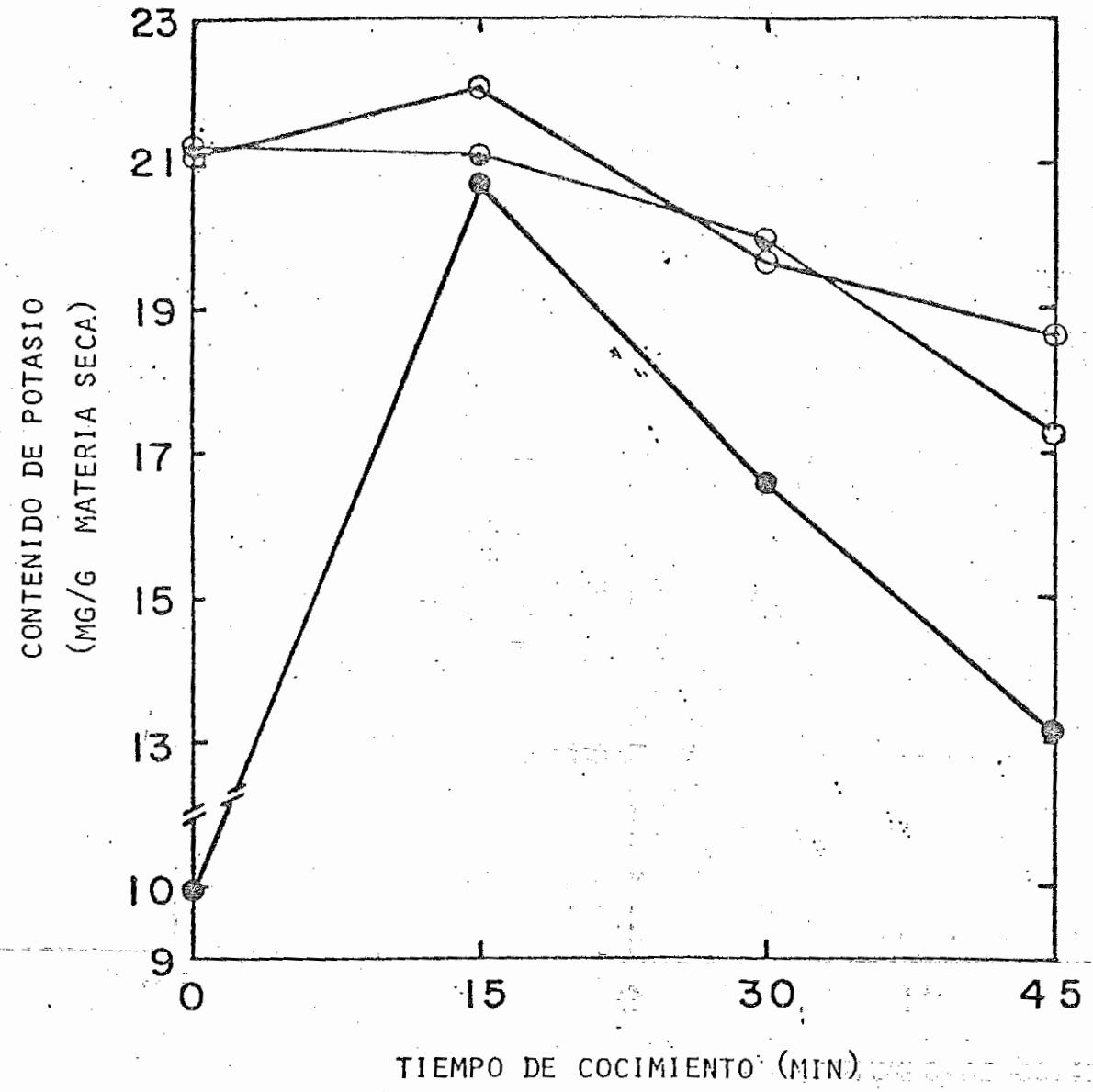


Fig. 13: Efecto del cocimiento en el contenido de potasio de la cáscara de frijoles almacenados por tres meses. ●, control (2°C, 12.5% CH); ⊖, muestra I (32°C, 14.9% CH); O, muestra II (32°C, 17.9% CH).

de difícil cocimiento.

Estudios realizados por Moscoso (1981) indican que las razones de cationes monovalentes a divalentes en los cotiledones tienen una correlación positiva con las razones constantes de ablandamiento (r = 0.93) y las razones constantes para la disolución de las substancias pécticas en los cotiledones (r = 0.90). Esto sugiere que una razón alta de cationes monovalentes a divalentes en los cotiledones, hace los frijoles de más fácil cocimiento (Fig. 14).

Una inconsistencia aparente fue observada en las razones de cationes monovalentes a divalentes en la cáscara donde una razón baja parece estar relacionada con mejor propiedad de cocimiento. Sin embargo, luego de remojar por 18 horas a 25°C el contenido de potasio en la cáscara de los frijoles almacenados a 2°C, estaba entre el intervalo de 8.14 a 9.94 mg/g de materia seca. Cocinando los frijoles por 15 minutos incrementó el contenido de potasio al intervalo 20.72 a 21.35 mg/g de materia seca. La razón average de cationes monovalentes a divalentes para la cáscara de los frijoles almacenados a 2°C fue 2.5 después de cocinar por 15 minutos. Las razones average de cationes monovalentes a divalentes fueron de 2.1 y 1.5 para los frijoles almacenados a 32°C y un contenido de humedad del 14.9% y 17.9% respectivamente. Análisis de los datos a este punto indican una correlación positiva entre las propiedades de cocimiento de los frijoles y las razones de cationes monovalentes a divalentes.

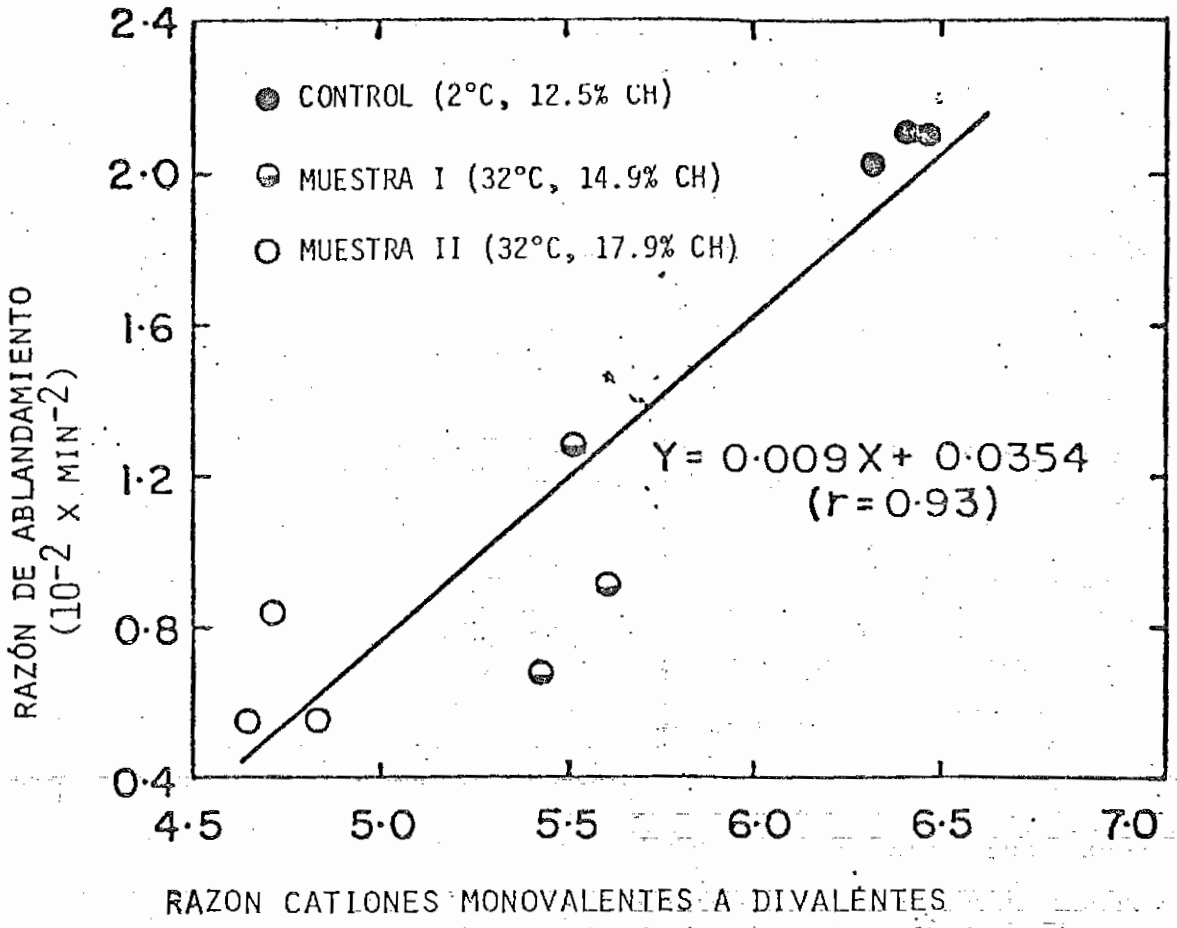


Fig. 14: Relación entre la razón de ablandamiento y la razón de cationes monovalentes a divalentes en cotiledones remojados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. Las propiedades de absorción de agua de los frijoles secos además de estar determinada por factores de variedad, clima y prácticas culturales, es afectada por el contenido de humedad de los granos. Estudios indican que el problema de cáscaras duras es más evidente en frijoles con un contenido de humedad menor del 15%.

2. Almacenamientos bajo condiciones de alta temperatura y contenido de humedad hacen la cáscara más permeable a la penetración del agua. Se requieren estudios para determinar si este está relacionado con la depolimerización de polisacáridos (substancias pécticas) en las paredes celulares de la cáscara.

3. El proceso de ablandamiento de los frijoles durante el cocimiento sigue reacciones cinéticas de primer orden. Almacenando bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa resulta en una reducción en las razones constantes de ablandamiento.

4. La disolución de las substancias pécticas durante el cocimiento de los frijoles sigue reacciones cinéticas de primer orden. Altas correlaciones existen entre las razones constantes de disolución de las substancias pécticas y las razones constantes de ablandamiento.

5. Se observa una reducción en el contenido de ácido fítico de los frijoles almacenados bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa. Esto se debe tanto al rompimiento hidrolítico del ácido fítico por la enzima fitasa, como a la filtración

del ácido fítico durante el proceso de remojo o cocimiento de los frijoles.

6. Los frijoles almacenados bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa sufren mayores pérdidas de solutos de bajo peso molecular durante el proceso de remojo. Las evidencias parecen indicar que daños a las membranas del plasmalema son responsables.

7. Las razones constantes de ablandamiento y disolución de las substancias pécticas muestran alta correlación con las razones de cationes monovalentes a divalentes. Estos últimos sufren una disminución en los frijoles almacenados bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa.

8. Los datos sugieren que los frijoles almacenados bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa pierden su propiedad de fácil cocimiento debido a una disminución en el contenido de ácido fítico y las razones de cationes divalentes a monovalentes. El resultado es que los frijoles pierden su capacidad de secuestramiento de cationes divalentes y su propiedad de intercambio iónico durante el proceso de cocimiento.

LITERATURA CITADA.

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

Crean, D.E.C., and D.R. Haisman. 1963a. A note on the slow rehydration of some dried peas. Hort. Res. 2.(2): 121-125.

Crean, D.E.C., and D.R. Haisman. 1963b. The interaction between phytic acid and divalent cations during the cooking of dried peas. J. Sci Food Agric. 14: 824-833.

Doesburg, J.J. 1965. Pectic substances in fresh and preserved fruits and vegetables. I.B.V.T. Communication No. 25. Inst. for Res. on Storage and Processing of Horticultural Produce, Wageningen, The Netherlands.

Gloyer, W.O., 1921. Sclerema and Hardshell, two types of hardness of the bean. Proc. Am. Assoc. Offic. Seed Analysts 13: 60.

Gloyer, W.O., 1928. Two new varieties of red kidney bean. N.Y. State Agri. Expt. Sta. Tech. Bull. 145. Geneva, N.Y.

Haisman, D.R., 1962. Factors controlling the texture of peas. Proceeding 1st Int. Congr. Food Sci. and Technol. London, Vol. 1:711-718.

Harman, G.E. and A.L. Granett, 1972. Deterioration of stored pea seed: changes in germination, membrane permeability and ultr structure resulting from infection by Asperfillus ruber and from aging. Physiol. Plant Pathology 2: 271-278.

Harman, G.E. and L.R. Mattick, 1976. Association of lipid oxidation with seed ageing and death. Nature. 260: 323-324.

Huang, Y.T. and M.C. Bourne. 1980. Kinetics of thermal softening of vegetables. Presented at the 40th anual Institute of Fooc Technologists Meeting, New Orleans, June, 1980.

Hughes, P.A. and R.F. Sandsted, 1975. Effect of temperature, relative humidity, and light on the color of California Light Red Kidney bean seed during storage. Hort. Science. 10 (4): 421-423.

Jackson, G.M. and E. Varriano-Marston, 1980. Hard-to-cook phenomenon in beans: effect of accelerated storage on water absorption and cooking time. J. Food Sci. Inpress.

Kon, S., 1980. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. J. Food Sci. 44:1329.

Mattson, S., 1946. The cookability of yellow peas. Acta Agr. Suec. 2: 185-231.

Mattson, S.E.; E. Akeberg; E. Ericksson; E. Koutter-Anderson and K. Vahtras, 1950. Factors determining the composition and cookability of peas. Acta Agr. Scand. 1: 40-61.

Mejia, E.G., 1979. "Effect of various conditions of storage on general aspects of bean hardening." Final Report of UNU Fellow, Institute of Nutrition of Central America and Panama, Guatemala City, Guatemala.

Molina, M.R.; M.A. Baten; R.A. Gomez-Brenes, K.W. King, and R. Bressani, 1976. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (Phaseolus vulgaris). J. Food Sci. 41: 661-66.

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

Morris, H.J., 1963. Cooking qualities of dry beans. Sixth Annual Dry Bean Conference. Los Angeles, California. pp 11-23. Western Regional Research Laboratory, US Department of Agriculture, Albany, California.

Moscoso, W., 1981. Relationships between the hard-to-cook phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and minerals. Ph.D. Thesis, Cornell University, Ithaca, N.Y.

Quenzer, N.M.: V.L. Huffman and E.E. Burns, 1978. Some factors affecting pinto bean quality. J. Food Sci. 43: 1059-1061.

Rockland, L.B. and E.A. Metzler, 1967. Quick-cooking lima and other dry beans. Food Technol. 21: 344-348.

Rockland, L.B. and F.T. Jones, 1974. Scanning electron microscope studies on dry beans: effects of cooking on the cellular structure of cotyledons in rehydrated large lime beans. J. Food Sci. 39: 342-346.

Sefa-Dedeh, S.; D.W. Stanley and P.W. Voisey, 1978. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (Vigna unguiculata). J. Food Sci. 43: 1832-1838.

Sefa-Dedeh, S.; D.W. Stanley and P.W. Voisey, 1979a. Effect of storage time and conditions on the hard-to-cook defect in cowpeas (Vigna unguiculata). J. Food Sci. 44: 790-796.

Sefa-Dedeh, S.; and D.W. Stanley, 1979b. The relationship of microstructure of cowpeas to water absorption and dehulling properties. Cereal Chem. 56: 379-386.

Snyder, E.B., 1936. Some factors affecting the cooking quality of the pea and Great Northen types of dry beans. U. Nebraska Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 85.

Varriano-Marston, E., and E. De Omana, 1979. Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans (Phaseolus vulgaris). J. Food Sci. 44(2): 531-53

Datos tomados de la tesis sometida por Wilfredo Moscoso a la Universidad de Cornell como requisito parcial para completar los requirimientos del grado de Doctorado.

DE LA DUREZA DEL FRIJOL*

Elvira del Valle de Mejia**

Estudiando el problema alimentario mundial en términos de un sistema de producción, almacenamiento, distribución y utilización de alimentos, nos damos cuenta que se han dedicado los mayores esfuerzos de investigación a los aspectos de producción de los mismos. Esto no ha sucedido en lo referente a su almacenamiento, distribución y utilización. Aún cuando se invierten grandes esfuerzos y recursos en aumentar la producción de alimentos en países en vías de desarrollo, las condiciones inadecuadas de almacenamiento y la falta de tecnologías post-cosechas resultan en pérdidas de lo producido que conllevan a una disminución en la disponibilidad de ellos.

La gran cantidad de alimentos desperdiciados o mal utilizados que existe en el mundo ha sido reconocida desde el siglo pasado (1). A pesar de que estas pérdidas no han sido adecuadamente cuantificadas, su importancia se vuelve cada día mayor debido a factores tales como la creciente escasez de alimentos, sobrepoblación y desnutrición (2).

En relación a las pérdidas de alimentos debidas a almacenamiento inadecuado, se conoce que en América latina, como en otros países del mundo en desarrollo, los sistemas utilizados para almacenar los alimentos producidos son inapropiados y deficientes (3). Esta situación constituye un grave problema si se piensa en términos de pérdidas post-cosecha y el impacto que estas pérdidas pueden tener en la nutrición y la economía de los países. Un caso típico de cuantiosas pérdidas ocurridas durante el almacenamiento, lo constituye el frijol (Phaseoulus vulgaris) que representa para muchas poblaciones de nuestra región uno de sus alimentos básicos (4).

Durante al almacenamiento del frijol, esta leguminosa se ve afectada por cambios indeseables que alteran negativamente su calidad. De esta forma puede producirse un deterioro en las características nutricionales, organolépticas y culinarias de este grano (5).

---

*Presentado al Simposium sobre Endurecimiento del Frijol, en la XXVII Reunión Anual del PCCMCA. Santo Domingo, Rep.Dominicana. 23-27 de marzo de 1981.

**Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

Uno de los problemas de mayor importancia ocurridos durante el almacenamiento del frijol es su endurecimiento (6). Este fenómeno tiene importantes implicaciones prácticas. Por un lado, sus características organolépticas y culinarias se ven afectadas ya que a pesar de largos tiempos de cocción, no logra obtenerse la suavidad del grano deseada por el consumidor. Como consecuencia, la aceptabilidad de esta leguminosa disminuye. Por otro lado, las implicaciones económicas del frijol duro son muy desfavorables, tanto en lo que se refiere a las pérdidas ocasionadas por la inaceptabilidad del producto en sí como por el alto consumo energético requerido para su preparación.

En los últimos años, los gobiernos de Centro América y Panamá, a través de sus ministerios de agricultura han resaltado el hecho de que una gran parte del frijol almacenado se pierde debido al endurecimiento del grano. Se ha estimado que en 1977 las pérdidas de frijol en esta área geográfica debido a dicho fenómeno, ascendieron a 12 millones de dólares (7).

Considerando lo anteriormente mencionado, el propósito de este trabajo ha sido el de estudiar el efecto de diversas condiciones de almacenamiento del frijol en la dureza, tiempo de cocción y absorción del agua del grano. Se ha pretendido por un lado, conocer las condiciones más favorables de almacenamiento que conlleven a evitar o a disminuir el endurecimiento del grano, y por otro el explorar la identificación de factores bioquímicos del grano que pudieran estar involucrados en este indeseable proceso. Resultados parciales del estudio se presentan en este trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Se usaron variedades de frijol recién cosechado: negro suchitán y rojo de seda.

Los frijoles fueron limpiados y seleccionados en base a su tamaño para luego ser almacenados por un período de seis meses, de acuerdo al diseño experimental y condiciones de almacenamiento presentado en la figura 1. El contenido de humedad de los frijoles fue de 9, 13 y 17%. Cada una de estas humedades en equilibrio con humedades relativas de 40, 60 y 80% respectivamente (8, 9). Las temperaturas utilizadas para cada contenido de humedad fueron 4, 20 y 36°C, incluyendo así las condiciones de elevadas temperaturas de las regiones tropicales. Las muestras se almacenaron en bolsas de manta delgada, y éstas a su vez en recipientes de vidrio cerrados únicamente con dos perforaciones para la entrada y salida del gas. Estos recipientes fueron interconectados por una serie de tubos de hule para inyectar constantemente y en forma respectiva a unos CO_2, a otros aire y a otros combinaciones de estos gases. El propósito de este procedimiento fue el de proporcionar al medio de almacenamiento de los frijoles diferentes atmósferas de CO_2 y así regular el contenido de oxígeno de los recipientes. La meta final bajo estas condiciones gaseosas, fue el examinar ciertos procesos bioquímicos que requieren la presencia de oxígeno.

Se emplearon dos muestras por tratamiento.

El contenido de humedad inicial de la muestra original fue de 13%. Para lograr las otras dos humedades, se ajustaron los contenidos de humedad de las muestras de la siguiente forma: en el caso del 9%, secando el frijol original a 35°C por 24 horas. Para 17% se calculó la cantidad adicional de agua necesaria para lograr esta humedad. Se determinó en cada caso la humedad del grano entero con el fin de confirmar estos valores.

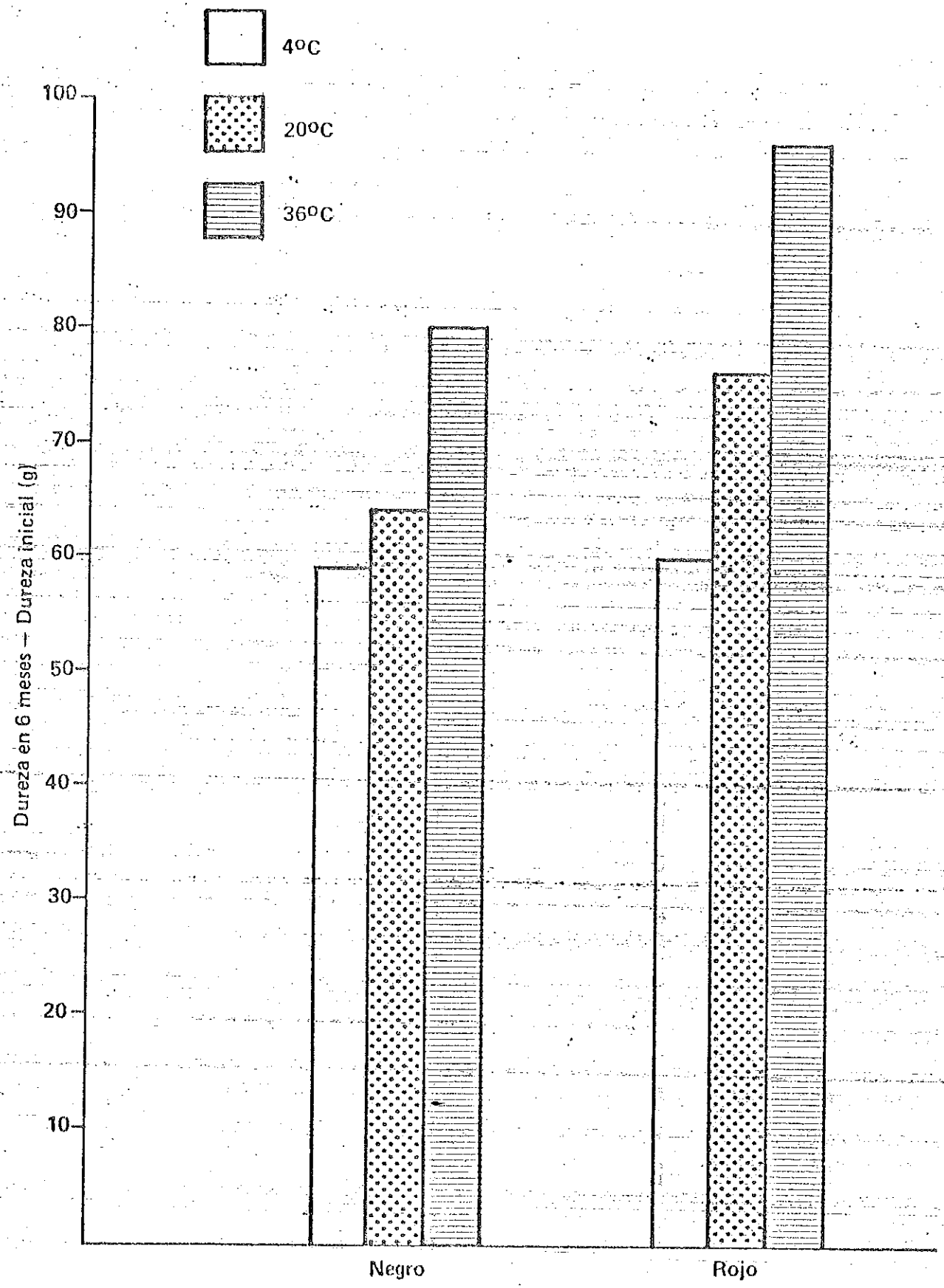
Análisis físicos y químicos

Antes de iniciar el proceso de almacenamiento bajo las condiciones des-

ALMACENAMIENTO EN AIRE

DUREZA INICIAL

Frijol negro 980 g
Frijol rojo 1040 g



Incap 81—186

plicado en los frijoles los siguientes parámetros físicos y químicos:

a) Contenido de humedad del grano. Se determinó por la diferencia en peso antes y después del secado en horno al vacío por 16 horas (10). Esta medida se efectuó inmediatamente después de la recolección de la muestra.

b) Dureza del grano. Fue determinada usando el penetrómetro Instron (11). Para cada prueba se remojaron 20 semillas por 16 horas e inmediatamente después de separar el agua se procedió a la medición de la dureza de cada una utilizando una velocidad de cabezal de 20 cm/min. y una velocidad de graficador de 5 cm./min. Como indicador de dureza, se evaluó únicamente el primer pico del trazo del graficador correspondiente a cada medición. Los datos presentados representan el promedio de las 20 mediciones.

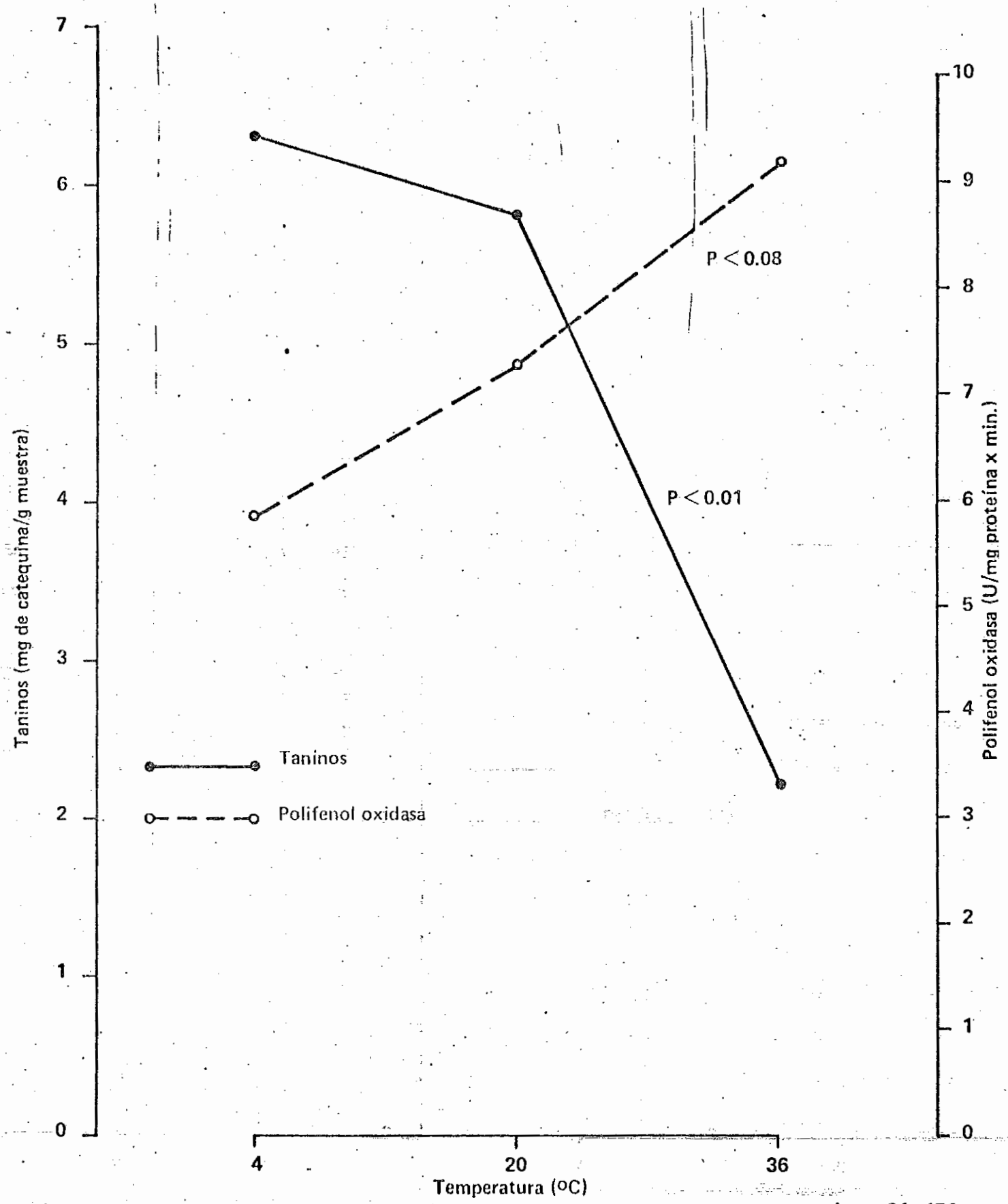
c) Coeficiente de absorción de agua de la semilla se determinó de acuerdo a métodos estándares de evaluación (12). El procedimiento se basa en medidas de peso de 100 semillas antes y después de ser remojados por 16 horas.

d) Tiempo de cocción. Se utilizaron las muestras provenientes de la determinación del coeficiente de absorción de agua. Las semillas se agregaron en agua hirviendo y el conjunto se le continuó aplicando calor hasta determinar el tiempo requerido para que el 50% de los frijoles rompieran su cáscara (12).

e) Contenido de taninos de los frijoles. Esta determinación se efectuó mediante el procedimiento descrito por Price et al (13). Se usó este método en particular debido a su especifidad para determinar taninos condensados.

f) Actividad de la polifenol oxidasa (PFO). La actividad enzimática se determinó mediante el método descrito por Flurkey y Jen (14). El frijol fue finamente molido pasando en este proceso por un tamiz número 60. El extracto enzimático se preparó a partir de esta harina. El catecol se usó como sustrato de la reacción, la cual se llevó a cabo a temperatura ambiente (25°C). Una unidad de actividad enzimática se definió como la cantidad de enzima ea- [illegible] a 420 nm. 0.001 unidades de absorbancia por

RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE TANINOS Y POLIFENOL OXIDASA A DIFERENTES TEMPERATURAS DESPUES DE SEIS MESES DE ALMACENAMIENTO DE FRIJOL NEGRO



Incap 81–179

minuto.

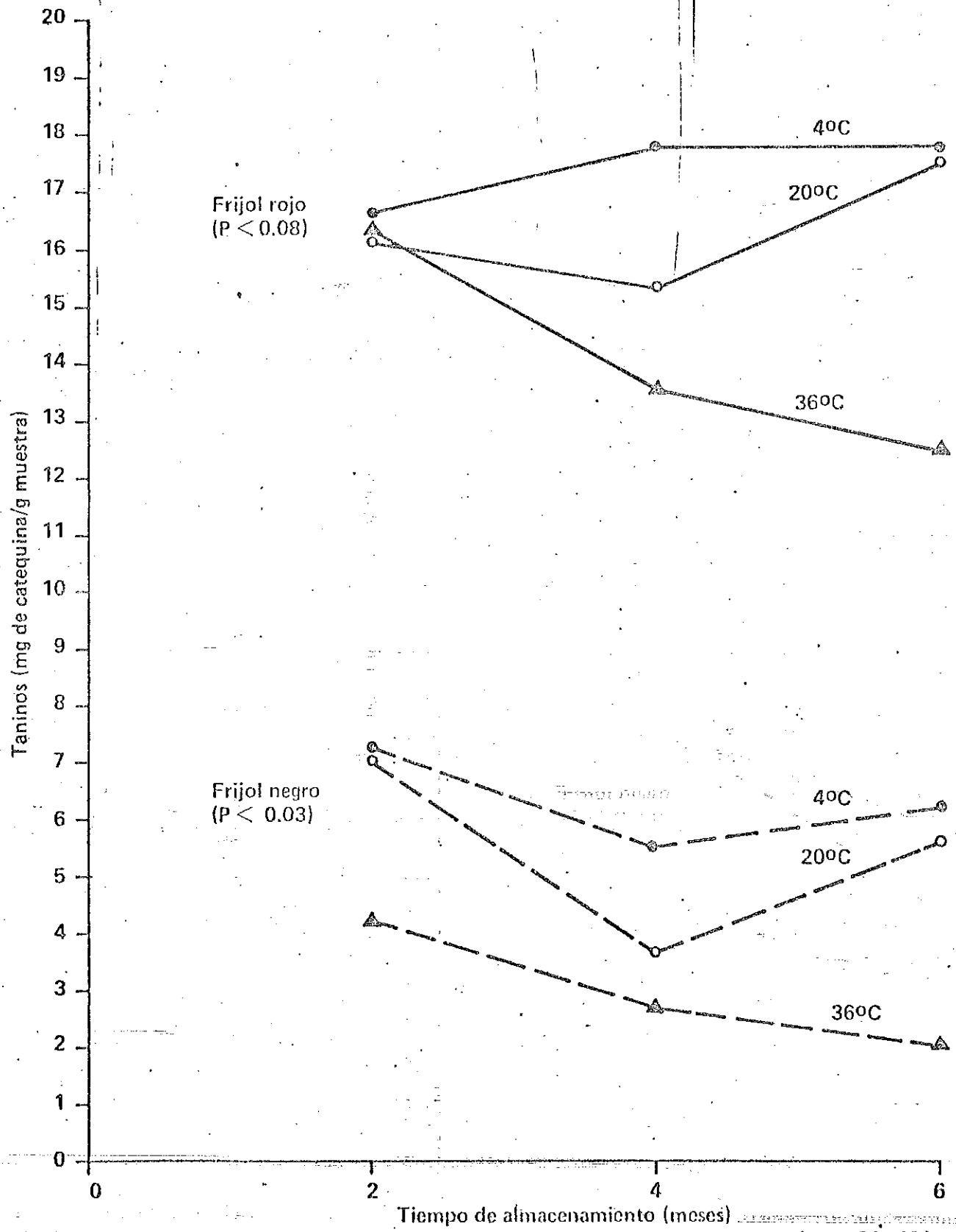
Los datos obtenidos fueron analizados por análisis de varianza y regresiones múltiples.

Resultado y discusión

La figura 2 muestra la relación entre el tiempo de almacenamiento del frijol con la dureza (panel A) y tiempo de cocción (panel B). Puede observarse que existe una relación significativa para ambas variedades de frijol entre el tiempo que ha permanecido almacenado y el grado de dureza desarrollado. Esta misma relación se observa también para el tiempo de cocción. Pudiéndose observar en este último caso el efecto de la humedad del grano. El aumento en el tiempo requerido para la cocción de estos frijoles en relación al tiempo de almacenamiento ha sido mayor en los frijoles con 13% de humedad que en los almacenados a 9%. No se presentan datos para 17% de humedad debido a la contaminación de estos con hongos. Las muestras que se almacenaron a 17% de humedad mostraron un crecimiento franco de hongos principalmente a las temperaturas altas, lo cual se vio influenciado por el tiempo de almacenamiento.

Estos resultados indican que el tiempo de almacenamiento aumenta tanto la dureza como el tiempo de cocción del grano y que este último parámetro se ve más afectado si los frijoles son almacenados a humedades relativamente altas ya que la humedad del grano es una consecuencia del medio ambiente. La correlación que se obtuvo entre dureza y humedad del grano no fue significativa para ambas variedades pues el valor de humedad máximo analizado fue de 13%, lo cual concuerda con informes de la literatura en el sentido de que únicamente a humedades de almacenamiento del grano mayores existe correlación significativa con dureza (15). De esto podría deducirse la importancia que tiene el contenido de humedad original del grano, ya que frijoles con humedades iniciales altas estarán más expuestas a un deterioro más rápido.

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Y LA TEMPERATURA SOBRE EL CONTENIDO DE TANINOS DE FRIJOL

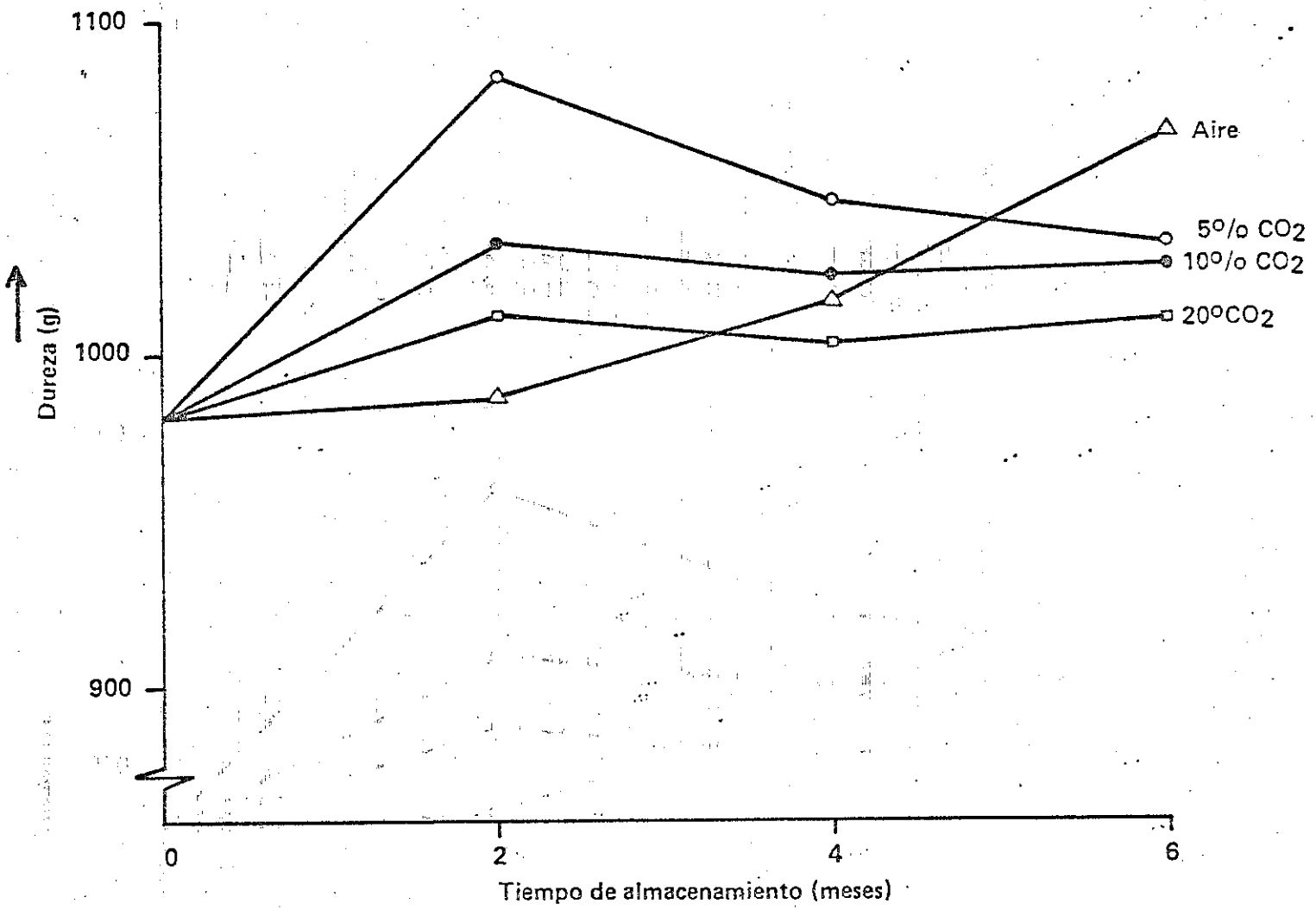


Incap 81—180

Por otro lado, es importante mencionar que la correlación entre dureza y tiempo de cocción fue estadísticamente significativa sólo para el frijol negro y no para la otra variedad. Esta inconsistencia en la asociación entre los dos parámetros mencionados sugiere que dureza y tiempo de cocción del grano sean dos fenómenos de naturaleza distinta. Por ejemplo, dureza correlacionó significativamente con el coeficiente de absorción de agua para el frijol rojo r = 0.55, P 0.001 y para el frijol negro r = 0.31 y P 0.067; sin embargo, este último parámetro no correlacionó con el tiempo de cocción del grano. Este mismo fenómeno ha sido observado para otras variedades (16). Analizando la forma de medición de dureza en este estudio, esta característica estaría condicionada en primer término por la resistencia de la cáscara (11) mientras que el tiempo de cocción podría depender principalmente de factores bioquímicos del endospermo. Esto podría indicar que el tiempo de cocción sería una medición más práctica para determinar la calidad del grano en términos de su aceptabilidad de consumo.

La interacción entre la temperatura de almacenamiento, el tiempo de almacenamiento y su efecto en el tiempo de cocción se presenta en la figura 3. Puede observarse que la temperatura más alta (36°C) produce en ambas variedades un aumento significativo en el tiempo de cocción del grano después de cuatro meses de almacenamiento. Esta observación evidencia el efecto de las temperaturas ambientales altas en el deterioro del grano. Recapitulando podríamos entonces decir que la temperatura y más que todo la humedad del grano son dos factores importantes que condicionan el tiempo de cocción del frijol como ya ha sido reportado por otros autores (16, 18). Por ejemplo, Kon (19) en 1968 ha indicado que el almacenar frijoles con un alto contenido de humedad resulta en un aumento sustancial en su tiempo de cocción. Este tipo de observaciones han llevado incluso a portular que para algunas áreas del mundo si el capital es disponible, el problema del endurecimiento de este grano podría resolverse por el secado artificial del frijol hasta niveles bajos de

DUREZA DE FRIJOL NEGRO (13º/o HUMEDAD) EN RELACION AL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CO_2

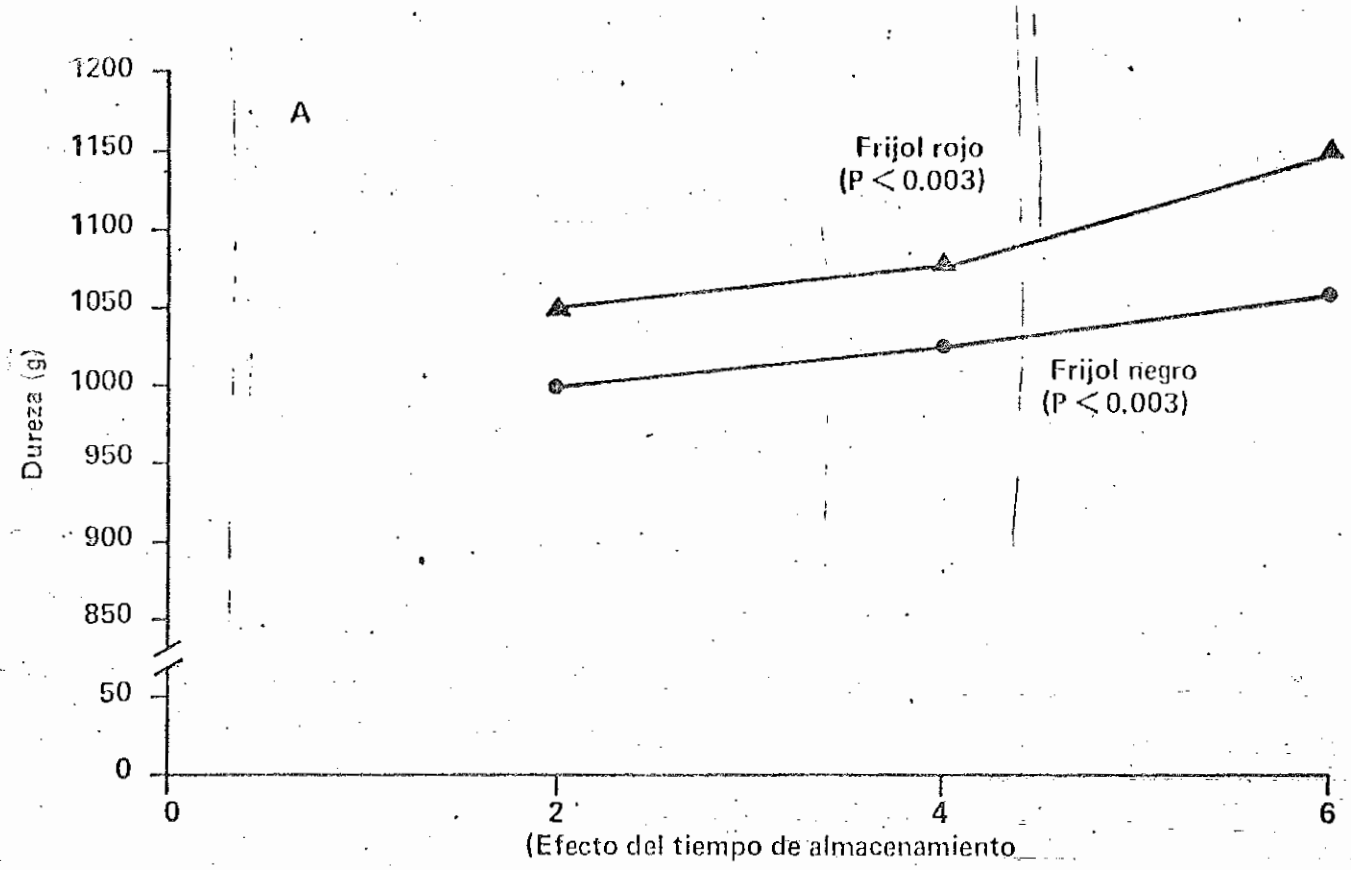


Incap 81—185

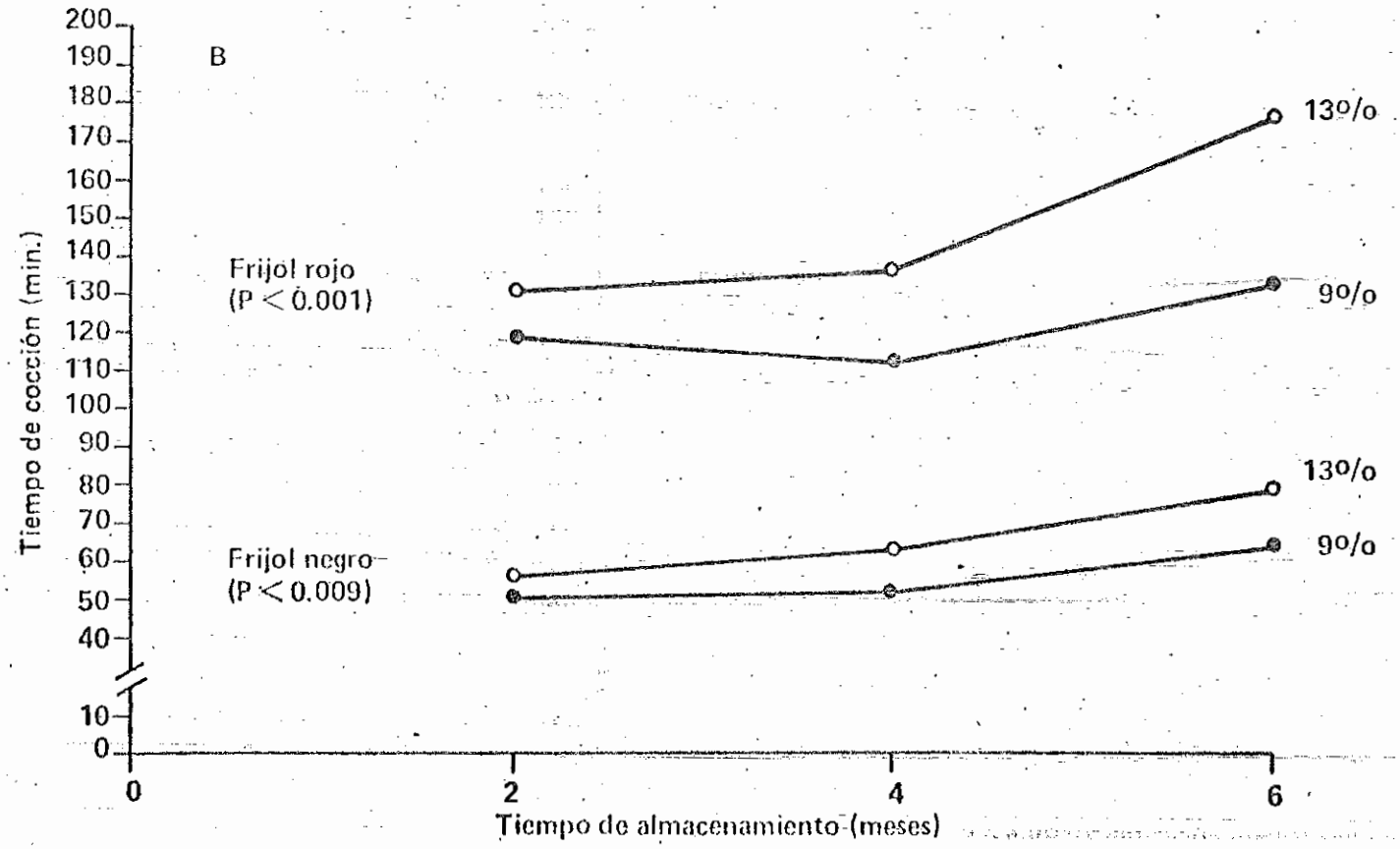
humedad (20).

La figura 4 muestra el efecto de la condición atmosférica en que fue almacenado el frijol en su tiempo de cocción. Puede observarse que después de 4 meses los frijoles almacenados en aire requirieron mayores tiempos de cocción que aquellos almacenados en una atmósfera de CO_2. Esta interacción fue significativa para el frijol rojo ($P < 0.05$) pero no para el negro, aunque en esta último variedad se mantiene exactamente la misma tendencia como lo observado para el frijol rojo. Estos resultados indican que la presencia del aire, posiblemente debido a su contenido de oxígeno, tiene un efecto negativo sobre el tiempo de cocción del grano, ya que si lo eliminamos reemplazándolo con CO_2 este fenómeno no sucede. El efecto de diferentes proporciones de CO_2 relacionados con aire en la dureza del grano se presenta en la figura 5. Nuevamente el deterioro en calidad del frijol almacenado en atmósfera de aire es mayor. Estas observaciones de tiempo de cocción y dureza del grano en diferentes condiciones atmosféricas de almacenamiento constituyen el primer reporte existente sobre este fenómeno para Phaseolus vulgaris. Los cambios sugieren que posiblemente el endurecimiento del grano está relacionado a un proceso oxidativo.

Influencia del contenido de taninos sobre el endurecimiento del frijol. Con el propósito de estudiar el papel de los taninos en el endurecimiento del grano, se determinó la concentración de taninos condensados en las muestras. Como puede observarse en la figura 6, el contenido de taninos del grano disminuyó con el tiempo de almacenamiento. Este fenómeno se hizo más evidente en los frijoles almacenados a la temperatura más alta. Interesanetemente este cambio en taninos correlacionó significativamente y en forma negativa con el tiempo de cocción. (Para frijol rojo P 0.08 y para frijol negro P 0.000). Esto plantea la posibilidad de que los taninos pudieran migrar al interior del grano, oxidarse y así intervenir en el proceso de endurecimiento.

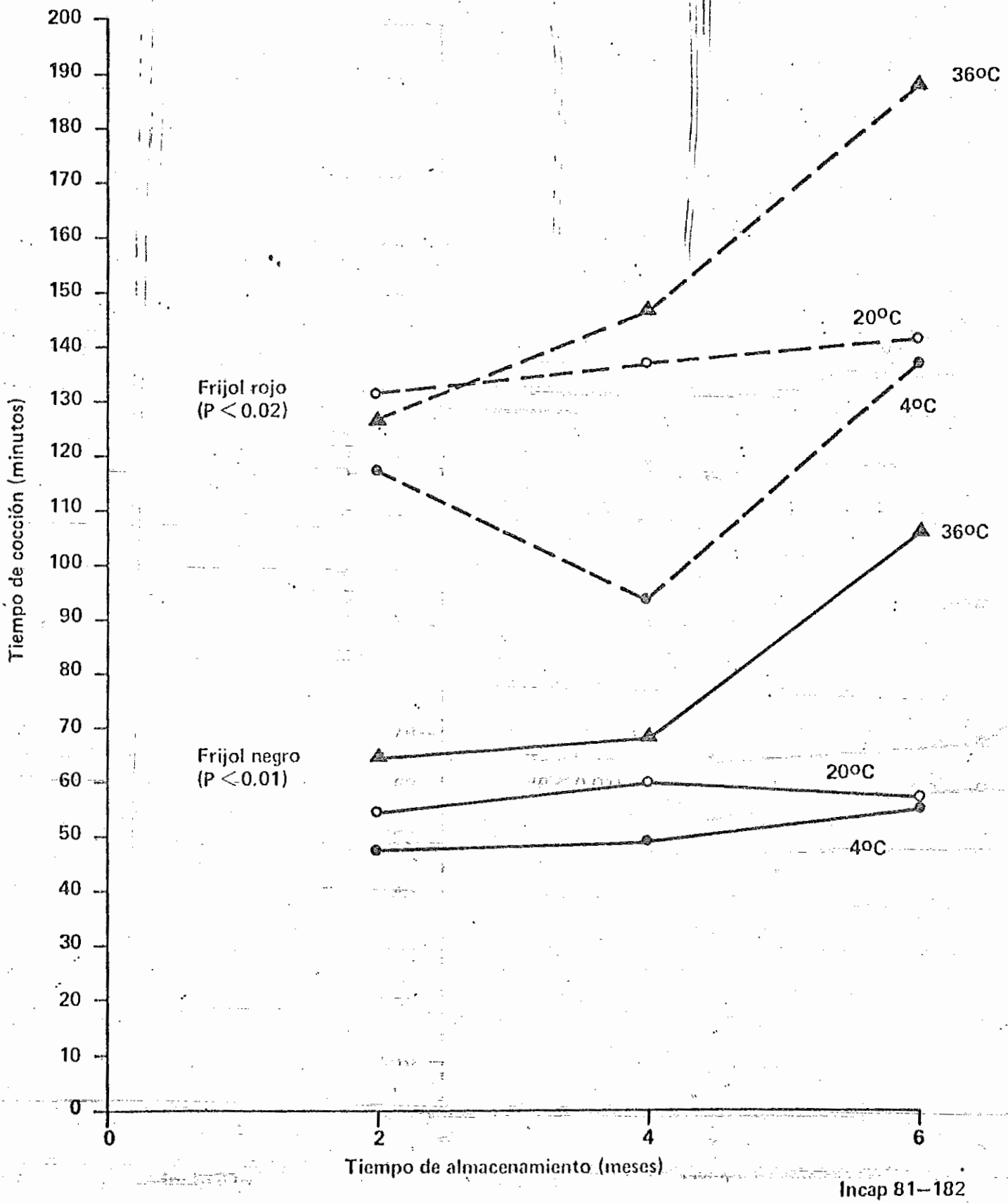


EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL TIEMPO DE COCCION DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris) CON DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD



Incap 81—183

EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL TIEMPO DE COCCION DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) A DIFERENTES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO



Incap 81–182

[illegible] son compuestos fenólicos susceptibles a oxidación enzimática, se estudió la actividad de polifenol oxidasa (21). Como se ilustra en la figura 7 al aumentar la temperatura de almacenamiento disminuye el contenido de taninos del grano y simultáneamente aumenta la actividad de la polifenol oxidasa. Esto sugiere que el menor contenido de taninos ha sido producido por una oxidación enzimática de los mismos, apoyando así la hipótesis de que el endurecimiento del grano pueda ser debido a una oxidación de polifenoles como sucede en otros productos vegetales (22). Este fenómeno se observó únicamente a los 6 meses de almacenamiento y para frijol negro.

Fue también evidente en este estudio, como ya ha sido sugerido por otros autores (23), que el origen y la variedad de frijol juegan un papel importante en el endurecimiento del mismo. Como lo muestra la figura 8, la variedad roja de frijol, en adición de tener una dureza y tiempo de cocción inicial es mayor que la variedad negra, sufrió un endurecimiento mayor durante el período de estudio excepto cuando los frijoles fueron almacenados a 4°C.

CONCLUSIONES

Las pérdidas de alimentos constituyen una parte importante del problema alimentario mundial. Si no se resuelven los problemas de distribución y pérdida de alimentos la desnutrición continuará teniendo un impacto negativo en la población.

El almacenamiento adecuado de granos puede evitar su endurecimiento. Si se evita este fenómeno se ahorra energía; así mismo, se aumenta su disponibilidad y consumo.

Los resultados de este estudio indican que:

1. El tiempo de almacenamiento del frijol produce aumentos significativos en la dureza y el tiempo de cocción de este grano.

2. Que la dureza y el tiempo de cocción al no correlacionar significativamente sugiere que estas dos características son fenómenos de distinta naturaleza, el primero relacionado a la cáscara y el segundo a factores bioquímicos del endosperma.

3. Que la temperatura y la humedad de almacenamiento juegan un papel importante en el tiempo requerido para la cocción del grano. A mayor temperatura y mayor humedad mayor tiempo de cocción. Considerándose que la humedad constituye un factor más crítico que la temperatura ya que las humedades altas conllevan además a contaminación con hongos, lo que constituiría también una pérdida durante el almacenamiento.

4. Existe una relación negativa y significativa entre la dureza del grano y el coeficiente de absorción del agua.

5. El almacenamiento de frijol en una atmósfera de aire comparado con una atmósfera de CO_2 sufre un mayor deterioro en relación al tiempo requerido para su cocción. Este fenómeno sugiere que el endurecimiento del grano es un proceso oxidativo.

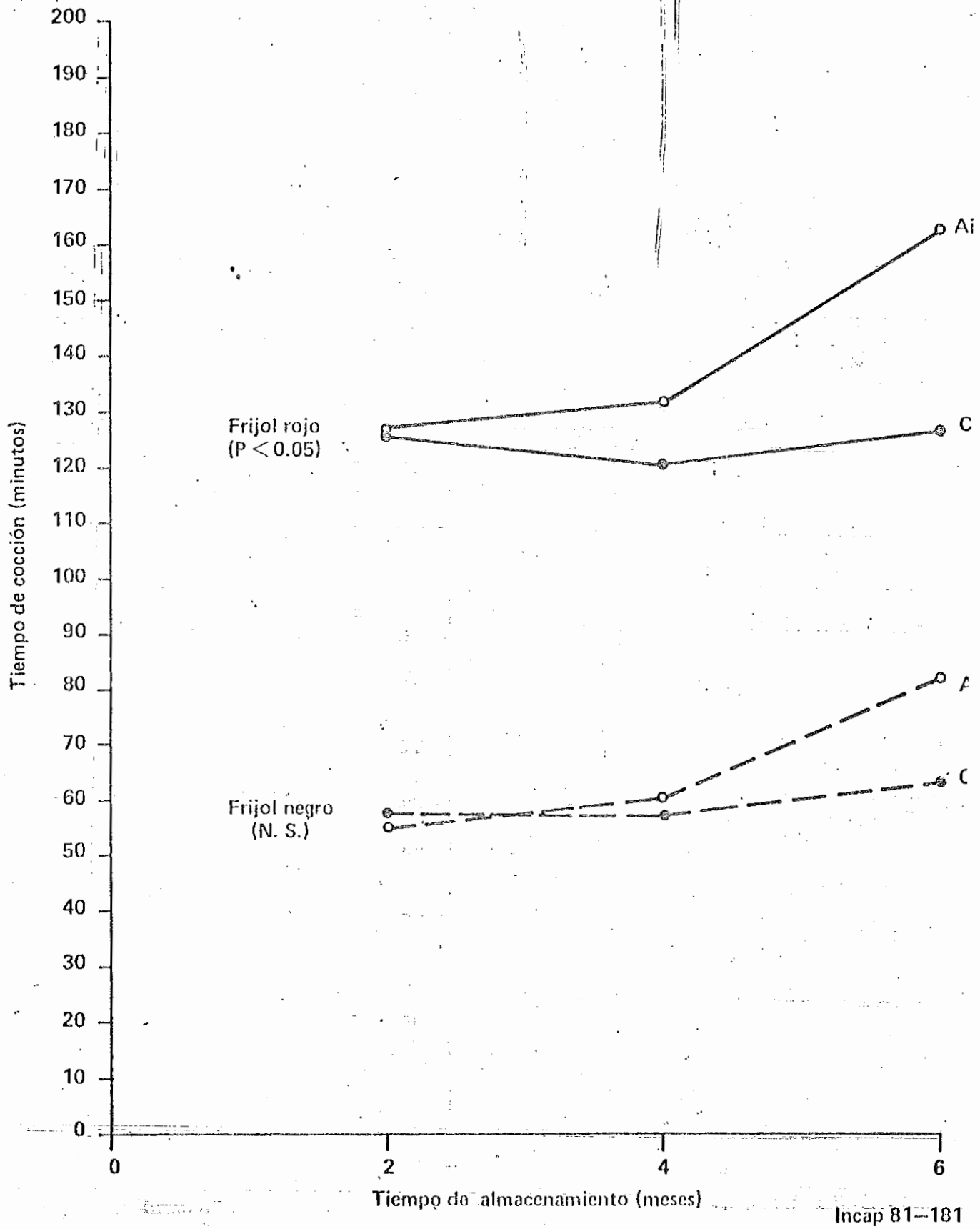
6. El contenido de taninos del frijol disminuye con el tiempo de almacenamiento principalmente si la temperatura es elevada. En el caso del frijol negro esta disminución en taninos es acompañada por un aumento en la actividad enzimática de polifenol oxidasa. Esta actividad es mayor a mayor temperatura de almacenamiento.

7. Existe una tendencia en la variedad roja de frijol a sufrir mayores cambios durante el proceso de almacenamiento.

RECOMENDACIONES

Aunque este estudio carece de un componente de factibilidad económica, basado en los resultados obtenidos se pueden hacer las siguientes recomenda-

EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL TIEMPO DE COCCION DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) ALMACENADO EN DIFERENTES ATMOSFERAS



Incap 81–181

ciones, teniendo en mente que debe dársele prioridad a aquellas alternativas que son las más prácticas y factibles:

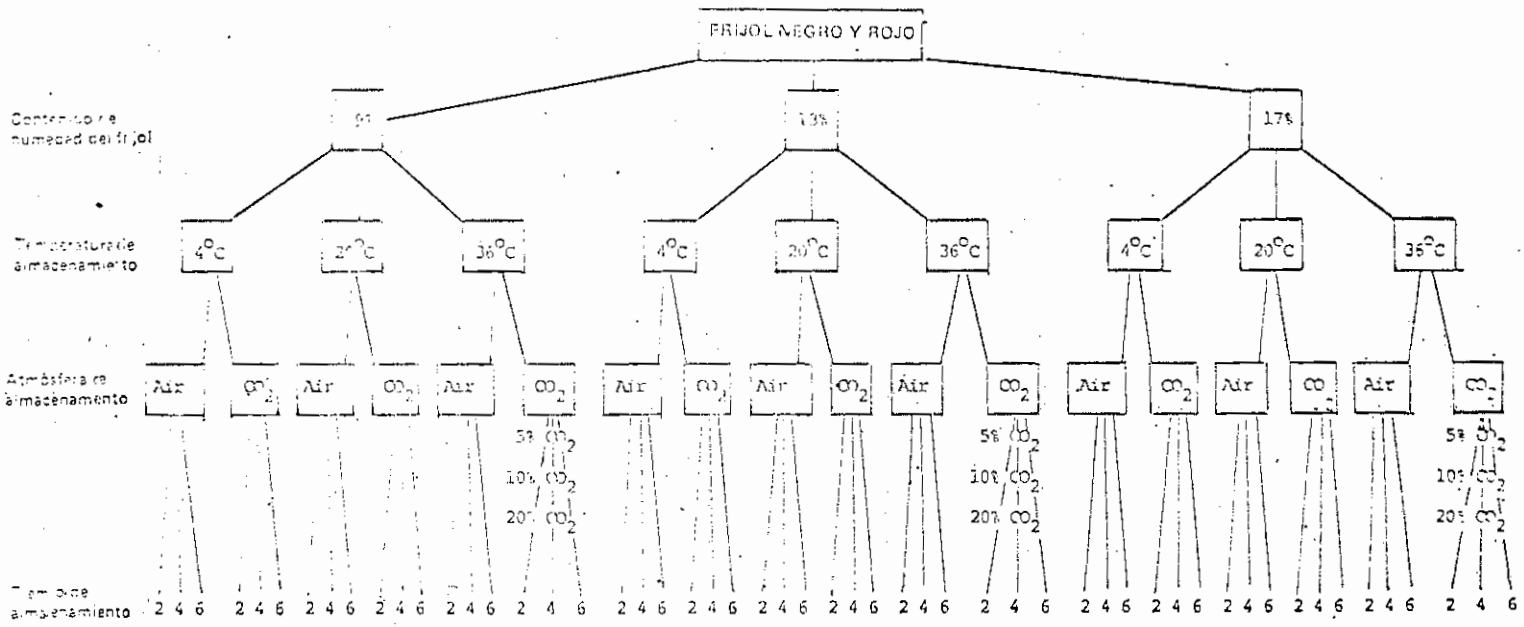
1. El frijol debe de almacenarse con el menor contenido posible de humedad. En escala industrial esto podría lograrse por el uso de un secador hasta alcanzar contenidos bajos de humedad de la semilla. A nivel de pequeño agricultor, secado al sol podría ser la única alternativa práctica.

2. El lugar de almacenamiento debe ser fresco y seco, ya que temperaturas altas afectan negativamente el tiempo de cocción del grano.

3. De ser posible, la exposición del frijol al oxígeno debería evitarse. Esto podría lograrse reemplazando el aire contenido en los recipientes de almacenamiento por otros gases como por ejemplo CO_2. A nivel del pequeño productor esto podría lograrse colocando los frijoles previamente secados dentro de una bolsa plástica, la cual debe cerrarse en una forma tal que sólo se permita en un interior un mínimo de aire. En esta situación pudiera sucederse que el CO_2 expirado por el grano reemplazara, por lo menos en parte, el contenido remanente de aire dentro de la bolsa.

FIGURA 1

DISEÑO EXPERIMENTAL



Incap 81— 184

1. Sinha, R.N. and W.E. Muir. Grain storage: part of a system. Avi Publishing Co., Inc. Westport, CT, 1973

2. Bressani, R. and L.G. Elías. Legume Foods. In: New protein foods: technology, A.M. Altschul. New York, Academic Press, Vol 1A, pp-230-297, 1974

3. Hall, D.W. Handling and storage of food grains in tropical and sub-tropical areas. FAO Agric. Denel Paper #90, 350 pp.

4. Bressani, R., M. Flores, and L. Elías: In: "Potentials of field beans and other food legumes in Latin America." Feb. 26-March 1st., 1973, Cali, Colombia

5. Elías, L.G., R. Bressani and Marina Flores: "Problems and potentials in storage and processing of food legumes in Latin America". In: Potentials of field beans and other food legumes in Latin America Cali, Colombia. CIAT PP. 52-87, 1973

6. Gloyer, W.O. "Hardsehll of beans; its production and prevention under storage conditions". Proc. Assoc. Official Seed Analysts., 20: 52-55, 1928

7. Comunicación personal

8. Weston, W.T. and H.T. Morris. Hygroscopic equilibria of dry beans. Food Technol. 8: 353-355, 1954

9. Rockland, B. Saturated salt solutions for statistic-control of relative humidity between 5° and 40°C. Analytical Chem., 32 (10): 1375-1376, 1960

10. Association of Official Chemists, Washington, D.C. Official Methods of analysis of the A.O.A.C., Washington, D.C. 1970, pp. 532

11. Sefa-Dedeh, S., D.W. Stanley and P.W. Vosisey. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (Vigna unguiculata). J. Food Sc. 43: 1832-1838, 1978

12. Hulse, J. H., E.O. Rachie, and L.W. Billinglsy. Nutritional standard and methods of evaluation for food legume breeders. Ottawa, Canada, 1977

13. Price, M.L., S. Van Scoyoc and L.G. Butter. "A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain". J. Agric. Food Chem., 26(5): 1214-1218, 1978

14. Flukey, W.H. & J.J. Jen. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. J. Food Sc., 43: 1826-2831, 1978

15. Ruiloba, Elizabeth de. Efecto de diferentes condiciones de almacenaje sobre las características fisico-químicas y nutricionales del frijol (Phaseolus vulgaris). Tesis (Magister Scientificae), Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia INCAP/CESNA, Guatemala, 1973

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

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

18. Muneta, P. The cooking time of dry beans after extended storage. Food. Technol., 18: 1240, 1964

19. Kon, S. Pectic substances of dry beans and their possible correlation with cooking time. J. of Food Scie., 33: 437-438, 1968

20. Burr, H.K. Effect of storage on cooking qualities, processing and nutritive value of beans. In: Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods. Ed. Werner G. Jaffe. Ribeirao Preto, No. 1973

21. Whitaker, J. R. Principles of enzymology for the food sciences. Marcel Dekker, Inc., New York, 1972

22. Halim, D.H. and M.W. Montgomery. Polyplenol oxidase of d'Anjou Pears (Pyous Communist) Journal of Food Science 43: 603, 1978

23. Linares Sonia y Concepción Mendoza. Evaluación de estándares nutricionales y tecnológicos de 20 variedades de Phascolus vulgaris. Tesis (Magister Scientificae), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia INCAP/CESNA. Guatemala, 1979

6622

CONOCIMIENTOS ACTUALES SOBRE EL PROCESO DE ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL

Luiz G. Elías

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)

Guatemala, C. A.

---

* Presentado en el Simposio sobre "El Problema del Endurecimiento del Frijol" llevado a cabo en la República Dominicana, durante la XXXVI Reunión del PCCMCA, del 23 al 27 de marzo de 1981, auspiciado por la Universidad de las Naciones Unidas (UNU).

** Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, Apartado Postal 1188, Guatemala, C. A.

INTRODUCCION

Una de las características de aceptabilidad más importante que determina la "calidad de cocción" de las leguminosas de grano, es el tiempo que necesita el grano para suavizarse durante el proceso de cocción. Esta característica es reclamada por el consumidor tanto a nivel casero como Industrial, debido a las implicaciones obvias que tienen desde el punto de vista económico y organoléptico. Económico porque requiere un mayor gasto de combustible para el proceso de cocción y organoléptico porque en muchos casos el sabor del grano sufre también un deterioro notable. Además desde el punto de vista Industrial, los procesos unitarios que se utilizan para el procesamiento de los alimentos necesitan una uniformidad en las características de la materia prima a usarse. Por lo tanto diferencias en el tiempo de cocción contribuye a una variabilidad en la calidad del producto procesado (Elías y col. 1973). Asimismo, hay que agregar el efecto negativo que tiene este fenómeno sobre la disponibilidad de este grano básico a la población, efecto éste que es más significativo si se recuerda los problemas que enfrentan los profesionales en agronomía, para aumentar la producción de este cultivo. Con respecto a las características de cocción del frijol pensamos que hay que considerar y diferenciar dos aspectos distintos de este fenómeno. Uno que se refiere a los cultivares recién cosechados, donde las diferencias en el tiempo de cocción se deben probablemente a factores inherentes a la semilla y que se deben a su vez, a aspectos de orden genético-agronómicos y el otro relacionado al desarrollo de un proceso de endurecimiento del grano debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento, tales como: humedad del grano, temperatura, tiempo y humedad relativa del ambiente. Aunque los dos procesos de endurecimiento puedan estar hasta cierto punto interrelacionados, el presente trabajo

se refiere principalmente al segundo aspecto, o sea al deterioro de la "calidad de cocción" del frijol después de la cosecha aun más específicamente, al frijol que se destina a fines alimentarios, y no para semilla (Diagrama 1). Como se puede observar en este Diagrama, trataremos de seguir la ruta indicada en el lado izquierdo de la transparencia que se refiere principalmente al problema de dureza debido a un almacenamiento inadecuado. Es fácil también visualizar en este Diagrama los principales factores que influencian la textura del grano cocido. Es nuestro propósito en esta revisión profundizar un poco más en cada una de las etapas que van desde el almacenamiento hasta la textura del grano durante el proceso de cocción.

1. Proceso de Endurecimiento

El fenómeno de endurecimiento del frijol se traduce come mencionamos anteriormente desde el punto de vista práctico, en un aumento en el tiempo requerido para la suavización del grano durante el proceso de cocción, y en algunos casos en un deterioro en las características organolépticas del producto tales como olor y sabor. A pesar de que este problema ha sido reconocido hace mucho tiempo, solo recientmente se han hecho esfuerzos para conocer las causas y el mecanismo de este fenómeno. Con respecto a las causas o factores que influencian el endurecimiento del frijol, estos son: la humedad del grano, temperatura, humedad relativa del ambiente y el tiempo de almacenamiento (Burr y col. 1968; Morris y Wood, 1956, Ruiloba y col. 1973; De Mejía y col. 1979) (Cuadro 1). Si se pudiera establecer una prioridad entre estos factores con respecto al efecto individual de cada uno de ellos y basado en los datos experimentales se puede indicar que la humedad del grano, seguido de la temperatura de almacenamiento parecen ser los más importantes. De una manera simplista, el deterioro en la calidad de cocción se debe al desarrollo

de un proceso de endurecimiento el cual afecta la capacidad de absorción de agua por parte de la semilla, y en consecuencia ésta requiere un mayor tiempo para suavizarse cuando es sometida al proceso de cocción. La lógica detrás de este razonamiento se basa en el hecho de que el proceso de suavización de la semilla durante el período de cocción estaría en gran parte relacionado con la capacidad de penetración del agua en la semilla. A este respecto es necesario indicar que el término usado de "capacidad de absorción de agua" por parte de la semilla debe ser analizado bajo dos aspectos: primero, en lo que se refiere a la facilidad de penetración del agua a través de la testa y en segundo lugar la capacidad de penetración y difusión uniforme de la misma a través del cotiledón. Este es un punto importante principalmente cuando se trata de relacionar esta característica física de la semilla con la textura y el tiempo de cocción; deberemos retornar a este aspecto más adelante en este documento. Por lo tanto, antes de revisar los conocimientos actuales sobre el mecanismo del endurecimiento es importante discutir el significado y la relación causística de algunos parámetros físico-químicos relacionados al problema, tales como: absorción de aqua, dureza de la semilla, y el tiempo de cocción sobre el problema del deterioro en la calidad de cocción de las leguminosas.

1.1 Absorción de Agua

Con respecto a este parámetro es necesario indicar que existen por lo menos tres posibles factores que inciden sobre la capacidad de absorción de agua, como ya señalamos en el Diagrama previamente discutido; una relacionada a la cáscara (testa), otra a los cotiledones y la tercera que involucra tanto la cáscara como el cotiledón. Con respecto a la cáscara se ha creado inclusive un término conocido como "frijol de cáscara dura" como una indicación del mayor tiempo de cocción (Gloyer, 1928; Bourne, 1967). Hasta cierto

punto esta hipótesis tiene su atractivo y mérito ya que la cáscara es la primera barrera que tiene que enfrentar el agua, antes de penetrar en el interior de la semilla (Figura 1),y esta penetración depende del grosor y de la textura de la testa, así como del tamaño del hilio y de la forma y tamaño del micrópilo. De acuerdo a estudios recientes (Sefa-Dedeh y Stanley, 1979) el grosor de la cáscara y el tamaño del hilio son los responsables por la mayor parte del agua absorbida por la semilla en las primeras doce horas del período de remojo. Posteriormente compuestos como el contenido de proteína se vuelven importantes en el proceso de hidratación. Otros estudios (Bustamante y Gómez Brenes, 1980), han demostrado también una relación entre el porcentaje de cáscara y la capacidad de absorción de agua, introduciendo una posibilidad interesante, por la sencillez y facilidad de realizar esta medida en comparación con otras medidas más sofisticadas como lo son el grosor y la textura de la cáscara. El siguiente Cuadro (2) muestra la relación entre algunos factores físicos y químicos relacionados al problema de hidratación de la semilla. Estos datos muestran una relación entre absorción de agua y tamaño de la semilla (Elías y col., 1977; Elías y Bressani, 1980), el porcentaje de cáscara, y su contenido de proteína y taninos (Linares y col., 1981). Con respecto a los parámetros químicos es interesante indicar la relación encontrada con el contenido de taninos, ya que éste está presente casi exclusivamente en la cáscara del grano y esta relación merece especial atención con respecto al problema de endurecimiento del frijol durante el almacenamiento.

1.2 Dureza

Independientemente de otros factores que influyen en el proceso de endurecimiento es necesario considerar hasta que punto la absorción de agua está

relacionada a la dureza y al tiempo de cocción de la semilla. El siguiente Cuadro (3) sumariza algunos de los resultados con respecto a la relación entre capacidad de hidratación y la dureza de la semilla. Es posible concluir de estos estudios que definitivamente existe una correlación significativa entre estos dos parámetros, indicando así la importancia del proceso de absorción de agua sobre la textura de la semilla (Sefa-Dedeh y Stanley, 1979; Elías y Bressani, 1980; De Mejía y col., 1979; Bustamante, 1980). Una revisión de la metodología que se ha usado para determinar estos dos parámetros, indica que hay necesidad de una mejor estandarización con el propósito de obtener mejores correlaciones. Debido a que existe también una relación inversa entre el tiempo de remojo y la textura de la semilla (Sefa-Dedeh y Stanley, 1979) se espera que la textura de la semilla remojada esté también relacionada con el tiempo necesario para alcanzar la textura adecuada durante el proceso térmico de cocción (tiempo de cocción). Como se muestra en el siguiente Cuadro (4) aparentemente esta relación sí existe aunque no es tan clara como en el caso anterior. Es posible que el efecto del calor necesario para el proceso de cocción catalice otras reacciones que influencien la textura de la semilla, yq que es de esperarse que el proceso de suavización del grano durante la cocción dependa aunque en menor grado de otros factores adicionales. Esto se observa claramente en el siguiente Cuadro (5), donde se puede notar que ni siempre la capacidad de absorción de agua por parte de la semilla está relacionada con el tiempo necesario para suavizar el grano durante el proceso de cocción. Como se trata de indicar en la Figura 2 . este proceso de suavización (cocción) estaría entonces más relacionado a cambios adicionales en la micro estructura del cotiledón, provocado inicialmente por la presencia del agua durante el período de remojo y posteriormente, por el efecto adicional del calor usado durante la etapa de

cocción. Como mencionáramos anteriormente, con respecto a la característica física de "absorción de agua" es necesario interpretar esta medida adecuadamente en lo que se refiere a la distribución del agua absorbida en la semilla. Es posible que en el caso de la semilla recién cosechada la capacidad de hidratación refleje no solo la facilidad de paso del agua a través de la cáscara, sino también su distribución uniforme en el cotiledón, como lo indica una curva típica de absorción de H_2O para el fríjol común (Figura 3), mostrando una gran similitud con el patrón general de hidratación discutido anteriormente. Sin embargo, es posible que en el caso de la semilla almacenada por largo tiempo en condiciones inadecuadas y que ya haya sufrido el proceso de endurecimiento esta medida no refleje las dos fases del proceso de hidratación; esto parece confirmarse al observar la curva de hidratación de la semilla almacenada que muestra un patrón de absorción de agua similar al grano recién cosechado. Sin embargo, un examen más detallado (Foto) de las dos semillas mostró que en el caso de la semilla almacenada y endurecida, gran parte del agua se quedó entre la testa y el cotiledón, lo que se reflejó en una falta de hinchamiento del cotiledón; mientras que la semilla recién cosechada mostró una distribución uniforme del agua absorbida, mostrando un mayor poder de hinchamiento. Por lo tanto, es posible y explicable que en estos casos no se encuentre una relación entre absorción de agua y textura y/o tiempo de cocción. De hecho algunos investigadores (Burr y col., 1968) han reportado una falta de correlación entre absorción de agua y tiempo de cocción. Es así necesario establecer aquellos parámetros que sean de utilidad para el problema de dureza inherente a la semilla y aquel que se desarrolla durante el almacenamiento. Es posible pensar que en la semilla recién cosechada la primera fase del proceso de hidratación es más

importante, mientras que en el frijol endurecido por almacenamiento prolongado e inadecuado, predomine la segunda fase, y que ambos estén relacionados en mayor y menor grado con el tiempo de cocción.

2. Mecanismos del Proceso de Endurecimiento

De los factores físico-químicos que están involucrados en la textura de la semilla del frijol, aparentemente la capacidad de hidratación parece ser la más determinante, y ésta es su fase inicial , está dependiente principalmente de las características físico-químicas y morfológicas de la testa y del tamaño del hilio (Figura 2). Aun más esta fase inicial representa la mayor contribución al proceso de suavización de la semilla durante la etapa de remojo. Posteriormente, el calor y el tiempo empleado para el proceso de cocción determinará la textura final de la semilla. En esta última etapa, se considera que la suavización de la semilla dependerá principalmente de cambios físicos y químicos de los principales componentes del cotiledón. De ahí que los posibles mecanismos que expliquen el proceso de endurecimiento deben involucrar aspectos físicos, químicos y bioquímicos de las dos principales partes anatómicas de la semilla, la testa y el cotiledón. Es necesario, sin embargo, aclarar que en el caso del endurecimiento del grano por condiciones inadecuadas de almacenamiento, estas características de cocción que poseen las semillas recién cosechadas, suelen agravarse, a través de cambios físicos y químicos y estructurales que sufren. Los conocimiento adquiridos hasta la fecha permiten elaborar varias hipótesis que pueden servir de base para discutir el proceso de endurecimiento del frijol. Estas hipótesis no necesariamente deben ser vistas independientemente, sino más bien interrelacionadas para explicar y comprender este fenómeno.

2.1 Papel de los Polifenoles

Los pigmentos que caracterizan los diferentes colores de las semillas de leguminosas están localizados en la testa. Entre estos, los polifenoles han sido últimamente objeto de varios estudios con el propósito de evaluar su significado desde el punto de vista nutricional (Elías y col., 1979), y tecnológico. En este último aspecto, se ha tratado de relacionarlo principalmente con el sabor y textura de la semilla. Estudios recientes (De Mejía y col, 1979) han sugerido una posible relación entre el contenido de polifenoles y el proceso de desarrollo de la dureza del frijol durante el almacenamiento. El siguiente Cuadro (6) muestra resultados parciales de dicho estudio indicando una disminución significativa en el contenido de polifenoles (expresado como catequina) del frijol común durante el tiempo de almacenamiento, que en este caso fue de 6 meses. Esta disminución fue acompañada de un aumento de la actividad del polifenol-oxidasa, de la dureza y del tiempo de cocción del grano. Aun más interesante, el menor contenido de catequina estuvo directamente relacionado con las condiciones de almacenamiento que favorecen el desarrollo del proceso de dureza del frijol. Como se puede observar (Figura 5) a mayor humedad del grano y mayor temperatura de almacenamiento, mayor disminución en el contenido de catequina. Aparentemente, la disminución en el contenido de catequina también está directamente relacionada a la actividad de la enzima polifenol oxidasa, ya que se encontró una correlación con tendencia negativa no significativa entre estos dos parámetros. Otra manera de analizar el proceso de endurecimiento durante el almacenamiento es el de cuantificar el efecto de diferentes factores a través del tiempo sobre la textura y el tiempo de cocción. Los resultados de los análisis de regresión múltiple que se muestran en el Cuadro 7 indican

que a los dos meses el factor que más afectó la dureza fue la capacidad de absorción de agua, seguido del contenido de proteína, que a los cuatro meses se volvió la causa más importante; a este tiempo, el contenido de taninos ocupó el segundo lugar para luego ocupar el primer lugar a los 6 meses de almacenamiento. Estos datos son realmente interesantes ya que ratifican lo dicho anteriormente sobre la cimportancia de la absorción de agua como un parámetro valioso para predecir la dureza en la semilla recién cosechada o sometida a un tiempo relativamente corto de almacenamiento. Asimismo confirma la influencia del contenido de proteína sobre la absorción de agua y finalmente indica el papel decisivo del contenido de taninos como un indicador de dureza a un tiempo más prolongado de almacenamiento, y muy probablemente, su interacción en el mecanismo de dureza del frijol durante el almacenamiento. Esto se confirma cuando se observa los resultados que se muestran en el Cuadro 8, indicando que el tiempo de cocción estuvo influenciado principalmente por el contenido de catequina a través del almacenamiento.

Aunque bioquímicamente sea fácil suponer y esperar que en las condiciones de almacenamiento opere un mecanismo enzimático para explicar la disminución de la catequina, no se dispone todavía de una explicación que pueda relacionar esta disminución con el desarrollo de la dureza del grano. Con base a lo expuesto anteriormente y a la luz de lo que se conoce actualmente sobre este problema, se podría suponer un efecto adverso sobre la estructura de la testa ya que la totalidad de los pigmentos se encuentra en ésta. Dicho efecto inmediato sería sobre la capacidad de hidratación de la semilla, ya que la cáscara representa la primera barrera para la penetración del agua en la semilla y por lo tanto, estaría influenciando el proceso de suavización de la semilla durante la etapa de remojo que es la primera fase del método de

cocción. De acuerdo a los datos adicionales que se muestran en el Cuadro 9, esta relación es una posibilidad, principalmente en el caso de las muestras de frijol almacenadas a u na temperatura de 36°C, donde se encontró una correlación significativa entre el contenido de catequina y la absorción de agua por parte de la semilla. Dicho efecto en la estructura de la testa podría ser debido a la polimerización de los fenoles por acción de la polifenol-oxidasa. En el estudio que aquí se reporta solo se midió el contenido de catequina, pero otros polifenoles son también sustratos de esta enzima, y por lo tanto son susceptibles de oxidarse a quinonas y posteriormente polimerizarse formando otros pigmentos, de naturaleza similar a las melaninas. Otra posibilidad con respecto al papel de los polifenoles y el problema de endurecimiento del frijol se refiere a la posible formación de complejos proteínicos con compuestos fenólicos (Molina y col. 1976). Estos estudios han mostrado un aumento en la fracción de proteína lignificada del cotiledón en granos del frijol negro almacenado a 25°C, mientras que las muestras almacenadas a 4°C el valor de esta fracción fue más bajo. Asimismo, se encontró una alta correlación (r = 0.91) entre la fracción de proteína lignificada y la dureza de las muestras estudiadas. El valor de la proteína lignificada de la testa permaneció prácticamente más bajo en los granos almacenados a 4°C. Con respecto a estos resultados es de interes mencionar que los análisis fueron realizados después de haber sometido el frijol a un proceso de remojo y cocción para medir la dureza del frijol. De esta manera, la separación de la cáscara del cotiledón fue llevada a cabo después del proceso de cocción. Esto permitió la migración de los pigmentos de la cáscara al cotiledón ya que estos son solubles en agua, hecho éste que los autores relacionaron con el color del cotiledón después de la cocción, encontrándose un color más oscuro en aquellos granos que mostraron una textura más suave, lo que

asociaron con mayor penetración de los pigmentos debido al menor contenido de proteína lignificada. Sin embargo, a la luz de lo que se conoce actualmente es posible que los polifenoles puedan estar relacionados a la dureza de la semilla y al tiempo de cocción por dos mecanismos: el de la polimerización activa principalmente en la testa, y al de la proteína lignificada en el cotiledón, ambos afectando la capacidad de hidratación de la semilla. El primero, obstaculizando la penetración del agua y el segundo limitando la capacidad inhibitoria. Conviene así en futuros estudios identificar los fenoles presentes en la testa y medir su estabilidad durante el almacenamiento. Esta disminución en el contenido de polifenoles durante el almacenamiento podría también estar relacionada a la pérdida de sabor y de color del agua de cocción de muestras almacenadas inadecuadamente.

2.2 Papel de Otras Sustancias

El proceso de endurecimiento del frijol durante el almacenamiento inadecuado ha sido también atribuido a mecanismos que invlucran cmabios físicos y químicos de otras sustancias, las cuales pueden también incidir en la macro y micro estructura del cotiledón.

Dichos cambios están basados principalmente en los constituyentes del cotiledón, como lo son el almidón, la proteína, los lípidos, y desde el punto de vista estructural la pared celular y la lámina media (Figura 6). La pared celular está formada principalmente de celulosa, embebida en una matríz formada principalmente de hemicelulosa y sustancias pécticas. La lámina media, estructura que mantiene las células individuales juntas, consiste principalmente de sales de calcio de polímeros de ácido galacturónico que han sido parcialmente esterificados con metanol. Estudios llevados a cabo por diferentes autores (Sefa-Dedeh y Stnaley, 1979; Rockland y Jones, 1974),

han demostrado que en las primeras fases del proceso de cocción, la lámina media es el principal constituyente que se suaviza (ya que mantiene las células ligadas), y posteriormente dependiendo del tiempo y la temperatura empieza la gelatinización de los gránulos del almidón. El proceso de gelatinización extracelular del almidón del frijol (Phaseolus lunatus), y los cambios morfológicos del grano durante este proceso han sido estudiados (Rockland y col., 1979) y observados microscópicamente. Dicho estudio se llevó a cabo usando agua pura y una solución salina, encontrándose diferentes rangos en la temperatura de gelatinización, siendo de 71-79°C para el agua y de 79-85°C para la solución salina. Simismo, estudios sobre el proceso de gelatinización intracelular del almidón (Hahn y col., 1977) en frijoles remojados en agua y en soluciones salinas y sometidos al proceso de cocción, demostraron que debido a las restricciones impuestas por las paredes celulares que permanecen intactas a las temperaturas de gelatinización, la dilatación y proyección de los gránulos de almidón no se llevó a cabo. A medida que continúa el proceso de cocción, la suavidad del grano va aumentando sin que se observe mayores cambios en la microestructura de la semilla, indicando que otros factores contribuyen a la suavidad durante el proceso de cocción. Entre éstos se ha sugerido (Mattson, 1946; Muller, 1967) que durante la cocción el ablandamiento de la semilla se debe a la reacción de fitatos con pectatos insolubles de Ca y Mg que están presentes en las paredes celulares transformándolos en pectatos solubles de Na y K. El papel del ácido fítico y de los fitatos sobre la textura de las semillas se debe probablemente a que estos representan la principal forma de P en ellas, yq que del 60 al 90% de fósforo está presente en la forma de ácido fítico (Lolas y Markakis, 1975). Además de la posible reacción entre fitatos y pectatos previamente mencionada, otras posibles implicaciones en la textura estaría relacionada

con la presencia de complejos proteína-fitato encontrados en el frijol común (Iolas y Markakis, 1975; Bourdillón, 1950). Asimismo otros estudios (Mattson, 1946) con diferentes variedades de arvejas secas han indicado una relación entre la calidad de cocción y el contenido de ácido fítico y calcio. Sin embargo, otros investigadores (Smithies, 1960) han indicado en el caso del ácido fítico que dicha correlación solo es válida cuando este ácido está presente en bajas cantidades. Estudios llevados a cabo en muestras de frijol de costa (Vigna unguiculata) almacenadas en condiciones inadecuadas (Sefa-Dedeh y Stanley , 1979), han confirmado el papel de la lámina media en la textura del frijol durante la cocción. Dichos estudios mostraron un rompimiento incompleto de la lámina media en las muestras que mostraron el problema de endurecimiento. Estos cambios estructurales han sido reportados por otros autores (Rockland y Jones, 1974; Sefa-Dedeh y col., 1978). Con respecto a la posible contribución del almidón a la textura del grano, recientemente se ha sugerido (Huges et al., 1975, Linehan y Hunes, 1969; Bretzloff, 1968) que en el caso de algunos alimentos la solubilización y difusión del almidón de las células durante el proceso de cocción puede aumentar la adhesión intercelular. Esta adhesión sería resultante de la liberación de la amilosa a través de las paredes celulares promoviendo así la unión de las células por medio de enlaces de hidrógeno con polisacáridos de la pared celular. Por lo tanto, dicho mecanismo dependería así de las propiedades físico-químicas, tales como la solubilidad y el poder de hinchamiento del almidón. Dicha característica ha sido reportada recientemente (Lai y Varriano-Marston, 1979) indicando que el almidón del frijol común está constituido de un alto contenido de amilosa (38%), un rango de temperatura de gelatinización alto (63.8 - 76°C) y un patrón relativamente bajo de hinchamiento (11 unidades a 95°C) y de solubilidad (18% a 95°C). Aparentemente,

[illegible]terísticas estructurales de este almidón sugieren un papel li- [illegible] el proceso de gelatinización e hinchamiento durante el proceso de [illegible] frijol común (Lai y Varriano-Marston, 1979). Otros investiga- [illegible] sugerido implicar una asociación entre el desarrollo de la dureza [illegible] y el proceso de retrogradación del almidón (Hellendoorn, 1979), [illegible] de resultados similares obtenidos con el almidón en el caso del [illegible] del arroz. Sin embargo, resultados recientes sobre la diges- [illegible] del almidón en muestras almacenadas por 6 meses bajo diferentes [illegible] no mostró ninguna correlación con el desarrollo de la dureza [illegible] De Mejía, Elías y Bressani, 1979). Con respecto a otros pli- [illegible] algunos investigadores (Hamad y Powers, 1965) han encontrado una [illegible] entre ciertas fracciones de las sustancias pécticas y la capacidad [illegible] de agua del frijol común. Sin embargo, otros estudios (Molina [illegible] no han podido corroborar esta relación.

[illegible] se ha tratado de correlacionar la composición de los lípi- [illegible] tiempo de cocción del frijol común (Takayama y col., 1965) sin [illegible] podido demostrar significancia en esta correlación. El razona- [illegible] esta posibilidad se debe al hecho de que aunque la mayoría [illegible] acusen un bajo contenido de lípidos totales pero en su [illegible] dominan los ácidos grasos no saturados, y en consecuencia con [illegible] de oxidación. De hecho, los frijoles endurecidos durante [illegible] con frecuencia resultan también con un deterioro en sabor [illegible] hidrolítico y oxidativo que actúa sobre estos ácidos grasos. [illegible] así, que a este proceso de oxidación puede seguir un proceso [illegible], afecntando así la permeabilidad del cotiledón a la penetra-

3. Conclusiones

A pesar de la diversidad de hipotesis que se ha revisado en este trabajo y de otras evidencias acumuladas en otros estudios de almacenamiento y prevención del proceso de endurecimiento, está claro que los mecanismos de este proceso son varios y que cada uno puede afectar en mayor o menor grado dicho fenómeno. Está también claro que el proceso de endurecimiento durante el almacenaje difiere en ciertos aspectos del de la semilla recién cosechada. Los estudios realizados a este respecto sugieren también fuertmente que el principal mecanismo de acción es de naturaleza enzimática. Esto está evidenciado por las condiciones que favorecen al desarrollo de la dureza durante el almacenamiento, como por la eficiencia de los tratamientos para evitar este proceso.

Los mecanismos presentados y discutidos en esta revisión indican que en ellos están involucrados factores de orden físico, químico y estructural. A pesar de la complejidad de estos factores es posible también concluir que los cambios de orden físico, químico o bioquímico inciden principalmente sobre la estructura de las partes anatómicas del grano (testa y cotiledón), afectando así la respuesta de la semilla al proceso de remojo (agua) y cocción (agua + calor).

Es necesario también definir y establecer una metodología adecuada para los parámetros involucrados en la explicación del fenómeno del endurecimiento, con la finalidad de eliminar discrepancias entre los resultados obtenidos hasta la fecha.

Finalmente, la agronomía puede contribuir grandemente en solucionar el problema a través de la selección e implementación de cultivares de frijol,

con menores tendencias al desarrollo del proceso de dureza durante el almacenamiento.

CUADRO 1

FACTORES QUE INFLUENCIAN LA CALIDAD DEL FRIJOL DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Humedad de la semilla

Temperatura ambiental

Humedad relativa

Tiempo

Incap 81—137

CUADRO 2

FACTORES FISICOS Y QUIMICOS QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE HIDRATACION DE LAS LEGUMINOSAS

	Leguminosa	Tamaño de la semilla	Cáscara %	Proteína %	Taninos (Catequina) %	Referencia
ABSORCION DE AGUA	Phaseolus vulgaris	+ 0.40 NS				Elías et al. (77)
	Phaseolus vulgaris	+ 0.55**				Elías & Bressani (80)
	Phaseolus vulgaris		0.57**			Bustamante & Gómez Brenes (80)
	Phaseolus vulgaris		0.41*			Bustamante & Gómez Brenes (80)
	Phaseolus vulgaris			0.39**		Linares & Mendoza (79)
	Phaseolus vulgaris				−0.33**	Linares & Mendoza (79)

NS: No significativo.
* Significativo < 0.05.
** Significativo < 0.01.

Incap 81–134

CUADRO 3

CORRELACIONES ENTRE ABSORCION DE AGUA Y DUREZA EN LEGUMINOSAS DE GRANO

	r[a]	P	Referencia
Phaseolus vulgaris	−0.40	<0.10	De Mejía, Elías y Bressani (1979)
Phaseolus vulgaris	−0.97	<0.05	Sefa-Dedeh y Stanley (1979)
Phaseolus vulgaris	−0.79	<0.05	Sefa-Dedeh y Stanley (1979)
Vigna unguiculata	−0.91	<0.05	Sefa-Dedeh y Stanley (1979)
Phaseolus vulgaris	−0.40	<0.01	Bustamante, A. (1980)
Phaseolus vulgaris	−0.25	NS[b]	Elías y Bressani (1980)

a Coeficiente de correlación.

b No significativo.

Incap 81–135

CUADRO 4

CORRELACIONES ENTRE DUREZA Y TIEMPO DE COCCION EN LEGUMINOSAS DE GRANO

Leguminosa	Coeficiente de correlación (r)	P	Referencia
Phaseolus vulgaris	0.33	NS	Elías et al. (1977)
Vigna unguiculata	0.85	<0.05	Sefa-Dedeh, et al. (1978)
Phaseolus vulgaris	0.41	<0.05	De Mejía, Elías y Bressani (1979)
Phaseolus vulgaris	−0.39	<0.01	Linares y Mendoza (1979)
Phaseolus vulgaris	−0.18	NS[a]	Elías y Bressani (1980)

[a] No significativo.

Incap 81–138

CUADRO 5

CORRELACIONES ENTRE ABSORCION DE AGUA Y TIEMPO DE COCCION EN LEGUMINOSAS DE GRANO

Leguminosa	r	P	Referencia
Phaseolus vulgaris	0.55	<0.01	Elías y Bressani (1980)
Phaseolus vulgaris	0.04	NS	Linares y Mendoza (1979)
Phaseolus vulgaris	0.30	NS	De Mejía, Elías y Bressani (1979)
Vigna unguiculata	–0.98	<0.05	Sefa-Dedeh y Stanley (1978)

NS = No significativo.

Incap 81—136

CUADRO 6

CORRELACION ENTRE EL CONTENIDO DE CATEQUINA Y
ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL FRIJOL
DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Variables	Estadístico	Significancia
Catequina - Tiempo de almacenamiento	F = 8.05	0.001
Catequina - Dureza	R = 0.32	< 0.05
Catequina - Tiempo de cocción	R = 0.63	0.000
Catequina - Absorción de agua	R = 0.005	NS **
PPO* - Tiempo de almacenamiento	F = 8.56	< 0.001

* Actividad de la Polifenol oxidosa

** No significativo

Incap 81-170

CUADRO 7

CORRELACION ENTRE CATEQUINA Y CAPACIDAD DE HIDRATACION DE FRIJOLES SOMETIDOS A DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Variables	r	p
Catequina - Absorción H_2O*	0.005	NS
Catequina - Absorción H_2O**	0.71	< 0.05

* Todas las muestras

** Muestras almacenadas a 36°C

CUADRO 8

REGRESION MULTIPLE ENTRE DUREZA, TANINOS PPO, PROTEINA Y ABSORCION DE AGUA EN FRIJOL

Variable Dependiente / Independiente	TIEMPO (BETAS)			
	2	4	6	TOTAL 2-6
Taninos	.04 (3)	-.16 (2)	-.64 (1)	-.16
PPO	.02 (4)	-.08 (3)	-.06 (4)	.12
PROT	.28 (2)	.41 (1)	-.48 (2)	.07
Absorción H_2O	-.70 (1)	.02 (4)	-.14 (3)	-.20

Incap 81-169

CUADRO 9

REGRESION MULTIPLE ENTRE TIEMPO DE COCCION, TANINOS, PPO*, PROTEINA, ABSORCION DE H_2O Y DUREZA.

Variable Dependiente = Tiempo de Cocción

Independiente	TIEMPO (BETAS)		
	2	4	6
Taninos	-0.55 (1)	-1.20 (1)	-0.90 (1)
PPO	-0.11 (3)	-0.42 (2)	-0.07 (5)
Proteína	0.047 (4)	-0.21 (4)	-0.14 (3)
Absorción de H_2O	-0.15 (2)	0.009 (5)	0.09 (4)
Dureza	-0.02 (5)	-0.30 (3)	0.18 (2)

* Actividad de la Polifenol oxidasa

Incap 81-165

CUADRO 10

POSIBLES MECANISMOS QUE CONTRIBUYEN A LA DUREZA DEL FRIJOL DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

1. Complejos proteínicos con compuestos fenólicos
1.1. Complejos proteínicos con el ácido fítico
2. Cambios en las sustancias pécticas
2.1. Retrogradación del Almidón
3. Oxidación y polimerización de los lípidos
4. Reacción de fitatos con pectatos insolubles de Ca y Mg, para producir pectatos solubles de Ca y Mg.

Incap 81-167

CUADRO 11

CAMBIOS ESTRUCTURALES QUE INFLUECIAN

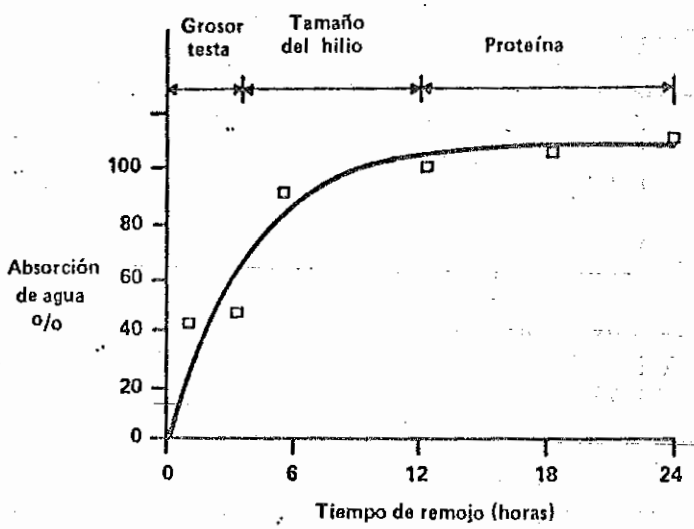
LA TEXTURA DE LAS LEGUMINOSAS DEL GRANO

1. Desintegración de la lámina media
2. Gelatinazación del almidón.

Incap 81-166

GRAFICA 1

CURVA DE ABSORCION DE AGUA*

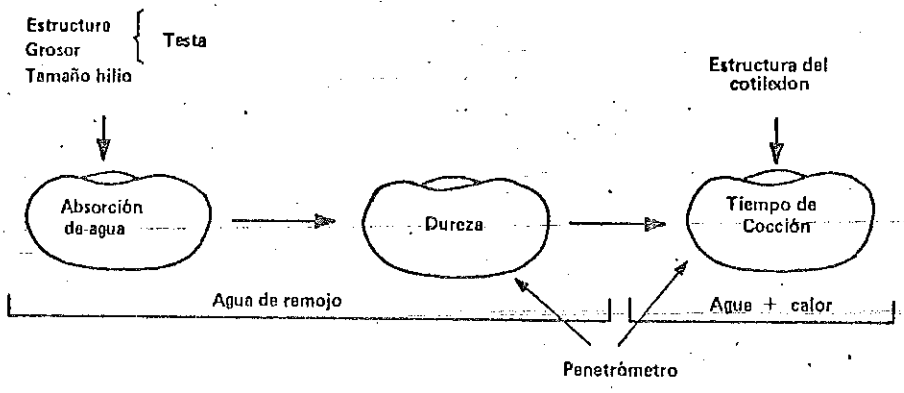


* Adaptado de Sefa-Dedeh and Stanley (1979).

Incap 81–172

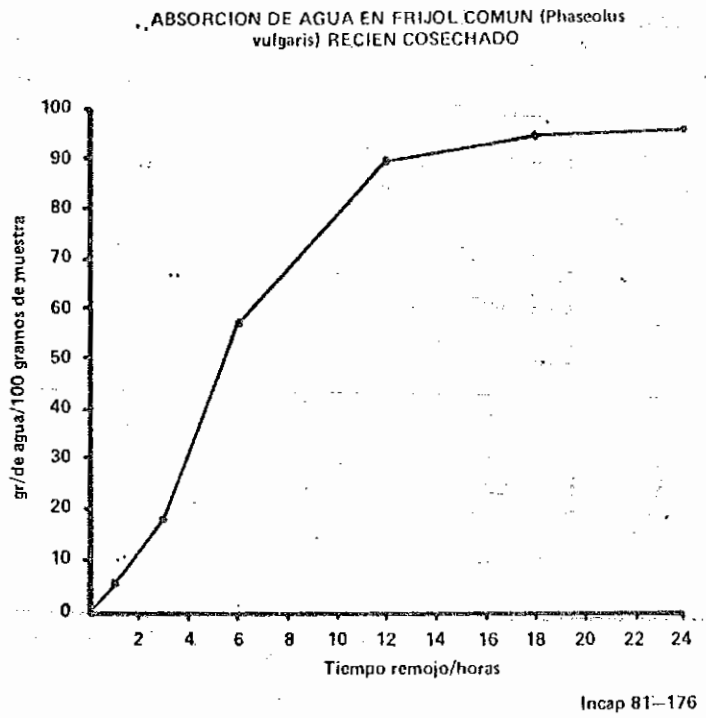
GRAFICA 2

FACTORES QUE INFLUENCIAN LA TEXTURA DE LAS LEGUMINOSAS



Incap 81-171

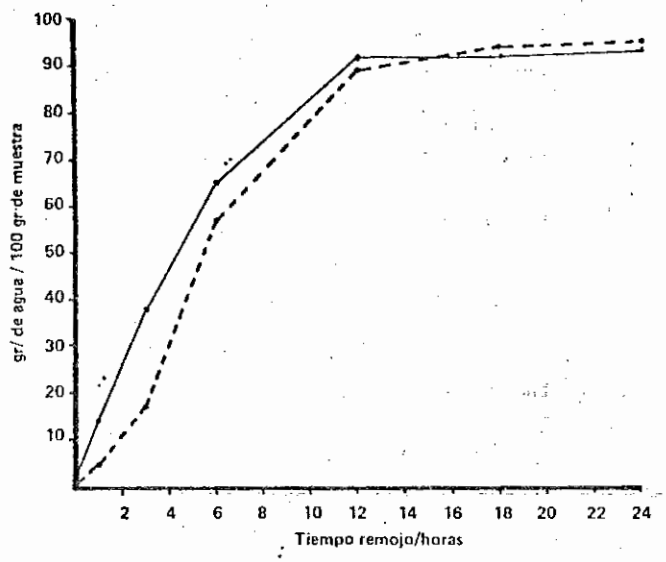
GRAFICA 3


ABSORCION DE AGUA EN FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris) RECIEN COSECHADO
gr/de agua/100 gramos de muestra
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
Tiempo remojo/horas
Incap 81—176

SEF7-31

GRAFICA 4

GRAFICA DE ABSORCION DE AGUA EN FRIJOL EXPRESADO EN GRAMOS DE AGUA ABSORBIDA POR 100 GRAMOS DE MUESTRA CONTRA TIEMPO DE EXPOSICION



Explicaciones

Frijol viejo

Frijol nuevo

Fuente: INCAP

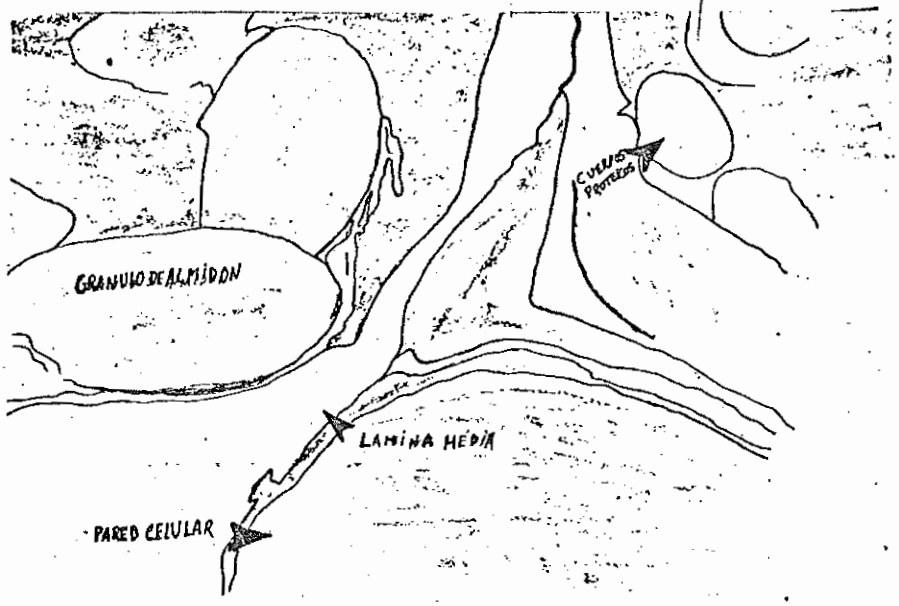
Incap 81—175

SEF7-32

GRAFICA 5

No. 79-235

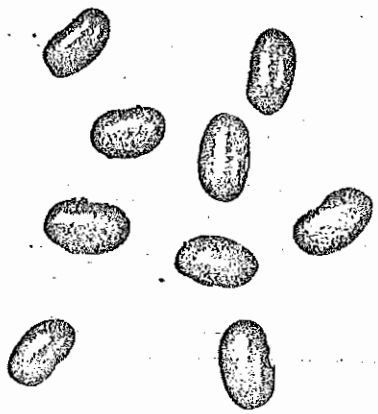
GRAFICA 6



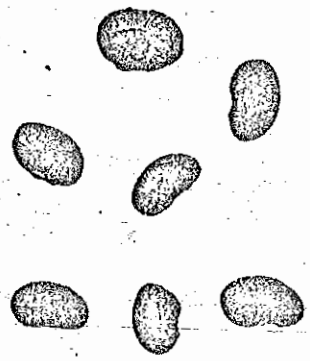
MICROESTRUCTURA
DEL GRANO

Incap 81-164

FOTOGRAFIA 1



FRIJOL RECIEN COSECHADO
REMOJADO



FRIJOL ALMACENADO
ENDURECIDO
REMOJADO

ESTUDIOS REALIZADOS POR EL CIGRAS SOBRE EL ENDURECIMIENTO DE FRIJOL(*Phaseolus vulgaris*)*

Miguel A. Mora** 6628

Generalidades

Es bien conocida la importancia del frijol común (*P. vulgaris*) como un elemento básico en la dieta de una parte importante de la población latinoamericana. También es sabido que además de la escasez general de alimentos por los diferentes problemas de producción existentes, una proporción considerable de granos básicos (y otros alimentos) se pierden en el trayecto entre la cosecha y su consumo final. Entre las muchas causas que producen pérdidas en granos básicos en general, sobresalen el ataque de los mismos por insectos y hongos. En el caso del frijol, además de producirse pérdidas por estas y otras causas comunes a los demás granos, también se presenta el fenómeno de que, dependiendo de varios factores, el tiempo de cocción se va aumentando con el tiempo de almacenamiento hasta que puede llegar a ser tan largo que resulte impráctica su utilización. Al aumentarse el tiempo de cocción no solamente se aumenta el gasto de energía y tiempo para la preparación de los frijoles sino que se provoca una pérdida muy importante en su calidad nutritiva (1).

Entre lo que se ha mencionado como factores que afectan el tiempo de cocción de frijoles están:

1.- Las características propias del grano como cultivar y condiciones de producción del mismo.

---

* Presentado a la XXVII Reunión Anual del PCCMCA. Santo Domingo, Rep.Dominicana. 23-27 de marzo de 1981.

** CIGRAS, Universidad de Costa Rica.

2. La temperatura del grano
3. El contenido de humedad del grano
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 disponibilidad y manejo de existencias de grano, por lo que 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 CIGRAS ha realizado algunos trabajos sobre el tema del endurecimiento del frijol, buscando información sobre el 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 endurecimiento de frijol. En ellos hay factores comunes a todos como son fuente de los frijoles, sistema de ajuste de humedad, forma de almacenamiento y 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 conseguir frijoles con buena calidad inicial.

Cuando fue necesario ajustar la humedad del frijol para el almacenamiento esto se hizo agregándole agua al grano o secándolo lentamente según fuera necesario.

Para mantener la humedad del frijol durante los diferentes períodos de almacenamiento este se guardaba en envases plásticos cerrados herméticamente que eran abiertos 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 mantenía a 25 °C con muy poca variación.

Las pruebas de cocción se hicieron basadas 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 tiempo necesario para alcanzar un porcentaje determinado de frijoles cocidos (90-96-100%).

Todos los ensayos se hicieron al menos por duplicado.

ENSAYO # 1

Efecto de tres contenidos de humedad y tres temperaturas sobre el endurecimiento de frijol (*P. vulgaris*) almacenado durante 6 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 (Cuadro 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.

Cuadro 1. Condiciones de almacenamiento

		TEMPERATURA °C		
		15	20	25
CONTENIDO DE HUMEDAD %	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 haber encontrado algún grado de endurecimiento del frijol. Sin embargo, excepto por un ligero aumento de tiempo de cocción en la evaluación a los seis meses del frijol almacenado con 15.4 % c.h. y a 25 °C, el frijol no se endureció en las condiciones y tiempo probadas. En la Figura 1 se muestra esta tendencia y además se muestra el efecto promedio del remojo de los frijoles antes de su cocción. Dentro de las condiciones de este ensayo el remojo redujo el tiempo de cocción en cerca de 20 minutos, sin embargo, faltaría probar el efecto del remojo en frijoles que tengan características diferentes, especialmente en cuanto a dureza.

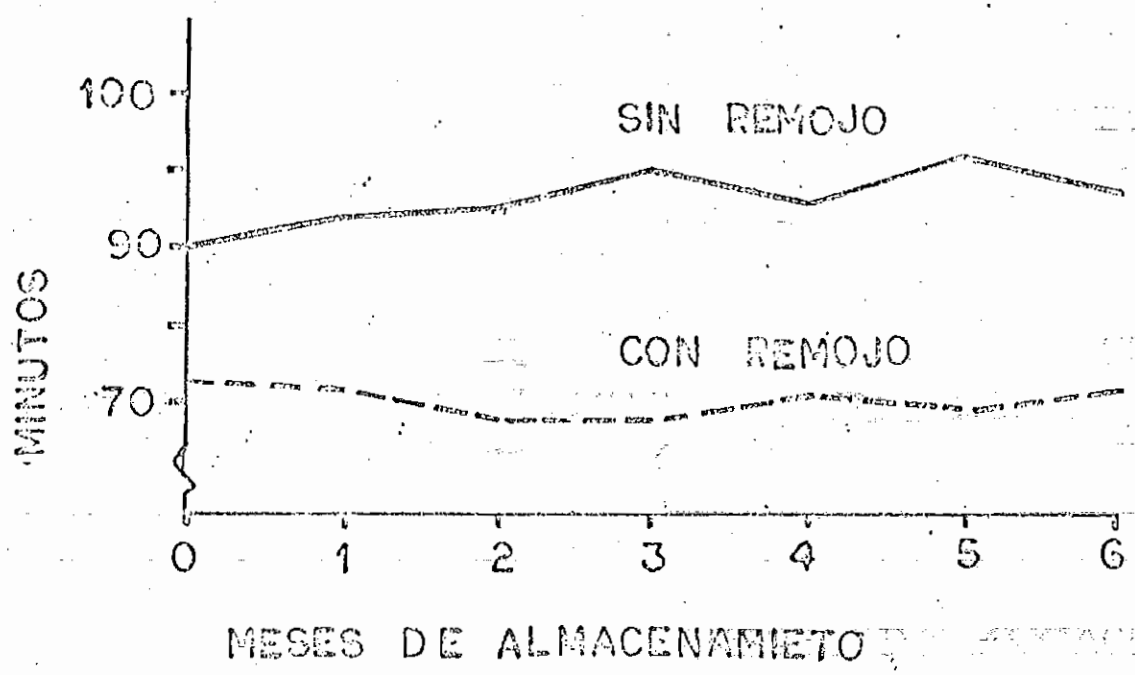


FIG. 1 TIEMPO DE COCCION PROMEDIO (CON Y SIN REMOJO) DE FRIJOLES NEGROS ALMACENADOS A 15, 20 y 25 °C Y 9.3, 13.0 y 15.4 % c.h. DURANTE 6 MESES

ENSAYO # 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 ensayo discutido anteriormente. En este se usaron condiciones de almacenamiento similares (Cuadro 2), pero prolongando el tiempo de almacenamiento a 18 meses.

Cuadro 2. Condiciones de almacenamiento

		TEMPERATURA °C		
		15	20	25
CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.2	1	2	3
	12.2	4	5	6
	15.5	7	8	9

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo se consideró innecesario hacer pruebas de cocción durante los primeros 6 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 sétimo 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 6 meses de almacenamiento (Figura 2). Sin embargo, a partir del sétimo mes se comenzó a notar algún grado de

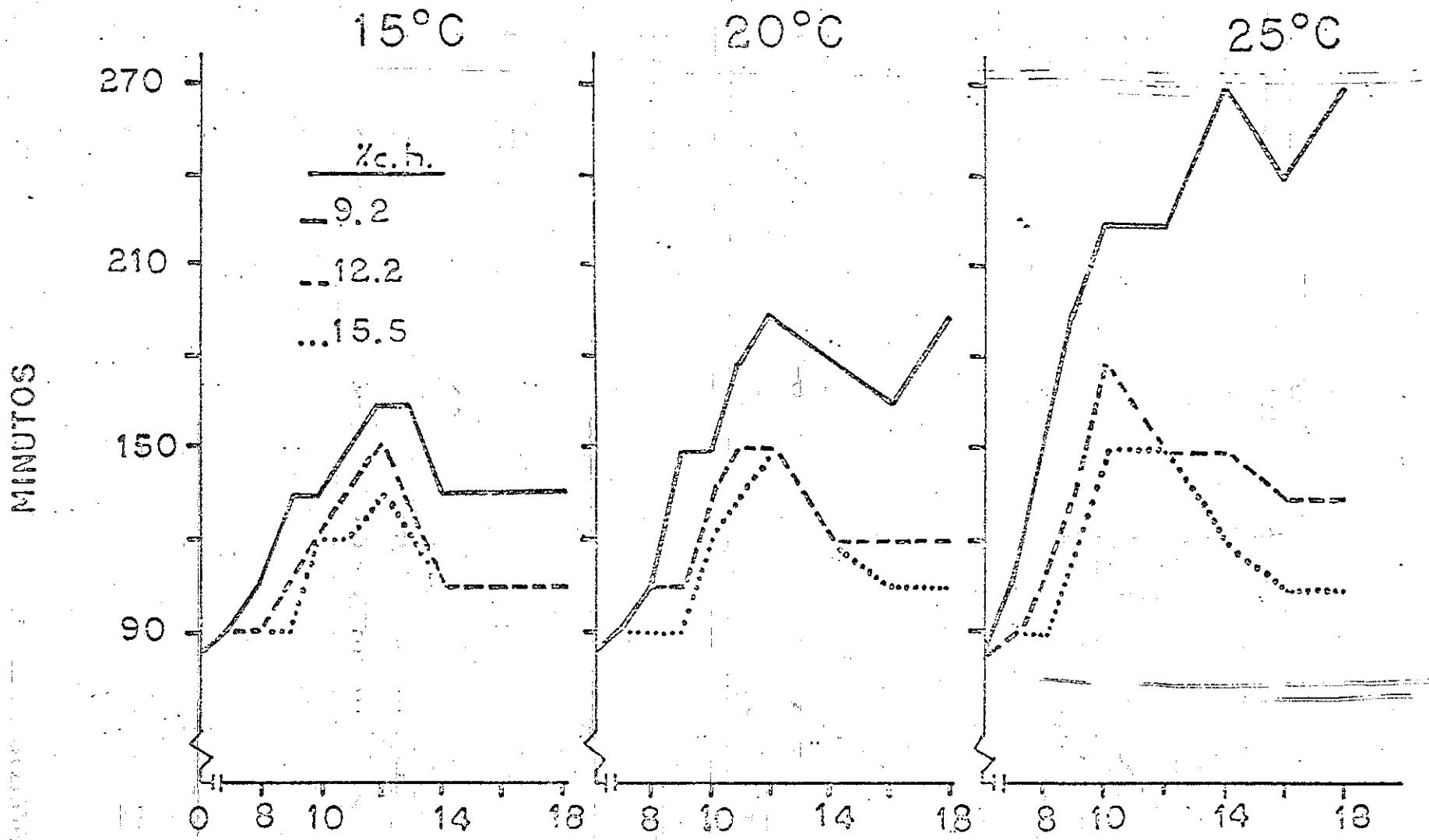


FIG. 2 TIEMPO DE COCCION DE FRIJOLES NEGROS ALMACENADOS A 15, 20 y 25 °C y 9.2, 12.2 y 15.5 % c.h. DURANTE 18 MESES

endurecimiento aún en condiciones de almacenamiento a baja temperatura y bajo contenido de humedad donde en otros ensayos el frijol no se ha endurecido (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. Un factor común en estos ensayos es la tendencia general, que se mostró aquí nuevamente, de que entre mayor sean la humedad y temperatura mayor es el endurecimiento en un tiempo dado.

En cuanto al efecto del tiempo de almacenamiento se encontró en esta ocasión un comportamiento un tanto inesperado ya que la tendencia general es que, dependiendo de los otros factores, entre mayor se va haciendo el tiempo de almacenamiento más va aumentando el tiempo de cocción de los frijoles, lo cual no resultó enteramente cierto en este ocasión. Encontramos que inicialmente hubo aumento del tiempo de cocción de los frijoles almacenados en todas las condiciones, pero luego de un tiempo la dureza disminuyó (Figura 2). Esta disminución se notó en casi todos los tratamientos pero a diferentes tiempos de almacenamiento, variando entre los 10 y 12 meses. Aunque este hecho resulta extraño no creemos que se trate de un error experimental ya que sucedió a diferentes tiempos de almacenamiento y la tendencia a disminuir se repitió durante varios muestreos hacia el final del ensayo.

En cuanto al efecto sobre la cocción de cada una de las temperaturas y contenidos de humedad usados ya se mencionó que aún en condiciones tan favorables como 15 °C y 9.2 % de c.h. hubo algún cambio de dureza. Sin embargo, estos cambios son mucho menores que los encontrados cuando se usó 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 se podría cuestionar el beneficio que se obtendría al usar humedades menores de 12.2% (o de 13%) como se ha mencionado 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 se tiene un contenido de humedad alto (15.5%) cualquier disminución en temperatura retardaría el proceso de endurecimiento.

ENSAYO # 3

Efecto de tratamiento con calor sobre el endurecimiento de frijol

Antecedentes

En el INCAP (Molina et al, 3) se realizó un trabajo donde se demostró que al calentar los frijoles bajo ciertas condiciones antes de su almacenamiento se puede reducir casi totalmente el endurecimiento. Debido a las grandes posibilidades de este principio, en el CIGRAS se realizó un trabajo tendiente a la puesta en práctica del mismo.

Materiales y Métodos

Se usó frijoles negros recién cosechados (con cerca de 16% c.h.) a los que se les ajustó la humedad a 13 y 16% y se colocaron en un horno con aire forzado a 125 °C durante 0, 2, 4 y 6 minutos. Frijoles de cada combinación de humedad y tiempo de exposición en el horno se almacenaron luego a 13 y 16% de c.h. y 25 °C durante 12 meses (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos de calor de frijoles en un horno

Minutos a 125 °C	Humedad (%)	
	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% c.h. y 25 °C

**b = frijol almacenado luego a 16% c.h. y 25 °C

Para hacer el tratamiento de calor se calentaba el horno a 125 °C y se metía el frijol en bandejas con una capa de un grano de espesor. Todas las bandejas se metían a la vez 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 cocción a 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 aún en el tratamiento control almacenado con 16% de humedad. Solamente se notó un endurecimiento leve en todos los frijoles a los que se les bajó la humedad a 13% para hacerles el tratamiento con calor y luego se les rehumedeció a 16% para almacenarlos (Cuadro 4). Al encontrarse el mismo grado de endurecimiento tanto en los frijoles que no se calentaron como en los que se sometieron a los diferentes tiempos de calentamiento, deja al proceso de secamiento y rehumedecimiento como único causante de este endurecimiento. Aunque el cambio de dureza fue leve en esta ocasión, sería interesante comprobar si existe en realidad 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.

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

Cuadro 4. Tiempo de cocción a los 12 meses* de frijoles sometidos a diferentes tratamientos de calor y almacenamiento

c.h. (%)		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

Aún no conocemos cuáles son los factores que permiten este tipo de almacenamiento pero al comparar este ensayo con el anterior donde sí se presentó el endurecimiento a partir de los 7 meses de almacenamiento, la diferencia más sobresaliente que se nota es que los frijoles que se usaron en el presente ensayo llegaron al laboratorio húmedos (cerca de 16%) y muy suaves (menor de 60 minutos) mientras que los frijoles del ensayo anterior, aunque eran recién cosechados, al llegar al laboratorio tenían cerca de 13% 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 prestarle atención al manejo del frijol entre su cosecha y el inicio del almacenamiento para ver que puede provocar ese rápido deterioro inicial. Una posible causa, y así lo creen algunas personas 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, cuando se secó el frijol se hizo en una forma lenta con sólo aire a temperatura ambiente.

ENSAYO # 4

Endurecimiento de frijol almacenado en diferentes zonas geográficas

Introducción

Se ha comprobado en diferentes ocasiones que entre menor sea la temperatura y el contenido de humedad del frijol almacenado menor es el endurecimiento en un 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 más. Por esto resulta lógico pensar en almacenar los frijoles en cámaras con ambientes controlados artificial para mantener baja temperatura y baja humedad relativa para mantener bajo el contenido de humedad de los frijoles. Esta alternativa para evitar el problema del endurecimiento resulta onerosa no solamente por la alta inversión inicial de la construcción de las cámaras sino también por el mantenimiento contínuo que éstas requieren.

Aún 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 ensayo se trataba de probar la posibilidad de usar estas regiones para almacenar frijoles sin necesidad de construir cámaras refrigeradas.

Materiales y Métodos

Se almacenó frijol en tres condiciones ambientales: a) en una cámara refrigerada con una temperatura promedio de 22 °C y cerca de 50% de humedad relativa, b) en una localidad a 2.300 m.s.n.m. donde la temperatura es baja (aproximadamente de 8 a 20 °C) y c) una tercera localidad a 1.000 m.s.n.m. con temperaturas más altas (entre 15 y 29 °C). En

cada lugar se almacenó frijol con dos niveles de humedad inicial (menores entre 9.4 y 13.0% y altos entre 13.8 y 15.4%) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Condiciones de almacenamiento del frijol

Localidad	$\overline{X}$ c.h. 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 con 46 kg c/u.

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 temperatura promedio de la cámara. En realidad hay poca variación de temperatura durante el año en cada localidad, pero sí es notablemente más baja en una de ellas. En la localidad de temperatura baja está 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 es que en la cámara los 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, hubo bastente efecto de ésta sobre el contenido de humedad del grano (Figura 4). La diferencia inicial en humedad se perdió rápidamente y después de los 4 meses fue apenas de 1% o menos.

El contenido de humedad del frijol en la cámara bajó bastante hasta llegar a cerca de 10%. En la localidad fría hubo algunas variaciones de contenido de humedad durante el año pero tendiendo a ser siempre entre 13 y 15%. En la localidad más caliente, sin embargo, hubo una marcada tendencia al aumento de contenido de humedad durante los primeros 9 meses subiendo ésta de 9.4 y 13.8 hasta 16.5%. Después empezó a bajar de nuevo siendo de 13.0-13.4% a los 12 meses de almacenamiento.

Tiempo de cocción

Resulta evidente el marcado contraste entre el aumento de 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 empieza a aumentar hasta casi duplicarse el tiempo de cocción a los 12 meses. En las otras dos condiciones de almacenamiento el aumento de dureza no tiene significado práctico.

Concluyendo tenemos que el almacenamiento de frijol en la región con baja temperatura resultó tan efectivo como el almacenamiento en la cámara con ambiente controlado.

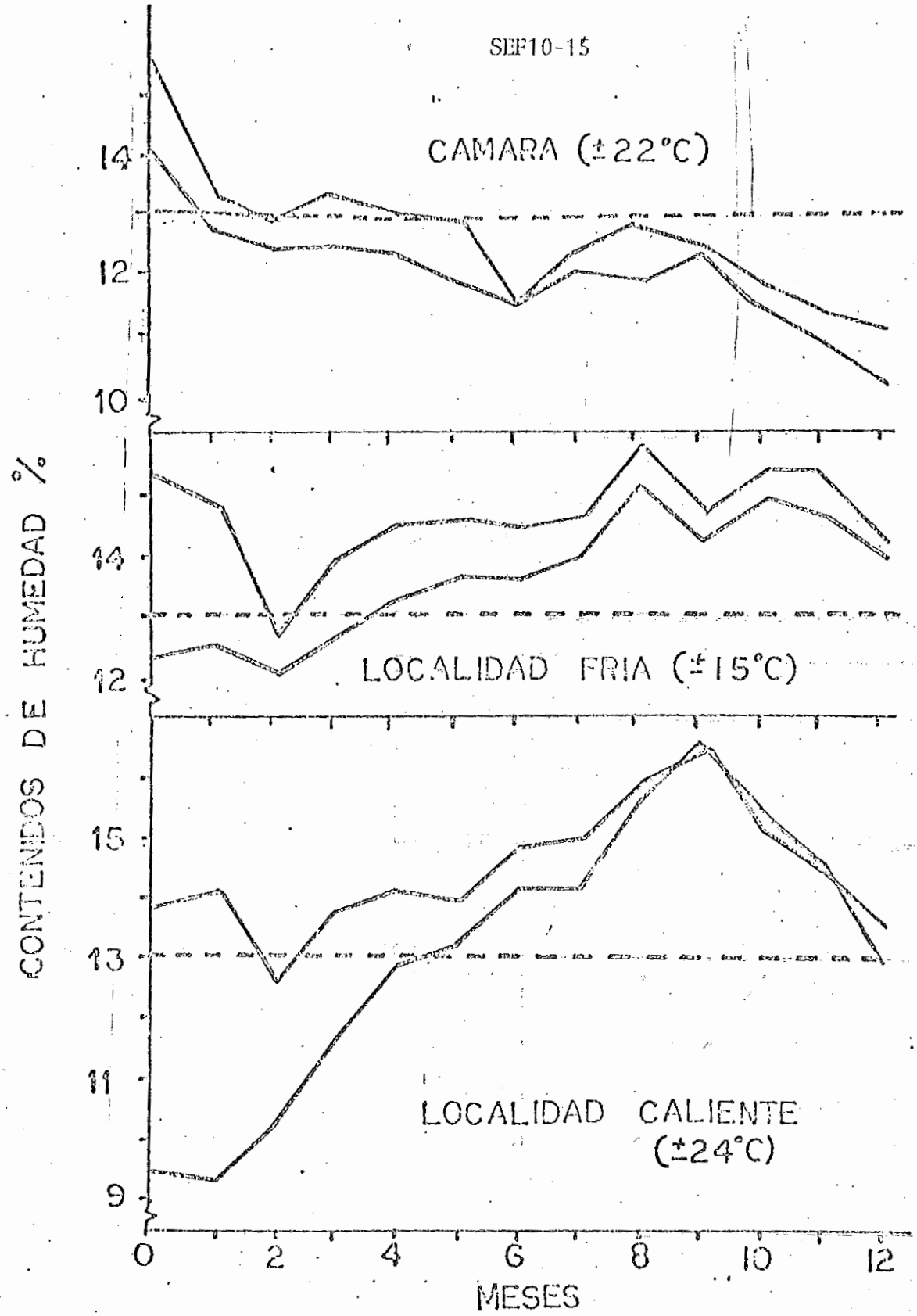


FIG. 4 CONTENIDO DE HUMEDAD DE FRIJOLES ALMACENADOS EN TRES AMBIENTES CON DIFERENTES TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS

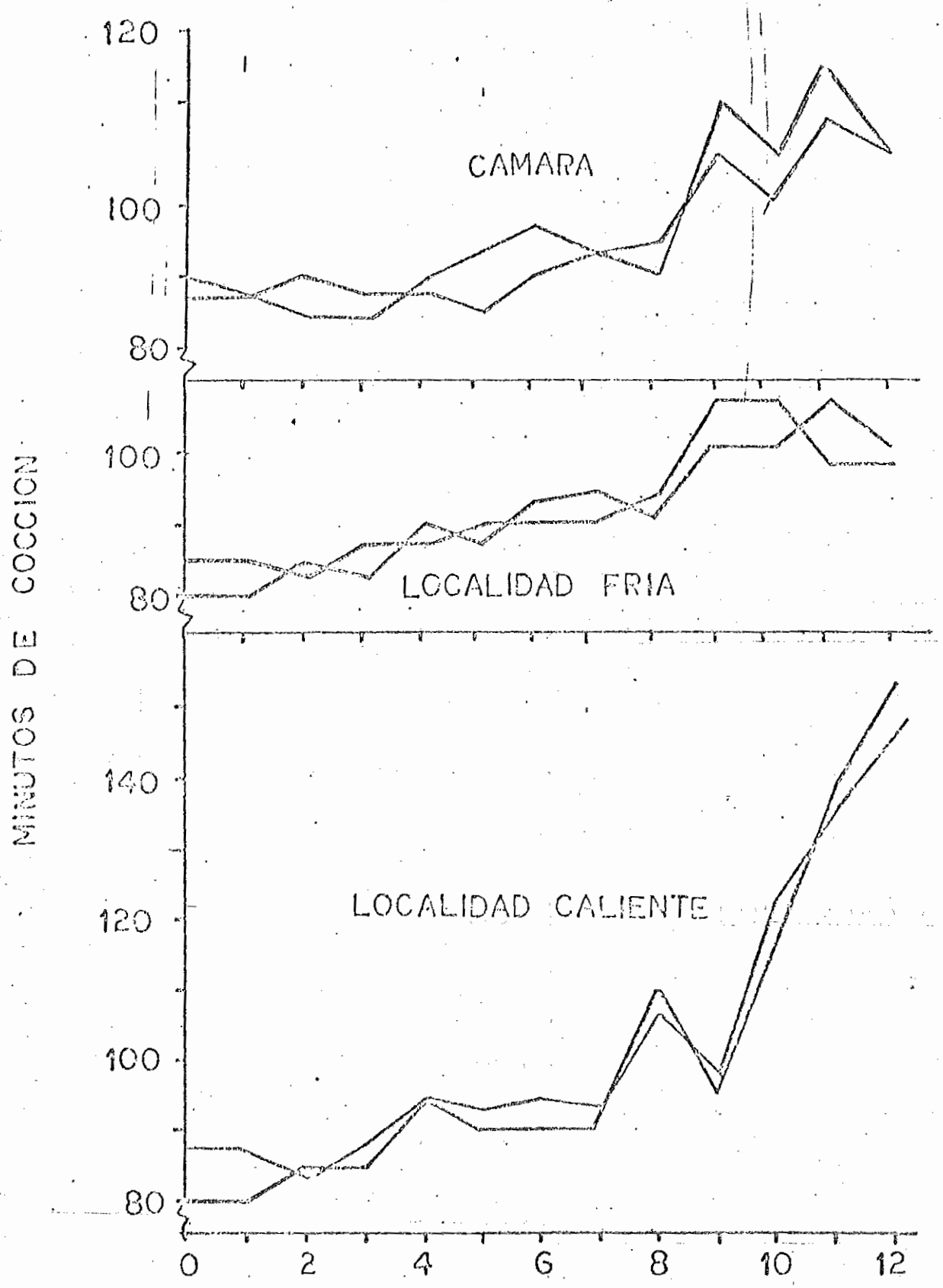


FIG. 5 TIEMPOS DE COCCION DE FRIJOLES ALMACENADOS EN TRES AMBIENTES CON DIFERENTES TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS.

BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

1. BRESSANI, R., ELIAS, L.G. and VALIENTE, T. 1969. Effect of cooking and of amino acid suplementation on the nutritive value of black beans. (Phaseolus vulgaris L.) Brit. J. Nutr., 17:69.

2. BURR, H.K., KON, S. and MORRIS, H. J. 1968. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. Food Tech., 22:336.

3. MOLINA, M.R. et al, 1976. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (Phaseolus vulgaris). J. Food Sc. 41:661

6627

PREVENCION DEL EDURECIMIENTO DEL FRIJOL Y APROVECHAMIENTO DEL GRANO ENDURECIDO*

Mario R. Molina**
María E. Rizzo
Marco A. Baten
Ricardo Bressani

Trabajo presentado en el Simposium "El Problema del Endurecimiento del Frijol Común (Phaseolus vulgaris)", celebrado durante la XXVII Reunión Anual del Programa Colaborativo Centro Americano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA). Santo Domingo, República Dominicana, marzo 23-27, 1981.

I. Introducción

El frijol común (Phaseolus vulgaris) constituye un alimento tradicional en la dieta de varios paises tropicales y sub-tropicales. En paises del tipo de los citados estos granos proveen cantidades significativas de proteína y calorías tanto para la población rural como para la urbana (INCAP, 1969). Por lo mismo es de gran relevancia el realizar esfuerzos multidisciplinarios (agrícolas, tecnológico-alimentarios y nutricionales) que tiendan a incrementar la disponibilidad de este grano básico en la alimentación de regiones como la centro americana.

El almacenamiento del grano de frijol resulta en cambios de las características físicas (dureza y tiempo de cocción, primordialmente), composición química y calidad proteínica de la semilla (Molina y Col., 1974; Ruiloba, 1974). La magnitud de dichos cambios está vinculada, en su mayor parte, a las condiciones de almacenaje utilizadas. Dado que los cambios aludidos en las características físicas del grano así como

---

* Presentado en la XXVII Reunión Anual del PCCMCA, Santo Domingo, República Dominicana, 23-27 de marzo de 1981.

** División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP, Guatemala.

su posible biodeteriro durante el almacenaje, han sido inculpados como los prinicpales factores que afectan la disponibilidad física del frijol a través de todo el año (Molina y Bressani, 1977; Molina et al., 1979), se considera importante el examinar las tecnologías hasta ahora investigadas para minimizar tales efectos detrimentales del almacenaje del frijol, así como para utilizar el grano endurecido.

Los diferentes aspectos tecnológicos investigados hasta ahora para un mejor aprovechamiento del frijol en los diferentes pasos de su utilización se ilustran en la Fig. 1. El presente trabajo pretende revisar tales aspectos y presentar nueva evidencia que brinda alguna información acerca del principio de acción de las tecnologías hasta ahora investigadas para la prevención del desarrollo de la dureza y la mejor utilización del frijol endurecido durante el almacenaje.

II. Efectos del Almacenamiento Sobre la Calidad del Frijol.

Ya se ha informado en este Simposium (Moscoso, 1981) así como por varios otros autores (Morris y Wood, 1956; Burr y col., 1968; Muneta, 1964) qye frijoles almacenados a alta temperatura y/o con un alto contenido de humedad tienden a desarrollas una dureza y/o un tiempo de cocción mucho más altos que cuando se almacenan a baja temperatura y/o bajo contenido de humedad. Curvas de equilibrio de humedad del frijol han indicado que para mantener al grano de frijol con un contenido de 10% se necesita atmósferas con una humedad relativa entre 30 a 40% (Weston y Morris, 1954; Molina y Bressani, 1977). Por lo mismo, a fin de asegurar una baja humedad del grano durante su almacenaje es necesario considerar almacenes equipados con control de humedad relativa, así como también para asegurar una temperatura de almacenaje que asegure la calidad del grano se requiriría de almacenes con equipo de enfriamiento (Molina y Bressani, 1977). Por todo lo anterior se ha considerado necesario el desarrollar tecnologías

más adecuadas para aplicación a nivel comunal-rural, que aseguren la calidad culinaria y/o de precesamiento del grano.

Por otra parte Molina y col. (1976_a, 1979) informaron que temperatura y humedad relativas proporcionalmente altas (30 a 35°C y 70 a 90%, respectivamente) también provocan un mayor biodeterioro en el caso del frijol negro (Phaseolus vulgaris) .

Molina y col (1975), al igual que otros investigadores (Ruiloba, 1974; Gressani y Elías, 1974) han informado de los cambios en calidad proteínica del frijol debidos a almacenaje. Los cambios detrimentales en calidad proteínica del grano de frijol debidos a almacenaje son más evidentes al comparar los valores obtenidos a un mismo tiempo de remojo y cocción (Molina et al., 1975)

III. Alternativas tecnológicas para minimizar el Endurecimiento o Incremento en Tiempo de Cocción del Frijol durante su Almacenaje

III.1. Bajas Temperaturas y/o Baja humedad.

Como se señaló arriba una de las primeras alternativas sugeridas para asegurar la calidad culinaria o de procesamiento del frijol durante su almacenaje fue el uso de bajas temperaturas (alrededor de 4°C) y/o de bajas humedades del grano (10% o menos). La aplicación de tales alternativas en los clims centro americanos o caribeños implica sin embargo, el uso de almacenes con control de humedad relativa y/o equipo de enfriamiento. Por lo mismo, aún cuando la validez tecnológica de tales alternativas ha sido demostrada plenamente (Morris y Wood, 1956; Burr y col, 1968; Muneta, 1964; Ruiloba, 1974) su posible aplicación a un nivel comunal-rural es dodosa.

III.2. Tratamiento Térmico a Corto Tiempo

En una forma muy desarrollada una alternativa más aplicable a nivel

centro-americano que las arriba señaladas, Molina y col. (1976_b) informaron que un tratamiento térmico por corto tiempo del frijol recién cosechado era suficiente para minimizar el endurecimiento o incremento en tiempo de cocción del grano aún cuando este fuese almacenado a 25°C y 70% de humedad relativa por un período de hasta 9 meses. La dureza del grno cocido (remojado por 18 horas y hervido por 20 min. en agua destilada) cuando almacenado por el tiempo citado a 4°C fue reportada por dichos autores ser estadisticamente ($P < 0.05$) igual a la de los granos recién cosechados tratados por 10 min. a vapor (98°C) o por 2 min. en retorta (121°C), sin la adición de agua, y almacenados a 25°C y 70% de humedad relativa. Por otra parte, los granos no tratados almacenados por el mismo tiempo y en iguales condiciones mostraron tener cuando cocidos en forma similar una dureza significativamente ($P < 0.05$) mayor, señalando la efectividad del tratamiento térmico a corto tiempo en minimizar el endurecimiento o incremento en tiempo de cocción del frijol. Posteriormente Bressani y col.(1977) propusieron un diagrama operacional a ser considerado como base para la aplicación de tal alternativa a niveles considerados de tecnología intermedia.

Posteriormente se ha podido establecer el efecto benéfico que tiene el tratamiento térmico a corto tiempo propuesto por Molina y col. (1976_b) sobre el biodeterioro del grano, tanto por insectos (Fig. 2) como por mohos (Fig. 3), minimizando estas causas de pérdida durante el almacenaje. El tratamiento térmico a corto tiempo se ha podido establecer también que no afecta en nada la calidad proteínica de la semilla.

Es de interés el notar que Molina y col. (1976_b) reportaron un incremento en la fracción nitrogenada del grano soluble en 5% KCl y en 0.01 N NaOH durante el almacenaje. Los mismos autores informaron también que no encontraron ninguna correlación entre la capacidad de absorción de agua del [illegible] cuando sometido a cocción como señalado arri-

ba, sin embargo, si hallaron una correlación estadisticamente significativa ($P < 0.05$) entre dicha dureza del grano cocido y el contenido de proteína lignificada del cotiledon (r=0.91). Así también, los autores informaron de una mejor difusión de pigmento durante la cocción de los granos tratados al compararlos con los no tratados.

III.3. Tratamiento con Soluciones Salina:

Los hallazgos reportados por Molina y col (1976_b) indicando la alta correlación mencionada entre la proteín lignificada y la dureza del grano cocido (r=0.91), brindaron como hipótesis de trabajo para las siguientes investigaciones sobre el tema, que parte de la proteína del grano formaba complejos con compuestos tipo fenólicos durante el alamcanaje y que este hecho estaba afectando el incremento en tiempo de cocción observado. Asimismo, la enzima polifenol oxidasa (PFO) del grano podía estar involucrada en la formación de tales complejos (Molina y Bressani, 1977). Con tal premisa y conociendo que la sal común (NaCl) es un inhibidor clásico de la enzima polifenol oxidasa (Reed, 1966), se decidió evaluar el efecto de un tratamiento de remojo en solución salina del grano recién cosechado pudiera tener sobre el desarrollo de su dureza en forma cocida y determianr si este tratamiento de remojo pudiera brindar otra alternativa tecnologicamente viable a ser implementada a nivel comunal-rural.

Estudios preliminares efectuados en frijol negro indicaron que el tratamiento de remojo en solución salina era capaz de minimizar el desarrollo de dureza en el grano cocido y que las soluciones de NaCl al 15% y 20% eran las más eficientes (Molina y col, 1979). Estos hallazgos dieron la base para ampliar la investigación en esta linea. Para el caso se evaluó el efecto de la operación de remijo con soluciones de 15 y 20% de NaCl sobre el desarrollo del endurecimiento y/o incremento en el tiempo de cocción en frijoles blanco, rojo y negro.

Pruebas iniciales mostraron que el grado de absorción de las soluciones salinas a un mismo tiempo y condicones de remojo no era el mismo para cada tipo de grano (Tabla 1), indicando esto ya una diferencia de tipo varietal con respecto al tratamiento. Los datos adicionales presentados para el caupi subrayan este punto. A fin de asegurar una absorción similar y cercana a equilibrio en todos los casos, para el estudio los frijoles negros se remojaron por 6 horas mientras en los rojos y blancos dicha operación se efectuó por 3 horas. En todos los casos los granos fueron remojados bajo condiciones ambientales, luego fueron secados por exposición al sol hasta un contenido de huemdad entre el 10 a 13% y almacenados en bolsas de tela a dos diferentes condiciones (25°C y 65% humedad relativa, y 35°C y 80% de humedad relativa). Un lote de los frijoles no tratados y tratados se almacenó a 4°C como control. El almacenaje se evaluó por un período de 9 meses.

La composición porcentual de los granos tratados y no tratados se presenta en la Tabla 2. Como era de esperarse el tratamiento salino produjo en todos los casos un incremento en el contenido de ceniza. Tal incremento sin embargo fue solo del 1% en promedio para todos los granos. Por otra parte el tratamiento de remojo salino no produjo en ningún caso alteraciones en el contenido proteíco de los granos, aun cuando se ha reportado que las proteínas del frijol son en su mayoría de naturaleza globulínica solubles en soluciones salinas (Bressani y Elías, 1974).

En la Tabla 3 se muestra el contenido de algunos minerales, la actividad de la PFO al inicio del almacenaje, así como lo datos del índice de solubilidad de nitrógeno (ISN) en agua a pH 7.0, dureza del frijol cocido por 150 min. en agua hirviente (96°C), tiempo de cocción en agua hirviente necesario para alcanzar una dureza de 80 g-f y los datos de biodeterior para cada muestra al inicio y a los nueve meses de almacenaje a 35°C y 80% de humedad relativa, que fue la condición más drástica. Tanto el sodio como el potacio su-

fren un incremento por el tratamiento salino. Dicho incremento sin embargo decrece significativamente ($P < 0.05$) por la operación de cocción en agua hirviente. Pruebas de degustación de los granos cocidos indicaron que no había diferencia entre el sabor ni apariencia general de los granos tratados con aquellos no tratados. De especial interés es la disminución en calcio observada en los frijoles tratados, dado que este mineral se ha implicado en el desarrollo de dureza é incremento en tiempo de cocción del frijol almacenado por formación de pectatos, fitatos ú otros complejos (Hamad y Powers, 1965). Otros minerales evaluados (como magnesio hierro, fósforo, zinc, cobre, etc.) no mostraron cambios aprecialbes por el tratamiento y/o el almacenaje.

De especial interés es el no haber afectado en ningún caso la concentración total de fósforo, dado que se ha informado que en frijol negro la alta concentración de este elemento en sus corpúsculos proteicos está muy probablemente asiciada con la presencia de ácido fítico (Varriano-Marston y Omana, 1979), el cual se ha demostrado que se encuentra asociado a los corpúsculos en diferentes semillas (Ory, 1972). Por otra parte también se ha informado que el someter frijoles negros a remojo en una solución de $Na_3P_5O_{10}$ al 0.5% ó en una solución de varias sales de sodio (1.0% NaCl, 0.75% $NaHCO_3$, 0.25% Na_2CO_3 y 0.5% $Na_3P_5O_{10}$) incrementa los valores de fósforo atado al cemento intercelular y a los corpúsculos proteicos del grano (Varriano-Marston y Omana, 1979) y que, en el caso de arvejas existe una relación positiva entre contenido de fósforo y facilidad de cocción (Mattson, 1946). En los trabajos desarrollados hasta ahora sobre el tratamiento con solución salina no se ha determinado tadavia como queda el fósforo en la semilla trtada en comparación a la no tratada y cuál es el efecto del almacenaje sobre la localización intracelular de este elemento.

Es de anotar que el ISN en agua a pH 7.0 disminuyó significativamente (P 0.05) por el tratamiento salino en los tres tipos de frijol evaluados.

Lo anterior denota un cambio de estructura en la proteína del grano debido al tratamiento salino. Es de notar también en la Tabla 3 que tanto en los granos no tratados como los tratados con las soluciones salinas el ISN disminuye significativamente ($P < 0.05$) durante el almacenaje, sin embargo tal decrecimiento es mucho mayor en los primeros que en los segundos, llegando a tener los granos tratados y los no tratados valores similares de ISN al final del almacenaje. Lo anterior sugiere que tanto el tratamiento salino del frijol recién cosechado como el almacanaje tienen un efecto sobre la estructura proteica del frijol, sin embargo, por los datos de dureza y tiempo de cocción obtenidos tales efectos parecen ser de naturaleza diferente, dado que el tratamiento salino probó minimizar signficativamente ($P < 0.01$) tanto el endurecimiento del grano cocido como el incremento en tiempo de cocción debidos a almacenaje. Todavia queda por determinarse si existe alguna relación entre el citado cambio en ISN debido al tratamiento con soluciones salinas y el posible incremento en fijación de fósforo y/o ácido fítico en los corpúsculos proteicos y cemento intercelular (Varriano-Marston y Omana, 1979).

Como era de esperar el tratamiento salino inactivó a la PFO en los tres tipos de frijol evaluados. Este hecho podría ser de mayor relevancia para los frijoles negro y rojo que, como era de esperar, mostraron una actividad de PFO mucho mayor que el frijol blanco.

Dado que la sal común (NaCl) se ha reconocido como un preservativo alimentario (May, 1970) no es de extrañar que el tratamiento salino haya tenido un efecto significativo ($P < 0.05$) en disminuir el grado de biodeterioro por insectos en el frijol negro, que fuera el único que mostrara un deterioro apreciable por dicha causa durante el almacenaje.

Cabe subrayar que en todos los casos la dureza y el tiempo de cocción del frijol se elevaron significativamente ($P < 0.01$) debido al almacenaje,

pero sin embargo dichos incrementos fueron significativamente ($P<0.01$) menores en el caso de las muestras tratadas, indicando el efecto positivo del tratamiento salino. Tanto la dureza como el tiempo de cocción de los tres frijoles evaluados (Tabla 3) mostraron una correlación negativa significativa ($P<0.01$) con la capacidad de absorción de agua ($r=-0.76$ y -0.84, respectivamente), con el coeficiente de hidratación ($r=-0.73$ y -0.87) y con la viscosidad amilográfica alcanzada al llegar la suspensión a los 95°C ($r=-0.71$ y -0.67). Los valores equivalentes de estos tres últimos parámetros se presentan en la Tabla 4, para los granos almacenados bajo las condiciones más drásticas (35°C y 80% de humedad relativa).

Si existe una relación entre los cambios en contenido de minerales, ISN o estrucutra proteica del frijol é inactivación de la PFO, propiciados por el tratamiento salino y su efecto en incrementar la absorción de agua, el coeficiente de hidratación y la viscosidad amilográfica alcanzada a 95°C del grano almacanado, queda aun por determinarse. Así también, el papel que independientemente puede jugar cada uno de estos parámetros y la interacción entre ellos en el desarrollo de la dureza é incremento en tiempo de cocción del frijol durante el almacenaje debiera investigarse.

Dado que Molina y col (1976_b) informaron que para el caso del tratamiento térmico por corto tiempo, no existía ninguna correlación entre la absorción de agua y la dureza del grano cocido, se pudiera inferir que la forma de acción del tratamiento térmico en prevenir el endurecimiento del grano es diferente a aquella de las soluciones salinas para llegar al mismo fin.

El hecho de haber encontrado una correlación negativa significativa ($P<0.01$) entre la viscosidad amilográfica estimada al llegar a una temperatura dada (95°C) y el tiempo de cocción o la dureza del grano cocido, refuerza lo expresado ya que por otros autores (Lai y Varriano-Marston, 1979; Sefa-Dedeh y Stanley, 1979) en el sentido que la fracción almidonada (principal responsable por dicha viscosidad) al igual que la fracción proteicas está involucra-

da en el endurecimiento y propiedades culinarias del frijol.

El hecho que tanto los frijoles no tratados como aquellos tratados con solución salina, recién cosechados o almacenados por nueve meses, al ser sometidos a su tiempo de cocción determinado (Table 3) mostraron básicamente la misma calidad proteínica (Tabla 5) sugiere que tanto el tratamiento salino como el almacenaje no tienen ningún efecto sobre el valor nutritivo del grano cuando este es cocido adecuadamente y por el tiempo necesario. El hecho que el frijol blanco presentara una calidad proteínica superior al frijol negro y rojo era de esperarse en base a evidencias existentes (Elías y col, 1979).

En suma, considerando lo efeiciente y simple del tratamiento salino para controlar el endurecimiento y el incremento en tiempo de cocción del frijol (sea este blanco, negro o rojo) debido a almacenaje, así como el posible biodeterioro del grano, se considera esta una alternativa viable para pasar a evaluar sistemas de posible implementación a escala comunal-rural aun cuando el principio de acción del NaCl con respecto al control de la dureza todavía no esté definido. Consideramos sin embargo que es de gran relevancia el continuar investigando para definir el (o los) principio(s) de acción, a fin de tener las bases para hacer más efeciente la tecnología o derivar otras posibles alternativas.

III.4. Atmósferas Modificadas

Siempre bajo la premisa de la posible implicación de la enzima PFO en la formación de complejos proteicos que dieran como resultado la proteína lignificada en el grano de frijol durante su almacenaje y que esta a su vez estaba implicada en el endurecimiento e incremento en el tiempo de cocción del grano almacenado (Molina y col., 1976b; Molina y Bressani, 1977) se pensó en otra posible alternativa que tendira a minimizar la actividad de esta enzima. Dado que la PFO para su actividad necesita de la presencia de

oxigeno (Reed, 1966) se pensó en la posibilidad de almacenar el grano en atmósferas donde el aire ambiente fuese sustituido en proporciones creicnetes por anhidrido carbónico.

Para este efecto y para definir una posible interacción entre el tratamiento salino y el uso de atmósferas enrarecidas con anhidrido carbónico, una mlustra de frijol negro recién cosechado fue dividida en cinco lotes, cuatro de los cuales fueron tratados con soluciones de NaCl a cuatro diferentes concentraciones (10, 15, 20, y 25%) mientras el quinto fue mantenido sin tratamiento. Cada lote fue luego dividido en cuatro partes iguales almacenadas en las cuatro diferentes atmósferas (una con aire ambiente 100%, otra con aire ambiente 75% y 25% CO_2, la tercera con 50% CO_2 y la cuarta con 75% CO_2 y 25% aire ambiente) y a 25°C. Los resultados obtenidos al evaluar la dureza en frijoles cocidos (18 horas de remojo y 20 min de cocción en agua hirviendo) después de 6 meses de almacehaje, se presentan en la Tabla 6. Como puede apreciarse el enrarecimiento de la atmósfera con CO_2 incrementó el valor de dureza tanto en los frijoles no tratados como en aquellos sometidos a tratamiento con solución salina.

El efecto nocivo de enrarecer la atmósfera con CO_2 sobre la dureza del grano no tratado, parece sugerir que la PFO tiene muy poco o nada que ver en el endurecimiento del frijol o en su incremento en tiempo de cocción debido al almacenaje. Lo mismo parece subrayar el hecho que el efecto benéfico encontrado con el tratamiento salino (en especial a las concentraciones del 15 y 20%) cuando las muestras son almacenadas al ambiente, desaparece casi totalmente al enrarecerse la atmósfera con CO_2 en niveles crecientes hasta un 75%. Por lo mismo, se considera que la acción benéfica del tratamiento con soluciones salinas en el control del endurecimiento del grano de frijol o el incremento de su tiempo de cocción durante el almacenaje puede no te-

ner nada que ver con su acción inhibitoria de la enzima PFO. En consecuencia , creemos que futuras investigaciones tendientes a esclarecer el modo de acción del tratamiento salino, debieran basarse más sobre los efectos de este sobre la estructura y solubilidad proteica, sobre el contenido y forma de enlace de minerales específicos, sobre las características reológicas y estructurales del almidón y sobre lo yq informado (Varriano-Marston y Omana, 1979) que las soluciones de sales tienden a solubilizar y/o extraer las sustancias pécticas del cemento intercelular.

Es de interés sin embargo el observar que los efectos benéficos del tratamiento salino son inhibidos al enrarecer la atmósfera con CO_2. ¿Significa esto que la solución salina necesita de la presencia de oxigeno o de algún mecanismo respiratorio aeróbico de la semilla para actuar?, esta posibilidad aun queda por investigar.

III.5. Precocción del Grano Entero.

Otra forma considerada como posible para brindar una alternativa viable para la prevención del endurecimiento o incremento en el tiempo de cocción del friol durante su almacenamiento ha sido la elaboración de un frijol entero precocido y seco a partir del grano recién cosechado.

A fin de evaluar la posible validez de esta alternativa se tomó frijol negro crudo recién consechado el cual se dividió en cinco lotes. El primer lote se dejó como estándar crudo, mientras los cuatro restantes fueron precocidos en agua hirviendo (96°C) por 2, 5, 10 y 15 min, respectivamente. Los lotes precocidos como indicado, fueron luego secados en cama de sal por 15 a 20 min a temperatura ambiente; a través de una técnica similar a la descrita por Vijaya, Rahavan y Harper (1974). El tiempo de 15 a 20 min, en la cama de sal fue sufiente para remover la mayor parte del agua embebida (15, 18, 27 y 43% para 2, 5, 10 y 15 min de pre-cocción, respectivamente), sin embargo, fue necesario exponer a los granos precocidos al sol por un promedio de 3 horas para lograr un contenido de humedad del 10 al 13% en los mismos. Todas las muestras fueron entonces almacenadas por seis meses bajo condiciones ambientales (25°C y 60 a 70% humedad relativa), en bolsas de tela.

La dureza de todas las muestras fue evaluada después del tiempo de almacenaje señalado, sometiendo a todas ellas a un tratamiento en agua hirviente por 30 min previo a la prueba. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 7. Como puede verse todos los granos sometidos a pre-cocción reportaron valores inferiores de dureza, evaluada en el grano cocido, que el frijol almacenado en forma cruda. El tratamiento de pre-cocción más eficiente fue el mayor tiempo evaluado (15 min). En la Tabla 8 se presentaron los datos de dureza a diferentes tiempos de cocción en agua hirviente (96°C) para el frijol control (crudo) y el frijol pre-cocido por 15 minutos después del

almacenado por seis meses a las condiciones antes indicadas. Los datos indican que mientras el frijol pre-cocido alcanzó un valor de dureza de 210 g-f después de 60 min de tratamiento en agua hirviente, el frijol control (o crudo) permanecía sin lograr dicho valor aún después de 80 min en agua hirviente. Estos datos señalan entonces que el pre-cocer el grano recién cosechado por 15 min se traduce, después del almacenaje, en un ahorro de un mayor tiempo de cocción, lo cual desde el punto de vista energético es muy favorable. Es de mencionar que el grano pre-cocido alcanzó su cocción completa entre los 60 y 70 minutos de tratamiento en agua hirviente.

Por todo lo anterior se considera que esta tecnología de pre-cocción del frijol recién cosechado puede ofrecer una alternativa viable para el control del endurecimiento del grano por almacenaje. Esta alternativa pudiera dar las bases para agro-industrias a nivel comunal-rural en zonas de alta producción de este grano básico.

III.6 Almacenaje de grano en vaina

Debido a que informaciones de agricultores productores de frijol en Guatemala han revelado que una práctica usada por algunos de ellos para preservar mejor su frijol para consumo propio durante el almacenaje es almacenarlo en la vaina, se decidió determinar la validez de tal práctica en el control del endurecimiento por almacenaje. Para el efecto un lote de frijol negro, sazón, recién cosechado, en su vaina, fue dividido en dos porciones. Una fue dejada en ese estado mientras la otra se aporreó, descartándose la vaina y limpiándose el grano. Ambas porciones fueron luego almacenadas por nueve meses bajo condiciones ambientales (25°C y 60 a 70% de humedad relativa) y en sacos de tela. En ambas porciones fueron evaluadas

la dureza del grano cocido por 150 min en agua hirviente, su tiempo de cocción necesario para llegar a 80 g-f (dureza promedio de grano cocido) y el número de granos dañados por insectos. Estas evaluaciones se realizaron al inicio y al final del período de almacenaje citado. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 9. Como puede observarse el almacenar el frijol en su vaina, redujo significativamente ($P \geq 0.05$) tanto el incremento en dureza de grano cocido como el incremento en tiempo de cocción y biodeterioro del frijol por almacenaje. En base a estos datos actualmente se planea repetir el estudio tratando de profundizar en aquellos parámetros que viertan información básica sobre el modo de acción de esta alternativa en minimizar el endurecimiento del frijol almacenado. Su efecto sobre el biodeterioro parece relativamente fácil de explicar considerando la protección de la vaina.

Aun cuando el considerable mayor volumen específico del frijol en vaina comparado al del grano limpio hacen de dudosa aplicación esta alternativa para sistemas de almacén a nivel comunal, consideramos que sí puede ofrecer una alternativa viable para un nivel casero de autoconsumo.

IV. Alternativas Tecnológicas para la Utilización del Frijol Endurecido por Almacenaje

En general, las alternativas hasta ahora evaluadas para la utilización del grano de frijol endurecido como alimento comprenden dos rubros, uno tendiente a su utilización como alimento humano y el otro utilizándolo como base para aporte proteico a raciones para animales.

IV.1 Como alimento humano

a. Enlatado

Rockland y Metzler (1967) reportaron que frijoles remojados en una solución de sales de sodio (1.0% NaCl, 0.75% $NaHCO_3$, 0.25% NA_2CO_3 y 0.5% $Na_5P_3O_{10}$) infiltrada al grano previamente por vacío, presentaban características de rápida cocción. Basados en tal evidencia consideramos que tal solución de sales podría reducir el tiempo de cocción de frijoles endurecidos haciéndolos de nuevo utilizables para la alimentación humana. Dado la relativamente baja disponibilidad de algunas de las sales citadas a un nivel familiar, se consideró de inicio el usar tal solución de sales de sodio en un proceso a un nivel agro-industrial como el enlatado. El proceso de enlatado se efectuó en general como descrito en la literatura (López, 1969) usando las condiciones apuntadas en la Figura 4. El producto final probó estar completamente cocido y ser de alta aceptabilidad. Los datos estimados de costos principales para esta alternativa (Tabla 10) reflejan un costo de producción competitivo con productos similarea ahora en el mercado. Es importante notar sin embargo, el alto porcentaje que representa el costo del envase (lata) con relación al costo total estimado (62%), lo cual indica que nuevos trabajos en esta área deberían considerar la posibilidad de evaluar otros envases. La alternativa de presentar el producto seco, como originalmente pensado por Rockland y Metzler (1967) y Rockland y Jones (1974) prodría también ser evaluada.

El hecho de que a través del uso de una solución de sales como la propuesta por Rockland y Metzler (1967) hace posible la cocción del grano de frijol endurecido a un tiempo similar al grano recién cosechado consideramos debe aprovecharse para utilizar el grano endurecido a nivel agro-industrial.

b. Extrusión

Un proceso de cocción a relativo bajo costo lo representa la utilización de extrusores termodinámicamente autógenos como el Brady Crop Cooker (Bressani y col, 1978). Por tal motivo se consideró de interés evaluar ese proceso para efectuar la cocción del frijol endurecido previamente tratado por remojo con la solución de Sales de Sodio indicada antes (Tabla 10, Fig. 4), así como con una solución al 0.75% de $NaHCO_3$, otra conteniendo 1.0% de NaCl y 0.75% de $NaHCO_3$ y una última conteniendo 1.0% de NaCl. Para tal efecto cuatro lotes de frijol negro endurecido por almacenaje se sometieron a remojo independientemente en cada una de las cuatro soluciones citadas, por 16 horas a temperatura ambiente. Después de dicho tiempo se descartó la solución y los frijoles húmedos (70% de humedad promedio) se sometieron a cocción por extrusión en el Brady Crop Cooker a una apertura de cono de 0.6 mm con una velocidad del tornillo alimentador de 32 rpm. La temperatura alcanzada en el aparato bajo las condiciones citadas fue de 85 a 90°C y el producto salió con un contenido de humedad promedio de 40%, por lo cual se sometió a secado en horno de aire forzado con una temperatura del aire entrante de 125°C (para asegurar la cocción final del producto) hasta alcanzar una humedad del 10 al 12%. Por separado un lote de frijol negro recién cosechado fue cocido en agua destilada en la retorta (121°C, 15 psig) por 20 min y luego de separar el caldo el grano fue liofilizado. Tanto los frijoles extruidos como el frijol estándar (cocido en retorta y liofilizado) fueron molidos a una granulometría promedio de 60 mallas.

La viscosidad amilográfica de los diferentes productos obtenidos por extrusión y del producto obtenido del frijol recién cosechado (tomado como estándar) se muestra en la Figura 5. Como se aprecia el frijol extruido con remojo en la solución conteniendo NaCl muestra todavía un valor alto (480 U.B.) de viscosidad a las 95°C, mientras que los con remojo en las soluciones

de NaCl y $NaHCO_3$, $NaHCO_3$ y la mezcla de sales completa mostraron viscosidades cada vez menores a la misma temperatura. Esto señala que el grado de gelificación del almidón alcanzado por el proceso de extrusión fue mayor en la muestra en que usara remojo con la mezcla de sales. En otras palabras, en esta mezcla se alcanzó una mejor "cocción", indicada por el rompimiento del mayor número de sus gránulos de almidón en el proceso, lo que se reflejado por un menor pico de viscosidad a 95°C. Lo anterior se comprueba por el hecho de que la muestra estándar (obtenida del frijol recién cosechado, cocido en retorta y liofilizado) dio la menor viscosidad (20 U.B.) a 95°C.

Al someter a las muestras a una cocción posterior (en agua hirviente por 10 minutos) su pico de viscosidad a 95°C debería de desaparecer o disminuir y mostrar ya una viscosidad a temperaturas más bajas por el rompimiento de sus gránulos de almidón en la operación de ebullición. Tal respuesta fue la encontrada (Fig 6) pero de nuevo el frijol remojado en solución de NaCl y cocido por extrusión mostró una viscosidad significativamente ($P \leq 0.01$) más alta en todas las temperaturas que aquél remojado en la mezcla de sales y cocido en la misma forma, que a su vez mostró un valor significativamente ($P \leq 0.05$) más alto de viscosidad a cualquier temperatura que la muestra estándar. En esta prueba los valores para las muestras remojadas tanto en NaCl y $Na\ HCO_3$ como solo en $Na\ HCO_3$ y cocidas por extrusión fueron prácticamente iguales al mostrado para la muestra remojada en la solución con la mezcla de sales y cocida por extrusión. Estos resultados mostraron alta relevancia al efectuar las pruebas culinarias de reconstitución de las diferentes muestras para ser presentadas en forma de frijol en maleta. En

esta pruebas la única muestra rechazada fue aquella remojada solo en solución de NaCl previo a su extrusión, por considerarse que era muy "pegajosa" al quererse preparar la maleta después de resuspender la harina en agua hirviente por 10 min y luego freirla. Estos datos concuerdan con la alta viscosidad a bajas temperaturas encontrada para la misma muestra hervida por 10 min (Fig 6).

El por qué se obtiene una mejor cocción (o rompimiento de gránulos de almidón) por extrusión en las muestras remojadas con NaCl y $NaHCO_3$, $NaHCO_3$ ó la mezcla de sales, pudiera deberse al relativo alto pH brindado por el bicarbonato de sodio a la solución (alrededor de 8.0 a 8.3). En relación al relativo mejor resultado con la mezcla de sales que con aquellas soluciones conteniendo NaCl y $NaHCO_3$ ó solo $NaHCO_3$, no debe olvidarse la presencia del fósforo y su posible relación a dureza y/o facilidad de cocción en leguminosas (Varriano-Marston y Omana, 1979; Mattson, 1946).

Pruebas preliminares indican que el uso de una solución al 0.75 a 1.0% de $NaHCO_3$ como agua de cocción puede acortar significativamente el tiempo de cocción del frijol endurecido. Este hallazgo confirma en parte creencias populares de algunas áreas de Guatemala y abre una vía más viable para introducir el uso de una sal tan común como el bicarbonato de sodio a nivel familiar para ayudar a la mejor utilización del frijol endurecido a nivel de hogar.

En resumen, consideramos que el uso de soluciones de sales de sodio puede abrir alternativas para la formación de agro-industrias a nivel comunal usando el proceso de cocción por extrusión de relativo bajo costo (Bressani y col., 1978) para la mejor utilización del frijol endurecido. Considerando los costos operacionales estimados para ese proceso en Guatemala

(Tabla 11) consideramos que puede ser una alternativa viable. El uso especial del bicarbonato de sodio en aguas de remojo y cocción de frijol endurecido debiera investigarse mas a fondo para su posible aplicación a nivel familiar.

IV.2 Como Alimento Para Animales

El posible uso de frijol endurecido cocido por el proceso de extrusión de bajo costo en combinación con ajonjolí como fuente parcial de proteína en dietas para pollos de engorde fue reportado por Murillo y col (1979). El estudio en cuestión demostró que el frijol endurecido y cocido por extrusi puede emplearse hasta en un 16% en dietas para pollos de engorde sin detrimento del rendimiento de los animales. Este porcentaje permitió una sustitución del 30% de la harina de soya y 20% del maíz presentes en la dieta control.

Esto representa otra alternativa de uso para el frijol endurecido de singular importancia si se considera que dicho grano va a sustituir en parte a productos de importación en algunos países, como lo es la harina de soya (Murillo y col, 1979). Hay que considerar, sin embargo, que el precio de un alimento para animales (como el pollo) es siempre relativamente bajo y, por ende, posiblemente al usar esta ruta de utilización no se pueda compensar el mismo precio ofrecido para el frijol para consumo humano. Por consiguiente es muy posible que sí existen vías para utilizar el frijol endurecido como un alimento humano, vayan a ser éstas económicamente más atractivas para el productor y/o el "almacenador" del grano, que las vías de utilización en producción animal.

Debería enfatizarse, sin embargo, que esta constitue otra alternativa de utilización para el frijol endurecido que está abierta a ser considerada y/o aprovechada en cualquier tiempo.

V. Sumario

Este trabajo revisa la información presentada en la literatura hasta el momento sobre tecnologías evaluadas, tanto para la prevención del endurecimiento, o incremento en tiempo de cocción, y biodeterioro del frijol común (Phaseolus vulgaris) durante el almacenaje como para la utilización del grano endurecido. Además, presenta evidencias de nuevas alternativas tecnológicas desarrolladas con los mismos propósitos. En general se considera que las tencologías de tratamiento térmico a corto tiempo, remojo en soluciones salinas al 15% y almacenamiento del grano en vaina representan hasta ahora las mejores opciones para prevenir el endurecimiento (o incremento en tiempo de cocción) y biodeterioro del frijol por almacenaje, por considerarlas tecnologías apropiadas para el área centroamericana y caribeña. De las tres citadas, las dos primeras se consideran posibles a ser evaluadas para un nivel comunal-rural, o aun mayor, mientras la tercera se considera más apropiada para un nivel familiar o pequeño. La opción de prevenir el endurecimiento mediante el almacenaje a baja temperatura (4°C) y humedad (8 a 10% en el grano, equivalente a 30 a 50% de humedad relativa en el ambiente de almacén) se cree poco apropiada por considerarse de alta inversión y altos costos operacionales para nivel centroamericano y caribeño, donde el frijol constituye un grano básico para la dieta popular. La opción de utilización de atmósferas de almacén enrarecidas con anhídrido carbónico para lograr el mismo fin se descarta dado que su uso tiende a incrementar el endurecimiento del grano por almacenaje en ves de minimizarlo. En base a esto se considera que la enzima polifenoloxidasa no juega un papel relevante en el endurecimiento del frijol.

La evidencia aquí presente señala que el modo de acción del tratamiento térmico a corto tiempo para controlar el endurecimiento del grano de frijol

es diferente a la del uso de soluciones salinas, dado que al usar esta última se encuentran correlaciones negativas altamente significativas (P / 0.01) entre los valores de dureza y tiempo de cocción con aquellos de ~~dureza y tiempo de cocción~~ absorción de agua, coeficiente de hidratación del grano, correlaciones que fueron inexistentes en el primer caso. En general, el control del endurecimiento del grano de frijol parece estar relacionado a cambios de la estructura proteica y/o cambios en la solubilidad de nitrógeno del grano y a cambios en las características de gelificación o gelatinización del almidón del ~~grano~~ mismo. La posible interacción entre ambos parámetros, así como la posible influencia que en los mismos pueda tener el cambio en concentración de minerales totales propiciado por el tratamiento salino o posibles cambios en localización intracelular de algunos minerales como el fósforo y/o la posible remosión de las sustancias pécticas por el tratamiento salino, todavía quedan por establecerse. Se enfatiza que más investigación es necesaria a fin de establecer el modo de acción de cada alternativa lo cual a su vez se considera imprescindible para el desarrollo de nuevas tecnologías, tal vez más simples y/o aplicables.

La alternativa de controlar el endurecimiento mediante la elaboración de un frijol entero precocido y seco a partir del grano recién cosechado ~~y seco~~ se considera apropiada para servir de base para una posible agro-industria a nivel comunal.

En forma similar las alternativas de utilización del frijol endurecido a través de procesos de enlatado o de cocción por extrusión de bajo costo, concomitantes con el uso de soluciones de sales de sodio para facilitar la cocción del grano, se consideran como posibles bases para ~~agro~~ agro-industrias a nivel comunal. Las evidencias presentadas en el caso de la cocción por extrusión con el uso de soluciones de sales de sodio resalta de nuevo el importante papel que juega el comportamiento de la fracción almidonada del

grano endurecido y procesado tanto en relación a su relativo grado de cocción como a su aceptación culinaria. También la misma evidencia denota la diferente eficiencia que varias sales de sodio pueden tener en acelerar la cocción del grano de frijol endurecido. En base a la misma así como en base a datos preliminares se considera que el bicarbonato de sodio en solución al 0.75 a 1.0% podría considerarse como una alternativa viable a ser usada como agua de cocción para frijoles endurecidos a un nivel familiar.

El proceso de extrusión a bajo costo representa una alternativa de cocción del grano de frijol endurecido para ser considerado ya como un ingrediente en raciones para animales como pollos de engorde. Tal alternativa aun cuando atrayente y de inmediata aplicación se considera debe examinarse más detenidamente desde el punto de vista económico del productor y del "almacenador" del frijol, dado que las raciones para animales deben, en general, guardar un bajo precio. Como se señalara, sin embargo, ésta representa otra alternativa para el uso del frijol endurecido.

VI. REFERENCES

1. Bressani, R. y L.G. Elías. Legume foods En: "New Protein Foods" Vol. 1 A. Technology. A. Am. Altschul (Ed.) Academic Press, Inc. New York, N.Y., 1974. p. 230-297.

2. Bressani, R., J.E. Braham, L. G. Elías, R. Cuevas y M.R. Molina. Protein quality of a whole corn/whole soybean misture processed by a simple extrusion cooker. J. Food Sci., 43: 1563-1565. 1978.

3. Bressani, R., L.G. Elías y M.R. Molina. Algunos ejemplos de la industrialización de productos agrícolas a través de tecnologías intermedias. Interciencia, 2: 281-287. 1977.

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

5. Elías, L.G., D.G. de Fernández y R. Bressani. Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. J. Food Sci., 44: 524-417. 1979.

6. Hamad, N. y J.J. Powers. Imbibition and pectic content of canned dry-lima beans, Food Technol., 19: 648-651. 1965.

7. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). "Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Guatemala." INCAP, Oficina de Investigaciones Internacionales de Los Institutos Nacionales de Salud (EE.UU.) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social INCAP. Guatemala. 1969.

8. Jay, J.M. "Modern Food Microbiology" Reinhold Book Corp., New York N.Y. 1970. pp.1-6, 113-114.

9. Lai, C.C. y E. Varriano-Marston. Studies on the characteristics of black bean starch. J. Food Sci., 44: 528-530. 1979.

10. López, A. "A complete Course in Canning" 9th Ed. The Canning Trade, Baltimore, Md. 1969. pp. 183-190.

11. Mattson, S. The cookability of yellow peas. Acta Agr. Suecana, 2: 185-231. 1946. (Chem. Abstracts, 42: 4689d, 1948)

12. Molina, M.R. y R. Bressani. Factores de almacenamiento y procesamiento. Taninos. Arch. Latinoamer. Nutr., 27 (2 suple. 2): 78-84. 1977.

13. Molina, M.R., M.A. Baten, B. Axtell y R. Bressani. Alternativas para aumentar la desponibilidad y utilización del frijol negro (Phaseolus vulgaris). En: "Memoria de la XXV Reunión Anual del Prograna Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA)", Vol. 3. Secretaría de Recursos Naturales, Tegucigalpa, Honduras, Trabajo L17, 12p.

14. Molina, M.R. y M.A. Bates, R.A. Gómez-Brenes, K.W. King y 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. (1976_b)

15. Molina, M.R, G. de la Fuente y R. Bressani. Interrelaciones entre tiempo de remojo, tiempo de cocción, valor nutritivo y otras características del frijol (Phaseolus vulgaris). Arch. Latinoamer. Nutr., 24: 469-483. 1974.

16. Molina, M.R., G. de la Fuente y R. Bressani. Interrelationship between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristicas of the black bean (Phaseolus vulgaris). J. Food Sci.,

17. Molina, M.R., F. Trent, y R. Bressani. Studies on the biodeterioration of the black beans, (Phaseolus vulgaris). Papel presentado en la XXXVI Reunión Anual del "Institute of Food Technologists" (IFT), Anaheim, California, Junio 6-9, 1976. (1976_a)

18. Morris, H.J. y E.R. Wood. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. Food Technol., 22: 336-338. 1956.

19. Moscoso, W. Efecto del almacenamiento a altas temperaturas y alta humedad sobre algunas características físicas y químicas del frijol. Papel presentado en el Simposium "El problema del Endurecimiento del Frijol Común (Phaseolus vulgaris)", celebrada durante la XVII Reunión Anual del Programa Colaborativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos alimenticios (PCCMCA). Santo Domingo, República Dominicana, marzo 23-27, 1981.

20. Muneta, P. The cooking time of dry beans after extended storage. Food Technol, 18: 1240-1241. 1964.

21. Murillo, B., M.T. Cabezas y R. Bressani. Utilización del frijol (Phaseolus vulgaris) endurecido en dietas para pollos de engorde. En: "Memoria de la XXV Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA)". Vol. 3. Secretaría de Recursos Naturales, Tegucigalpa, Honduras, Trabajo L8, 8 p.

22. Ory, R.L. Enzume activities associated with protein bodies of seeds. En: "Symposium: Seed Proteins". G.E. Inglett (Ed.) The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Conn. 1972. pp. 86-98.

23. Reed, G. (con una contribuición por L.A. Underkifler). "Enzymes in Food Processing". Academic Press, New York, N.Y. 1966. pp. 186-192.

24. Rockland, L.B. y T.F. Jones. Scanning electron microscope studies on dry beans. Effects of cooking on the cellular structure of cotyledons in rehydrated large lima beans. J. Food Sci., 39: 342-346. 1974.

25. Rockland, L.B. y A.E. Metzler. Quick cooking lima and other dry beans. Food Technol., 21: 344-348. 1976.

26. Ruiloba, E. de. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre las características físico-químicas y nutricionales del frijol. (Phaseolus vulgaris). Tesis de M.Sc., Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, C.A.

27. Sefa-Dedeh, S. y Stanley, D.W. Textural implications of the microstructure of legumes. Food Technol., 33 (10): 77-83. 1979.

28. Varriano-Marston, E. y E. de Omana. Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans (Phaseolus Vulgaris). J. Food Sci., 44 : 531-536. 1979.

29. Vijaya Raghavan, G.S. y J.M. Harper. High temperature drying using a heated bed of granular salt. Transactions of the ASAE, 17(1): 108-111. 1974.

30. Weston, W.J. y J.H. Morris. Hygroscipic equilibria of dry beans. Food Technol., 8: 353-355, 1954'

TABLA 7. ABSORCION DE SOLUCIONES DE CLORURO DE SODIO AL 15% Y 20% EN DIFERENTES TIPOS DE FRIJOL RECIEN COSECHADO, DESPUES DE 5 HORAS DE REMOJO

Concentración de la solución de NaCl	Tipo de frijol (% de absorción)			
	Negro	Blanco	Rojo	Caupí
15%	5.1	20.1	26.7	69.1
20%	3.8	19.5	18.1	51.3

Incap 81–145

TABLA 7. DUREZA DE FRIJOLES SOMETIDOS A DIVERSOS TRATAMIENTOS DE PRECOCCION, DESPUES DE SEIS MESES DE ALMACENAJE EN CONDICIONES AMBIENTALES

Precocción en agua hirviendo (min)	Dureza* (g fuerza)
0	900
2	855
5	783
10	765
15	649

* Medida por la prueba de puntura en el aparato Instrom. Todas las muestras fueron sometidas a una cocción estándar de 30 min en agua hirviendo previo a la prueba.

Incap 81–146

TABLA 2.- COMPOSICION PORCENTUAL DE FRIJOLES TRATADOS CON SOLUCION SALINA Y NO TRATADOS
(Base Seca)

Componente	Frijol blanco Solución salina (%)			Frijol rojo Solución salina (%)			Frijol negro Solución salina (%)		
	0	15	20	0	15	20	0	15	20
Proteína (N x G.25)	25.4	25.4	25.4	22.8	22.3	22.6	25.2	26.8	26.5
Extracto etéreo	2.0	2.2	2.0	1.9	2.0	2.0	1.8	2.2	2.2
Fibra cruda	4.2	3.6	4.2	4.5	3.3	3.5	6.3	6.0	8.0
Ceniza	4.4	5.5	5.3	4.9	5.9	5.4	4.6	5.6	5.3
Almidón	54.4	54.8	54.7	53.9	54.5	54.0	54.6	54.8	54.1

Incap 81—154

TABLA 3.- CONTENIDO DE ALGUNOS MINERALES, ACTIVIDAD DE POLIFENOL OXIDASA (PFO) INDICE DE SOLUBILIDAD DE NITROGENO (ISN), DUREZA, TIEMPO DE COCCION Y BIODETERIORO EN FRIJOLES TRATADOS CON SOLUCION SALINA Y NO TRATADOS

Parámetro Estimado	Frijol blanco			Frijol rojo			Frijol negro		
	Solución salina (%)			Solución salina (%)			Solución salina (%)		
	0	15	20	5	15	20	5	15	20
Sodio (%)	0.09(0.05)*	1.01(0.44)	0.69(0.35)	0.04(0.05)	1.08(0.62)	0.45(0.33)	0.08(0.05)	1.11(0.65)	0.58(0.31)
Calcio (%)	0.31(0.23)*	0.22(0.19)	0.22(0.21)	0.12(0.15)	0.09(0.10)	0.11(0.12)	0.28(0.21)	0.17(0.18)	0.20(0.18)
Potasio (%)	1.50(1.34)*	1.64(1.27)	1.64(1.22)	1.58(1.32)	1.70(1.25)	1.83(1.37)	1.62(1.28)	1.74(1.30)	1.62(1.26)
Actividad de PFO (D.O./min/g.)	3.21	0.00	0.00	17.64	0.00	0.00	15.08	0.00	0.00
ISN (%)	77.5(69.5)**	71.4(69.0)	72.6(69.7)	96.8(64.6)	80.7(63.0)	91.6(64.6)	83.0(62.1)	71.6(62.7)	73.1(59.7)
Dureza (g-f)	75(275)**	71(148)	73(175)	70(215)	87(181)	91(181)	69(301)	65(129)	70(155)
Tiempo de cocción (min)	125(170)**	120(170)	112(175)	120(210)	120(175)	125(195)	121(224)	110(175)	118(188)
Granos dañados por insectos (%)	1.2(2.0)**	3.0(1.2)	1.4(0.8)	0.9(0.9)	0.4(0.4)	0.6(0.5)	6(39)	5(5)	6(5)

* Valores entre paréntesis corresponden a los granos cocidos en agua hirviente (96°) por el tiempo de cocción determinado.

** Valores entre paréntesis corresponden a aquellos obtenidos para los granos almacenados por 9 meses a 35°C, 80% humedad relativa. Dureza (g-fuerza) estimada en frijoles sometidos a cocción en agua hirviente por 150 min. Tiempo de cocción = tiempo requerido en agua hirviente para alcanzar un valor promedio de 80 g-fuerza. Granos dañados; determinado en 1000 granos.

TABLA 4.- ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO–QUIMICAS DE FRIJOLES TRATADOS CON SOLUCION SALINA Y NO TRATADOS

Parámetro Estimado	Frijol blanco			Frijol rojo			Frijol negro		
	Solución salina (%)			Solución salina (%)			Solución salina (%)		
	0	15	20	0	15	20	0	15	20
Absorción de agua (%)	73(45)*	82(70)	78(71	86(35)	81(71)	70(60)	82(42)	84(72)	79(66)
Coeficiente de Hidratación (%)	172(142)*	178(169)	182(170)	176(135)	182(172)	171(159)	183(138)	169(161)	181(165)
Viscosidad (B.U.)**	320(320)*	280(360)	270(360)	370(200)	280(300)	260(240)	290(190)	250(280)	240(230)

* Valores entre paréntesis corresponden a los granos almacenados por 9 meses a 35°C y 80% de humedad relativa. La absorción de agua fue medida en la harina.

** B.U. = Unidades Brabender.

Incap 81–156

TABLA 5.- CARACTERISTICAS DE CALIDAD PROTEICA DE FRIJOLES TRATADOS CON SOLUCION SALINA Y NO TRATADOS

Parámetro Estimado	Frijol blanco			Frijol rojo			Frijol negro		
	Solución salina (o/o)			Solución salina (o/o)			Solución salina (o/o)		
	0	15	20	0	15	20	0	15	20
Razón proteica neta (NPR)	2.68(2.73)*	2.72(2.40)	2.67(~~2.76~~) (2.76)	2.35(2.48)	2.23(2.61)	2.57(2.61)	2.41(2.30)	2.38(2.40)	2.40(2.35)
Digestibilidad verdadera (o/o)	79(78)*	80(79)	79(77)	71(74)	74(72)	74(74)	71(70)	72(73)	70(73)
Inhibidores de tripsina (UTI/g)	8.8(5.3)**	11.3(3.6)	10.7(4.7)	17.6(6.5)	15.7(3.9)	17.8(4.0)	18.1(5.9)	17.9(3.1)	18.1(4.1)
Hemaglutininas (Título hemaglutiante)	9(0)**	10(0)	10(0)	8(0)	8(0)	8(0)	8(0)	7(0)	7(0)

* Valores de evaluaciones biológicas entre paréntesis corresponden a los frijoles almacenados por 9 meses a 35°C y 80o/o de humedad relativa.

** Valores entre paréntesis corresponden a los frijoles cocidos en agua hirviente por el tiempo de cocción determinado.

Incap 81—155

TABLA 6.— DUREZA DE FRIJOLES [illegible]

SOMETIDOS A REMOJO EN SOLUCION DE NaCl, COCIDOS DESPUES DE SEIS MESES DE ALMACENAJE BAJO DIFERENTES ATMOSFERAS A TEMPERATURA AMBIENTE*

Solución salina usada (%)	Atmósfera de almacenaje			
	Ambiental**	25% CO_2	50% CO_2	75% CO_2
—	576 ± 113***	590 ± 58	605 ± 98	690 ± 77
25	462 ± 102	522 ± 38	560 ± 77	592 ± 59
20	375 ± 65	495 ± 35	525 ± 129	578 ± 89
15	390 ± 50	462 ± 65	522 ± 59	588 ± 63
10	515 ± 19	525 ± 39	660 ± 57	662 ± 129

* Dureza medida por la prueba de puntura en el aparato Instrom. Los frijoles almacenados fueron sometidos a 18 hr de remojo y a 20 min de ebullición en agua antes de la prueba. El remojo en solución salina se efectuó por una hora a temperatura ambiente antes del almacenaje, expresado en g fuerza.

** Se encontró una correlación negativa ($r = -0.92$) altamente significativa ($P < 0.05$) entre la cantidad de sal absorbida y la dureza. El efecto de sal sobre la dureza fue significativo ($P < 0.05$).

*** Desviación estándar.

Incap 81—148

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS DESARROLLADAS PARA LA UTILIZACION DEL FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris) ENDURECIDO

Incap 81—149

TABLA 8.- DUREZA DE FRIJOL COMUN Y FRIJOL PRECOCIDO DESPUES DE SEIS MESES DE ALMACENAJE Y SOMETIDOS A DIVERSOS TIEMPOS DE COCCION

Tiempo de cocción previo a la prueba (min)	Dureza (g fuerza)	
	Frijol control	Frijol precocido**
10	1050	840
20	1070	800
30	900	670
40	620	520
50	560	360
60	380	210***
70	270	—
80	260	—

* La cocción fue efectuada en agua hirviendo previo a la determinación de dureza por la prueba de puntura utilizando el aparato Instrom.

** Precocido por 15 min en agua hirviendo y secado previo al almacenaje.

*** El frijol estaba completamente cocido.

Incap 81—147

Incap 81–150

TABLA 9.- CARACTERISTICAS DE DUREZA, TIEMPO DE COCCION Y BIODETERIORO POR INSECTOS EN FRIJOL NEGRO ALMACENADO EN GRANO CON Y SIN VAINA POR 9 MESES A 25ºC

Parámetro Estimado	Forma de almacenaje			
	Frijol en grano		Frijol en vaina	
	Valor inicial	Después de almacenado	Valor inicial	Después de almacenado
Dureza (g-f)*	70	287	69	133
Tiempo de cocción (min)**	123	221	125	177
Granos dañados por insectos (º/o) ***	7	34	6	5

* Determinado como los g-fuerza después de 150 min. en agua hirviente (96ºC).

** Minutos necesarios para llegar a una dureza promedio de 80 g-fuerza.

*** Valores promedio obtenidos en 1000 granos por muestra.

Incap 81–153

FRIJOL PRECOCIDO POR EXTRUSION, CON LA ADICION DE DIVERSAS SALES DE SODIO

Sales de sodio añadidas	Interpretación del color*			
	Opacidad	Naranja	Amarillo	Azul
Cloruro de sodio	0.2	0.8	0.1	–
NaCl y $NaHCO_3$	0.5	0.5	0.1	–
$NaHCO_3$	0.9	0.1	0.3	–
Mezcla**	2.0	–	–	0.1

* Acorde al tintómetro Lovibond.

** NaCl, 2.5%; Na_3PO_4, 1.0%; $NaHCO_3$, 0.75%; y Na_2CO_3, 0.25%.

Incap 81–144

TABLA 10.- COSTOS OPERACIONALES EN LA MANUFACTURA DE FRIJOL ENTERO ENTALADO USANDO FRIJOL NEGRO ENDURECIDO

Componente	Costo por lata* (ctvs. de $ C. A.)
Ingredientes	5.1 (sales 2.1 ctvs.)***
Envase	13.0
Vapor	1.3
Electricidad	0.001
Mano de obra**	1.3
Total	20.701

* Lata de 5 1/2 onzas, peso neto 138 g, espacio de cabeza 1.0 cm., vacío 460 mm Hg, humedad de producto 69.3% con un contenido proteico del 6.3% y un pH de 7.8.

** En base a dos operarios a $ C. A. 4.00 por día cada uno, trabajando en lotes de 125 latas.

*** NaCl, 2.5%; Na_3PO_4, 1.0%; $NaHCO_3$, 0.75%; Na_2CO_3, 0.25%.

Incap 81–143

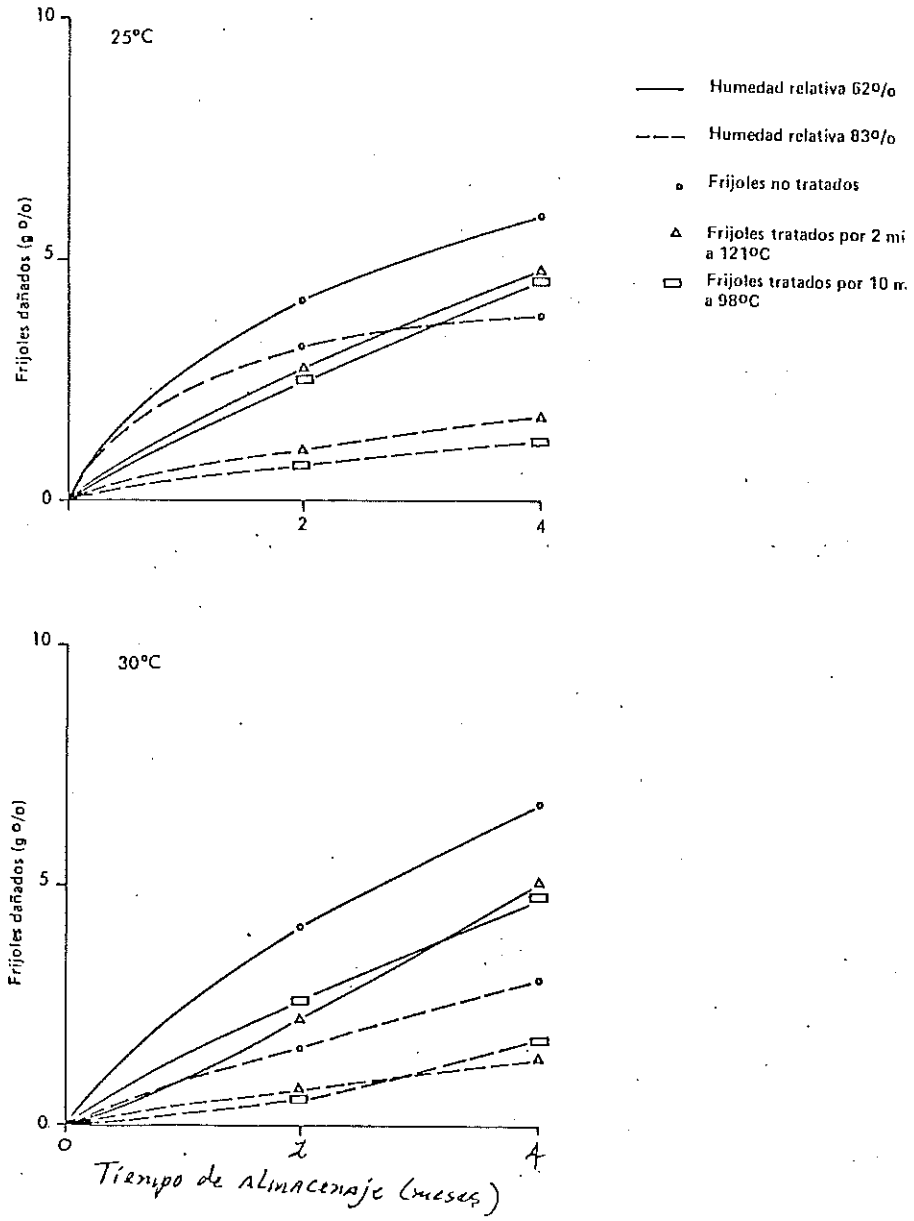
Fig 1.- ASPECTOS TECNOLÓGICOS INVESTIGADOS PARA EL MEJOR APROVECHAMIENTO DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris)

Secuencia en la utilización del frijol	Aspectos de Desarrollo Tecnológico Investigados
Grano en Vaina	Alternativa para almacenaje minimizando endurecimiento y biodeterioro
Grano Limpio	Procesos para minimizar el endurecimiento o tiempo de cocción y biodeterioro del frijol durante el almacenaje a. Tratamiento térmico b. Tratamiento con solución salina (NaCl) c. Atmósfera modificada d. Frijol entero precocido
Utilización como alimento	
Almacenaje	Efecto de temperatura y humedad relativa de almacén sobre el endurecimiento, biodeterioro y calidad proteínica del frijol
Utilización como alimento	
Frijol endurecido de mayor tiempo de cocción	Alternativas de utilización como alimento. a. Extrusión b. Enlatado

Incap 81—152

FIGURA 2

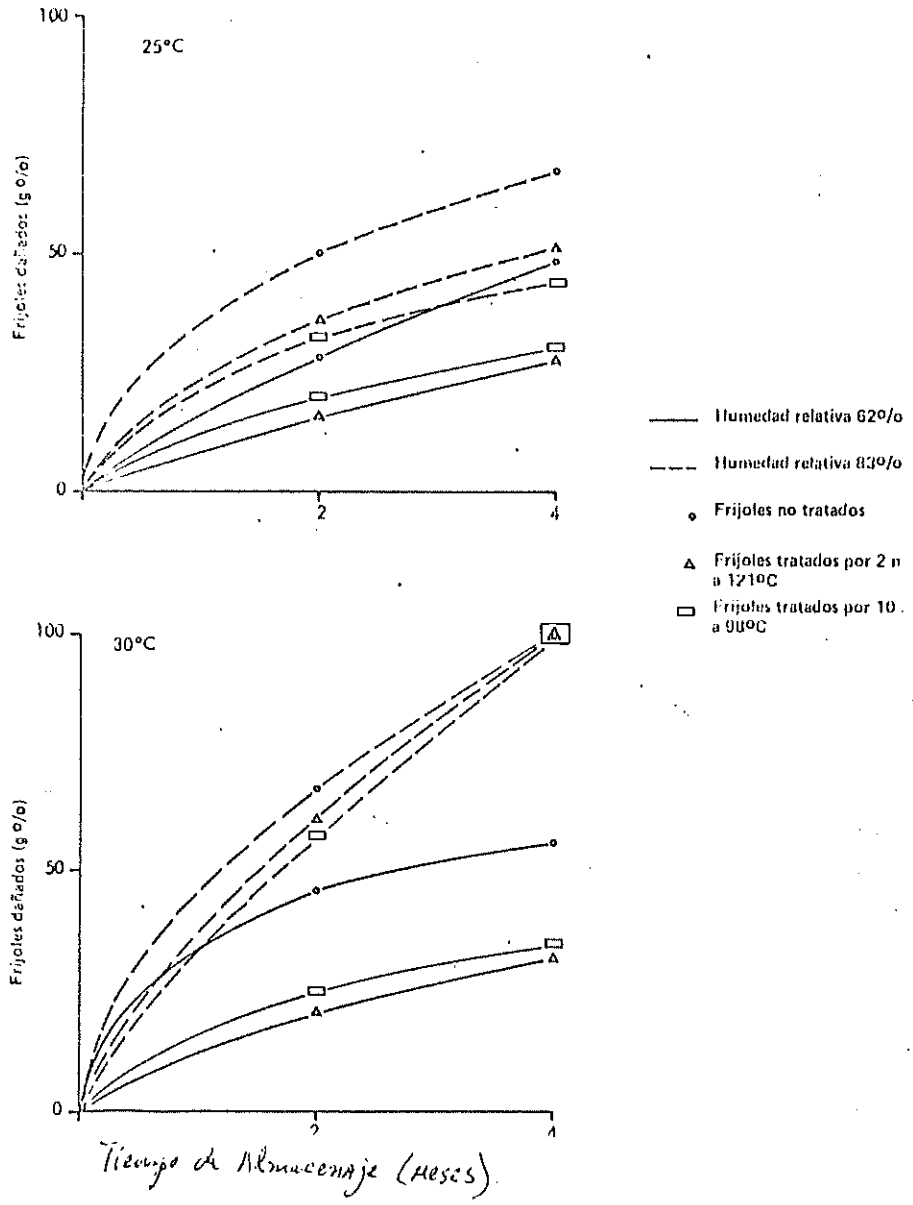
EFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL ALMACENAJE SOBRE EL BIODETERIORO DEL FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris) POR EL INSECTO Acanthoscelides obtectus



INCAP 81-

FIGURA 3

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE EL BIODETERIORO DEL FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris) POR MOHOS



INCAP 81-

Fig. 4. - OPERACIONES PRINCIPALES EN LA MANUFACTURA DE FRIJOL ENTERO ENLATADO USANDO FRIJOL ENDURECIDO

Frijol en grano	(47.5 g)
Ajo en polvo	(0.1 g)
Cebolla en polvo	(0.5 g)
Sales de sodio	(90.0 g o 90 ml.)*

Llenado en latas de 5 1/2 onza de aireado en atmósfera de vapor por 2 min. y sellado a 60°C

Esterilización
y
Cocción
a 121°C por 65 min

Enfriamiento con agua

Producto

* NaCl, 2.5%; Na_3PO_4, 1.0%; $NaHCO_3$, 0.75% y Na_2CO_3, 0.25%.

Incap 81–151

FIGURA 5

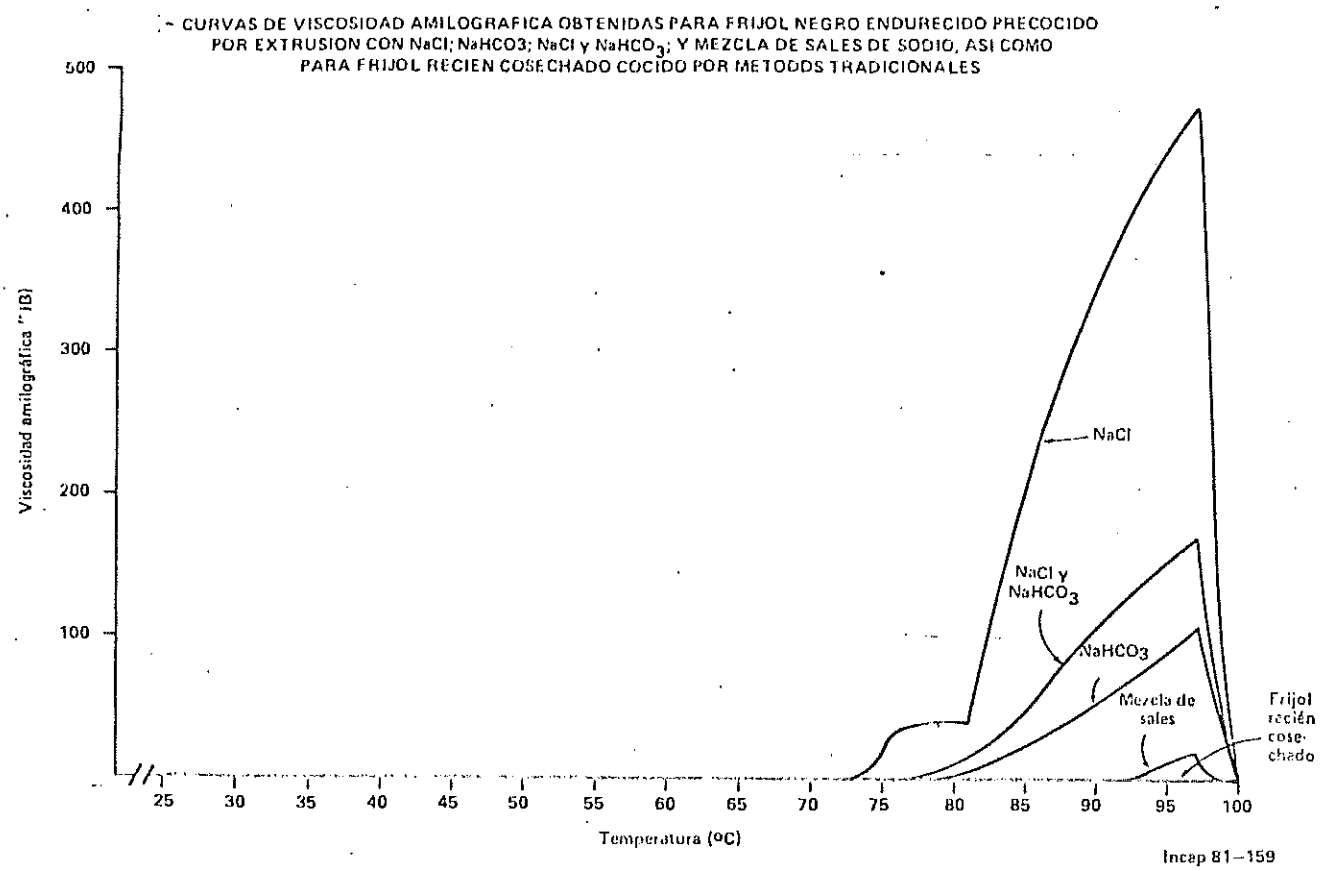
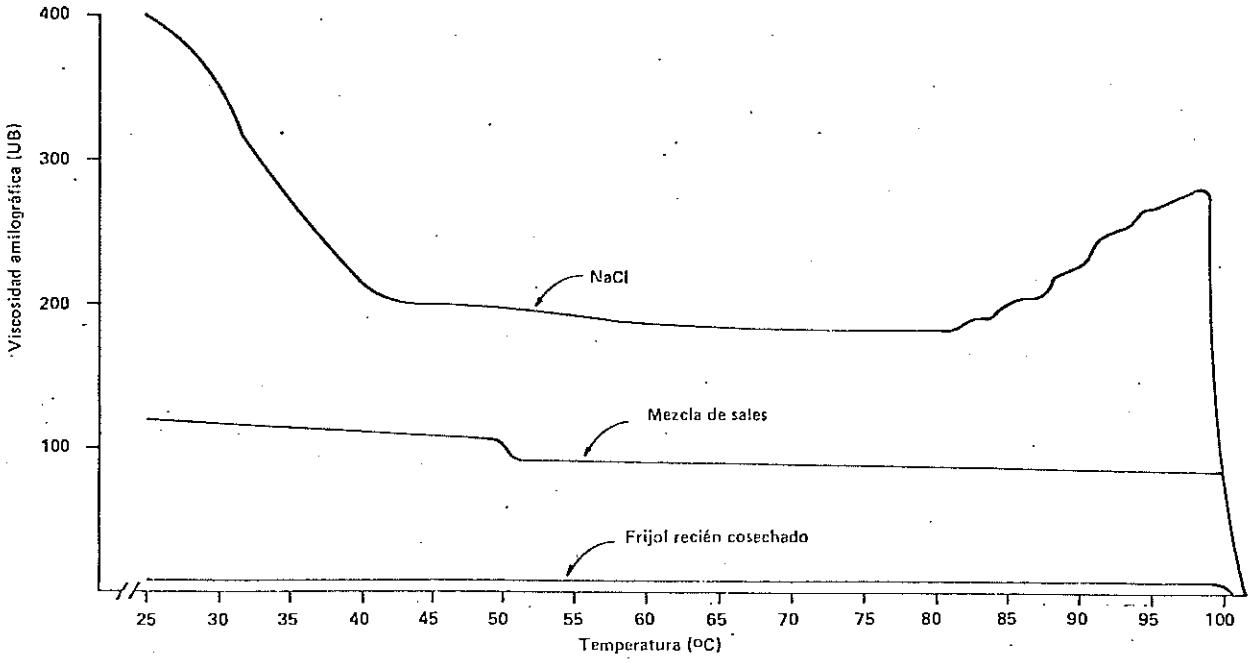

- CURVAS DE VISCOSIDAD AMILOGRAFICA OBTENIDAS PARA FRIJOL NEGRO ENDURECIDO PRECOCIDO POR EXTRUSION CON NaCl; NaHCO3; NaCl y NaHCO3; Y MEZCLA DE SALES DE SODIO, ASI COMO PARA FRIJOL RECIEN COSECHADO COCIDO POR METODOS TRADICIONALES
Viscosidad amilográfica "IB)
500
400
300
200
100
NaCl
NaCl y NaHCO3
NaHCO3
Mezcla de sales
Frijol recién cosechado
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
Temperatura (°C)
Incap 81—159

FIGURA 6

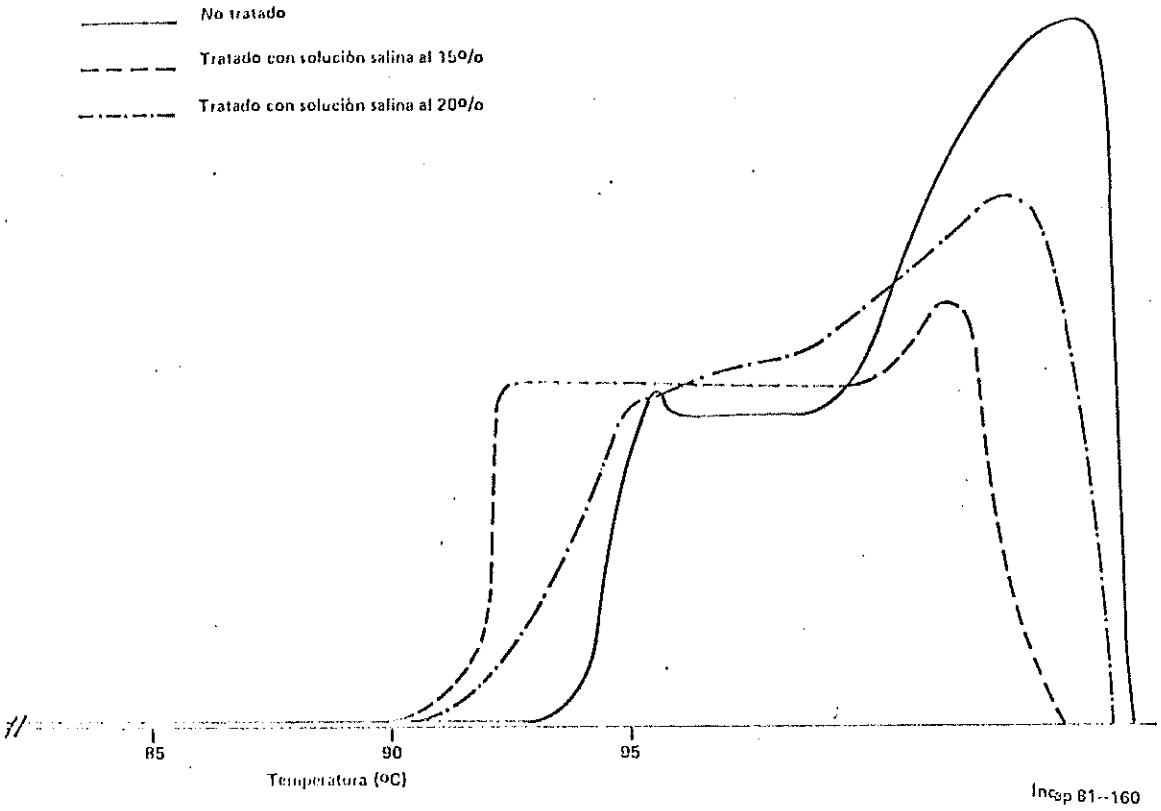
Fig. 6.- CURVAS DE VISCOSIDAD AMILOGRAFICA OBTENIDAS PARA HARINAS PRECOCIDAS DE FRIJOL NEGRO ENDURECIDO PROCESADO POR EXTRUSION CON ADICION DE NaCl Y DE MEZCLA DE SALES DE SODIO DESPUES DE HERVIR POR 10 MIN. EN AGUA



Incap 81–158

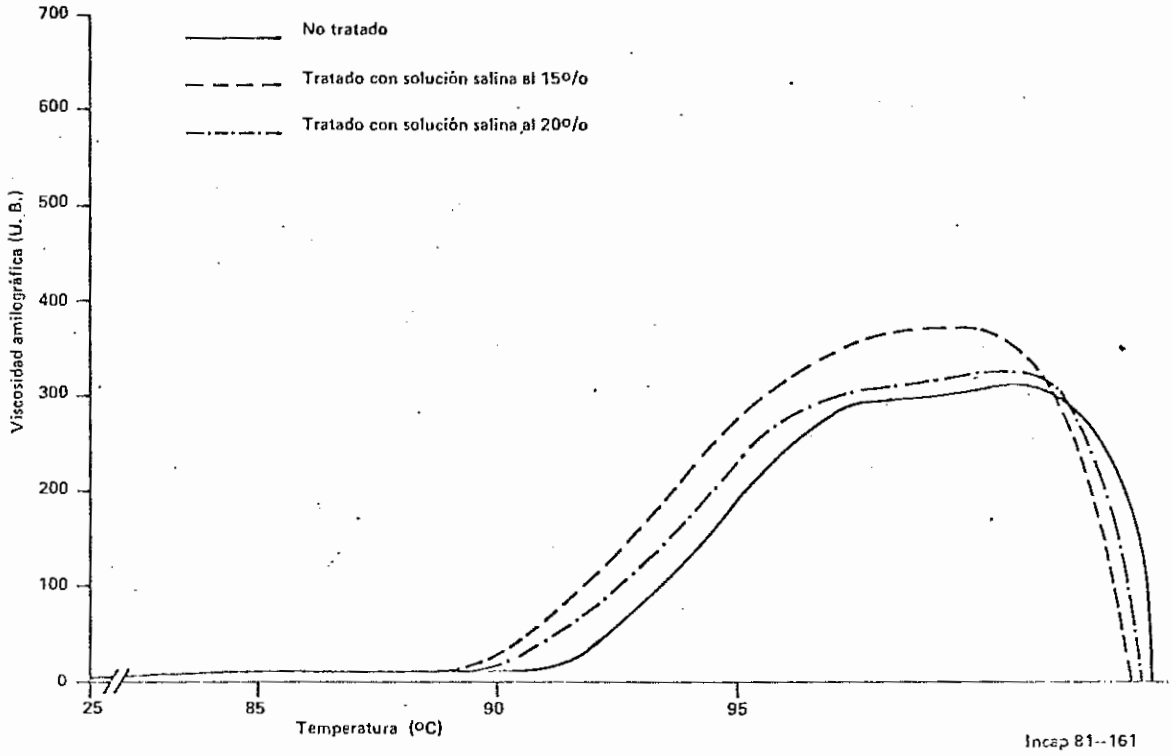
FIGURA

VISCOSIDAD AMILOGRAFICA DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris) TRATADO Y NO TRATADO CON SOLUCION SALINA DESPUES DE NUEVE MESES DE ALMACENAJE A 25°C Y 65% DE HUMEDAD RELATIVA



FIGURA

VISCOSIDAD AMILOGRAFICA DE FRIJOL NEGRO (Phaseolus vulgaris)
TRATADO Y NO TRATADO CON SOLUCION SALINA DESPUES DE NUEVE MESES
DE ALMACENAJE A 35ºC Y 80º/o DE HUMEDAD RELATIVA



Incap 81--161