

ARCHIVOS  
LATINOAMERICANOS  
DE  
**NUTRICION**



CONTINUACION DE  
ARCHIVOS VENEZOLANOS DE NUTRICION



ORGANO OFICIAL DE LA SOCIEDAD  
LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXXI

JUNIO, 1982

No. 2

*Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)* es editado como órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), para la divulgación de conocimientos en el campo de la alimentación y de la nutrición, principalmente en el Hemisferio Americano. En sus páginas se acogen manuscritos en español, inglés, portugués y francés, tanto de miembros como de aquéllos que no sean miembros de la Sociedad, y de cualquiera de las siguientes categorías: 1. Trabajos generales (revisiones científicas críticas); 2. Trabajos de investigación (originales); 3. Trabajos de nutrición aplicada (resultados analíticos de programas de intervención y discusión de recomendaciones de aplicación práctica), y 4. Cartas al Editor (comentarios cortos de interés general o relacionados con resultados o conceptos científicos publicados previamente en *Archivos*).

El precio de la suscripción es de US\$ 40.00 (4 números), incluyendo gastos de correo.

*Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)* is the official publication of the Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), for the dissemination of knowledge in the fields of food and nutrition, principally throughout the American Hemisphere. Articles in Spanish, English, Portuguese and French are accepted, both from the Society members and from nonmembers, in the following categories: 1. General articles (critical scientific reviews); 2. Research articles (originals); 3. Papers in applied nutrition (analytical results from intervention programs and discussion of recommendations of practical application), and 4. Letters to the Editor (short comments of general interest or about scientific facts and concepts previously published in *Archivos*).

The subscription is US\$ 40.00 per yearly volume (4 issues), including mailing costs.

**Dirección: Archivos Latinoamericanos de Nutrición**

**INCAP  
Apartado Postal 1188  
Guatemala, Guatemala, C. A.**

**Colabore con su Revista, divulgándola y enviando  
sus artículos para su publicación**

**Arch. Latinoamer. Nutr.**

**ALAN-VE ISSN 0004-0622**

Se autoriza la reproducción del material publicado en esta revista a condición de que se cite su procedencia y se envíen ejemplares de las publicaciones que contengan textos reproducidos a la Oficina Editorial de Archivos Latinoamericanos de Nutrición.





# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

---

---

VOL. XXXII

JUNIO, 1982

No. 2

---

---

## CONTENIDO

	Pág.
EDITORIAL .....	209
<b>SIMPOSIO SOBRE EL PROBLEMA DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i>)</b>	
Introducción: — <i>Ricardo Bressani</i> .....	213
Producción de frijol en Centroamérica, Panamá y el Caribe durante la década de 1970-1980. — <i>Guillermo E. Gálvez</i> .....	217
Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. — <i>Luiz G. Elias</i> .....	233
Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. — <i>Elvira González de Mejía</i> .....	258
Problemas en el almacenamiento y mercadeo del frijol en Centroamérica y el Caribe. — <i>Yolanda Castillo de Arévalo</i> .....	275
El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol. — <i>Ricardo Bressani</i> .....	308
Estudios realizados por el CIGRAS sobre el endurecimiento del frijol. — <i>Miguel A. Mora C.</i> .....	326
Efecto del almacenamiento a temperatura y humedad altas sobre algunas características físicas y químicas del frijol. — <i>Wilfredo Moscoso</i> .....	342
Prevención del endurecimiento del frijol y aprovechamiento del grano endurecido. — <i>Mario R. Molina, María Eugenia Rizo, Marco A. Baten y Ricardo Bressani</i> .....	369
Estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) sobre el problema del endurecimiento del frijol. — <i>Robert A. Luse</i> .....	401

## TRABAJOS DE INVESTIGACION

Enriquecimiento de pan con harina de soya. — <i>Enrique Yáñez, Digna Ballester, Marcela Aguayo y Héctor Wulf</i> . . . . .	417
Revisión de los conocimientos actuales acerca de la evaluación del estado nutricional de los elementos minerales. I. Elementos mayores. — <i>María Luz Pita Martín de Portela</i> . . . . .	429
Revisión de los conocimientos actuales acerca de la evaluación del estado nutricional de los elementos minerales. II. Elementos traza. — <i>María Luz Pita Martín de Portela</i> . . . . .	439
Comportamento do cálcio, fósforo e magnésio em ratas submetidas a desnutrição durante varias etapas no período gestacional. — <i>María Eneida Aiello Sartor, Fernando José de Nóbrega, Suzana de Souza Queiroz Tonete, Cleide Enoir Petean Trindade e Paulo Roberto Curi</i> . . . . .	450
CARTAS AL EDITOR . . . . .	463
BIBLIOGRAFIA LATINOAMERICANA . . . . .	471
NUEVOS LIBROS . . . . .	479
OTRAS PUBLICACIONES . . . . .	481
NOTAS . . . . .	483
CONTENIDO DE LA REVISTA TURRIALBA: Volumen 31, No. 4, 1981 . . . . .	487
CONTENIDO DE LA REVISTA INTERCIENCIA: Volumen 7, No. 1, 1982 . . . . .	489
INFORMACION PARA LOS AUTORES . . . . .	497

# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

---

---

VOL. XXXII

JUNE, 1982

No. 2

---

---

## CONTENTS

	Page
EDITORIAL . . . . .	209
SYMPOSIUM ON THE BEAN ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) HARDENING PROBLEM	
Introduction. — <i>Ricardo Bressani</i> . . . . .	213
Bean production in Central America, Panama and the Caribbean during the 1970-1980 decade. — <i>Guillermo E. Gálvez</i> . . . . .	217
Actual knowledge on the bean hardening process. — <i>Luiz G. Elías</i> . . . . .	233
Effect of different storage conditions on the bean hardening development. — <i>Elvira González de Mejía</i> . . . . .	258
Storage and marketing problems of beans in Central America and the Caribbean. — <i>Yolanda Castillo de Arévalo</i> . . . . .	275
The food and nutritional significance of bean hardening. — <i>Ricardo Bressani</i> . . . . .	308
Studies on bean hardening carried out by CIGRAS. — <i>Miguel A. Mora C.</i> . . . . .	326
Effect of storage at high temperature and humidity on some physical and chemical characteristics of bean. — <i>Wilfredo Moscoso</i> . . . . .	342
Prevention of the bean hardening and utilization of the hardened grain. — <i>Mario R. Molina, María Eugenia Rizo, Marco A. Baten and Ricardo Bressani</i> . . . . .	369
Studies on the bean hardening problem carried out by the International Center of Tropical Agriculture (CIAT) — <i>Robert A. Luse</i> . . . . .	401

## RESEARCH PAPERS

Bread enrichment with soy flour. — <i>Enrique Yáñez, Digna Ballester, Marcela Aguayo and Hector Wulf</i> . . . . .	417
Review of present knowledge on the evaluation of nutritional status with regard to mineral elements. I. Major elements. — <i>María Luz Pita Martín de Portela</i> . . . . .	429
Review of present knowledge on the evaluation of nutritional status with regard to mineral elements. II. Trace elements. — <i>María Luz Pita Martín de Portela</i> . . . . .	439
Calcium, phosphorus and magnesium metabolism in rats submitted to protein-calorie deprivation in different gestational periods.— <i>María Eneida Aiello Sartor, Fernando José de Nóbrega, Suzana de Souza Queiroz Tonete, Cleide Enoir Petean Trinidad and Paulo Roberto Curi</i> . . . . .	450
LETTER TO THE EDITOR . . . . .	463
LATIN AMERICAN BIBLIOGRAPHY . . . . .	471
NEW BOOKS . . . . .	479
OTHER PUBLICATIONS . . . . .	481
NOTES . . . . .	483
CONTENTS OF THE JOURNAL TURRIALBA: Volume 31, No. 4, 1981 . . . . .	487
CONTENTS OF THE JOURNAL INTERCIENCIA: Volume 7, No. 1, 1982 . . . . .	489
INSTRUCTIONS TO AUTHORS . . . . .	497

## EDITORIAL

### REFLEXIONES SOBRE LA REVISTA

*Es un hecho más que conocido por los lectores de Archivos Latinoamericanos de Nutrición, que la Revista constituye el medio que tanto los miembros de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), como otros profesionales interesados, utilizan para dar a conocer y difundir los resultados de las investigaciones en que están empeñados. Siendo el órgano oficial de la Sociedad, es obvio que ésta debe velar por su constante superación, tanto en su contenido (el cual debe tener la debida solidez) como en lo que a su presentación concierne (imprimiéndole un sello de atractivo) y, por supuesto, en lo que a su estabilidad económica se refiere.*

*En cuanto a nosotros, realmente nos agradecería muchísimo que los miembros de la Sociedad así como los lectores en general enviasen sus opiniones al Editor General en cuanto a los aspectos señalados, a fin de que éstas sirvan de pauta para el mantenimiento y superación de Archivos.*

*Como recordarán, recientemente se cambió el color de la portada del azul que la caracterizara en el pasado, a una combinación de azul y sepia que consideramos le imparte mayor atractivo. Desafortunadamente, no hemos recibido comentario alguno a este particular. En cuanto a su contenido, en todo momento se ha tratado de darle la debida representación geográfica a los autores de todos los países. No siempre se ha logrado ese objetivo por di-*

*versas razones como lo son la contribución de artículos por país, el tiempo que tardan los Revisores en transmitir sus comentarios a estas Oficinas, y el tiempo que el propio autor se toma para revisar su aporte científico.*

*No obstante, se ha adelantado en algunos de estos aspectos, y hoy día puede afirmarse que existe un Cuerpo Editorial cuya colaboración formal y eficaz ha sido más que bienvenida. Más que justo es expresarles aquí nuestro sincero agradecimiento.*

*Necesitamos un mayor número de contribuciones ya que éstas disminuyeron en el transcurso del último año calendario, cuestión que de hecho nos preocupa. Ciertamente no quisiéramos que ello se debiera al retraso que ocurre entre el recibo de un artículo y la fecha de su publicación, puesto que lamentablemente, esa demora no depende de la Revista sino de la serie de factores a que se ha aludido, amén de las distancias y deficiencias en los sistemas de correo.*

*Una vez más debemos, pues, solicitar el valioso aporte de los miembros de la Sociedad y de otros profesionales, estén asociados o no a la SLAN. Continuamos firmemente convencidos que la contribución científica de América Latina en el área de la nutrición, de la ciencia y tecnología de alimentos, y disciplinas afines, debe mantenerse fuerte y en un flujo continuo, ser de aceptación internacional, y ser respetada y reconocida a nivel mundial. Creemos que nuestros científicos pueden y deben colaborar en este aspecto, ya que es responsabilidad de todos nosotros que formamos el conglomerado latinoamericano.*

*Con el propósito de impartirle mayor dinamismo a la Revista, cubrir una dimensión más y evitar que las investigaciones que llevan a cabo en la Región tanto los miembros de la Sociedad como otros autores, se pierda y quede relegada en los archivos, este año de 1982 hemos iniciado la publicación de una serie de simposios. Además de ser informativos, los juzgamos de sumo valor para todos los que se interesan en las ciencias de la nutrición y de los alimentos. Hemos adoptado esta decisión y nos agradecería recibir sus comentarios a fin de que todos juntos hagamos de Archivos Latinoamericanos de Nutrición, una revista mejor de lo que actualmente es.*

*Por último, debemos mencionarlo porque la situación lo amerita: las bases económicas de la Revista dejan mucho que desear. Se han hecho y se continúan haciendo grandes esfuerzos por salir adelante, pero la situación económica mundial que en la actualidad impera también está afectando a ALAN.*

*Creemos que la solución a este problema podremos lograrla haciendo un esfuerzo conjunto, porque la Revista es de todos Uds., los lectores, y nadie hará por nosotros lo que nos corresponde hacer a nosotros mismos en pro de nuestro renombre y a favor de la superación de nuestros pueblos.*

*Ricardo Bressani  
Editor General*



**SIMPOSIO**

**SOBRE EL PROBLEMA  
DE ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL**

*(Phaseolus vulgaris)*

**Celebrado durante la XXVII Reunión Anual del Programa  
Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos  
Alimenticios (PCCMCA), que se llevó a cabo en Santo Domingo,  
República Dominicana, del 23 al 27 de marzo de 1981**



## INTRODUCCION

*Ricardo Bressani*<sup>1</sup>

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
Guatemala, Guatemala, C. A.

En América Latina, las leguminosas de grano, en particular el frijol, han sido consideradas como alimentos de gran valor para el mejoramiento de dietas elaboradas a base de cereales, ya que entre estos últimos y las leguminosas existe complementación nutricional. Asimismo, la investigación en este importante rubro ha demostrado que, de hecho, las dietas en las que los elementos básicos son el maíz o arroz y el frijol, son de gran valor nutritivo. Existe un problema, sin embargo, y éste estriba en que —debido a la poca disponibilidad y alto costo del frijol, factores que se agravan cuando la calidad organoléptica y de cocción de dicha leguminosa es mala— su consumo es reducido.

Esta situación, o sea el hecho de que el frijol requiere un tiempo prolongado de cocción, lo cual ejerce efectos **detrimentales** en su aceptabilidad, no es sino el resultado de un almacenamiento **ineficiente**. Esto causa que el grano se haga resistente a la cocción, y ello puede llegar al punto de un **oscurecimiento del cotiledón** y

---

<sup>1</sup> Jefe, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

la oxidación de los aceites del grano, lo cual se traduce en un sabor poco agradable al paladar. Es evidente, por lo tanto, que las pérdidas de frijol que se suscitan por estas causas son de considerable magnitud en términos de costo, así como de cantidad disponible. Por consiguiente, este tema ha despertado gran interés en solucionar el problema que, relativamente, es un tanto complejo.

Conscientes de la necesidad de abordar este problema desde todos sus ángulos, y con miras a buscarle una solución adecuada y factible, se organizó el Simposio cuyas memorias se publican en este número de *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. El Simposio, cabe agregar, fue financiado por el Programa Mundial Contra el Hambre, de la Universidad de las Naciones Unidas, dentro de las actividades que el Programa realiza en el campo de la tecnología postcosecha. Además, su publicación ha sido posible gracias a la UNU, entidad que también tuvo a bien proporcionar los fondos requeridos para tal propósito.

El Simposio se llevó a cabo como parte de las actividades desarrolladas en la XXVII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA) que se celebró en Santo Domingo, República Dominicana, en marzo de 1981.

La Reunión en referencia se desarrolla anualmente con el sector agrícola de los Ministerios de Agricultura de los países centroamericanos y del Caribe. Ello favorece, indudablemente, la efectiva interacción entre nutricionistas, tecnólogos de alimentos e ingenieros agrónomos.

A nuestro juicio, el Simposio fue de resultados francamente positivos, y es nuestra esperanza que todos los interesados en este campo de acción vean publicadas, con la consiguiente satisfacción, las Memorias de ese significativo evento. Confiamos, a la vez, que los nueve trabajos resultantes del mismo, aporten nuevos conocimientos y puedan ser aprovechados al máximo por todos aquéllos que se interesan en el mejoramiento de la nutrición latinoamericana.

# I. PRODUCCION DE FRIJOL EN CENTROAMERICA, PANAMA Y EL CARIBE DURANTE LA DECADA DE 1970-1980

*Guillermo E. Gálvez-E.*<sup>1</sup>

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Bogotá,  
Colombia, e Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas  
(IICA), San José, Costa Rica

## INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye un alimento básico en la dieta de América Latina, particularmente de los centroamericanos, y es una de las fuentes más baratas de proteína (1). Su productividad, sin embargo, es muy baja, dada la marginalidad de su cultivo a consecuencia de su alto riesgo y baja rentabilidad. Por lo tanto, todos los países del área importan frijol a fin de satisfacer sus necesidades de consumo.

El frijol es una planta severamente atacada por muchas enfermedades y plagas; además, constituye un cultivo difícil de mejorar por las preferencias de las personas en cuanto a forma, tamaño y color de grano. En referencia a este último, en los países centroamericanos la población prefiere los frijoles negros y rojos, y de apariencia opaca; en cuanto a tamaño y forma, se inclinan por aquellos pequeños y ovalados, respectivamente. Se dice que los frijoles brillantes tardan más en cocerse (2).

---

1 Coordinador Regional del Programa de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) para Centroamérica y el Caribe, CIAT/IICA, Apartado 55, 2200 Coronado, San José, Costa Rica.

Asimismo, en Cuba existe preferencia por los frijoles negros, pequeños ovalados y opacos, mientras que en la República Dominicana y en Haití la gente prefiere los de tamaño grande, arriñonados y de color marrón con estrías amarillas.

Con el propósito de revisar la producción de frijol en la década de 1970 a 1980, tomaremos el caso de cada país. Para el caso, se contó con valiosos colaboradores que ayudaron en la recopilación de los datos, según se indica en la Tabla 1. Durante la década los mayores obstáculos para una mayor productividad y producción a nivel regional han sido la falta de variedades de alto rendimiento; la falta de semilla de buena calidad; las enfermedades e insectos, tanto en el campo como en el almacenaje, y los inadecuados sistemas de irrigación. Ello está íntimamente ligado a programas nacionales de investigación muy débiles en número y calidad (3, 4). No obstante, en los últimos años los Gobiernos del área han hecho esfuerzos muy grandes para mejorar sus programas de investigación de frijol, y dar alta prioridad, dentro de sus planes nacionales, al incremento de la producción de granos básicos a fin de satisfacer las necesidades cada vez más apremiantes de alimentación de sus pueblos.

### *Guatemala*

Es el mayor productor de frijol de la región, con una producción que oscila entre 58,600 y 86,900, con un promedio de 70,910 toneladas (Tabla 2). El frijol se cultiva a una altura de 50 a 1,800 m sobre el nivel del mar, y en su mayoría asociado o intercalado con maíz.

Se cultivan casi exclusivamente variedades de grano color negro, opaco y pequeño. Desde su fundación, el Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola (ICTA), dio al Programa de Frijol una mayor prioridad, y se planificó un equipo multidisciplinario, el cual se ha ido formando desde 1973 con la colaboración del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Las variedades utilizadas en la actualidad son:

- a) Nativas: Criollas trepadoras, Bolonillos, Piloyes piliguas, Rabia de gato, Chichicaste, Pecho amarillo, Cuarenteño y Santa Rosita.
- b) Mejoradas antiguas (antes de la creación del ICTA): Negro Jalpatagua, Turrialba 1, Turrialba 4, San Pedro Pinula, Jampa, Cuilapa 72, Compuesto Chimalteco 2 y Compuesto Chimalteco 3.

TABLA 1

PROFESIONALES QUE COLABORARON EN LA OBTENCION DE  
LOS DATOS PRESENTADOS EN EL PERIODO 1970-1980\*

Colaborador	Institución	País
Dr. Porfirio Masaya	ICTA	Guatemala
Ing. Otto Luis Tercero	SRN	Honduras
Ing. M. Sc. Humberto Tapia	MIDINRA	Nicaragua
Ing. Víctor Rodríguez	CENTA	El Salvador
Ing. Adrián Morales	MAG	Costa Rica
Ing. José Román Arauz	IDIAP	Panamá
Ing. Ramón A. Jiménez	CENDA-SEA	Rep. Dominicana
Ing. Maritza Rosario V.	CESDA-SEA	Rep. Dominicana
Ing. Emmanuel Prophete	SERA-DPT. AGRIC.	Haití
Dra. María Adela Jiménez	MIN. AGRIC.	Cuba

\* El autor les expresa su profunda gratitud por la valiosa colaboración que tuvieron a bien prestarle en esta tarea.

- c) Variedades actuales: ICTA-Culma (Porrillo 1), ICTA-Suchitán (ICA-Pijao), ICTA-Quetzal, ICTA-Jutiapán, ICTA-Tamalapa, e ICTA-San Martín.

El promedio de rendimiento de 330 kg/ha, registrado durante la década de 1965-1975, fue el más bajo de la región, con un costo de producción de EUA \$176.00/ha. La mayoría de la producción, un 70<sup>o</sup>/o, es consumida por el propio agricultor y el resto se vende en los mercados locales.

El Gobierno, a través del Instituto Nacional de Comercialización Agrícola (INDECA), ofrece precios de garantía al agricultor (Tabla 3) aun cuando durante muchos años el productor ha recibido precios promedio más altos, por ejemplo, en 1977 \$20.03/qq; en 1978, \$27.19/qq, y en 1979, \$25.18/qq. Para suplir las necesidades, el Gobierno ha venido importando cada año cantidades que oscilan entre 1,500 (1970-1974) y 9,000 toneladas (1975-1979) para suplir una demanda que aparentemente ha subido de 65,000 ton en 1975, a 90,000 ton en 1979.

Sin embargo, es interesante observar en la Tabla 3 que se empiezan a notar ya los efectos de una mejor tecnología, traducida

TABLA 2

AREA COSECHADA, PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DEL  
FRIJOL DURANTE LA DECADA 1970-1980 EN GUATEMALA

Años	Hectáreas	Ton métrica	kg/ha
1970	150,700	64,700	429.4
1971	176,900	65,300	369.3
1972	197,500	58,600	296.5
1973	113,400	72,800	642.0
1974	90,900	77,500	852.6
1975	158,100	86,900	549.5
1976	133,100	78,100	586.9
1977	85,600	61,600	719.7
1978	95,800	80,500	849.5
1979	67,700	63,100	932.5
$\bar{x}$	126,870	70,910	622.8 — 727.6

Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) —  
Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA).

en la adopción de mejores variedades como la ICTA-Culma y más que todo, la ICTA-Suchitán, así como la aplicación de mejores prácticas culturales. En efecto, la productividad ha ascendido constantemente en los últimos años hasta alcanzar en 1979 un promedio de 930 kg/ha.

La falta de semilla de buena calidad y la de variedades tolerantes al Mosaico Dorado del frijol han sido factores limitantes en su producción. La promulgación de una ley referente a semillas y su puesta en marcha por ICTA, sumada a la entrega a los agricultores de variedades superiores por su tolerancia al Mosaico Dorado y una transferencia eficiente de esta tecnología a la inicialmente adoptada, harán que esta productividad aumente aún más. Todo ello influirá decisivamente en un incremento de la producción nacional, y con la posible adición de tierras mecanizables a este cultivo, el país se autoabastecerá en un futuro cercano.

TABLA 3

PRECIOS DE GARANTIA DE INDECA, GUATEMALA, AL  
PRODUCTOR, 1971-72 a 1979-80

Area agrícola	Q/qq*
1971 - 72	8.00 <sup>a</sup>
1972 - 73	8.00
1973 - 74	9.00
1974 - 75	11.00
1976 - 77	12.70
1977 - 78	14.20
1978 - 79	18.25
1979 - 80	18.25

<sup>a</sup> Sobre los precios se reconoció pago de transporte a los silos regionales de Q.0.15 y al silo central de Q.0.40.

\* Un quetzal, moneda de Guatemala = Un dólar EUA.

Fuente: Instituto Nacional de Comercialización Agrícola (INDECA), Guatemala.

### Honduras

En este país los frijoles se cultivan en áreas situadas a una altura de 400 a 900 m sobre el nivel del mar, donde la precipitación pluvial varía entre 700 y 1,400 mm. La producción en la década ha oscilado entre 30,000 y 40,000 toneladas, con una productividad de 390 a 590 kg/ha (Tabla 4). El costo de producción es de unos \$120.00 (pesos centroamericanos) por hectárea.

Las variedades cultivadas de grano pequeño, rojo tinto y opacas se han venido desarrollando desde 1965 a través de un proyecto de mejoramiento de la Secretaría de Recursos Naturales o por medio de la Escuela Agrícola Panamericana de Zamorano. Aun cuando estos proyectos no han contado con la continuidad, dinamismo y apoyo necesarios, las variedades por ellos producidas todavía se cultivan como Desarrural, Danlí 46, Zamorano o 27-R. Todas ellas son altamente susceptibles al virus del Mosaico Común, la Roya, y el Anublo Bacterial, así como al ataque de Empoasca.

El poco frijol negro que se cultiva es de Jamapa o Porrillo 70. Recientemente se entregó a los agricultores la primera variedad

TABLA 4

AREA COSECHADA, PRODUCCION Y PRODUCTIDAD DEL FRIJOL  
DE 1970 A 1980 EN HONDURAS

Año	Hectáreas	Ton métricas	kg/ha
1970 - 71	71,635	42,699	596
1971 - 72	71,050	40,103	504
1972 - 73	70,466	37,508	532
1973 - 74	63,075	34,148	550
1974 - 75	62,015	33,299	537
1975 - 76	73,525	32,406	441
1976 - 77	75,111	30,968	412
1977 - 78	76,696	29,529	385
1978 - 79	82,286	41,938	510
1979 - 80	73,845	35,404	479
$\bar{x}$	71,870	35,800	495

Fuente: Anuario Estadístico y Dirección General de Estadística y Censos.

roja resistente al Mosaico Común y la roya, Acacias 4, la cual se encuentra en proceso de multiplicación.

A pesar de que el rendimiento promedio se ha mantenido en unos 500 kg/ha, es de esperar que con la nueva variedad y las futuras variedades que se cultiven, y que serán entregadas por el equipo multidisciplinario de la SRN, con el apoyo de los Programas de Semillas, y de Transferencia de Tecnología, este promedio se eleve a los 1,000 kg/ha. Esto permitirá a Honduras continuar su autoabastecimiento e incrementar sus exportaciones a los países deficientes del área como son El Salvador, Nicaragua y Costa Rica.

#### *El Salvador*

La mayor producción de frijol se efectúa en asociación con maíz. Se consume tanto frijol rojo pequeño (70%) como negro pequeño brillante (30%). Durante la década de los sesenta, el promedio de rendimiento fue de 550 kg/ha y no existía un programa de mejoramiento de frijol. Este promedio se elevó sustancialmente a unos 800 kg/ha, después de la guerra del "fútbol" con

Honduras, cuando el Gobierno dio un fuerte impulso a la producción de granos básicos, particularmente frijol. A pesar de ello, durante la década ha permanecido estático, y la producción ha aumentado en el área de cultivo de 35,000 hasta 55,00 hectáreas (Tabla 5).

TABLA 5

AREA COSECHADA, PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DEL FRIJOL  
DE 1970 a 1980 EN EL SALVADOR

Año	Hectáreas	Ton métricas	kg/ha
1970 - 71	36,120	29,877	828
1971 - 72	39,900	34,500	867
1972 - 73	39,795	27,402	690
1973 - 74	45,108	37,476	828
1974 - 75	51,429	33,681	657
1975 - 76	55,860	39,643	710
1976 - 77	52,878	40,025	756
1977 - 78	52,587	33,743	644
1978 - 79	51,800	42,918	827
1979 - 80	55,090	46,521	841
$\bar{x}$	48,057	36,579	765

Fuente: Anuario de Estadísticas Agropecuarias, Dirección General de Estadísticas Agropecuarias (DGEA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Las variedades más usadas son las negras: Porrillo 70 y Japapa, y rojas, 27-R y Rojo de seda. En cuanto a variedades trepadoras, las más comúnmente cultivadas son el Nahuizalco rojo y Nahuizalco negro.

Usualmente el agricultor conserva un 20% de la cosecha para su propio consumo y el resto lo vende. Por lo general, El Salvador importa frijol para complementar sus requerimientos.

Los mayores problemas que se enfrenta en su producción son las enfermedades y los insectos. Parece ser que ahí se han concentrado todos los virus, hongos y bacterias que atacan el frijol,

así como los insectos crisomélidos, Empoasca y Apion.

El relativo alto rendimiento se debe a que, en general, el agricultor utiliza buenas prácticas agronómicas de cultivo, aun cuando la productividad todavía puede elevarse más mediante el cultivo de variedades más resistentes a las enfermedades limitantes como son el Mosaico Común, Mosaico Dorado, Mustia, Antracnosis y Añublo Bacterial, así como la Empoasca y el Apion; lo mismo aplica a un programa eficiente y dinámico de semillas.

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA) ha formado un buen equipo multidisciplinario de investigadores que una vez orientado y con el debido apoyo logrará incrementar la productividad en el futuro. Asimismo, con un programa de semillas e incentivos propios al agricultor, se podrá elevar la producción a los niveles requeridos para alimentar su ya alta población.

### *Nicaragua*

La mayoría del frijol hasta 1980 se cultivaba en Nicaragua en pequeñas fincas de 3 a 5 has, usualmente asociado con maíz. En 1976 se cultivaron 69,740 has a un costo de \$200.00/ha; en 1978, 69,965 has y una producción de 54,018 ton; y en 1979, debido a la guerra, la producción fue casi nula y no se tienen estadísticas disponibles.

Se utiliza un gran número de variedades rojas, tamaño pequeño, opaco o brillantes, todas ellas susceptibles a las principales enfermedades limitantes como Mosaico Común, Roya y Antracnosis. Las más conocidas son: Tico rojo, Orgullosa, Rojo Menudo, Gualiceño, Chontaleño, Rojo Chingo y Honduras 46 (Danli 46).

Se cultiva en pocas cantidades frijoles de otros colores como Cuarenteño, Cuarenteño blanco, Café mono, Bayo, Barreño, Bayo blanco, Café Barro, Dulce y Pando.

Los mayores problemas en la producción lo constituyen la falta de variedades superiores, semilla de calidad, cultivo en tierras marginales, y enfermedades e insectos, tanto en el campo como en almacenaje. Sin embargo, los cambios políticos de los últimos años parecen indicar que conducirían hacia un mayor impulso en la producción de granos básicos, y ya se han dado los primeros pasos en este sentido, impulsando el cultivo de variedades superiores como Revolución 79 (CIAT-BAT 41), en áreas mecanizables y con semilla de alta calidad. Esto permitirá, sin duda, un cambio en cuanto a productividad y producción en la próxima década.

### *Costa Rica*

El frijol se cultiva en este país, principalmente en la Meseta Central, Pérez Zeledón y Upala. La precipitación pluvial es excesivamente alta, oscilando entre 2,200 y 3,320 mm. La producción promedio en 1960-1977 fue de 11,050 ton en un área de 41,300 con una productividad promedio de 335.2 kg/ha (5). La mayoría se cultiva en forma de monocultivo, casi un 90% en pequeñas fincas, y con una tecnología muy deficiente. No obstante, se han hecho esfuerzos en los últimos años para mejorar las prácticas culturales así como las variedades y la calidad de la semilla. El costo de producción es de unos \$120.00/ha.

Las variedades utilizadas son: De color negro: México 27, Pacuaral, Pavamor, San Fernando, Turrialba 4 y Jamapa. De color rojo: México 80, México 81 y Rojo de seda.

Recientemente, el Programa Cooperativo de Frijol del Ministerio de Agricultura, Universidad de Costa Rica, Consejo Nacional de la Producción y la Oficina Nacional de Semillas, ha entregado a los agricultores variedades de calidad superior como Talamanca, Porriillo Sintético e ICA-Pijao entre las negras, y México 80, Revolución 79 y Acacias 4, entre las rojas.

Debido al esfuerzo del Gobierno en el sentido de incentivar el cultivo así como gracias al uso de variedades superiores o el uso de semilla de mejor calidad, la productividad ha subido a unos 550 kg/ha, la que se espera se incremente aún más en la década de 1980. El área cultivada, la producción y la productividad en 1977 fueron de: 24,192 has, 14,010 ton y 580 kg/ha; en 1978: 22,246 has, 12,574 ton y 560 kg/ha; y en 1979: 24,700 has, 14,000 ton y 560 kg/ha, respectivamente (Tabla 6).

De acuerdo con esta producción y el consumo nacional, el país importa alrededor de 6,000 ton por año.

Los factores limitantes se resumen en la escasa aplicación de tecnología, variedades muy susceptibles a enfermedades como Mosaico Común, Roya, Antracnosis, Mancha Angular, Anublo Bacterial, etc., semilla de mala calidad, y una alta precipitación pluvial.

### *Panamá*

El frijol se cultiva casi exclusivamente en la Provincia de Chiriquí, en la región de Caisán, con una elevación de 700 a 800 m sobre el nivel del mar, y una precipitación pluvial de 2,500 mm. Debido a enfermedades fungosas, especialmente la Mustia, su cul-

TABLA 6

AREAS SEMBRADAS, PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DEL  
FRIJOL EN LOS AÑOS DE 1970 a 1980 EN COSTA RICA

Año	Hectáreas	Ton métricas	kg/ha
1970 -71	33,944	8,669	250
1971 -72	22,770	10,308	450
1972 -73	7,528	5,230	690
1973 -74	7,213	4,792	660
1974 -75	35,520	13,902	390
1975 -76	35,525	16,212	450
1976 -77	27,571	14,070	510
1977 -78	24,192	14,010	580
1978 -79	22,246	12,574	560
$\bar{x}$	21,651	9,977	454

Fuente: Departamento de Producción Agrícola del Ministerio de Desarrollo Agropecuario.

tivo estuvo muy limitado hasta el año 1974-1975 cuando se le dio un fuerte impulso. Se iniciaron entonces las siembras mecanizadas en el área de Caisán, así como el registro estadístico de frijol, ya que las estadísticas anteriores comprendían una mezcla de leguminosas de grano como *Vigna*, *Phaseolus*, *Vicia*, *Lens*, etc.

El área de siembra ha ido aumentándose anualmente, y se espera que ésta se duplique en unos pocos años para obtener un autoabastecimiento (Tabla 7). En la actualidad se producen unas 500 ton y se importan alrededor de 2,000 ton. El costo de producción es de unos \$350.00/ha.

Las variedades de uso actual son Chileno, Rosado y Mantequilla. Se espera que con la introducción de variedades superiores, resistentes a Mustia, Mancha Angular y Mosaico Común, con semilla de alta calidad y más que todo con un mejor control de malezas, el factor limitante por excelencia, y otras prácticas culturales, se pueda duplicar la productividad actual. Aun cuando las áreas ecológicamente propicias para el cultivo son escasas, sí es posible la utilización de unas 3,000 has, suficientes para satisfacer las necesidades de consumo nacional.

TABLA 7

AREA SEMBRADA, PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DEL  
FRIJOL EN LOS AÑOS 1970 - 1980 EN PANAMA

Año	Hectáreas	Ton métricas	kg/ha
1970 - 71	—	—	—
1971 - 72	—	—	—
1972 - 73	—	—	—
1973 - 74	—	—	—
1974 - 75	200	100	363
1975 - 76	1,000	300	317
1976 - 77	800	400	453
1977 - 78	1,200	500	385
1978 - 79	900	500	630
1979 - 80	1,100	500	485
$\bar{x}$	867	383	439

Fuente: Departamento de Producción Agrícola del Ministerio de Desarrollo Agropecuario.

### *República Dominicana*

Se cultivan en la República Dominicana unas 52,000 hectáreas con frijol rojo moteado, de tamaño grande, con una producción de 38,400 ton y una productividad promedio de 740 kg/ha. De frijol negro se producen cerca de 12,000 ton en 15,000 has con un promedio de 780 kg/ha. El frijol rojo moteado se consume localmente en su totalidad, y del negro sólo 25%; el resto se exporta, principalmente a Venezuela. El costo de producción asciende a unos \$160.00/ha. El rojo moteado se produce en su mayoría en pequeñas fincas, mientras que el de frijol negro se hace en fincas grandes, mecanizado en su mayor parte.

Los factores limitantes más notorios son las enfermedades del Mosaico Común, el Mosaico Dorado, la Roya, Antracnosis y el Añublo Bacterial, así como el uso de variedades de baja productividad y semilla de pobre calidad, más que todo en lo referente a sanidad.

Las variedades rojas más cultivadas son: Pompadour checa,

TABLA 8

**AREA SEMBRADA, PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DEL FRIJOL ROJO MOTEADO Y NEGRO EN LOS AÑOS DE 1977 a 1980 EN LA REPUBLICA DOMINICANA**

Especie	Año	Hectáreas	Ton métricas	kg/ha
Frijol rojo	1977-78	42,462	34,730	828
Frijol negro	1977-78	6,204	3,634	598
Frijol rojo	1978-79	57,050	38,364	672
Frijol negro	1978-79	12,842	12,024	938
Frijol rojo	1979-80	50,961	33,948	667
Frijol negro	1979-80	14,112	10,350	736
Rojos $\bar{x}$		50,158	35,681	722
Negros $\bar{x}$		11,053	8,669	757

Fuente: Secretaría de Estado de Agricultura — CENDA y CESDA.

Pompador Mocana, José Beta y Constanza I. En cuanto a las negras, se utiliza Venezuela 44 y Jamapa.

La falta de un programa de frijol coordinado a nivel nacional ha limitado un rápido progreso en la generación y utilización de mejor tecnología. Sin embargo, los esfuerzos en pro de un trabajo integrado permitirán en el futuro la entrega de variedades tanto rojas moteadas como negras, superiores a las actuales, y la producción de verdadera semilla certificada. La semilla actual, que constituye un 52% de las necesidades nacionales de semilla de frijol rojo moteado (1,885 ton), es una "semilla" de mejor calidad que la que podrían producir los mismos agricultores, pero todavía deja mucho que desear en lo que a calidad y sanidad se refiere. Las condiciones ecológicas de las áreas donde se cultiva el frijol son buenas; la productividad podrá duplicarse en la próxima década aplicando una tecnología apropiada y generada en un esfuerzo conjunto por CENDA y CESDA, instituciones ambas de la División de Investigaciones Agropecuarias de la Secretaría de Estado de Agricultura.

### *Haití*

El frijol se produce en tierras marginadas, por pequeños agri-

cultores, y no existe una producción estatal o comercial de semilla. Las variedades son principalmente mezclas de poblaciones locales. Las más comunes son: Manzé Joute, la Manière, In-Rabel, de grano grande, color rojo o rojo moteado. Se importa mucho frijol californiano tipo Pinto. La producción en el año 1978 fue de 45,637 ton en un área de 101,415 has con un rendimiento promedio de 580 kg/ha. Usualmente se cultiva en forma de monocultivo un 48<sup>o</sup>/o (42,871 ha), y asociado, un 52<sup>o</sup>/o (46,807 ha) obteniéndose un rendimiento de 750 kg/ha en monocultivo y de 430 kg/ha en asociación con maíz, caupí o batatas (Tabla 9).

Los factores limitantes de mayor importancia son la falta de variedades apropiadas con resistencia al Mosaico Común, Mosaico Dorado, Roya, Antracnosis y Añublo Bacterial y tolerancia al Emposca, así como la falta de un programa adecuado de semillas.

TABLA 9

AREA SEMBRADA, PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD DEL FRIJOL  
EN LOS AÑOS 1978 Y 1979 EN HAITI

Area	Hectáreas		Ton métricas		kg/ha	
	1978	1979	1978	1979	1978	1979
Ouest	19,110	28,599	8,600	16,148	450	560
Nord	5,651	11,257	2,543	5,989	450	530
Nord'Est	6,090	4,871	2,741	5,587	450	1,150
Nord'Ouest	7,882	9,145	3,547	6,310	450	690
Sud	12,040	12,465	5,418	5,927	450	470
Sud'Est	10,836	5,285	4,876	2,858	450	540
Grand'Anse	11,614	5,645	5,226	3,142	450	550
Centre	10,429	4,983	4,693	2,469	450	500
Artibonite	17,763	7,335	7,993	3,966	450	540
Haití	101,415	89,678	45,637	51,879	450	580

Fuente: Service de Statistiques Agricoles — Repport de 1978 et 1979.

### Cuba

El frijol no era un cultivo prioritario dentro de las líneas de producción de alimentos del Gobierno hasta 1980 cuando se le

colocó entre las prioridades para el próximo quinquenio. Las siembras que se efectuaron desde septiembre hasta enero abarcaron en 1979/1980 unas 30,000 has, de las cuales sólo 3,767 se hicieron con una variedad mejorada, ICA-Pijao. Se espera cultivar en años futuros unas 35,000 has en áreas con riego, usando esta variedad u otras superiores que un equipo de investigadores de frijol recientemente formado desarrollará o adoptará próximamente. Se tiene asimismo un grupo técnicamente capacitado en producción. El rendimiento promedio en la Provincia de Matanzas en 1,140.7 has de ICA-Pijao fue de 1,200 kg/ha, habiéndose cosechado algunas áreas que sobrepasaron los 3,000 kg/ha.

Cuba ha sido un importador neto de frijol, y el mayor importador de frijol negro, pequeño y opaco en Latinoamérica. El promedio de consumo en 1973-1975 fue de 117,000 ton, de las cuales se importaron 93,000 ton. Se espera que con el impulso dado a la producción de frijol en el próximo quinquenio, se reducirán sustancialmente estas importaciones y aun se llegará al autoabastecimiento.

#### DISCUSION

Durante la década de los 70, los Gobiernos del área, en general, se preocuparon por consolidar programas de investigación y producción comprensibles y consistentes. Roberts (6), Hernández-Bravo (7) y Pinchinat (8), habían indicado que una de las razones principales de la deficiente productividad en lo referente a este cultivo era la falta de verdaderos programas de investigación.

También durante esta década en 1972, el Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR) responsabilizó al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), de la formación de una red latinoamericana de investigación en frijoles. Esta red se ha ido consolidando con la formación y capacitación de equipos multidisciplinarios de investigadores en los varios países del área, particularmente en Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica y Cuba. Aún más, desde 1977 cuenta con un Coordinador Regional, y otros dos técnicos especialistas en patología y mejoramiento están directamente involucrados con el Programa de Frijol del ICTA en Guatemala.

Esa coordinación ha permitido no sólo un incremento en la utilización de los servicios y materiales generados por el CIAT, sino en el adiestramiento de técnicos a través de cursos intensivos,

de adiestramiento en servicio, de estudios de postgrado con tesis elaboradas en el CIAT, en actividades tales como conferencias, seminarios o talleres, y en la transferencia vertical y horizontal de la tecnología generada en el área.

Dentro de esta red de colaboradores de frijol, esta década se ha caracterizado por la adopción o generación de variedades que actualmente se encuentran en su etapa de multiplicación, dentro de marcos definidos de semillas de buena calidad y sanidad. Guatemala ha adoptado el Porrillo 1 con el nombre de Culma y el de ICA-Pijao como Suchitán, y ha generado con progenies obtenidas tempranamente del CIAT, tres variedades tolerantes al Mosaico Dorado del frijol, el principal factor limitante de la producción en el oriente guatemalteco: ICTA-Quetzal, ICTA-Jutiapán e ICTA-Tamazulapa; Costa Rica ha adoptado Porrillo Sintético e ICA-Pijao y generado la variedad Talamanca (una línea proveniente del Instituto Colombiano Agropecuario a través del CIAT-Línea 10003); Nicaragua ha entregado la línea de CIAT-BAT 41 como Revolución 79; Honduras, la línea de CIAT-FF11 como Acacias 4; Cuba ha adoptado ICA-Pijao y se encuentra en el proceso de multiplicar ICTA-Quetzal e ICTA-Jutiapán, y la República Dominicana está multiplicando ICA-Pijao.

Es interesante observar que el Programa de Investigación de Frijol más dinámico del área, multidisciplinario y con personal suficiente y capacitado es el de Guatemala, lo que ha permitido que la curva de productividad vaya en aumento, y de unos 400 kg/ha en 1970 ahora es de 950 kg/ha, es decir un incremento del 100%. El programa de Costa Rica se ha ido consolidando a través de una red de investigación interinstitucional y, en 1979, por primera vez se produjeron las primeras cantidades de semilla genética, fundación y registrada, lo que permitirá dar un impulso definitivo a la producción del frijol en los años 80. Cuba con ICA-Pijao, y Nicaragua con Revolución 79, están sembrando grandes extensiones mecanizadas, con insumos suficientes y a tiempo, en su mayoría con riego, bajo la dirección de personal capacitado. Esto ha permitido —en extensiones mayores de mil hectáreas— una productividad promedio de 1,800 kg/ha con la variedad negra ICA-Pijao en Cuba, y de 1,500 kg/ha con la variedad roja Revolución 79, en Nicaragua. Honduras se encuentra en la multiplicación de la nueva variedad Acacias 4. En general, se espera, pues, que con la introducción de nuevas variedades, sólidos programas de semillas, políticas estimulativas y buenos incentivos de parte de los Gobiernos —que hagan del frijol un cultivo rentable y competitivo con otros

**productos agrícolas— se logre incrementar la producción y productividad de esta importante leguminosa, componente importante e indispensable de la dieta diaria de estos pueblos y su principal fuente de proteína.**

#### BIBLIOGRAFIA

1. Linares-B., Sonia, Concepción M. de Bosque, L. G. Elías y R. Bressani. Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). I. Características físicas del grano. **Turrialba**, 31: 1-10, 1981.
2. Miranda, M. H. Algunos aspectos relacionados a la introducción de nuevas variedades o especies de leguminosas de grano en Centro América. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, 27: 18-26, 1977.
3. Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America, Cali, Colombia, February 26-March 1, 1973**. D. Wall (Ed.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1975, 388 p. (Series Seminar 2E).
4. Sanders, J. H. & C. Alvarez. **Evaluación de la Producción de Frijol en América Latina Durante la Última Década**. Cali, Colombia, CIAT, 1978, 48 p. (Serie 06SB-1).
5. Salas, W. & J. A. Vásquez. Los granos básicos en 17 años de integración económica centroamericana. El caso de Costa Rica. **Agron. Costarricense**, 3(2): 115-122, 1979.
6. Roberts, L. M. The food legumes; recommendations for expansion and acceleration of research to increase production of certain of these high-protein crops. New York, N. Y., The Rockefeller Foundation, 1970. (Mimeographed report).
7. Hernández-Bravo, G. Potentials and problems of production of dry beans in the lowland tropics. En: **Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America, Cali Colombia, February 26-March 1, 1973**. D. Wall (Ed.). Cali Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1975, p. 144-150 (Series Seminar 2E).
8. Pinchinat, A. M. Report on survey of the food legume situation in Latin America. En: **Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America. Cali, Colombia, February 26-March 1, 1973**. D. Wall (Ed.). Cali Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1975, p. 311-323. (Series Seminar 2E).

## CONOCIMIENTOS ACTUALES SOBRE EL PROCESO DE ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL

*Luiz G. Elías*<sup>1</sup>

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
Guatemala, Guatemala, C. A.

### INTRODUCCION

Una de las características de aceptabilidad más importantes que determinan la "calidad de cocción" de las leguminosas de grano es el tiempo que éste necesita para suavizarse durante el proceso de cocción. Esta característica es reclamada por el consumidor tanto a nivel casero como industrial, debido a las obvias implicaciones que ello tiene desde el punto de vista económico y organoléptico. Decimos 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 uniformidad en las características de la materia prima a usar. Por lo tanto, las diferencias en el tiempo de cocción contribuyen a cierta variabilidad en la calidad del producto procesado (1). Asimismo, hay que agregar el efecto negativo que dicho fenómeno tiene sobre la disponibilidad de este grano básico a la pobla-

---

1 Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

ción, efecto que es más significativo si se recuerda los problemas que los profesionales en agronomía enfrentan para aumentar la producción de su 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, a su vez, son debidos a aspectos de orden genético-agronómico, y el otro que se relaciona 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 concierne principalmente al segundo aspecto, o sea al deterioro de la "calidad de cocción" del frijol después de la cosecha; aún más específicamente, al frijol que se destina a fines alimentarios, y no para semilla (Figura 1). Como se observa en la Figura, trataremos de seguir la ruta indicada al lado izquierdo de la gráfica, la cual se refiere principalmente al problema de dureza debido a almacenamiento inadecuado. Es fácil también visualizar en este diagrama, los principales factores que influyen la textura del grano cocido. Nuestro propósito en esta revisión es 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.

#### PROCESO DE ENDURECIMIENTO

Como mencionamos anteriormente, desde el punto de vista práctico, el fenómeno de endurecimiento del frijol se traduce en un aumento en el tiempo requerido para la suavización del grano durante el proceso de cocción, y en algunos casos en un deterioro de las características organolépticas del producto, tales como olor y sabor. A pesar de que este problema ha sido reconocido desde hace mucho tiempo, los esfuerzos por conocer las causas y el mecanismo de este fenómeno son bastante recientes. Con respecto a las causas o factores que influyen el endurecimiento del frijol, éstos son: la humedad del grano, temperatura, humedad relativa del ambiente y el tiempo de almacenamiento (2-5) (Tabla 1). Si se pudiera establecer una prioridad entre estos factores con respecto al efecto individual que ejerce cada uno de ellos y, con base

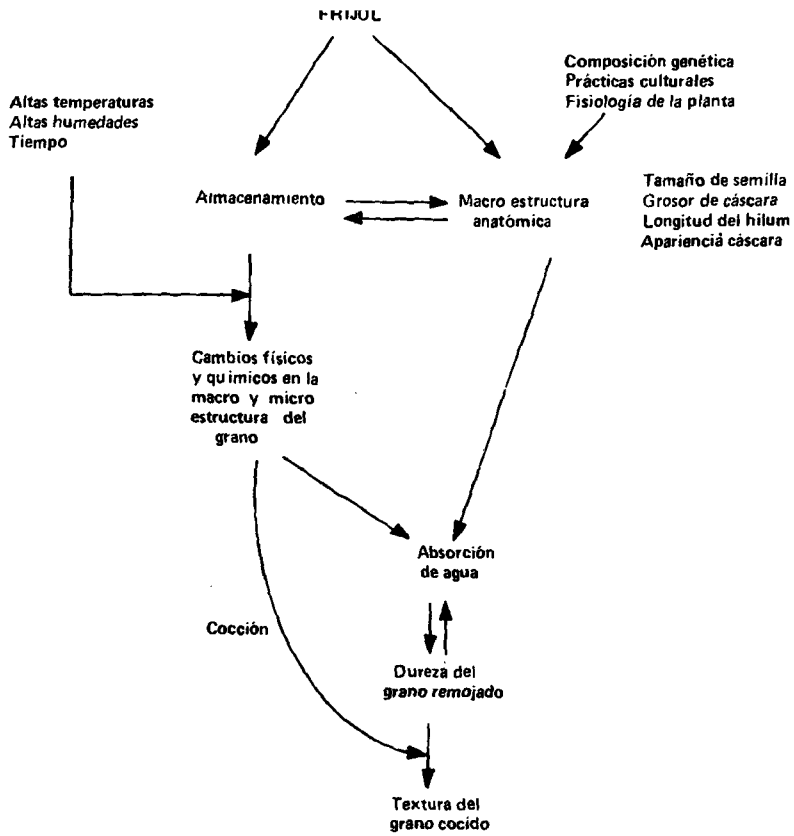


FIGURA 1

Hipótesis sobre el proceso general de endurecimiento del frijol

TABLA 1

**FACTORES QUE INFLUENCIAN LA CALIDAD DEL FRIJOL  
DURANTE EL ALMACENAMIENTO**

---

<b>Humedad de la semilla</b>
<b>Temperatura ambiental</b>
<b>Humedad relativa</b>
<b>Tiempo</b>

---

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 aumento del tiempo 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; en consecuencia, ésta requiere mayor tiempo para suavizarse cuando se somete al proceso de cocción. La lógica en que se basa este razonamiento es 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 subrayar 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 a la facilidad de penetración del agua a través de la testa se refiere y, en segundo lugar, en lo relativo a 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 tal característica física de la semilla con la textura y el tiempo de cocción; retornaremos 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 fisicoquímicos relacionados con el problema, tales como: absorción de agua, dureza de la semilla, y tiempo de cocción, y su influencia en el aumento del tiempo de cocción de las leguminosas.

*Absorción de Agua*

Con respecto a este parámetro, es necesario indicar que existen por lo menos tres posibles factores que inciden en la capacidad

de absorción de agua, como ya señalamos al discutir la Figura 1; una relacionada a la cáscara (testa), otra a los cotiledones, y la tercera que involucra tanto la cáscara como el cotiledón. En cuanto a la cáscara, se ha creado inclusive un término conocido como "frijol de cáscara dura" como una indicación del mayor tiempo de cocción (6, 7). Hasta cierto punto esta hipótesis tiene su atractivo y mérito, ya que la cáscara es la primera barrera que debe enfrentar el agua antes de penetrar en el interior de la semilla (Figura 2), 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 (8), 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 12 horas del período de remojo. Posteriormente, compuestos como el contenido de proteína se tornan importantes en el proceso de hidratación. Otros estudios (9, 10) han demostrado también cierta 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. La Tabla 2 muestra la relación entre algunos factores físicos y químicos asociados al problema de hidratación de la semilla. Estos datos indican una relación entre absorción de agua y tamaño de la semilla (11, 12), el porcentaje de cáscara, y su contenido de proteína y taninos (10). Con respecto a los parámetros químicos, es interesante señalar la relación encontrada con el contenido de taninos, ya que éste está presente casi exclusivamente en la cáscara del grano (13), y esta relación merece especial atención en lo concerniente al problema de endurecimiento del frijol durante el almacenamiento.

### *Dureza*

Independientemente de otros factores que influyen en el proceso de endurecimiento, es necesario considerar hasta qué punto la absorción de agua está relacionada a la dureza y al tiempo de cocción de la semilla. La Tabla 3 resume algunos de los resultados con respecto a la relación existente entre la capacidad de hidratación y la dureza de la semilla. A partir de estos estudios, es posible concluir que definitivamente existe una correlación significativa entre estos dos parámetros, lo que subraya la importancia del proceso de absorción de agua en la textura de la semilla (5, 8, 9, 12).

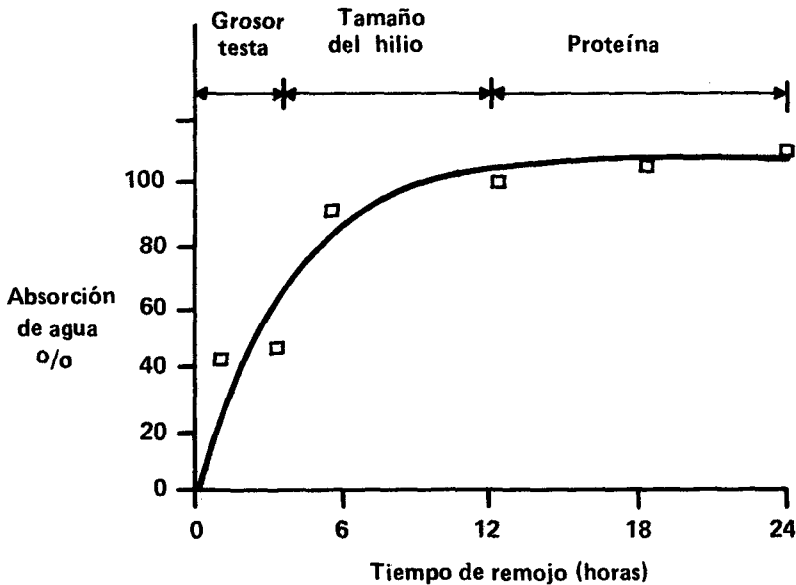


FIGURA 2

Curva de absorción de agua (adaptada de Sefa-Dedeh y Stanley) (20)

Una revisión de la metodología usada 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 (8), se espera que esta última, remojada, esté también relacionada con el tiempo requerido para alcanzar la textura adecuada durante el proceso térmico de cocción (tiempo de cocción). Como se muestra en la Tabla 4, aparentemente esta relación sí existe, aunque no es tan clara como en el caso anterior. Es posible que el efecto del calor que necesita el proceso de cocción catalice otras reacciones que influyeran la textura de la semilla, ya que es de esperar que el proceso de suavización del grano durante la cocción dependa, aunque en menor grado, de otros factores adicionales. Esto se observa claramente en la Tabla 5, donde se nota que la capacidad de absorción de agua por parte de la semilla no siempre está relacionada con el tiempo requerido para

TABLA 2

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

Leguminosa	Tamaño de la semilla	Cáscara o/o	Proteína o/o	Taninos (Catequina) o/o	Referencia
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	+ 0.40 NS			Gómez-Brenes <i>et al.</i> (11)
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	+ 0.55**			Elías y Bressani (12)
Absorción de agua	<i>Phaseolus vulgaris</i>		0.57**		Bustamante (9)
	<i>Phaseolus vulgaris</i>		0.41*		Bustamante (9)
	<i>Phaseolus vulgaris</i>			0.39**	Linares <i>et al.</i> (10)
	<i>Phaseolus vulgaris</i>			-0.33**	Linares <i>et al.</i> (10)

NS: No significativo.

\* Significativo < 0.05.

\*\* Significativo < 0.01.

TABLA 3

CORRELACION ENTRE ABSORCION DE AGUA Y DUREZA  
EN LEGUMINOSAS DE GRANO

Leguminosa	r <sup>a</sup>	P	Referencia
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-0.40	<0.10	De Mejía, Elías y Bressani (5)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-0.97	<0.05	Sefa-Dedeh y Stanley (8)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-0.79	<0.05	Sefa-Dedeh y Stanley (8)
<i>Vigna unguiculata</i>	-0.91	<0.05	Sefa-Dedeh y Stanley (8)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-0.40	<0.01	Bustamante, A. (9)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-0.25	NS <sup>b</sup>	Elías y Bressani (12)

<sup>a</sup> Coeficiente de correlación.

<sup>b</sup> No significativo.

TABLA 4

CORRELACION ENTRE DUREZA Y TIEMPO DE COCCION EN  
LEGUMINOSAS DE GRANO

Leguminosa	r	P	Referencia
<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.33	NS <sup>a</sup>	Gómez-Brenes <i>et al.</i> (11)
<i>Vigna unguiculata</i>	0.85	<0.05	Sefa-Dedeh, Stanley y Voisey (29)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.41	<0.05	De Mejía, Elías y Bressani (5)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-0.39	<0.01	Linares <i>et al.</i> (10)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-0.18	NS <sup>a</sup>	Elías y Bressani (12)

<sup>a</sup> No significativo.

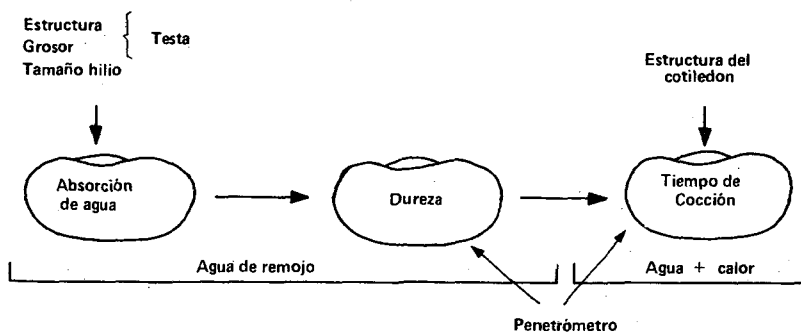
suavizar el grano durante el proceso de cocción. Como se trata de indicar en la Figura 3, este proceso de suavización (cocción) estaría entonces más relacionado a cambios adicionales en la micro estructura del cotiledón, provocado inicialmente por la presencia del agua durante el período de remojo y, posteriormente, por el efecto adicional del calor usado durante la etapa de cocción. Como mencionáramos antes, con respecto a la característica física de "absorción de agua", es necesario interpretar esta medida adecua-

TABLA 5

## CORRELACION ENTRE ABSORCION DE AGUA Y TIEMPO DE COCCION EN LEGUMINOSAS DE GRANO

Leguminosa	r	P	Referencia
<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.55	<0.01	Elías y Bressani (12)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.04	NS <sup>a</sup>	Linares <i>et al.</i> (10)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.30	NS	De Mejía, Elías y Bressani (5)
<i>Vigna unguiculata</i>	-0.98	<0.05	Sefa-Dedeh, Stanley y Voisey (29)

<sup>a</sup> No significativo.

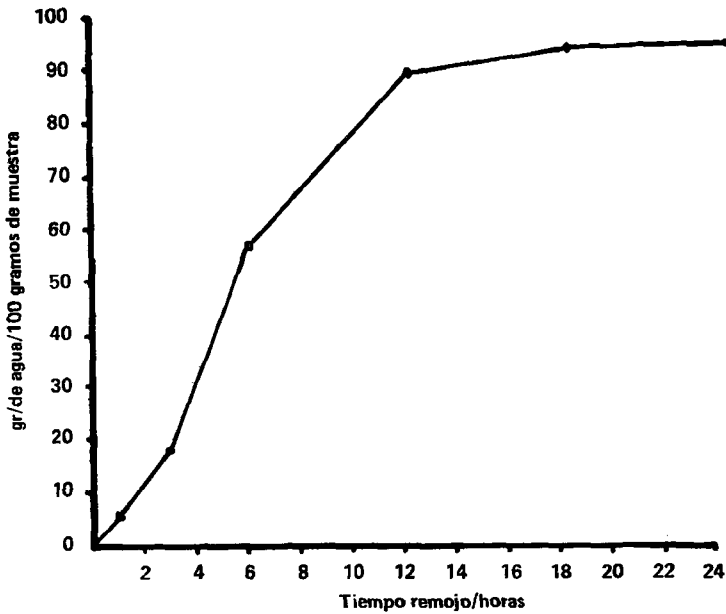


Incap 81-171

FIGURA 3

Factores que influyen la textura de las leguminosas

damente en lo referente a la distribución del agua absorbida por la semilla. Es posible que en el caso de la semilla recién cosechada la capacidad de hidratación refleje no sólo 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<sub>2</sub>O para el frijol común (Figura 4) mostrando gran similitud con el patrón general de hidratación comentado anteriormente. Sin embargo, es posible que en el caso de la semilla almacenada por



Incap 81-176

FIGURA 4

Absorción de agua en frijol común (*Phaseolus vulgaris*) recién cosechado

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 (Figura 5). No obstante, un examen más detallado (Figura 6) 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 tanto, la semilla recién cosechada mostró una distribución uniforme del agua absorbida, revelando así un mayor poder de hinchamiento. Por lo tanto, es posible y explicable que en estos casos no se encuentre relación entre absorción de agua y textura y/o tiempo de cocción. De hecho, algunos investigadores (2) han informado falta de correlación entre la absorción de agua y el tiempo de cocción.

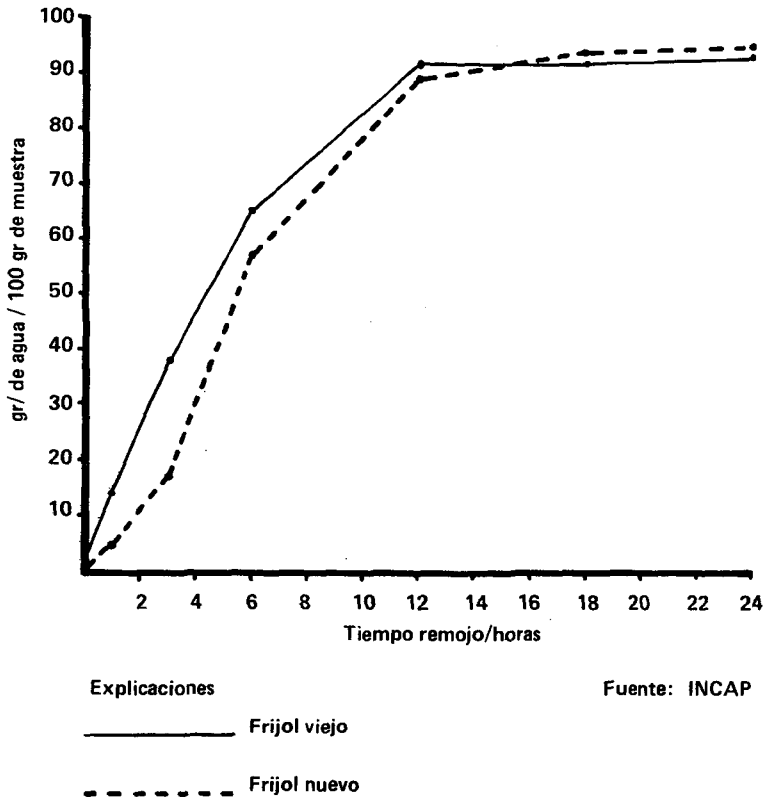


FIGURA 5

Gráfica de absorción de agua en frijol, expresada en gramos de agua absorbida por 100 gramos de muestra contra tiempo de exposición

Así, es necesario establecer aquellos parámetros de utilidad para resolver el problema de dureza inherente a la semilla y aquél que se desarrolla durante el almacenamiento. Es posible pensar que en la semilla recién cosechada, la primera fase del proceso de hidratación sea 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.



FIGURA 6

Absorción de agua del frijol almacenado y recién cosechado

#### MECANISMOS DEL PROCESO DE ENDURECIMIENTO

De los factores fisicoquímicos involucrados en la textura de la semilla del frijol, aparentemente la capacidad de hidratación parece ser la más determinante, y esta fase inicial depende principalmente de las características fisicoquímicas y morfológicas de la testa y del tamaño del hilio (Figura 3). Aún más, esta fase inicial representa el mayor aporte al proceso de suavización de la semilla durante la etapa de remojo. Posteriormente, el calor y el tiempo empleados para el proceso de cocción determinarán 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, esto es, la testa y el cotiledón. No obstante, conviene 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 los cambios físicos, químicos, y estructurales que sufren. Los conocimientos adquiridos

hasta la fecha permiten elaborar varias hipótesis que pueden servir de base para discutir el proceso de endurecimiento del frijol. No es necesario que estas hipótesis sean vistas independientemente, sino más bien en forma interrelacionada, para explicar y comprender este fenómeno.

### *Papel de los Polifenoles*

Los pigmentos que caracterizan los diferentes colores de las semillas de leguminosas están localizados en la testa. Entre éstos, los polifenoles últimamente han sido objeto de varios estudios con el propósito de evaluar su significado desde el punto de vista nutricional (13-17) y tecnológico (18). En este último aspecto, se ha tratado de relacionarlo principalmente con el sabor y la textura de la semilla. Estudios recientes (5) sugieren una posible relación entre el contenido de polifenoles y el proceso de desarrollo de la dureza del frijol durante el almacenamiento. La Tabla 6 muestra resultados parciales de dicho estudio que indican 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 seis meses. Este descenso se acompañó de un incremento de la actividad del polifenol-oxidasas, de la dureza, y del tiempo de cocción del grano. Aún más interesante, el menor contenido de catequina guardó relación directa con las condiciones de almacenamiento que favorecen el desarrollo del proceso de dureza del frijol. Según se aprecia (Figura 7), a mayor humedad del grano y mayor temperatura de almacenamiento, mayor disminución en el contenido de catequina. Aparentemente, el descenso en el contenido de catequina también está directamente relacionada a la actividad de la enzima polifenol-oxidasas 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 que diferentes factores ejercen sobre la textura y el tiempo de cocción a través del tiempo. Los resultados de los análisis de regresión múltiple que se muestran en la Tabla 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 convirtió en la causa más importante; a este tiempo, el contenido de taninos ocupó el segundo lugar para luego ascender al primer lugar a los seis meses de almacenamiento. Estos datos son realmente interesantes, ya que ratifican lo que antes dijéramos acerca

TABLA 6

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

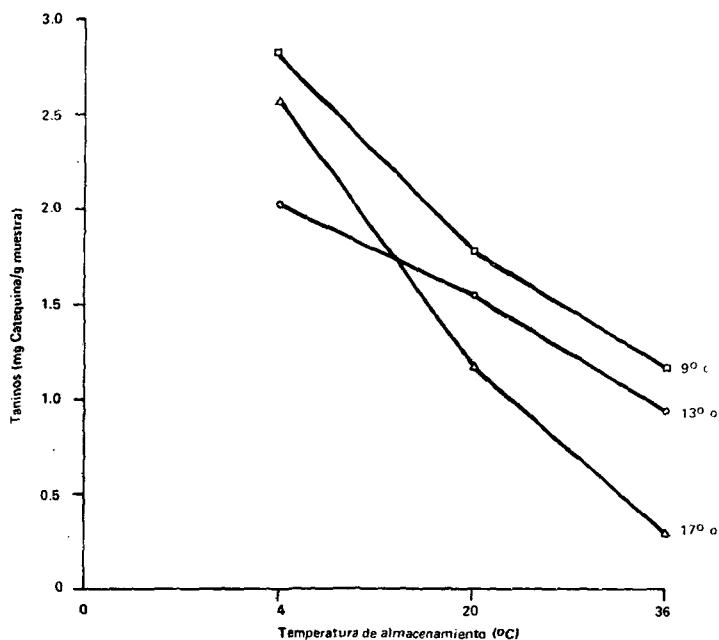
Variables	Estadístico	Significancia
Catequina — Tiempo de almacenamiento	F = 8.05	0.001
Catequina — Dureza	R = 0.32	< 0.05
Catequina — Tiempo de cocción	R = 0.63	0.000
Catequina — Absorción de agua	R = 0.005	NS**
PPO* — Tiempo de almacenamiento	F = 8.56	< 0.001

\* Actividad de la polifenol-oxidasa.

\*\* No significativo.

de la importancia 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; 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. Los resultados en la Tabla 8, indicativos de que el tiempo de cocción estuvo influenciado principalmente por el contenido de catequina a través del almacenamiento, sustentan lo dicho.

Aunque bioquímicamente es fácil suponer y esperar que bajo las condiciones de almacenamiento opere un mecanismo enzimático que explique la disminución de la catequina, no se dispone todavía de una explicación categórica que pueda relacionar este descenso con el desarrollo de la dureza del grano. Con base en lo expuesto, y a la luz de lo que hoy día se sabe sobre este problema, podría suponerse un efecto adverso en la estructura de la testa, ya que ésta contiene la totalidad de los pigmentos. Dicho efecto inmediato se reflejaría en la capacidad de hidratación de la semilla, ya que la cáscara representa la primera barrera para la penetración del agua en la semilla; por lo tanto estaría influenciando el proceso



Incap 79-285

FIGURA 7

**Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el contenido de taninos en frijol negro**

de su suavización durante la etapa de remojo que es la primera fase del método de cocción. De acuerdo a los datos adicionales que se exponen en la Tabla 9, esta relación constituye una posibilidad, principalmente en el caso de las muestras de frijol almacenadas a una temperatura de 36°C, en las que se encontró una correlación significativa entre el contenido de catequina y la absorción de agua por parte de la semilla. Ese efecto en la estructura de la testa podría deberse a la polimerización de los fenoles por acción de la polifenol-oxidasa. En el estudio aquí notificado, sólo se midió el contenido de catequina, pero hay que recordar que otros polifeno-

TABLA 7

REGRESION MULTIPLE ENTRE TIEMPO DE COCCION, DUREZA, TANINOS, PPO\*, PROTEINA Y ABSORCION DE AGUA EN FRIJOL

Variable dependiente= Tiempo de cocción		Tiempo (Betas)		
Independiente	2	4	6	Total
Taninos	.04 (3)	-.16 (2)	-.64 (1)	-.16
PPO	.02 (4)	-.08 (3)	-.06 (4)	.12
Proteína	.28 (2)	.41 (1)	-.48 (2)	.07
Absorción de H <sub>2</sub> O	-.70 (1)	.02 (4)	-.14 (3)	-.20

\* Actividad de polifenol-oxidasa.

TABLA 8

REGRESION MULTIPLE ENTRE TIEMPO DE COCCION, TANINOS, PPO\*, PROTEINA, ABSORCION DE H<sub>2</sub>O Y DUREZA

Variable dependiente= Tiempo de cocción		Tiempo (Betas)		
Independiente	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 <sub>2</sub> O	-0.15 (2)	0.009 (5)	0.09 (4)	
Dureza	-0.02 (5)	-0.30 (3)	0.18 (2)	

\* Actividad de la polifenol-oxidasa.

les son también sustratos de esta enzima y, por lo tanto, 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 atañe a la probable formación de complejos proteínicos con compuestos fenólicos (19). Los estudios a

TABLA 9

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

Variables	r	P
Catequina — Absorción H <sub>2</sub> O*	0.005	NS
Catequina — Absorción H <sub>2</sub> O**	0.71	< 0.05

\* Todas las muestras.

\*\* Muestras almacenadas a 36°C.

este respecto han mostrado un aumento de la fracción de proteína lignificada del cotiledón en granos del frijol negro almacenado a 25°C, mientras que en las muestras almacenadas a 40°C el valor de esta fracción demostró ser 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 40°C. En lo referente a estos resultados, es de interés mencionar que los análisis se efectuaron después de haber sometido el frijol a un proceso de remojo y cocción para medir la dureza del grano. De esta manera, la separación de la cáscara del cotiledón se realizó después del proceso de cocción. Esto permitió la migración de los pigmentos de la cáscara al cotiledón, ya que éstos son solubles en agua, hecho que los autores relacionaron con el color del cotiledón después de la cocción, encontrándose un color más oscuro en aquellos granos de textura más suave, lo que asociaron con una mayor penetración de los pigmentos debido al menor contenido de proteína lignificada. Sin embargo, a la luz de lo que hoy día se sabe, es posible que los polifenoles puedan estar relacionados con la dureza de la semilla y el tiempo de cocción mediante dos mecanismos: el de la polimerización activa, principalmente en la testa, y el de la proteína lignificada en el cotiledón, afectando ambos la capacidad de hidratación de la semilla, el primero, obstaculizando la penetración del agua y el segundo, limitando su capacidad inhibitoria. Conviene, pues, realizar estudios futuros con miras a identificar los fenoles presentes en la testa y medir su estabili-

dad durante el almacenamiento. Esta reducción en el contenido de polifenoles durante el almacenamiento podría también estar relacionada a la pérdida de sabor y de color que acusa el agua de cocción de muestras almacenadas inadecuadamente.

### *Papel de Otras Sustancias*

El proceso de endurecimiento del frijol durante el almacenamiento inadecuado ha sido también atribuido a mecanismos que involucran cambios físicos y químicos de otras sustancias, las cuales pueden 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 8). La pared celular está formada sobre todo de celulosa, embebida en una matriz formada principalmente de hemicelulosa y sustancias pécticas. La lámina media, estructura

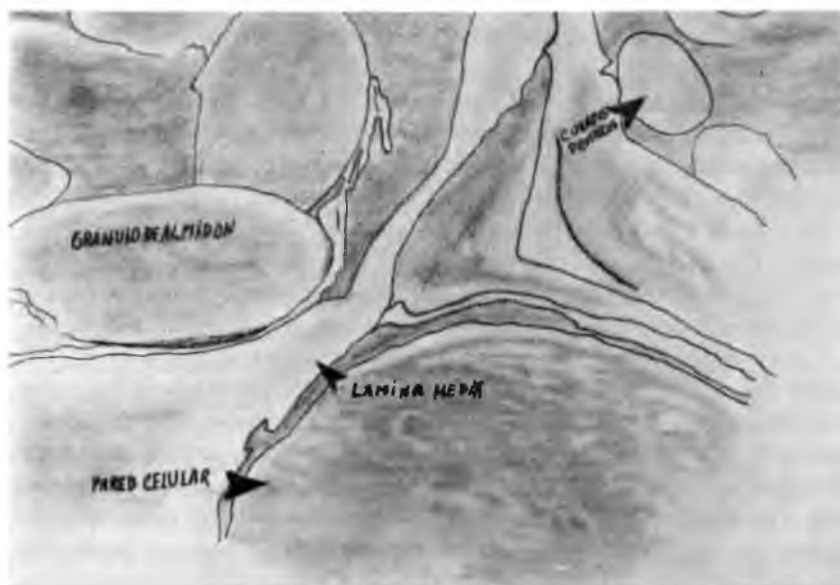


Figura 8

Microestructura del cotiledón

que mantiene las células individuales juntas, consiste en su mayor parte de sales de calcio de polímeros de ácido galacturónico que han sido parcialmente esterificados con metanol. Estudios llevados a cabo por diferentes investigadores (20, 21) han mostrado 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 empieza la gelatinización de los gránulos del almidón, dependiendo del tiempo y la temperatura. El proceso de gelatinización extracelular del almidón del frijol (*Phaseolus lunatus*), y los cambios morfológicos que sufre el grano durante este proceso han sido estudiados (21) y observados microscópicamente. Dicho estudio se llevó a cabo usando agua pura y una solución salina, encontrándose diferentes rangos en la temperatura de gelatinización, de 71–79°C para el agua, y de 79–85°C para la solución salina. Asimismo, estudios sobre el proceso de gelatinización intracelular del almidón (22) 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, no se llevó a cabo la dilatación y proyección de los gránulos de almidón. A medida que el proceso de cocción continúa, la suavidad del grano aumenta sin que se observen mayores cambios en la microestructura de la semilla, hecho indicativo de que otros factores contribuyen a la suavización del grano durante el proceso de cocción. Entre éstos, se ha sugerido (23, 24) que durante la cocción el ablandamiento de la semilla se debe a la reacción de fitatos con pectatos insolubles de Ca y Mg que contienen las paredes celulares, transformándolos en pectatos solubles de Na y K. Es probable que el papel del ácido fítico y de los fitatos sobre la textura de las semillas se deba a que éstos representan la principal forma de P en los granos, y que del 60 al 90% del fósforo está presente en forma de ácido fítico (25). Además de la posible reacción entre fitatos y pectatos mencionada, otras posibles implicaciones en la textura estarían relacionadas con la presencia de complejos proteína-fitato encontrados en el frijol común (25, 26). Asimismo, otras investigaciones (23) efectuadas con diferentes variedades de arvejas secas, han indicado relación entre la calidad de cocción y su contenido de ácido fítico y calcio. Sin embargo, otros investigadores (27) han indicado que en el caso del ácido fítico, dicha correlación solo es válida cuando el ácido en cuestión está presente en bajas cantidades. Estudios llevados a cabo en muestras de frijol de costa (*Vigna unguiculata*) almacenadas en

condiciones inadecuadas (28) han confirmado el papel de la lámina media en la textura del frijol durante la cocción, mostrando un rompimiento incompleto de la lámina media en las muestras que acusaban el problema de endurecimiento. Estos cambios estructurales han sido informados por otros autores (21, 29). Con respecto a la posible contribución del almidón a la textura del grano, recientemente se ha sugerido (30-32) 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 la resultante de la liberación de la amilosa a través de las paredes celulares, promoviendo así la unión de las células mediante enlaces de hidrógeno con polisacáridos de la pared celular. Así, dicho mecanismo dependería de las propiedades fisicoquímicas, tales como la solubilidad y el poder de hinchamiento del almidón. Esta característica ha sido notificada recientemente (33), lo que indica 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, estas características estructurales del almidón en referencia, sugieren un papel limitado del proceso de gelatinización e hinchamiento durante el proceso de cocción del frijol común (33). Otros investigadores han querido implicar cierta asociación entre el desarrollo de la dureza en el frijol y el proceso de retrogradación del almidón (34), a semejanza de resultados similares obtenidos con el almidón en el caso del almacenamiento del arroz. Resultados recientes sobre la digestibilidad del almidón en muestras almacenadas por seis meses bajo diferentes condiciones, sin embargo, no mostraron ninguna correlación con el desarrollo de la dureza del frijol (5). Con respecto a otros polisacáridos, algunos investigadores (35) han encontrado una relación entre ciertas fracciones de las sustancias pécticas y la capacidad de absorción de agua del frijol común. No obstante, en otros estudios (19) no se ha podido corroborar esta relación.

Finalmente, se ha tratado de correlacionar la composición de los lípidos con el tiempo de cocción del frijol común (36) sin que se haya podido demostrar significancia en esta correlación. El razonamiento que respalda esta posibilidad radica en el hecho de que aun cuando la mayoría de las leguminosas acusen un bajo contenido de lípidos totales, en la composición de éstos predominan los ácidos grasos no saturados y, en consecuencia, existe una mayor posibilidad de oxidación. De hecho, los frijoles endurecidos du-

rante el almacenaje, a menudo resultan también en su deterioro en sabor, a causa del proceso hidrolítico y oxidativo que actúa sobre estos ácidos grasos. Se ha indicado así, que a este proceso de oxidación puede seguir un proceso de polimerización, afectando en esta forma la permeabilidad del cotiledón a la penetración del agua.

### CONCLUSIONES

A pesar de la diversidad de hipótesis revisadas en este trabajo, y de otras evidencias acumuladas en otros estudios de almacenamiento y prevención del proceso de endurecimiento, queda claro el hecho de que los mecanismos de este proceso son varios y que cada uno puede afectar en mayor o menor grado dicho fenómeno (Tabla 10). También ratifica la observación de que el proceso de

TABLA 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 Estabilidad de la lámina media
  - 2.2 Retrogradación del *almidón*
  - 2.3 Gelatinización 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
- 

endurecimiento durante el almacenaje difiere en ciertos aspectos del de la semilla recién cosechada. Los estudios realizados a este respecto sugieren también fuertemente que el principal mecanismo de acción es de naturaleza enzimática. Esto lo evidencian las con-

diciones que favorecen al desarrollo de la dureza durante el almacenamiento, como la eficiencia de los tratamientos aplicados para evitar este proceso.

Los mecanismos dados a conocer 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 también es posible 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.

Por último, consideramos que 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.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Elías, L. G., R. Bressani & M. Flores. Problems and potentials in storage and processing of food legumes in Latin America. En: **Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America**, Cali, Colombia, February 26-March 1, 1973. D. Wall (Ed.): Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1973, p. 52-87 (Series Seminars No. 2E).
2. Burr, H. K., S. Don & 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.
3. Morris, H. J. & E. R. Wood. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. **Food Technol.**, **10**: 225-229, 1956.
4. Ruiloba, Elizabeth de. **Efecto de Diferentes Condiciones de Almacenamiento sobre las Características Físico-Químicas y Nutricionales del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)**. Tesis (*Magister Scientifical* en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal). Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, C. A., noviembre de 1973, 90 p.
5. Mejía, E. de, L. G. Elías & R. Bressani. Estudio sobre el problema del

- endurecimiento del frijol por almacenamiento prolongado. En: **Memorias de la XXV Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA)**. Tegucigalpa, Honduras, 19-23 de marzo de 1979. Vol. 3. L 34/1-L34/19.
6. Goyer, W. O. Hardshell of beans, its production and prevention under storage conditions. **Proc. Am. Assoc. Official Seed Analysts**, **20**: 52-55, 1928.
  7. Bourne, M. C. Size, density and hardshell in dry beans. **Food Technol.**, **21**: 335-338, 1967.
  8. Sefa-Dedeh, S. & D. W. Stanley. The relationship of microstructure of cowpeas to water and dehulling properties. **Cereal Chem.**, **56**: 379-385, 1979.
  9. Bustamante, J. A. **Evaluación de Factores Físicos y Bioquímicos en 20 Variedades de Phaseolus vulgaris**. Tesis (Químico-Biólogo), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala, C. A., agosto de 1980, 95 p.
  10. Linares, Sonia B., Concepción M. de Bosque, Luiz G. Elías & Ricardo Bressani. Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivos de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). I. Características físicas del grano. **Turrialba**, **31**: 1-10, 1981.
  11. Gómez-Brenes, R., L. G. Elías, D. Navarrete & R. Bressani. Características físicas, químicas y culinarias de 20 cultivos de frijol del Banco de Germoplasma del CIAT. En: **Informe Anual del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1o. de enero-31 de diciembre de 1977**. Guatemala, INCAP, 1978, p. 9-10.
  12. Elías, L. G. & R. Bressani. Evaluación de estándares tecnológicos de 34 variedades de *Phaseolus vulgaris*. Presentado en: **XXVI Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA)**. Guatemala, 24-28 de marzo de 1980.
  13. Elías, L. G., Dolores González de Fernández & R. Bressani. Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. **J. Food Sci.**, **44**: 524-527, 1979.
  14. Bressani, R. & L. G. Elías. The nutritional role of polyphenols in beans. En: **Polyphenols in Cereals and Legumes**. J. H. Hulse (Ed.). Ottawa, Canada, International Development Research Centre, 1980, p. 61-72. (IDRC-145e).
  15. Griffiths, D. W. & G. Moseley. The effect of diets containing field beans of high or low polyphenolic content on the activity of digestive enzymes in the intestine of rats. **J. Sci. Food Agr.**, **31**: 255-259, 1980.
  16. Fernández, R., L. G. Elías, J. E. Braham & R. Bressani. Diferenciación entre inhibición enzimática causada por inhibidores de tripsina y por

- polifenoles en extractos de *Phaseolus vulgaris*. En: **Informe Anual del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1o. de enero—31 de diciembre de 1978**. Guatemala, INCAP, 1978, p. 9.
17. Bressani, R., L. G. Elías & J. E. Braham. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. Presented at: **Workshop on "Physiological Effects of Legumes in the Human Diet"**, held August 18, 1981 in San Diego, California, during the XII International Congress of Nutrition. Sponsored by the Queen Elizabeth College, University of London. London, 1981.
  18. Elías, L. G., A. García & R. Bressani. Características tecnológicas y nutricionales de cultivares criollos de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) provenientes de 8 regiones de Guatemala productoras de frijol. En: **Informe Anual del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1o. de enero—31 de diciembre de 1980**. Guatemala, INCAP, 1981, p. 5-8.
  19. Molina, M. R., M. A. Baten, R. Gómez B., K. W. King & R. Bressani. Heat treatment: a process to control the development of the hard to cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, **41**: 661-666, 1976.
  20. Sefa-Dedeh, S. & D. W. Stanley. Textural implications of the microstructure of legumes. **Food Technol.**, **33**: 77-83, 1979.
  21. Rockland, L. G. & T. Jones. Scanning electron microscope studies on dry beans. Effects of cooking on the cellular structures of cotyledons in dehydrated large lima beans. **J. Food Sci.**, **39**: 342-346, 1974.
  22. Hahn, D. M., F. T. Jones, I. Akhavan & L. B. Rockland. Light and scanning electron microscope studies on dry beans: Intercellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, **42**: 1208-1212, 1977.
  23. Mattson, S. The cook ability of yellow peas. **Acta Agricult. Suecana**, **II (2)**: 185, 1946.
  24. Muller, F. Cooking quality of pulses. **J. Sci. Food Agr.**, **18**: 292, 1967.
  25. Lolas, G. M. & P. Markakis. Phytic acid and other phosphorus compounds of beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Agr. Food Chem.**, **23**: 13-15, 1975.
  26. Bourdillon, J. A crystalline bean seed protein in combination with phytic acid. **J. Biol. Chem.**, **189**: 65, 1951.
  27. Smithies, R. H. Effect of chemical constitution on texture of peas. En: **Proceedings of the Society of Chemistry and Industries**. London, The Society, 1960, p. 119 (Monograph 7).
  28. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley & P. W. Voisey. Effect of storage time and cooking conditions on the hard to cook defect in cowpeas (*Vigna*

- unguiculata*). **J. Food Sci.**, **44**: 790-796, 1979.
29. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley, & P.W. Voisey. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (*Vigna unguiculata*). **J. Food Sci.**, **43**: 1832-1838, 1978.
  30. Hughes, J.C., A. Grant & R. M. Faulks. Texture of cooked potatoes: The effect of ions and pH on the compressive strength of cooked potatoes. **J. Sci. Food Agr.**, **26**: 739, 1975.
  31. Linehan, D. J. & J. C. Hughes. Texture of cooked potato. 3. Inter-cellular adhesion of chemically treated tuber sections. **J. Sci. Food Agr.**, **20**: 119, 1969.
  32. Bretzloff, C. W. Some aspects of cooked potato texture and appearance: I. Translucency. **Amer. Potato J.**, **45**: 17, 1968.
  33. Lai, C. C. & E. Varriano-Marston. Studies on the characteristics of black bean starch. **J. Food Sci.**, **44**: 528-530, 1979.
  34. Hellendoorn, E. W. Beneficial physiological activity of leguminous seeds. **Qual. Plant. Pl. F ds hum. Nutr.** **XXIX**, 1-2: 227-244, 1979.
  35. Hamad, N. & J. J. Powers. Inhibition and pectic content of canned dry lima beans. **Food Technol.**, **19**: 648-651, 1965.
  36. Takayama, K. K., Paul Muneta & A. C. Wiese. Lipid composition of dry beans and its correlation with cooking time. **J. Agr. Food Chem.**, **3**: 269-271, 1965.

# EFECTO DE DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL DESARROLLO DE LA DUREZA DEL FRIJOL

*Elvira González de Mejía*<sup>1</sup>

Universidad del Valle de Guatemala

## INTRODUCCION

Cuando se estudia el problema alimentario mundial en términos de un sistema de producción, almacenamiento, distribución y utilización de alimentos, nos damos cabal cuenta que los mayores esfuerzos de investigación se han dedicado a los aspectos de producción de los mismos, lo que no ha sucedido en lo referente a su almacenamiento, distribución y utilización. Aun cuando se invierten grandes esfuerzos y recursos en aumentar la producción de alimentos en los países en vías de desarrollo, las condiciones inadecuadas de almacenamiento y la falta de tecnología post-cosecha resultan en pérdidas de lo producido y, consecuentemente, en su menor disponibilidad.

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

---

1 Profesora del Departamento de Química, Universidad del Valle de Guatemala, Apartado Postal No. 82, Guatemala, Guatemala, C. A.

En relación a las pérdidas de alimentos debidas a almacenamiento inadecuado, se sabe que en América Latina, al igual que en otros países del mundo en desarrollo, los sistemas utilizados para almacenar los alimentos producidos son inapropiados y deficientes (2). Esta situación constituye un grave problema si se piensa en términos de pérdidas post-cosecha y del 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 (*Phaseolus vulgaris*), leguminosa que para muchas poblaciones de nuestra Región representa uno de sus alimentos básicos (3).

Durante su almacenamiento, esta leguminosa se ve afectada por cambios indeseables que alteran negativamente su calidad. Así, puede producirse un deterioro en las características nutricionales, organolépticas y culinarias de este grano (4).

Uno de los problemas de mayor importancia que ocurren durante el almacenamiento del frijol es su endurecimiento (5), fenómeno que 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. Por ejemplo, se estima que en 1977 las pérdidas de frijol debidas a dicho fenómeno, en esta área geográfica, ascendieron a 12 millones de dólares (6).

En consideración a lo expuesto, el propósito de este trabajo fue el de estudiar el efecto de diversas condiciones de almacenamiento del frijol sobre la dureza, tiempo de cocción, y absorción de 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 el otro, explorar la identificación de factores bioquímicos del grano que pudieran estar involucrados en este indeseable proceso. En este trabajo se presentan los resultados parciales de dicho estudio.

## MATERIALES Y METODOS

Se usaron variedades de frijol recién cosechado: negro Suchitán y Rojo de Seda.

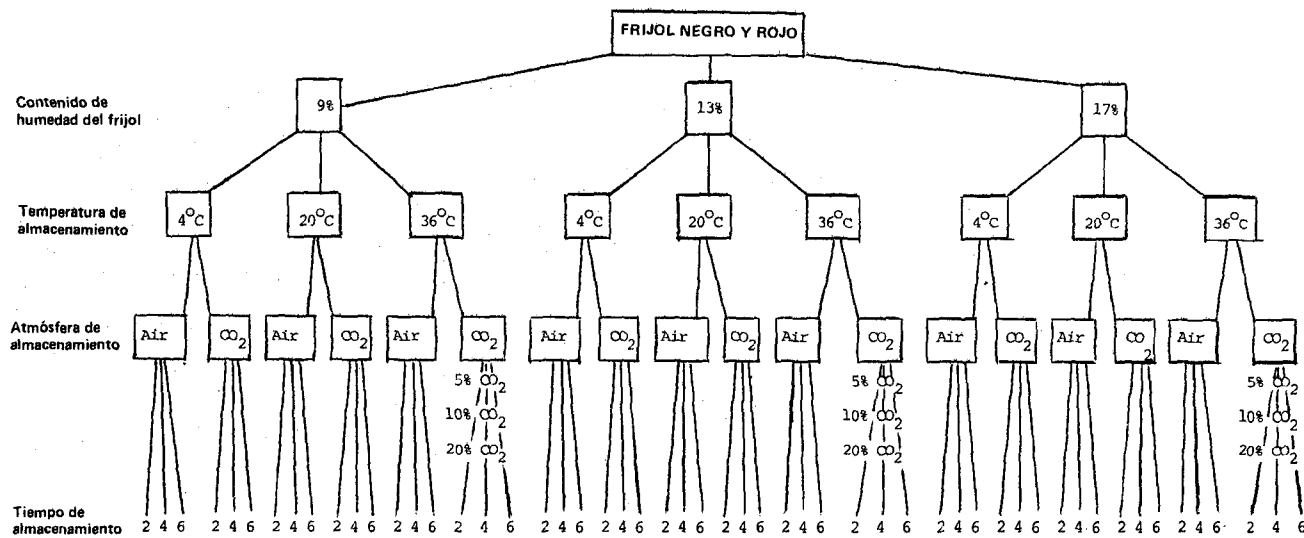
Los frijoles se limpiaron y seleccionaron en base a su tamaño, para luego ser almacenados por un período de seis meses, de acuerdo al diseño experimental y condiciones de almacenamiento que se exponen en la Figura 1. El contenido de humedad de los frijoles fue de 9, 13 y 17<sup>o</sup>/o, cada una de estas humedades en equilibrio con humedades relativas de 40, 60 y 80<sup>o</sup>/o, respectivamente (7, 8). Las temperaturas utilizadas para cada contenido de humedad fueron 4, 20 y 36<sup>o</sup>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 de gas. Los recipientes fueron interconectados por una serie de tubos de hule para inyectar constantemente, y en forma respectiva, a unos, CO<sub>2</sub>, a otros, aire y, a otros, combinaciones de estos gases. El propósito de dicho procedimiento fue el de proporcionar al medio de almacenamiento de los frijoles diferentes atmósferas de CO<sub>2</sub>, y regular así el contenido de oxígeno de los recipientes. La meta final bajo estas condiciones gaseosas, fue 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 era de 13<sup>o</sup>/o, y para lograr las otras dos humedades, se ajustaron los contenidos de humedad de las muestras como sigue: en el caso del 9<sup>o</sup>/o, secando el frijol original a 35<sup>o</sup>C por 24 horas; y para 17<sup>o</sup>/o 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 descritas así como a los 2, 4 y 6 meses de almacenamiento, se determinaron por duplicado, 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 durante 16 horas (9). Esta medida se efectuó inmediatamente después de recolectada la muestra.



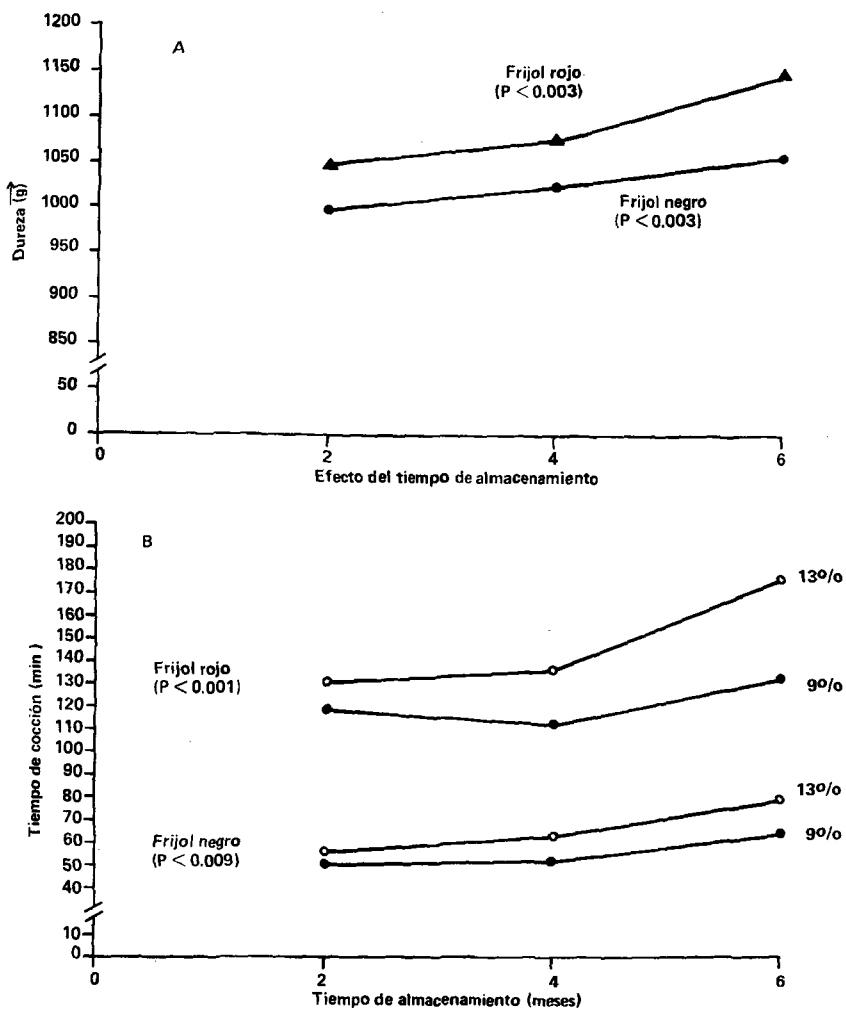
Incap 81 - 184

FIGURA 1  
Diseño experimental

- b) *Dureza del grano.* Fue determinada usando el penetrómetro Instron (10). Para cada prueba se remojaron 20 semillas por 16 horas e inmediatamente después de separar el agua se procedió a medir 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) *Coefficiente de absorción de agua de la semilla.* Se determinó de acuerdo a métodos estándares de evaluación (11), procedimiento que se basa en medidas de peso de 100 semillas antes y después de ser remojadas 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 al conjunto se le continuó aplicando calor hasta determinar el tiempo requerido para que el 50% de los frijoles rompieran su cáscara (11).
- e) *Contenido de taninos de los frijoles.* Esta determinación se efectuó mediante el procedimiento descrito por Price, Van Scoyoc y Butter (12). Se usó este método en particular debido a su especificidad para determinar taninos condensados.
- f) *Actividad de la polifenol-oxidasa (PFO).* La actividad enzimática se determinó mediante el método descrito por Flurkey y Jen (13). El frijol fue finamente molido pasando en este proceso por un tamiz de malla número 60. El extracto enzimático se preparó a partir de esta harina, usándose catecol 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 capaz de cambiar la absorbancia a 420 nm, 0.001 unidades de absorbancia por minuto.  
Los datos obtenidos fueron analizados por análisis de varianza y regresiones múltiples.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 2 muestra la relación entre el tiempo de almacenamiento del frijol con la dureza (panel A) y tiempo de cocción (pa-



Incap 81-183

FIGURA 2

A. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la dureza del frijol (*Phaseolus vulgaris*). B. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el tiempo de cocción del frijol con diferentes contenidos de humedad

nel B). Según se observa, 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, en cuyo caso se aprecia 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 fue mayor en los frijoles con 130/o de humedad que en los almacenados a 90/o. No se exponen datos para 170/o de humedad debido a la contaminación de éstos con hongos. En efecto, las muestras que se almacenaron a 170/o 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 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 130/o, lo cual concuerda con informes de la literatura en el sentido de que únicamente a mayores humedades de almacenamiento del grano existe correlación significativa con la dureza (14). De esto podría deducirse la importancia que tiene el contenido de humedad original del grano, ya que los frijoles con humedades iniciales altas estarán más expuestos a un deterioro más rápido.

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 la dureza y el tiempo de cocción del grano son dos fenómenos de naturaleza distinta. Por ejemplo, la 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 en el caso de otras variedades (15). Analizando la forma de medición de dureza en este estudio, dicha característica estaría condicionada, en primer término, por la resistencia de la cáscara (10) mientras que el tiempo de cocción podría depender principalmente de factores bioquímicos del endospermo. Esto podría indicar que el tiempo de cocción es 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 muestra en la Figura 3. Como se observa, la temperatura más alta

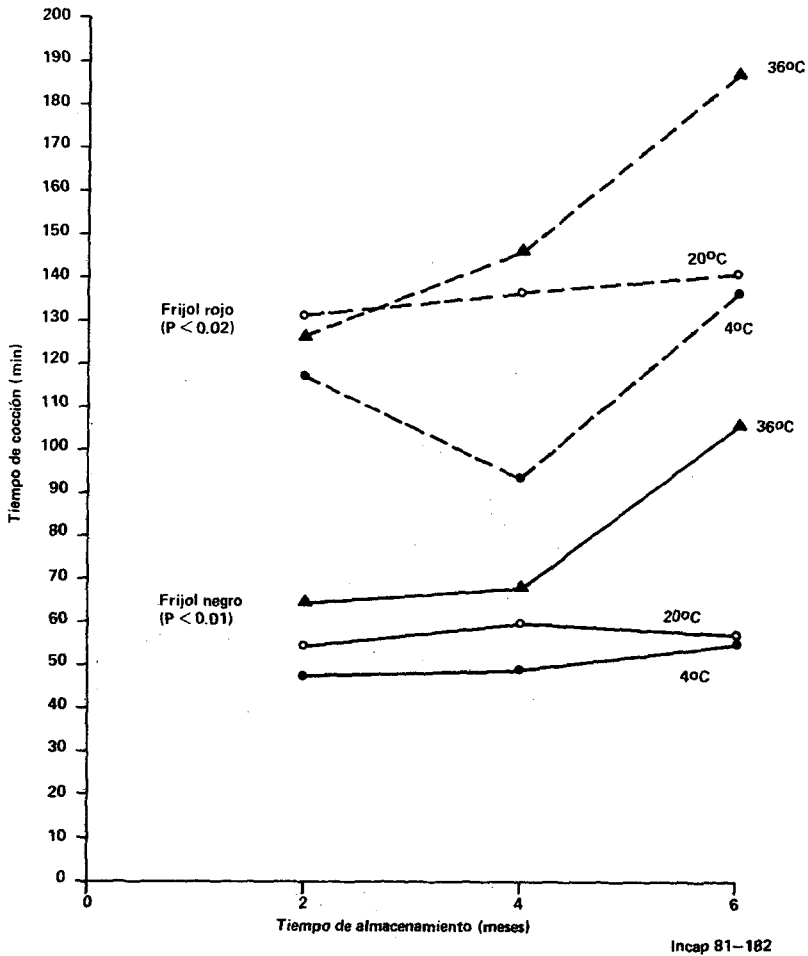


FIGURA 3

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el tiempo de cocción del frijol (*Phaseolus vulgaris*) a diferentes temperaturas de almacenamiento

(36°C) produjo en ambas variedades un aumento significativo en el tiempo de cocción del grano después de cuatro meses de almacenamiento, observación que evidencia el efecto que las temperaturas ambientales altas ejercen 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 lo han informado otros autores (15, 17). Por ejemplo, Kon (18) en 1968 indicó que el almacenamiento de frijol con un alto contenido de humedad, resulta en un aumento sustancial en su tiempo de cocción. Este tipo de observaciones han llevado, incluso, a postular que en el caso de algunas áreas del mundo, si se dispone de capital, podría resolverse el problema del endurecimiento de este grano mediante el secado artificial del frijol hasta niveles bajos de humedad (19).

La Figura 4 muestra el efecto de la condición atmosférica en que fue almacenado el frijol, en su tiempo de cocción. Según se aprecia, después de cuatro meses los frijoles almacenados en aire requirieron mayores tiempos de cocción que aquéllos almacenados en una atmósfera de CO<sub>2</sub>. Esta interacción fue significativa para el frijol rojo ( $P < 0.05$ ) pero no para el negro, aunque en esta última variedad se mantiene exactamente la misma tendencia que la observada para el frijol rojo. Los resultados, pues, 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<sub>2</sub> este fenómeno no sucede. El efecto de diferentes proporciones de CO<sub>2</sub> relacionadas 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 informe existente acerca de 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 que la influencia de los taninos ejerce 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, fenómeno que se hizo más evidente en los frijoles almacenados a la temperatura más alta. De manera interesante, este cambio en taninos correlacionó

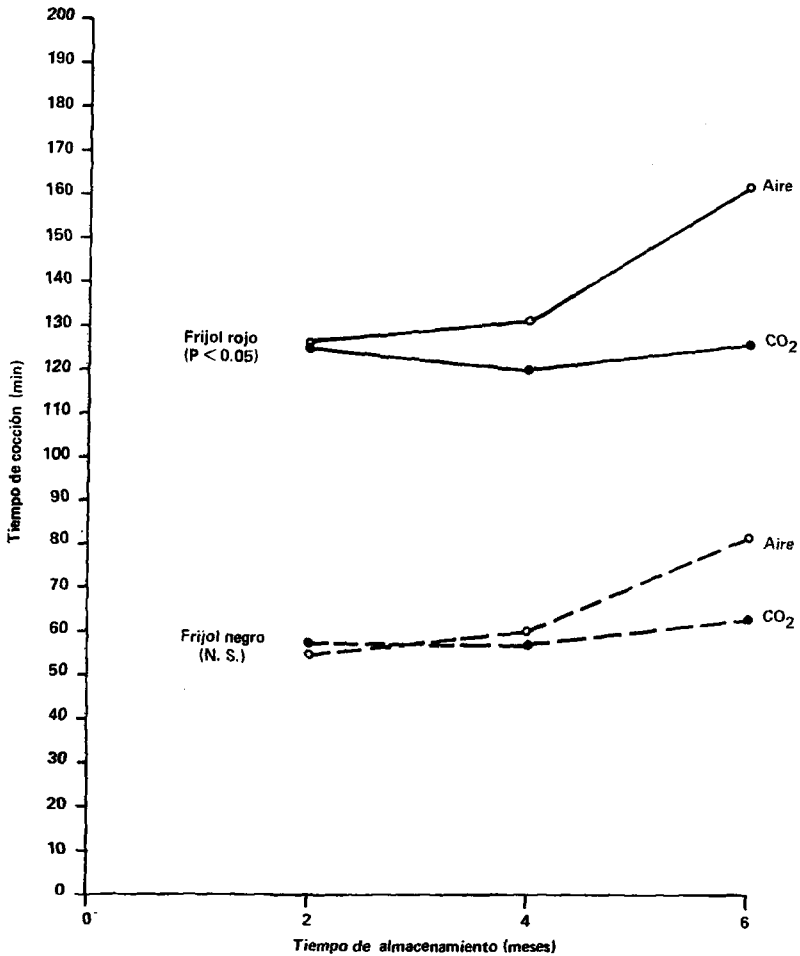
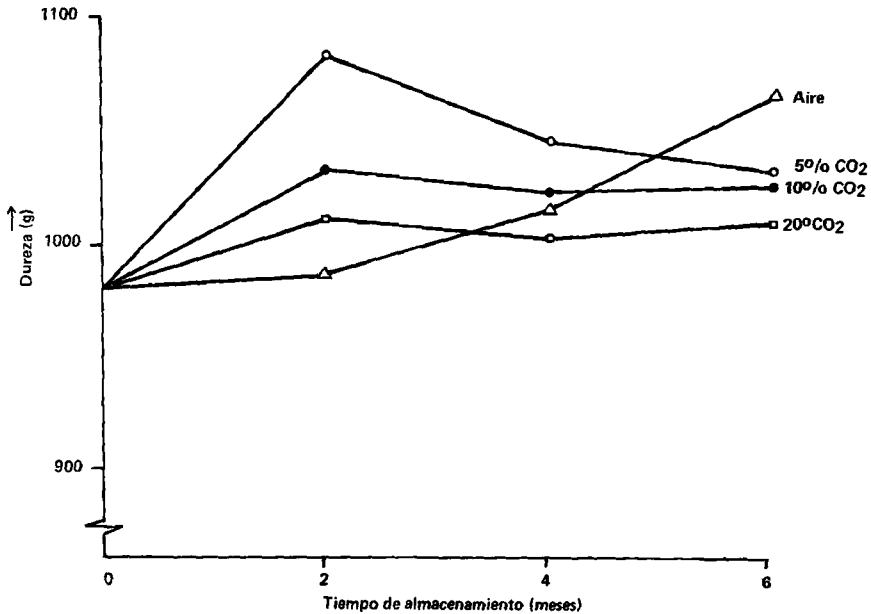


FIGURA 4

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el tiempo de cocción del frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado en diferentes atmósferas.

significativamente y en forma negativa con el tiempo de cocción. (Para frijol rojo  $P < 0.08$  y para frijol negro  $P < 0.001$ ). Este hallazgo plantea la posibilidad de que los taninos pudiesen migrar al interior del grano, oxidarse, y así intervenir en el proceso de endurecimiento.



Incap 81-185

FIGURA 5

Dureza del frijol negro (13% de humedad) en relación al tiempo de almacenamiento a diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub>

Ya que los taninos son compuestos fenólicos susceptibles a oxidación enzimática, se investigó la actividad de polifenol-oxidasa en el grano (20). 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 polifenol-oxidasa. Este fenómeno sugiere que el menor contenido de taninos fue producido por una oxidación enzimática de los mismos, hecho que apoya la hipótesis de que el endurecimiento del grano pueda deberse a una oxidación de polifenoles como sucede en otros productos vegetales (21). Este fenómeno se observó únicamente a los seis meses de almacenamiento y en el caso del frijol negro.

En este estudio también se hizo evidente, como ya lo han sugerido otros autores (22), 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, además de tener

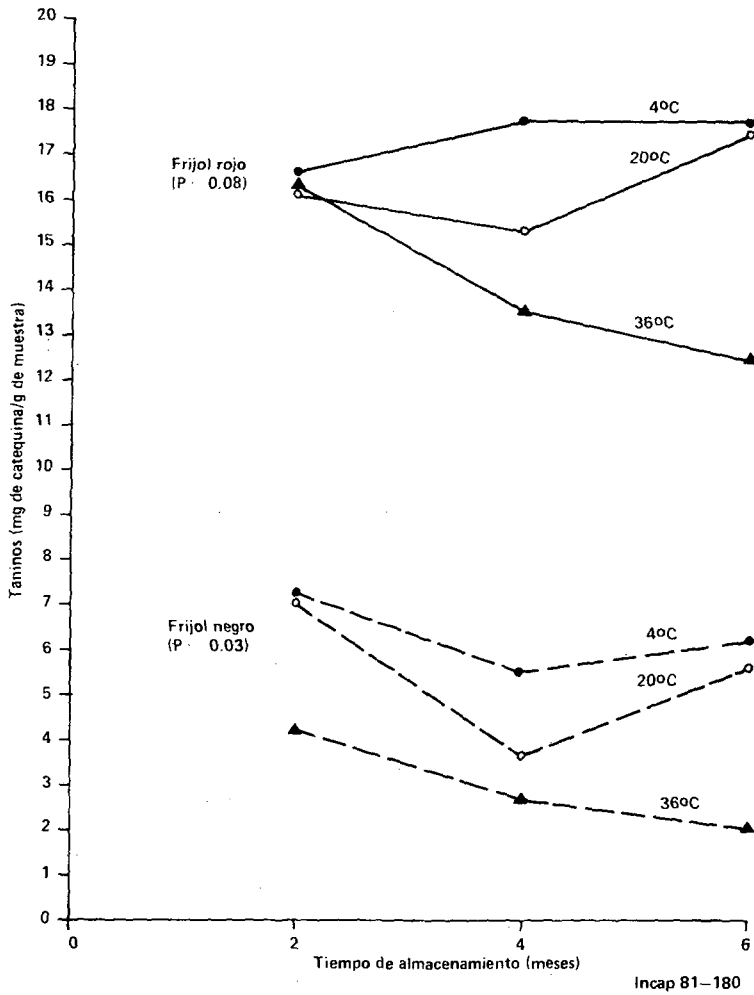
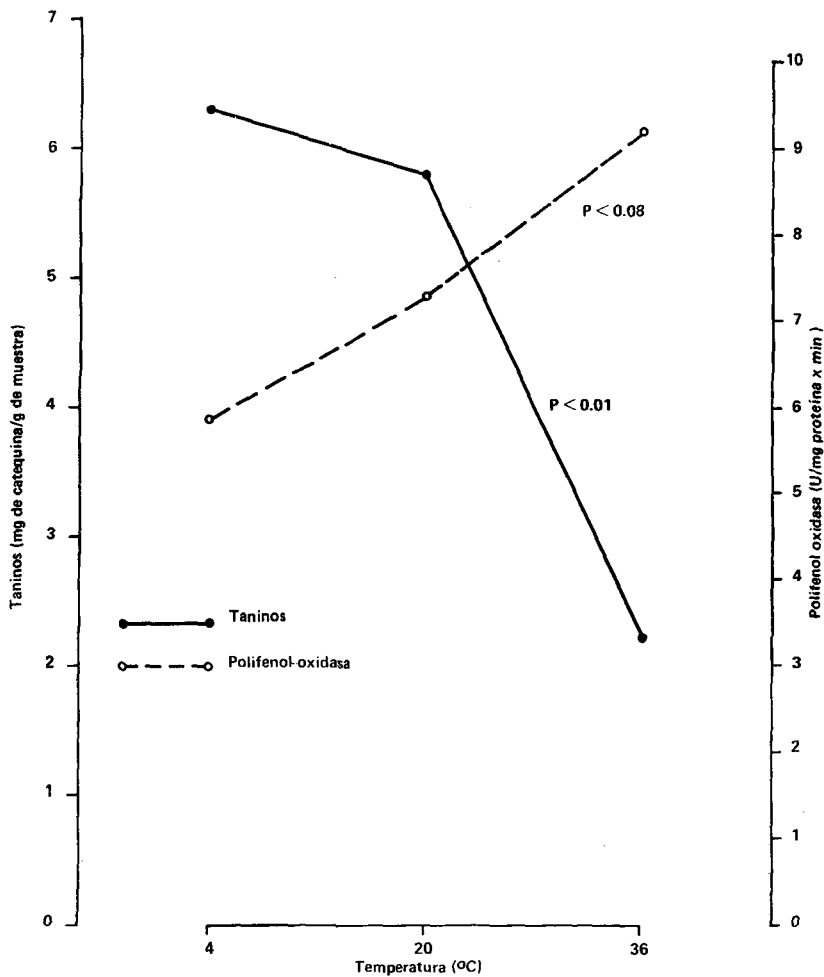


FIGURA 6

Influencia del tiempo de almacenamiento y de la temperatura sobre el contenido de taninos del frijol

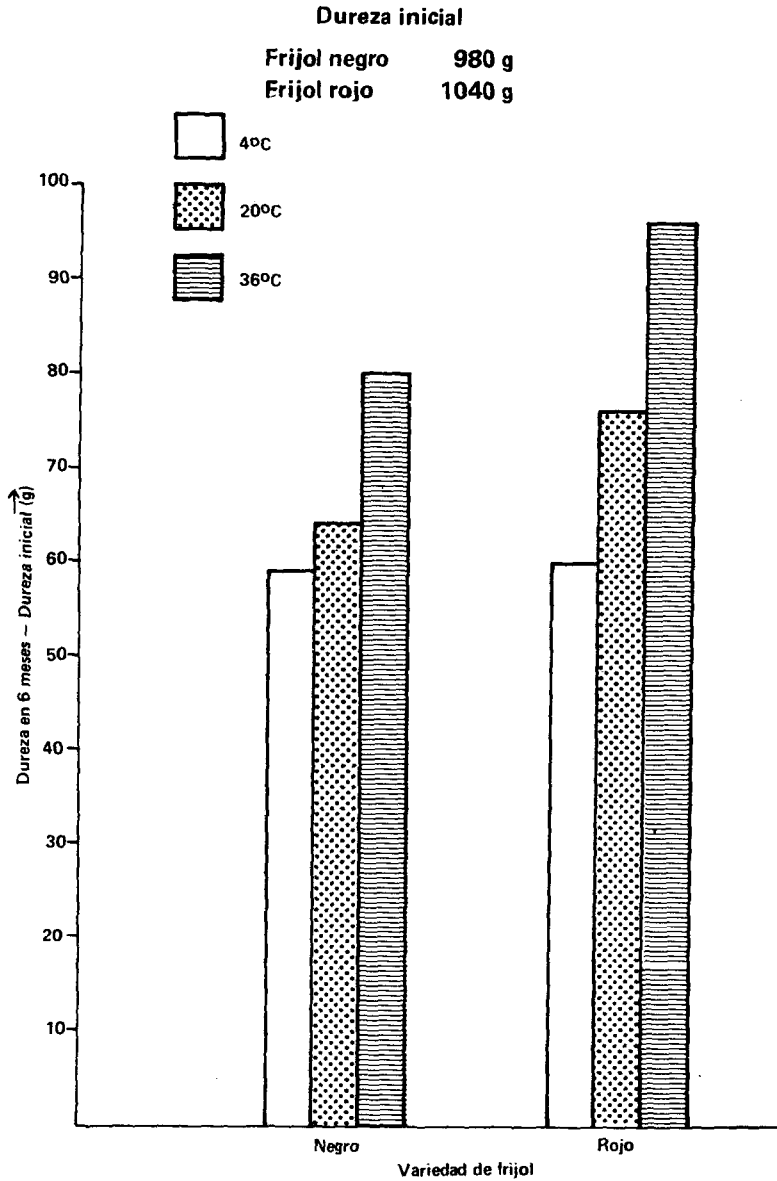


Incap 81-179

FIGURA 7

**Relación entre el contenido de taninos y polifenol-oxidasas a diferentes temperaturas después de seis meses de almacenamiento del frijol negro**

una dureza y un tiempo de cocción inicial mayor que la variedad negra, sufrió mayor endurecimiento durante el período de estudio, excepto cuando los frijoles fueron almacenados a 4°C.



**FIGURA 8**

**Efecto de la variedad de frijol sobre el endurecimiento de la semilla a 90% de humedad después de seis meses de almacenamiento en aire**

### CONCLUSIONES

Las pérdidas de alimentos constituyen una parte importante del problema alimentario mundial. Es nuestra opinión que 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; asimismo, se aumenta su disponibilidad y consumo.

En síntesis, los resultados de este estudio indican que:

1. El tiempo de almacenamiento del frijol induce aumentos significativos en la dureza y el tiempo de cocción del grano.
2. 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 endospermo.
3. La temperatura y la humedad de almacenamiento desempeñan un papel importante en el tiempo requerido para la cocción del grano: a mayor temperatura, mayor tiempo de cocción. Se considera que la humedad constituye un factor más crítico que la temperatura, ya que las humedades altas conducen además a la 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 de agua.
5. El frijol almacenado en una atmósfera de aire, comparada con una atmósfera de CO<sub>2</sub>, sufre 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 se acompaña de un aumento en la actividad enzimática de polifenol-oxidasa, actividad que es mayor a mayor temperatura de almacenaje.
7. La variedad roja de frijol acusa una tendencia a sufrir mayores cambios durante el proceso de almacenamiento.

### RECOMENDACIONES

Aunque el estudio que nos ocupa carece de un componente de factibilidad económica, con base en los resultados obtenidos se pueden formular las siguientes recomendaciones, teniendo en mente que debe dársele prioridad a aquellas alternativas que son las más prácticas y factibles:

1. El frijol debe almacenarse con el menor contenido posible de humedad, lo que en escala industrial podría lograrse usando un secador hasta alcanzar bajos contenidos de humedad en la semilla. A nivel del pequeño agricultor, el 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, debería evitarse la exposición del frijol al oxígeno, lo que podría lograrse reemplazando el aire contenido en los recipientes de almacenamiento por otros gases, por ejemplo, CO<sub>2</sub>. A nivel del pequeño productor, esto se podría hacer colocando los frijoles previamente secados dentro de una bolsa plástica, la cual debe cerrarse en forma tal que sólo se permita en su interior un mínimo de aire. En esta situación bien podría ocurrir que el CO<sub>2</sub> expirado por el grano reemplazara, al menos en parte, el contenido remanente de aire dentro de la bolsa.

### BIBLIOGRAFIA

1. Sinha, R. N. & W. E. Muir (Eds.). **Grain Storage: Part of a System.** Westport, Connecticut, The Avi Publishing Co., Inc., 1973.
2. Hall, D. W. **Manipulación y Almacenamiento de Granos Alimenticios en las Zonas Tropicales y Subtropicales.** Roma, FAO, 1971, 400 p. (Cuadernos de Fomento Agropecuario No. 90).
3. Bressani, R., M. Flores & L. G. Elías. Acceptability and value of food legumes in the human diet. En: **Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America, Cali, Colombia, February 26-March 1, 1973.** D. Wall (Ed.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1975, p. 17-48. (Series Seminars 2E).
4. Elías, L. G., R. Bressani & M. Flores. Problems and potentials in storage and processing of food legumes in Latin America. En: **Potentials**

- of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America, Cali, Colombia, February 26—March 1, 1973. D. Wall (Ed.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1975, p. 52-87. (Series Seminars 2E).
5. Gloyer, W. O. Hardshell of beans: its production and prevention under storage conditions. *Proc. Am. Assoc. Official Seed Analysts*, **20**: 52-55, 1928.
  6. Comunicación personal, INDECA, 1978.
  7. Weston, W. T. & H. T. Morris. Hygroscopic equilibria of dry beans. *Food Technol.*, **8**: 353-355, 1954.
  8. Rockland, B. Saturated salt solutions for statistics control of relative humidity between 5° and 40°C. *Analytical Chem.*, **32**: 1375-1376, 1960.
  9. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 11th ed. Washington, D. C., The Association, 1970, p. 532.
  10. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley & P. W. Voisey. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (*Vigna unguiculata*). *J. Food Sci.*, **43**: 1832-1838, 1978.
  11. Hulse, J. H., E. O. Rachie & L. W. Billingsley. *Nutritional Standards and Methods of Evaluation for Food Legume Breeders*. Ottawa, Canada, International Development Research Centre, 1977 (IDRC-TS7e).
  12. Price, M. L., S. Van Scoyoc & L. G. Butter. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agr. Food Chem.*, **26**: 1214-1218, 1978.
  13. Flukey, W. H. & J. J. Jen. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. *J. Food Sci.*, **43**: 1826-1828, 1978.
  14. Ruiloba, E. de. **Efecto de Diferentes Condiciones de Almacenamiento sobre las Características Fisicoquímicas y Nutricionales del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)**. Tesis (*Magister Scientifcae* en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal). Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, C. A., noviembre de 1973, 90 p.
  15. Burr, H.K., S. Kon & J. Harris. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. *Food Technol.*, **22**: 336-338, 1968.
  16. Morris, H. I. & E. R. Wood. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. *Food Technol.*, **10**: 225-229, 1956.
  17. Muneta, P. The cooking time of dry beans after extended storage. *Food Technol.*, **18**: 1240-1241, 1964.
  18. Kon, S. Pectic substances of dry beans and their possible correlation

## PROBLEMAS EN EL ALMACENAMIENTO Y EL MERCADERO DEL FRIJOL EN CENTROAMERICA Y EL CARIBE

*Yolanda Castillo de Arévalo*<sup>1</sup>

Secretaría de Integración Económica Centroamericana,  
Guatemala, C. A.

### LA PRODUCCION DE FRIJOL Y LAS DISPONIBILIDADES NACIONALES DE CENTROAMERICA Y EL CARIBE

La tendencia de la producción mundial de frijol se presenta definidamente creciente aunque a tasas moderadas (2.8 anual). En algunos países del Istmo Centroamericano y del Caribe, sin embargo, la producción, durante el período de 1965 a 1978, se ha mantenido estable. Tal es el caso de Nicaragua, Haití y República Dominicana; en Honduras, Costa Rica y Panamá ésta ha decrecido, mientras que Guatemala ha presentado un comportamiento errático<sup>2</sup>. El Salvador es el único país que ha incrementado su producción, a tasas anuales de 5.7; no obstante, tales aumentos han sido insuficientes para ofrecer a su población los niveles de consumo *per capita* de principios de período, debido a que Honduras, su principal abastecedor hasta el año 1970, suspendió sus ventas.

Dentro de las limitaciones que presenta la información dispo-

---

1 Economista Asesora del Departamento Agrícola de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), Apartado Postal 12-37, Guatemala, Guatemala, C. A.

2 Véase Tablas 1 a 8 del Anexo.

nible de los países objeto de análisis, o sea Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Haití, se pudo estimar que en Centroamérica el frijol (*Phaseolus vulgaris*) negro o rojo, constituye una de las principales fuentes de proteínas para las poblaciones de bajos ingresos. En contraste, 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 que sus niveles de disponibilidades tradicionales, no se vean afectados en mayor medida. A pesar de ello, todos los países han experimentado continuos decrementos en sus consumos *per capita*, tendencia que, como lo indican los datos en la Tabla 1, se presenta más aguda en Costa Rica y Panamá; en el término de menos de 10 años, estos países han visto prácticamente reducidas a la mitad dichas disponibilidades.<sup>3</sup>

Esta situación constituye un tema de preocupación, dado que aun cuando los mayores productores de América: Brasil, México y

TABLA 1  
CONSUMO *per capita* DE FRIJOL  
(kg por persona)

Países	Período		
	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: Tablas 1 a 8 del Anexo.

3 Véase Tablas 1 a 8 del Anexo.

Estados Unidos,<sup>4</sup> aunque han incrementado su producción continuamente; en los dos primeros, tales aumentos son insuficientes para cubrir su creciente demanda. Esto ha llegado al punto que Brasil ha reducido su consumo *per capita* de 28.02 kg anuales en 1971, a 19.50 kg en lo que estima en 1980, a pesar de que alrededor del 100/o de su consumo interno lo cubre con producto proveniente de Estados Unidos. En cuanto a México, este país acrecienta año con año sus importaciones procedentes también de Estados Unidos, las que excedieron de 7,524 toneladas métricas en 1970 a 16,604 en 1979.<sup>5</sup> Estados Unidos, por su parte, destina cerca del 400/o de sus exportaciones totales a abastecer a los países europeos, los que básicamente lo procesan y enlatan.

#### DEMANDAS COMPLEMENTARIAS

Ajeno a las cifras que aquí se consignan sobre producción y demanda de frijol negro y rojo, en algunos países se presenta una demanda complementaria que, por sus características, no influye notablemente en el consumo interno, como es el caso de Guatemala. En este país, el producto de consumo básico lo constituye el frijol negro; sin embargo, también se cultivan frijoles colorados, rojos y blancos, los que eventualmente consumen como plato especial, las familias de medianos y altos ingresos.

La industria procesadora también ofrece al mercado frijoles enlatados negros y rojos pero, en el primer caso, la principal materia prima usada la ha constituido otra especie de frijol (*Vigna*). En total, la demanda industrial de frijoles escasamente alcanza las 250 toneladas métricas anuales.

#### COMERCIO EXTERIOR

Los países objeto del presente comentario, consignan importaciones de frijol negro y rojo, los centroamericanos, y "Pinto" y "Red Kidney Beans" los del Caribe y Panamá, en magnitudes de cierta significación, las que representan alrededor de 200/o de su oferta total. Se exceptúan Nicaragua y Honduras, país este último

---

4 Véase Tabla 9 del Anexo.

5 Foreign Agricultural Service, EUA.

cuyas reducidas importaciones durante el período revisado (1965/66 – 1978/79), hacen suponer que se trata de semilla.

Como lo revelan los datos en las Figuras 1 a 8, hasta el año 1971 el mayor proveedor de Centroamérica era Honduras (Figura 1), pero a partir de esa fecha las ventas de este país fueron siendo paulatinamente sustituidas por EUA, país que en la actualidad abastece más del 60% de las necesidades del área centroamericana. Panamá y la República Dominicana, por ejemplo, suplen casi la totalidad de sus necesidades externas de grano de dicho país.

Las condiciones de dependencia externa a nivel de países, han sido las siguientes:<sup>6</sup> Guatemala, hasta el año 1971 efectuaba exportaciones que casi compensaban los volúmenes ingresados (Véase Figura 2). A partir de esa fecha el predominio de las im-

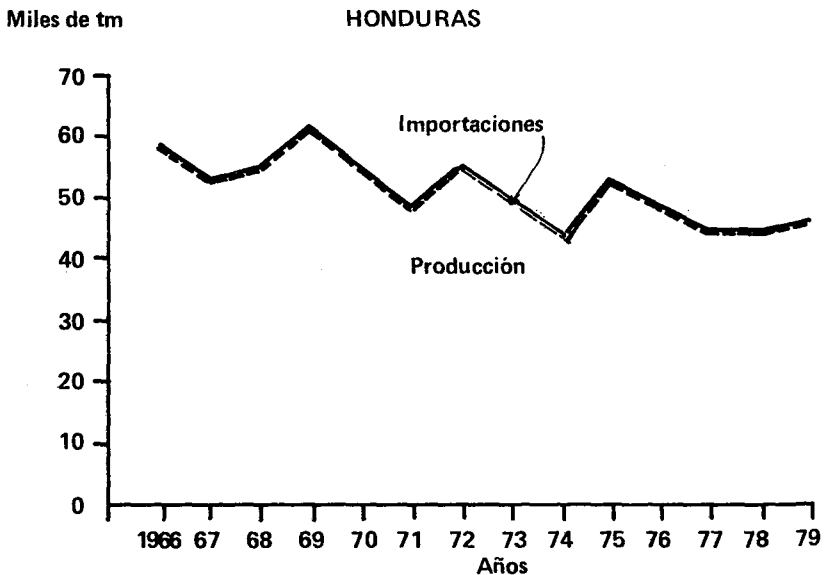


FIGURA 1

6 Véase Tablas 1 al 8 del Anexo.

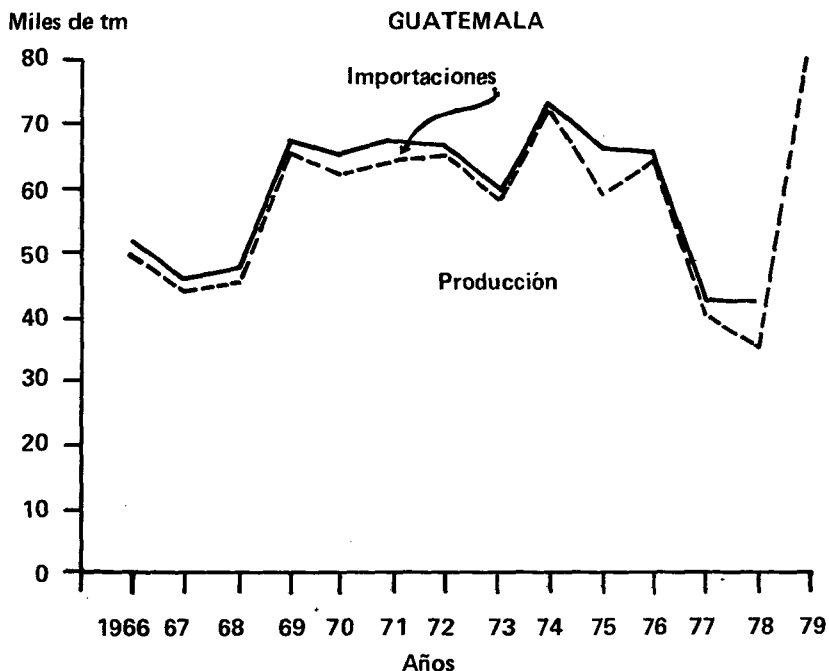


FIGURA 2

portaciones ha sido definido. Hasta 1970, El Salvador cubría con importaciones casi el 40% de su demanda total; en los años subsiguientes su dependencia externa se ha reducido al punto que ésta sólo representa el 7% de su oferta total bruta, aunque continúa siendo un importador neto (Figura 3).

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

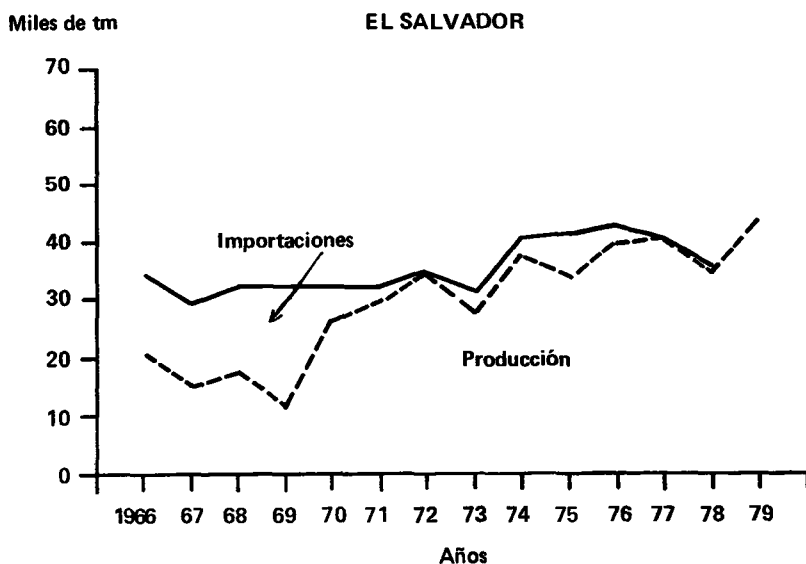


FIGURA 3

Costa Rica y Panamá (Figuras 5 y 6) son países típicamente importadores y, en el primero de ellos, aunque sus importaciones se han visto disminuidas, la producción no ha acusado aumentos que compensen tales reducciones. Panamá, por su parte, ofrece un cuadro de importaciones bastante constante, el cual es de un promedio de 2,000 ton anuales, provenientes mayoritariamente de los Estados Unidos. La República Dominicana (Figura 7) también importa alrededor del 20% de sus necesidades internas, abastecido también en su mayor parte por los Estados Unidos. Haití consigna importaciones estadounidenses de muy poca significación (Figura 8).

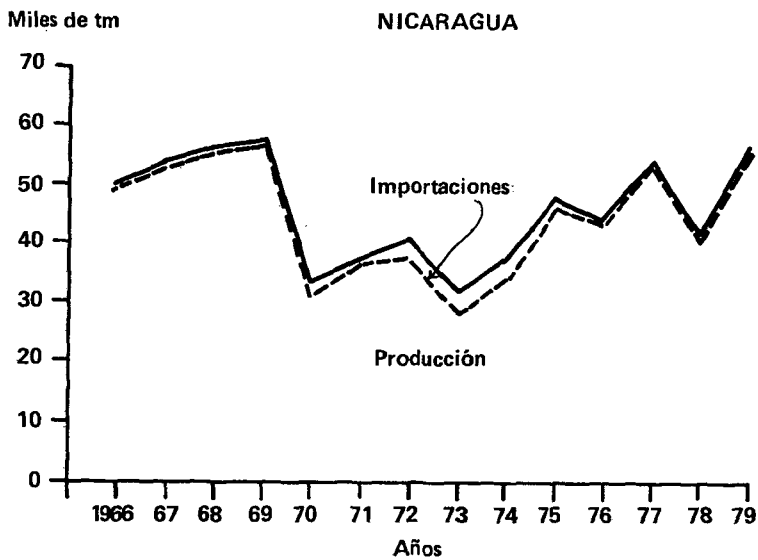


FIGURA 4

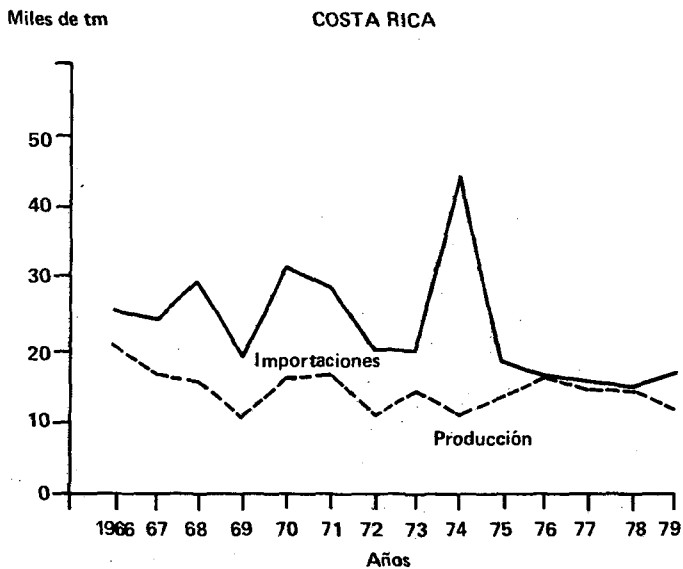


FIGURA 5

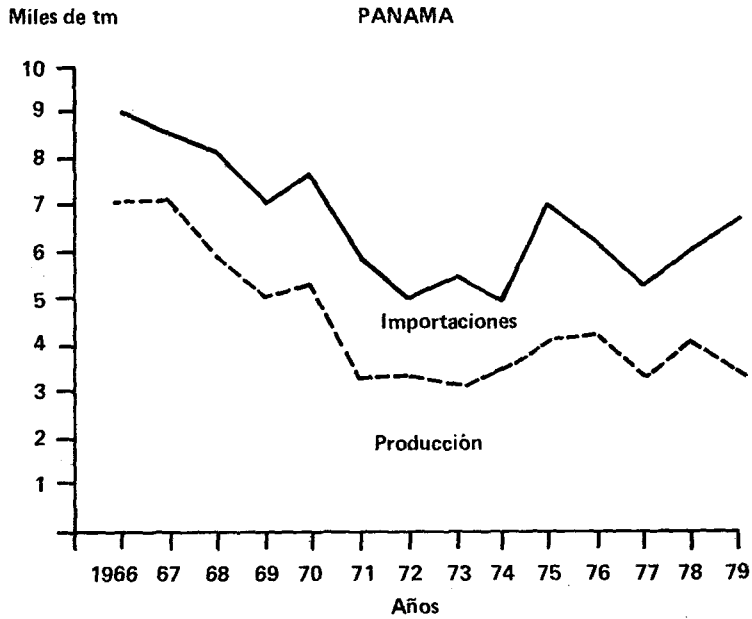


FIGURA 6

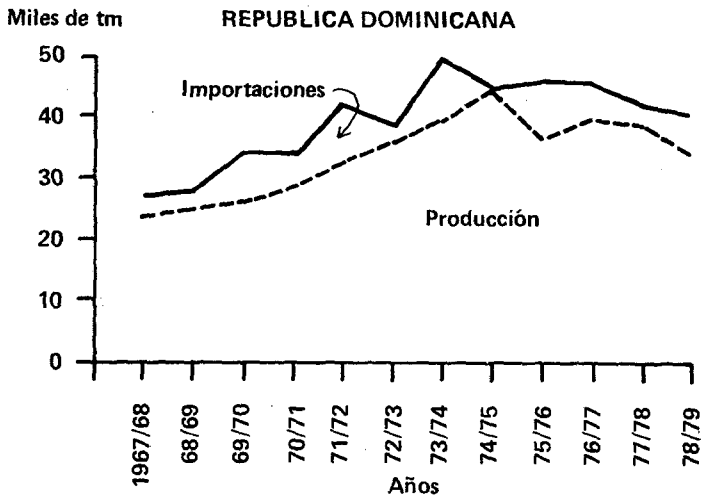


FIGURA 7

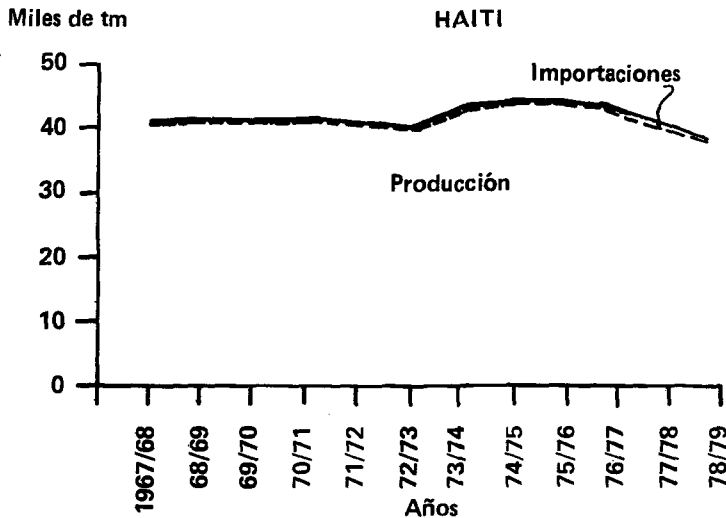


FIGURA 8

### SISTEMAS DE COMERCIALIZACION

#### *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. Ello, se traduce en parte, en la imposibilidad de que se trasladen hacia atrás, o sea al productor, los beneficios que representan las mejoras en los precios pagados por el consumidor (Figura 9).

El análisis del comportamiento de los precios al productor, al mayorista y al consumidor, durante los períodos 1969-1973 y 1974-1978, para 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, lo que refleja que el detallista percibe una ganancia mayor por unidad vendida. No obstante, 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 este motivo, llaman la atención los casos de El Salvador y Honduras, países donde según se aprecia en la

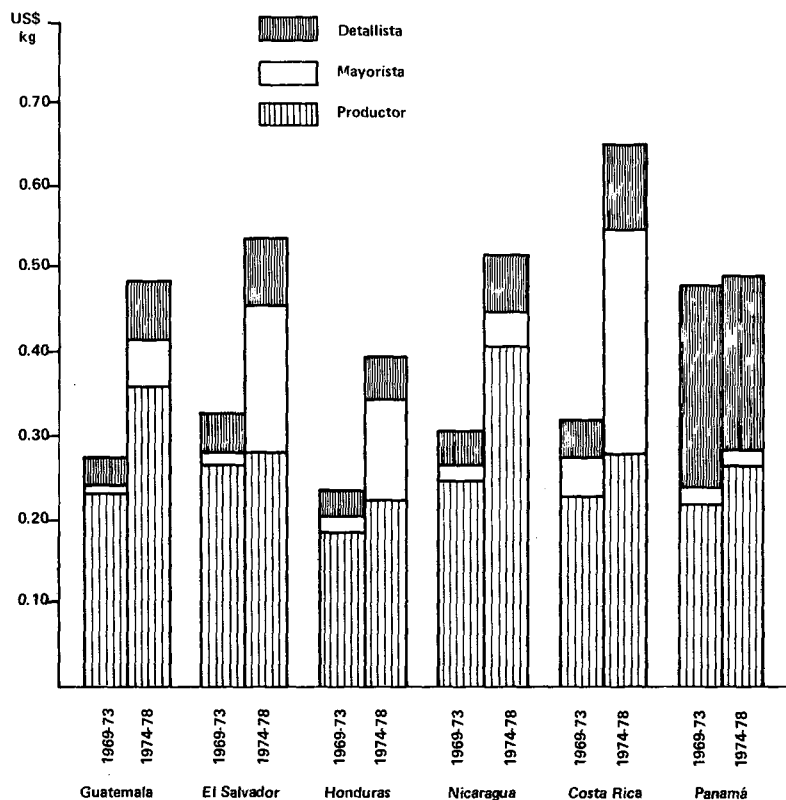


FIGURA 9

Frijol: márgenes de comercialización

Tabla 2, los márgenes entre el precio percibido por el productor y el de venta al mayorista, son aún superiores a los del detallista.

Los países que presentan recargos totales —minorista/productor— más aceptables parecen ser Nicaragua, Costa Rica y Guatemala. Estos alcanzan entre un 27.5, 28.0 y 33.3%, respectivamente, mientras que Honduras, El Salvador y Panamá evidencian recargos hasta de 77, 89 y 92%, en ese orden.

Los precios de esta leguminosa han reflejado el impacto alcista de la inflación, tanto a nivel de agricultor como de consumidor,

TABLA 2

**FRIJOL: MARGENES DE COMERCIALIZACION**  
(US\$ por kg)

Países	Promedio 1969-1973	Promedio 1974-1978
<b>Guatemala</b>		
Precio al productor	0.23	0.36
Precio al por mayor	0.24	0.41
Precio al por menor	0.27	0.48
<i>Márgenes</i>		
Mayorista/productor	4.30/o	13.90/o
Minorista/mayorista	12.50/o	17.10/o
Minorista/productor	17.40/o	33.30/o
<b>El Salvador</b>		
Precio al productor	0.26	0.28
Precio al por mayor	0.28	0.45
Precio al por menor	0.32	0.53
<i>Márgenes</i>		
Mayorista/productor	7.70/o	60.70/o
Minorista/mayorista	14.30/o	17.80/o
Minorista/productor	23.10/o	89.30/o
<b>Honduras</b>		
Precio al productor	0.18	0.22
Precio al por mayor	0.20	0.34
Precio al por menor	0.23	0.39
<i>Márgenes</i>		
Mayorista/productor	11.10/o	54.50/o
Minorista/mayorista	15.00/o	14.70/o
Minorista/productor	27.80/o	77.30/o
<b>Nicaragua</b>		
Precio al productor	0.24	0.40
Precio al por mayor	0.26	0.44
Precio al por menor	0.30	0.51
<i>Márgenes</i>		
Mayorista/productor	8.30/o	10.00/o
Minorista/mayorista	15.40/o	15.90/o
Minorista/productor	25.00/o	27.50/o

Cont.

Países	Promedio 1969-1973	Promedio 1974-1978
<b>Costa Rica</b>		
Precio al productor	0.22	0.27
Precio al por mayor	0.27	0.54
Precio al por menor	0.31	0.64
<i>Márgenes</i>		
Mayorista/productor	13.60/o	0.80/o
Minorista/mayorista	14.80/o	18.50/o
Minorista/productor	40.90/o	28.00/o
<b>Panamá</b>		
Precio al productor	0.21	0.25
Precio al por mayor	0.23	0.27
Precio al por menor	0.47	0.48
<i>Márgenes</i>		
Mayorista/productor	9.50/o	8.00/o
Minorista/mayorista	104.30/o	77.80/o
Minorista/productor	123.80/o	92.00/o

Fuente: Cálculos hechos con base en datos de las Tablas 10 a 15 del Anexo.

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 índices de costo de vida. En dichos precios al productor, sin embargo, está incorporado el costo creciente de producción, por lo que los márgenes de utilidad del agricultor no se han visto proporcionalmente reducidos, sino tan 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 observa la tradicional estacionalidad de las cosechas. Este hecho se traduce en fluctuaciones de precios dentro de cada período agrícola (Tabla 3), en los cuales se observan niveles máximos y mínimos con rangos bastante pronunciados. Ello evi-

**TABLA 3**  
**FRIJOL: PRECIOS MAXIMOS Y MINIMOS AL POR MENOR**  
**(US\$ por kg)**

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 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Precios de venta del Consejo Nacional de Producción.

Fuente: SIECA.

dencia 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 falta de almacenamiento adecuado, hecho que los obliga a negociar la venta de su producto casi de inmediato. Por otra parte, influye también el funcionamiento de un sistema de distribución que impide el suministro regular a precios equitativos y con variaciones mínimas al consumidor.

### *Mermas*

Se estima que 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 su comercialización, exceden del 10<sup>o</sup>/o en los países del Istmo Centroamericano. Las cifras notificadas por GAFICA,<sup>7</sup> y que oscilan desde 3.6<sup>o</sup>/o

<sup>7</sup> Grupo Asesor de la FAO para la Integración Económica Centroamericana. Año 1970.

aplicado a El Salvador, hasta 50/o para Honduras, se aplican exclusivamente a las pérdidas producidas en las fases de transportación y manipuleo. Desafortunadamente, estas cifras no pasan de ser estimados brutos, 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 altos porcentajes 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 capita*, de por sí bastante castigadas.

### *Problemas de Almacenamiento*

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

Normalmente, por provenir de pequeñas extensiones de terreno, las cosechas de frijol no ocasionan al agricultor mayores problemas en su almacenamiento. Generalmente es cosechado con una humedad de 16 a 17/o, aunque en las zonas de mayor precipitación pluvial contiene más del 20/o de humedad. El grano es secado al sol por carecer los agricultores de equipo de secamiento adecuado, y después se guarda en toneles o en sacos. En algunos lugares como ocurre en la zona oriental de Guatemala, se usan pequeños silos de una tonelada más o menos, lo secan al 14/o de humedad, y lo guardan con impurezas (tallos, pedazos de hojas), las que actúan como retenedores de humedad. Al momento de la

venta lo limpian 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 10 por ciento.

No obstante, como se ha señalado, a nivel de Estado, el manejo y almacenamiento de fuertes cantidades de frijol ha representado problemas. Costa Rica y El Salvador, por ejemplo, en diversos períodos han efectuado y acumulado importaciones superiores a 10,000 toneladas. Asimismo, durante la catástrofe del huracán Fifi, Honduras recibió donaciones por magnitudes de ese orden. Desafortunadamente, ninguno de los países dispone de una tecnología adecuada que le permita preservar la calidad del frijol por períodos más largos de almacenamiento. Como consecuencia, las pérdidas sufridas por el endurecimiento de granos almacenados, afectó fuertemente la economía de los organismos reguladores, las que alcanzaron cifras superiores a un millón de dólares en cada país afectado.

La situación en referencia es un problema que preocupa, por cuanto limita severamente la capacidad de los países 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 de consumo, representarían cifras del orden mínimo de 4,000 ton para Guatemala, 3,000 ton para El Salvador, 3,000 ton para Honduras, 4,000 ton en Nicaragua, poco más de 1,000 ton en Costa Rica, y cerca de 400 ton para Panamá.

Como 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 orientados a encontrar sistemas de conservación del grano de frijol sin que éste se endurezca, aun sometido a largos períodos de almacenamiento. Otro propósito es determinar procedimientos a que pueden someterse los granos endurecidos para ser utilizados en el consumo humano y para otros usos.

En conclusión, podemos señalar que los sistemas de comercialización de frijol actuales se manifiestan en: 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, dependen en alto grado del camionero-comercian-

te. 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 detallista desorganizado, situación que afecta los abastecimientos, pues generalmente se presenta un crecido número de pequeñas unidades de venta. A ello se une 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 cantidades significativas de frijol. Frente a esta necesidad se presenta el factor limitante que es 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 la magnitud real de las pérdidas post-cosecha, a fin de adoptar las acciones que permitan superarlas, y b) que como un esfuerzo regional, continúen las investigaciones en la búsqueda de un sistema económico de conservación del frijol almacenado por un largo período, sin que se endurezca. Lo mismo aplica a la búsqueda de formas alternativas de utilización de los granos endurecidos para consumo humano.

**ANEXO**



TABLA 1

GUATEMALA: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION  
(Toneladas métricas)

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Expor- taciones <sup>2</sup>	Utilización			
				Semilla <sup>3</sup>	Mermas <sup>4</sup>	Consumo humano	
						Total tm	kg per capita
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

<sup>1</sup> Banco de Guatemala y Dirección General de Estadística.

<sup>2</sup> Dirección General de Estadística: Anuarios de Comercio Exterior. Incluidos movimientos de semilla.

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

<sup>4</sup> 4.2% sobre oferta total:  $P + M - X$ . Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

TABLA 2  
EL SALVADOR: DISPONIBILIDAD DE FRIJOL PARA CONSUMO INTERNO  
(Toneladas métricas)

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Expor- taciones <sup>2</sup>	Inventarios iniciales <sup>3</sup>	Inventarios finales <sup>3</sup>	Utilización			
						Semilla <sup>4</sup>	Mermas <sup>5</sup>	Consumo humano	
								Total tm	kg <i>per capita</i>
1965-66	20,800	13,496	1,738	258	672	1,583	1,157	29,404	9.35
1966-67	15,462	14,481	2,998	672	423	1,702	979	24,513	7.54
1967-68	17,486	15,493	910	423	543	1,898	1,150	28,901	8.59
1968-69	21,447	11,395	272	543	2,010	1,969	1,120	28,004	8.06
1969-70	26,287	6,237	15	2,010	1,486	2,163	1,170	29,700	8.29
1970-71	29,877	1,986	50	1,486	327	2,390	1,188	29,424	7.75
1971-72	34,500	333	280	327	3,399	2,383	1,133	27,965	7.36
1972-73	27,402	3,780	—	3,399	3,307	2,702	1,126	27,446	7.02
1973-74	37,476	3,076	—	3,307	1,233	3,080	1,534	38,010	9.44
1974-75	33,681	7,416	—	1,233	1,674	3,346	1,464	35,846	8.65
1975-76	39,643	3,028	51	1,674	15,543	3,167	1,035	24,549	5.75
1976-77	40,025	368	12	15,543	13,335	3,180	1,533	37,876	8.62
1977-78	34,224	1,268	19	13,335	11,886	3,600	1,330	32,012	7.08
1978-79	43,240	—	162	11,886	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

<sup>2</sup> Dirección General de Estadística: Anuarios de Comercio Exterior.

<sup>3</sup> Ministerio de Planificación, Indicadores Económicos y Sociales.

<sup>4</sup> Calculado aplicando 60 kg por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.

<sup>5</sup> 3.6% sobre oferta total:  $P + M - X \pm$  inventarios netos. Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

TABLA 3

HONDURAS: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION  
(Toneladas métricas)

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Expor- taciones <sup>2</sup>	Utilización			
				Semilla <sup>3</sup>	Mermas <sup>4</sup>	Consumo humano	
						Total tm	kg per capita
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

<sup>1</sup> Banco Central de Honduras.

<sup>2</sup> Dirección de Estadística y Censos, Anuarios de Comercio Exterior.

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

<sup>4</sup> 5.0% sobre oferta total:  $P+M-X$ . Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

TABLA 4  
NICARAGUA: DISPONIBILIDAD DE FRIJOL PARA CONSUMO INTERNO  
(Toneladas métricas)

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Expor- taciones <sup>2</sup>	Inventarios iniciales <sup>3</sup>	Inventarios finales <sup>3</sup>	Utilización			
						Semilla <sup>4</sup>	Mermas <sup>5</sup>	Consumo humano	
								Total tm	kg <i>per capita</i>
1965-66	49,045	455	4,442	—	—	3,378	1,937	39,743	22.61
1966-67	52,537	1,502	1,794	—	—	3,522	2,246	46,477	25.66
1967-68	55,168	1,370	4,648	—	—	3,576	2,231	46,083	24.71
1968-69	56,033	1,527	4,680	—	—	2,454	2,274	48,154	25.08
1969-70	31,708	1,828	5,982	—	—	2,820	1,185	23,549	11.95
1970-71	36,349	1,392	10,859	—	—	2,940	1,156	22,786	11.20
1971-72	37,674	3,052	9,306	—	—	2,412	1,351	27,657	13.16
1972-73	28,626	3,602	25	—	—	2,838	1,385	27,980	12.88
1973-74	34,164	3,348	1,055	566	1,826	3,936	1,514	29,747	13.25
1974-75	46,584	1,419	1,783	1,826	21,473	3,390	1,143	22,040	9.20
1975-76	44,270	99	3,039	21,473	18,763	4,080	1,894	38,066	16.31
1976-77	54,156	109	48	18,763	20,769	3,720	2,245	46,252	18.68
1977-78	41,165	837	864	20,769	11,210	4,020	2,180	44,497	17.40
1978-79	55,500	979	3,907	11,210	12,264	3,174	2,215	46,129	17.45

<sup>1</sup> Banco Central: Boletines Anuales del Departamento de Estudios Económicos.

<sup>2</sup> Dirección de Estadística: Anuarios de Comercio Exterior. Incluidos movimientos de semilla.

<sup>3</sup> Informes Anuales del Banco Central.

<sup>4</sup> Calculado aplicando 60 kg por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.

<sup>5</sup> 4.3% sobre oferta total:  $P + M - X \pm 1$ . Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

TABLA 5

COSTA RICA: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION  
(Toneladas métricas)

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Expor- taciones <sup>2</sup>	Utilización			
				Semilla <sup>3</sup>	Mermas <sup>4</sup>	Consumo humano	
					Total tm	kg per capita	
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	15.67
1968-69	11,058	8,425	62	3,018	796	15,607	9.35
1969-70	15,296	16,124	1	2,034	1,288	28,575	16.50
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

<sup>1</sup> Banco Central de Costa Rica.

<sup>2</sup> Dirección de Estadística y Censos, Anuarios de Comercio Exterior.

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

<sup>4</sup> 4.10/o sobre la oferta total: P + M - X. Porcentaje tomado de las hojas de balance del Compendio Estadístico Centroamericano. SIECA, 1975.

TABLA 6  
PANAMA: BALANCE DE DISPONIBILIDAD/UTILIZACION  
(Toneladas métricas)

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Expor- taciones <sup>2</sup>	Utilización			
				Semilla <sup>3</sup>	Mermas <sup>4</sup>	Consumo humano	
						Total tm	kg per capita
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

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

<sup>2</sup> Dirección de Estadística y Censos, Anuarios de Comercio Exterior de Panamá: 1965-66 a 1971-72; Foreign Agriculture.

<sup>3</sup> Circular, mayo 1980, 1972-73 a 1978-79.

<sup>4</sup> Calculado aplicando 60 kg por hectárea a sembrar en el ciclo siguiente.

**TABLA 7**  
**REPUBLICA DOMINICANA: OFERTA INTERNA**  
**(Toneladas métricas)**

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Utilización			
			Semilla <sup>3</sup>	Merma 4.90/o	Total tm	kg per capita
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

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

<sup>2</sup> Foreign Agricultural Trade Statistical Report, US Department of Agriculture, and Foreign Agriculture Circular, US Department of Agriculture.

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

TABLA 8  
HAITI: OFERTA INTERNA  
(Toneladas métricas)

Años	Producción <sup>1</sup>	Impor- taciones <sup>2</sup>	Utilización			
			Semilla <sup>3</sup>	Merma 4.9 <sup>o</sup> /o	Total tm	kg per capita
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

<sup>1</sup> FAO, Boletines Mensuales de Economía y Estadísticas Agrícolas. Años: 1967-68, 1969-70 y 1972-73 a 1978-79.

Años restantes calculados por interpolación.

<sup>2</sup> US. Department of Agriculture, Foreign Agriculture Circular.

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

TABLA 9

**FRIJOL: PRODUCCION MUNDIAL**  
(1,000 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.

TABLA 10

**GUATEMALA: PRECIOS DE FRIJOL NEGRO**  
(US Dólares por kg)

Años	Productor <sup>1</sup>	Por mayor <sup>2</sup>	Consumidor <sup>3</sup>	Indice precios al consumidor 1975 = 100 <sup>3</sup>	Oficiales de garantía <sup>4</sup>
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

<sup>1</sup> Dirección General de Estadística.

<sup>2</sup> Dirección General de Estadística, SIECA y Banco de Guatemala.

<sup>3</sup> Dirección General de Estadística, Banco de Guatemala y cálculos por cambio de base.

<sup>4</sup> INDECA. Precio para Oriente, Altiplano Central y Sur-Occidente.

TABLA 11

EL SALVADOR: PRECIOS DE FRIJOL ROJO  
(US Dólares por kg)

Años	Productor <sup>1</sup>	Por mayor <sup>2</sup>	Consumidor <sup>2</sup>	Indice precios al consumidor 1975= 100 <sup>3</sup>	Oficiales de garantía <sup>4</sup>
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 <sup>a</sup>	177.3	0.565
1978	—	0.574	—	200.8	0.600
1979	—	0.448	—	—	0.600

<sup>1</sup> Calculados con base en datos del Banco Central.

<sup>2</sup> Instituto Regulador de abastecimientos: IRA y SIECA.

<sup>3</sup> Dirección de Estadística y Censos y cálculos por cambio de base.

<sup>4</sup> IRA: Precios para calidad 1.

<sup>a</sup> Datos preliminares.

TABLA 12

HONDURAS: PRECIOS DE FRIJOL ROJO  
(US Dólares por kg)

Años	Productor <sup>1</sup>	Por mayor <sup>2</sup>	Consumidor <sup>1</sup>	Índice precios al consumidor 1975= 100 <sup>3</sup>	Oficiales de garantía <sup>4</sup>
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

<sup>1</sup> Banco Central de Honduras.

<sup>2</sup> Banco Central de Honduras e IHMA.

<sup>3</sup> Banco Central de Honduras y cálculos por cambio de base.

<sup>4</sup> Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola (IHMA), precios promedio.

TABLA 13

NICARAGUA: PRECIOS DE FRIJOL ROJO  
(US Dólares por kg)

Años	Productor <sup>1</sup>	Por mayor <sup>1</sup>	Consumidor <sup>1</sup>	Indice precios al consumidor 1975= 100 <sup>2</sup>	Oficiales de garantía <sup>3</sup>
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 <sup>a</sup>	0.544 <sup>a</sup>	116.6	0.423
1978	0.445	0.520	—	121.9	0.342 <sup>b</sup>
1979	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Banco Central de Nicaragua.

<sup>2</sup> Banco Central de Nicaragua y cálculos por cambio de base.

<sup>3</sup> Banco Central, valores promedios de compra.

<sup>a</sup> Preliminar. <sup>b</sup> Precio oficial.

TABLA 14

**COSTA RICA: PRECIOS DE FRIJOL NEGRO**  
(US Dólares por kg)

Años	Productor <sup>1</sup>	Por mayor <sup>2</sup>	Consumidor <sup>2</sup>	Indice precios al consumidor 1975= 100 <sup>3</sup>	Oficiales de garantía <sup>1</sup>
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	—	—	—	—	—

<sup>1</sup> Banco Central de Costa Rica.

<sup>2</sup> Dirección de Estadística y Censos, Anuarios Estadísticos.

<sup>3</sup> Banco Central y cálculos por cambio de base.

TABLA 15

**PANAÑA: PRECIOS DE FRIJOL COLORADO (o CHIRICANO)  
(US Dólares por kg)**

Años	Productor <sup>1</sup>	Por mayor <sup>2</sup>	Consumidor <sup>1</sup>	Índice precios al consumidor 1975 = 100 <sup>2</sup>
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

<sup>1</sup> Dirección de Estadística y Censos: Estadística Panameña y Panamá en Cifras.

<sup>2</sup> Dirección de Estadística y Censos y cálculos por cambio de base.

## EL SIGNIFICADO ALIMENTARIO Y NUTRICIONAL DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL

*Ricardo Bressani*<sup>1</sup>

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
Guatemala, Guatemala, C. A.

### INTRODUCCION

La producción agrícola mundial presenta, en los momentos actuales, muchos problemas que están poniendo en peligro la disponibilidad futura de alimentos. Entre los problemas más serios se cuentan los recursos energéticos cada día más limitados y por consiguiente más costosos, la menor cantidad de tierra arable, los pocos incentivos de las políticas agropecuarias, y el incremento general de la población.

Esta serie de problemas y muchos otros más nos conducen a formular una pregunta fundamental: ¿cómo utilizar más eficientemente los recursos limitantes del globo terrestre para el mejoramiento integral del hombre? Básicamente, lo que esta interrogante 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 el análisis —que en términos de una ecuación multifactorial como debería ser para los propósitos de esta discusión— incluyese como factores princi-

---

1 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

pales 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 expuesto y a otras consideraciones hemos propuesto la fórmula que se indica en la Tabla 1 con miras a contar con las bases necesarias para responder a los aspectos nutricionales y de aceptabilidad que se requiere considerar en el rubro de la producción de alimentos, así como para integrar las actividades entre el sector agrícola y los de tecnología y nutrición. Esta ecuación define productividad a partir de la cantidad de materia seca por hectárea, en base a la estabilidad y eficiencia en transformar el alimento para su consumo y a partir de su valor nutritivo. Este último componente es muy importante para motivar los otros dos, ya que, después de todo, se produce con el propósito de que el consumidor satisfaga sus necesidades nutricionales y, además, para que en el transcurso haya beneficios económicos para todos.

TABLA 1

## PRODUCTIVIDAD AGRICOLA PARA EL HOMBRE

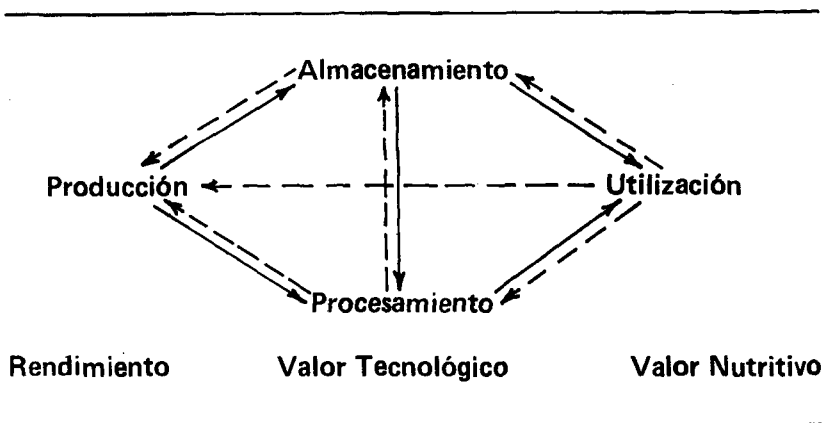
Productividad =	Producción x valor tecnológico x valor nutritivo
Producción:	kg/ha
Valor tecnológico:	Características aceptables de conservación, procesamiento y aceptabilidad
Valor nutritivo:	Utilización máxima de nutrientes del alimento solo o combinado en dietas

El término producción es fácil de comprender, e incluye la tecnología necesaria para que el cultivo produzca con la eficiencia que le permite su estructura genética. En lo que a su valor tecnológico concierne, se deben considerar las tecnologías de conservación y procesamiento, tanto en relación con el aspecto de producción, como con el de utilización por el consumidor. El valor nutritivo se refiere a los aspectos de utilización de nutrientes y con qué eficiencia proporciona el alimento esos nutrientes al individuo.

Para comprender la fórmula multifactorial es necesario aceptar que los factores son dependientes entre sí a fin de ser vehículos de nutrientes para el individuo, como se indica en la Figura 1. Los datos en la Figura muestran en forma sencilla la cadena de eventos, desde la producción hasta su utilización, y también señalan la interacción que debe existir entre ellos. En pocas palabras, una limitación en su utilización debe ser analizada desde el ángulo de si ésta depende de la estructura genética de la planta, o si 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 lo referente a producción.

Las consideraciones expuestas sirven de base para la discusión del problema que abordaremos en esta oportunidad, o sea 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 su disponibilidad al consumidor (1). Por lo general y en lo que se refiere a granos básicos, las pérdidas consideradas son las de orden físico y las inducidas por contaminación química o biológica. No obstante, las pérdidas de granos, por ejemplo de frijol, ocasionadas por endurecimiento



Incap 80-917

FIGURA 1

Etapas en la cadena alimenticia e interacciones

no han sido del todo objeto de consideración, 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 parte del consumidor. Finalmente, representa una pérdida debido a que si llega a cocinarse, el procesamiento térmico al cual se somete destruye su valor nutritivo.

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

#### SIGNIFICADO ALIMENTARIO DEL FRIJOL

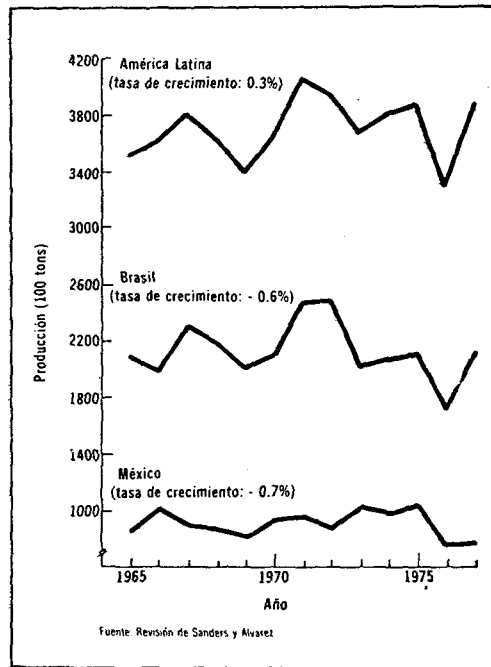
La mayor parte de las encuestas sobre consumo de alimentos efectuadas en América Latina, ha demostrado que el alimento más importante, después de un cereal, de un tubérculo o un fruto, es el frijol. Las cantidades consumidas por persona por día varían entre los países. A título informativo, en la Tabla 2 se consignan algunos datos de 1969 a ese respecto para los países de Centro América (2, 3). En el medio 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 otros datos de tipo socioeconómico, indican que existe poca diferencia en cuanto a la cantidad consumida entre los grupos socioeconómicos bajos y los grupos socioeconómicos altos, lo que sugiere que es un alimento de alta aceptabilidad. Se ha observado que como consecuencia de la relativa baja disponibilidad del frijol, lo 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 revelado que el consumo de frijol, *per capita*/día ha descendido de alrededor de 17 kg/año a 14 kg/año (4). Esta reducción no se ha debido a que existe una menor demanda ya que, como se dijo antes, es un alimento de alta aceptabilidad, sino más bien al hecho de que, como lo muestra la mis-

TABLA 2

## 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



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

FIGURA 2

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

ma Figura 2, su producción no ha aumentado significativamente en América Latina en general y en Brasil y México en particular (4). Estos datos señalan tasas de crecimiento de 0.30/o para América Latina, y de 0.6 a 0.70/o para Brasil y México, respectivamente. Por otro lado, aunque las tasas de crecimiento poblacional se han reducido en la Región, éstas todavía son significativamente mayores que las del incremento en producción de frijol, lo que ha traído consigo aumentos en los precios. Es posible, pues, que ésta sea la causa que explique una menor frecuencia en consumo, como lo muestra la Tabla 3 para el área rural de Guatemala. Según se observa, sólo un pequeño porcentaje de la población consume el frijol diariamente, mientras que la mayor parte lo hace 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, también es de gran importancia el manejo y el almacenamiento de la producción, para preservar el producto con la calidad adecuada para consumo de la población, más aún si ya de por sí es deficitaria. Todavía no se ha percibido el valor y significado que encierra el concepto de mejor manejo y almacenamiento, como lo demuestra el hecho de que siempre se habla de cuánto ha subido o mermado la producción de frijol.

Las pérdidas post-cosecha pueden originarse por dos causas, las endógenas y las exógenas. Las endógenas son aquéllas resultantes de alteraciones en el proceso biológico natural de maduración; en cambio, las exógenas se originan por influencias externas que

TABLA 3

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

Frecuencia días/semana	Número de familias	Distribución, 0/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.

incluyen alteraciones físicas, ataque de animales e insectos, contaminación bacterial o química y malos sistemas de almacenamiento (5). La condición conocida como endurecimiento del frijol, cae principalmente en este segundo grupo y es el factor responsable de la baja disponibilidad y del alto costo del frijol, casi al mismo grado que lo es la relativa baja producción.

#### SIGNIFICADO NUTRICIONAL DEL FRIJOL

La importancia nutricional del frijol radica en su aporte proteínico a la dieta en general que, como lo revela la Tabla 4, para algunos países de Centro América es de 19 a 27% en el área rural y de 15 a 17% en el área urbana (2). Estas cifras sólo las superan el alto consumo de cereales en el área rural y de los productos de origen animal en el área urbana. Por otro lado, en el caso de poblaciones que consumen yuca o plátano como fuente de energía, el aporte proteínico del frijol es mucho mayor, ya que la concentración de proteína en los alimentos citados antes es sumamente baja.

TABLA 4

#### 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.

Además de aportar proteína total a la dieta, es de interés señalar que, como lo indica la misma Tabla, el frijol contribuye con cantidades significativas de otros nutrientes, hierro y tiamina, por ejemplo, así como calcio y niacina en menor grado.

La importancia nutricional del frijol, sin embargo, es mayor

de lo que hasta ahora se ha indicado, y es a causa de su contenido de aminoácidos esenciales para el organismo animal, que constituye el suplemento proteínico natural de la proteína de los cereales. No se desea sugerir, con ello, que la proteína del frijol no tenga deficiencias en aminoácidos, sino más bien que constituye el complemento proteínico ideal para la proteína de los cereales. Esto puede observarse en los resultados que se presentan en la Figura 3, los cuales demuestran que conforme aumenta el aporte de proteína del frijol a la proteína del maíz, en este caso, o viceversa, ocurre un incremento en la eficiencia de utilización de la proteína de la mezcla (6). Esta situación también ocurre con otros cereales, y la Figura 4 revela el efecto complementario existente entre arroz y frijol, lo que da una respuesta muy similar a la que ocurre con maíz y frijol (6).

Un estudio similar, pero realizado con yuca y/o plátano, se expone en la Figura 5, en la que se puede observar una respuesta

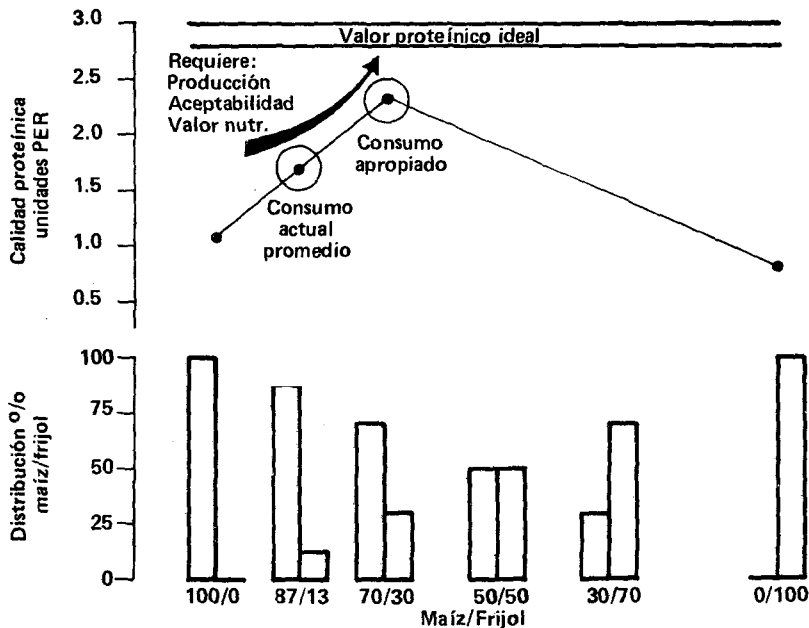


FIGURA 3

Valor proteínico de mezclas de maíz y frijol

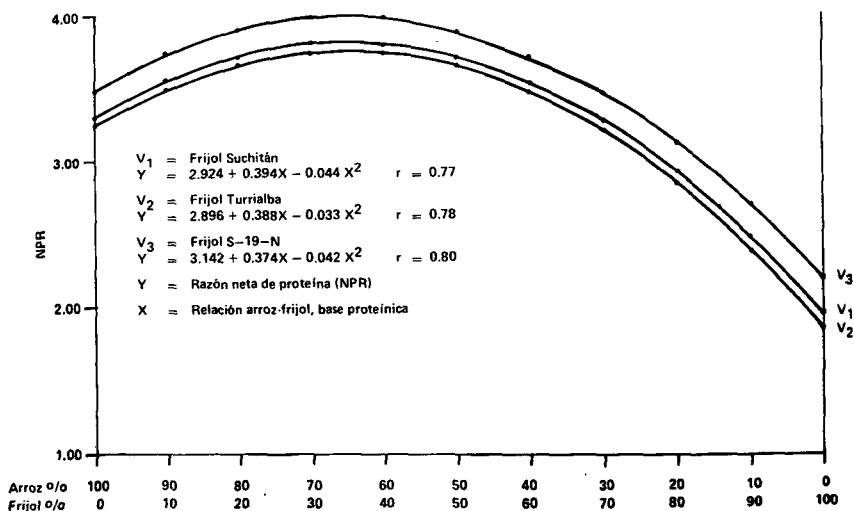


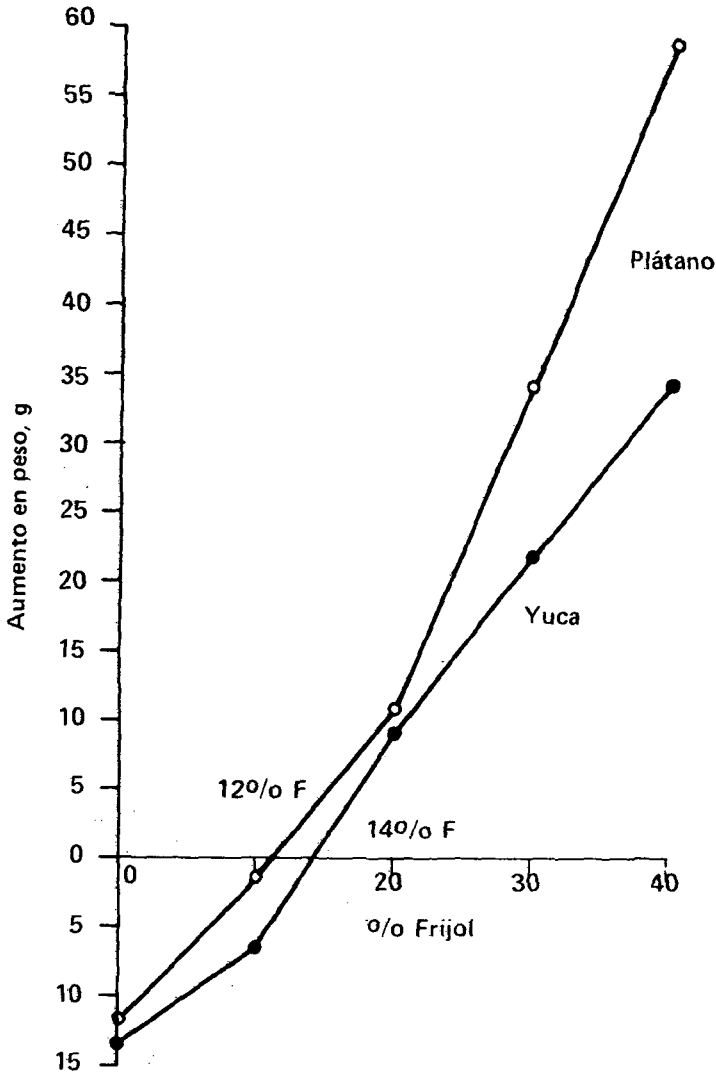
FIGURA 4

Efecto de la suplementación con proteína animal en dietas a base de arroz y frijol sobre el comportamiento de ratas en crecimiento

diferente a la de los cereales, o sea que conforme aumenta el aporte de proteína del frijol, el comportamiento de los animales mejora, pero sin que exista 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. No obstante, en todo caso el punto importante que se desea enfatizar es que el frijol es de gran importancia como aportador de proteína, tanto en términos de cantidad como de calidad, a dietas preparadas a base de cereales o de alimentos farináceos.

#### PROCESAMIENTO DEL FRIJOL

El frijol común —como ocurre en la mayoría de las leguminosas de grano— contiene sustancias de acción fisiológica adversa que es necesario eliminar antes de su consumo. El proceso de eliminación de estas sustancias se logra a través de la cocción húmeda por períodos de tiempo que varían con el tipo de leguminosa, siendo mayor el tiempo de cocción para el frijol común, por ejemplo, que

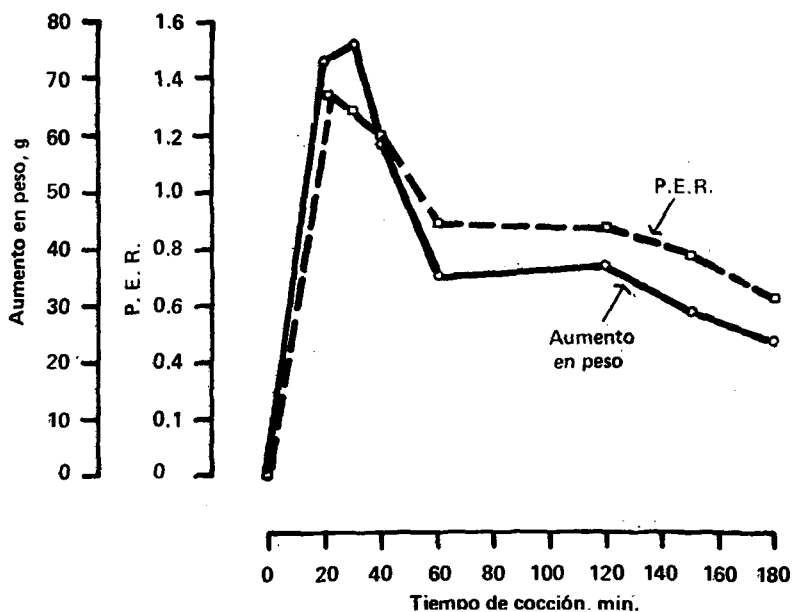


Incap 81-187

FIGURA 5

Cantidad mínima de frijol para mantenimiento de peso de ratas alimentadas con plátano y yuca

para el frijol de costa (*Vigna*). Por otro lado, un exceso de cocción puede traducirse en un deterioro en la calidad proteínica del producto y, consecuentemente, pierde si no todo, al menos gran parte de su potencial como proteína suplementaria. Estas condiciones se observan con bastante claridad en los resultados de la Figura 6, pudiéndose notar dos tendencias bien claras. La primera es aquélla en la cual ocurre un mejoramiento en la calidad del producto y alcanza un valor máximo entre los 30 y 40 minutos de cocción. La segunda tendencia, también clara, es la descendente, que se presenta 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 manera que el aminoácido ya no es utilizado por el organismo animal, y de ahí el descenso en su valor proteínico (8). Ajeno a ello, es probable que los pigmentos del frijol también reaccionen con los aminoácidos,



Bressani, Elías & Valiente 1963.

FIGURA 6

Efecto del tiempo de cocción sobre la calidad proteínica del frijol

imposibilitando su liberación por el sistema enzimático gastrointestinal y reduciendo así la digestibilidad de su proteína (9).

#### DURACION Y CONSECUENCIAS DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL

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

Ahora bien, por razones que todavía son objeto de investigación, el frijol tiende a resistir el proceso de cocción, tendencia que se magnifica con un almacenamiento inadecuado, condición ésta que se le conoce como endurecimiento (10-13). Esta condición —que se encuentra muy frecuentemente en el frijol— tiene implicaciones de gran magnitud, tanto desde el ángulo económico como nutricional. La Figura 7 muestra un corte transversal de dos frijoles, uno recién cosechado y el otro que había sido almacenado en silos del gobierno durante algún tiempo. Según se nota, hay diferencias gruesas en el corte; el grano recién cosechado se ve completamente hidratado e hinchado; no así el frijol almacenado. Lo que tal vez es peor es la diferencia en cuanto a la cantidad de leña o energía necesarias para cocinar el producto. Esta diferencia en sí 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 habría cocinado con más tiempo, pero, en base a lo ya expuesto (Figura 6), su valor nutritivo sería muy inferior al que podría tener. Uno de los cambios que sufre es la pérdida en aminoácidos, y entre éstos, uno de los más susceptibles es la lisina (Tabla 5).

En este ejemplo, la cocción a presión atmosférica durante ocho horas redujo la cantidad de lisina en un 29% (14). La implicación es que su capacidad suplementaria a los cereales disminuye así como también en los tubérculos y otros alimentos farináceos. Otros datos al respecto se presentan en la Figura 8. En este caso, se aprecia que el tiempo de almacenamiento está inversamente relacionado al valor proteínico, habiendo también una relación inversa entre el valor proteínico y el tiempo de cocción en cada tiempo de almacenamiento (10). Además, el sabor cambia y, como consecuencia, ya no es aceptado por el consumidor, lo que incrementa la pérdida económica en el producto. Un

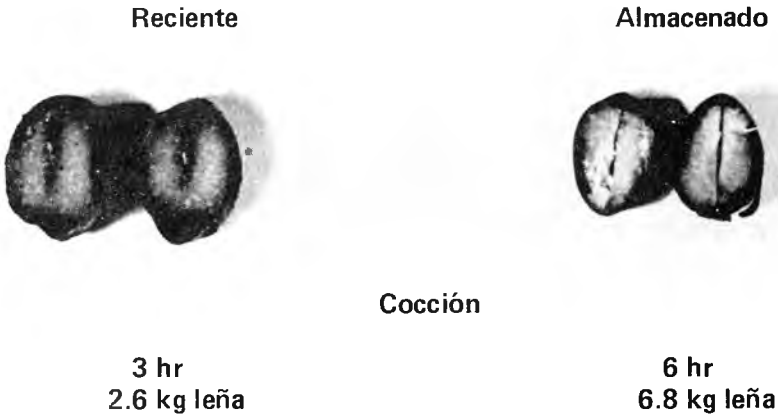


FIGURA 7

Frijol de cosecha reciente o almacenado

caso documentado fue la compra de 5,000 toneladas de frijol adquiridas a un precio de \$0.66 (dólares EUA) el kilogramo. A causa de un manejo sumamente malo, el frijol finalmente se vendió a un precio de 0.15/kg, todo lo cual se tradujo en una pérdida de \$2.3 millones más los costos de almacenamiento que ello significó para Guatemala (5).

#### HIPOTESIS GENERAL DEL PROCESO DE ENDURECIMIENTO

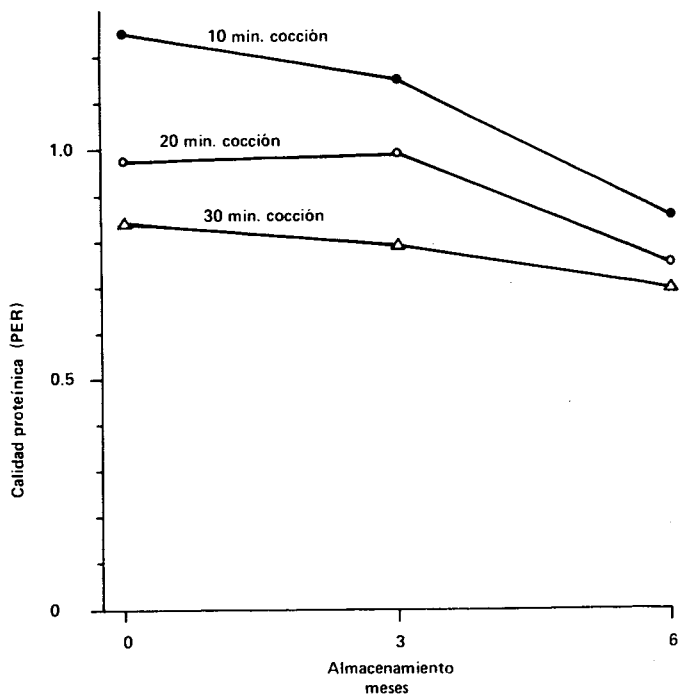
Hasta la fecha no existen datos concretos y conocidos que expliquen el proceso de endurecimiento, pero podría hacerse en términos generales, como se indica en la Figura 9. La evidencia disponible en la actualidad sugiere que existen dos vías que dan origen a esa condición. Una vía es inherente a la semilla, o sea aquella que podría originarse de las partes anatómicas del grano, las que, a su vez, podrían ser de origen genético o adquiridas por la planta, de acuerdo al medio en que se cultiva. Por ejemplo, el espesor de la cáscara y la apariencia de la misma, el tamaño del grano y la longitud del hilum, y, posiblemente, el contenido de proteína. El papel de estas estructuras puede estar influenciado por el almacenamiento. Esto constituye la segunda vía del endurecimiento, que induce cambios físicos y químicos en la micro-estructura de

TABLA 5

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

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

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



incap 81-188

FIGURA 8

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de la proteína del frijol cocinado durante 10, 20 y 30 minutos

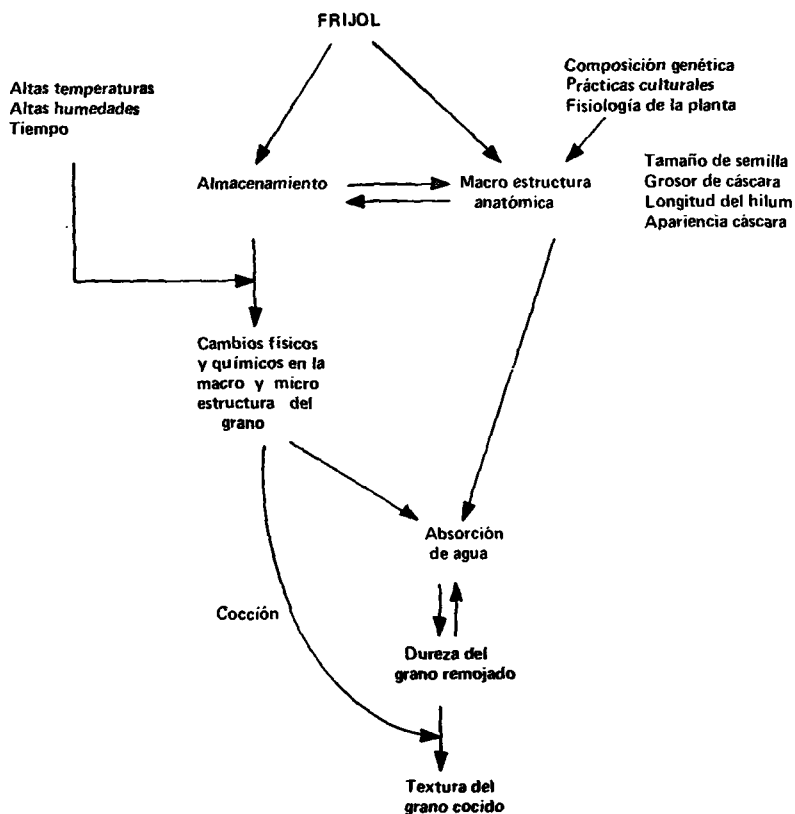


FIGURA 9

Hipótesis sobre el proceso general de endurecimiento del frijol

la semilla, tanto en la cáscara como en el cotiledón. El efecto de cualquiera de las dos vías es el de resistir la absorción de agua, siendo por ello necesario incrementar el tiempo de cocción para suavizarlos. Algunos datos donde parece existir acuerdo entre investigadores con respecto a la estructura anatómica del grano se presentan en la Tabla 6. Tanto el tamaño del grano, como la clase de cáscara y su estructura, así como la proteína del frijol, afectan la absorción de agua, lo que —como ya se indicó— está

TABLA 6

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 rápida 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 de CHO), más rápida la absorción de agua

relacionado con el endurecimiento del frijol (15). El mecanismo es complejo y requiere ser dilucidado. Según se explicó, ese endurecimiento ocasiona pérdidas económicas en el producto mismo y en el mayor uso de energía, y pérdidas nutricionales, ya que no se consume, o bien su calidad nutritiva se deteriora. Además, es posible que la aceptabilidad del frijol por parte del consumidor esté relacionada a la estructura del grano que también determina su preparación para consumo.

Se considera, por consiguiente, que el problema es de gran relevancia, y de ahí la justificación de realizar este Simposio en el que están presentes Ingenieros Agrónomos y Fitomejoradores, quienes realmente son los encargados del almacenamiento de granos, así como científicos en alimentos a fin de que, a manera de equipo, puedan resolver el problema. Los conocimientos actuales al respecto y la información que sustenta el tema que nos ocupa, serán tratados en las conferencias a dictarse en el curso de este importante evento.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Post-Harvest Food Losses in Developing Countries.** Washington, D. C., National Research Council-National Academy of Sciences, 1978.
2. Flores, M., R. Bressani & L. G. Elías. Factores y tácticas que influyen en los hábitos alimentarios del consumidor. En: **El Potencial del Frijol y de Otras Leguminosas de Grano Comestibles en América Latina.** Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), agosto de 1975, p. 49-64 (Serie CS-2).
3. Bressani, R., M. Flores & L. G. Elías. Aceptabilidad y valor nutricional de las leguminosas de grano en la dieta humana. En: **El Potencial del Frijol y de Otras Leguminosas de Grano Comestibles en América Latina.** Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), agosto de 1975, p. 13-29 (Serie (CS-2).
4. Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Hojas de Frijol para América Latina.** Cali, Colombia, CIAT, marzo de 1979.
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. En: **Nutrients in Processed Foods. Proteins.** (Chapter 16). American Medical Association, Acton, Mass., Pub. Sci. Group, Inc., 1974.
7. Bressani, R., L. G. Elías & A. T. Valiente. Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Brit. J. Nutr.**, 17: 69-78, 1963.
8. Bressani, R. & L. G. Elías. The nutritional role of polyphenols in beans. En: **Polyphenols in Cereals and Legumes.** J. H. Hulse (Ed.). Ottawa, Canada, International Development Research Centre (IDRC), 1978, p. 61. (IDRC-145e).
9. Molina, M. R., G. de la Fuente & R. Bressani. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, 40: 587-591, 1975.
10. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley & P. W. Voisey. The effect of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (*Vigna unguiculata*). **J. Food Sci.**, 43: 1832-1838, 1978.
11. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley & 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.
12. Varriano-Marston, E. & 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.
13. Almas, K. & A. E. Bender. Effect of heat treatment of legumes on

- available lysine. *J. Sci. Food Agr.*, **31**: 448-452, 1980.
14. Bressani, R., L. G. Elías & M. E. de España. Posibles relaciones entre medidas físicas, químicas y nutricionales en frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **31**: 550-570, 1981.

## ESTUDIOS REALIZADOS POR EL CIGRAS SOBRE EL ENRIQUECIMIENTO DEL FRIJOL

*Miguel A. Mora C.*<sup>1</sup>

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

### GENERALIDADES

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Todos los ensayos se hicieron al menos en duplicado.

#### ENSAYO No. 1

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

#### *Materiales y métodos*

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

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

TABLA 1

#### CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

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

### *Resultados y discusión*

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

#### ENSAYO No. 2

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

#### *Materiales y métodos*

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

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

#### *Resultados y discusión*

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

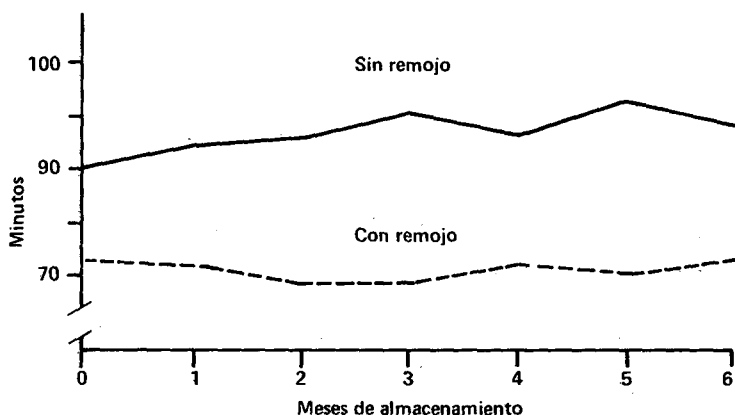


FIGURA 1

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

TABLA 2

## CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

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

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

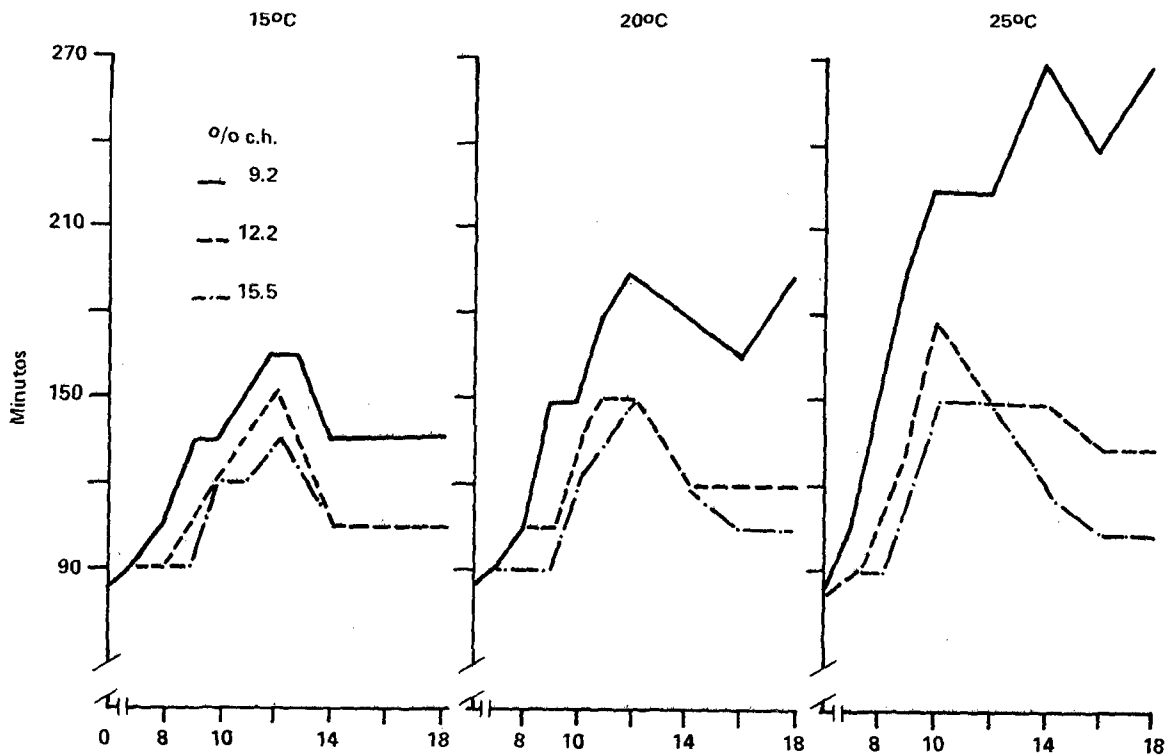


FIGURA 2

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

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

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

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

### ENSAYO No. 3

#### *Efecto del Tratamiento con Calor sobre el Endurecimiento del Frijol*

##### *Antecedentes*

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

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

### *Materiales y métodos*

Para este estudio se utilizaron frijoles negros recién cosechados (con cerca de 16% 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. Los frijoles en cada combinación de humedad y tiempo de exposición en el horno se almacenaron luego a 13 y 16% de humedad y a 25°C durante 12 meses (Tabla 3).

TABLA 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% de contenido de humedad y a 25°C.

\*\*b Frijol almacenado luego a 16% de contenido de humedad y a 25°C.

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

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

*Resultados y discusión*

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

TABLA 4

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

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

\* El tiempo de cocción inicial fue de 60 minutos.

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

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

#### ENSAYO No. 4

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

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

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

### *Materiales y métodos*

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

TABLA 5

#### CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DEL FRIJOL

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

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

### *Resultados y discusión*

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

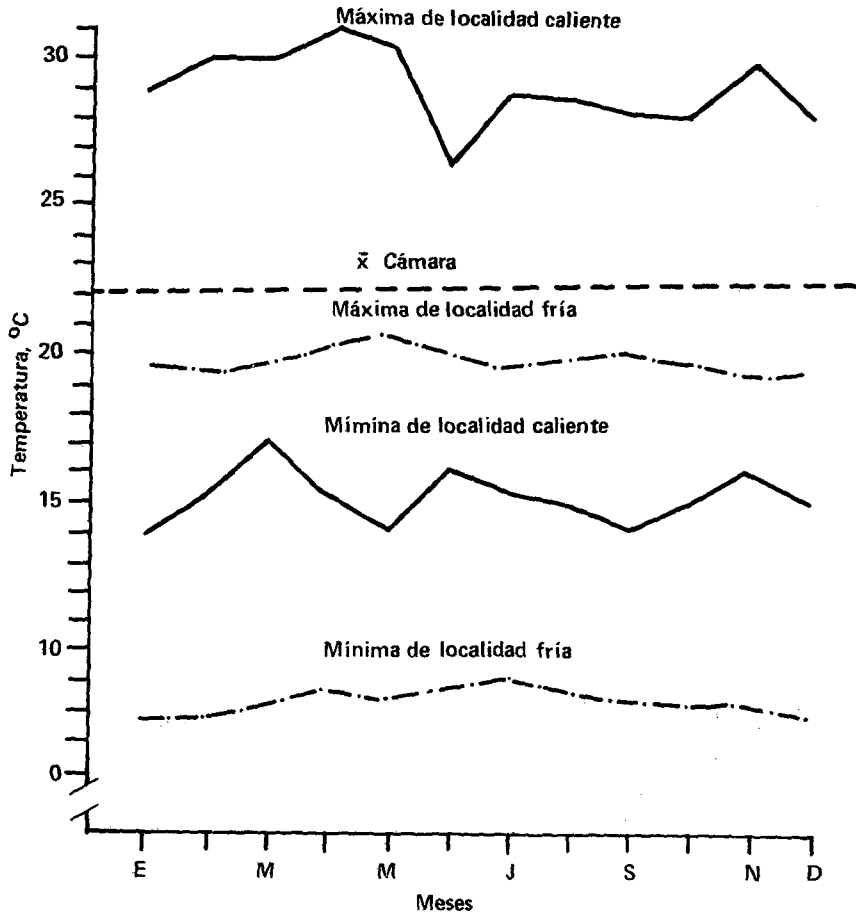


FIGURA 3

Temperaturas de tres localidades usadas para almacenar frijoles

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

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

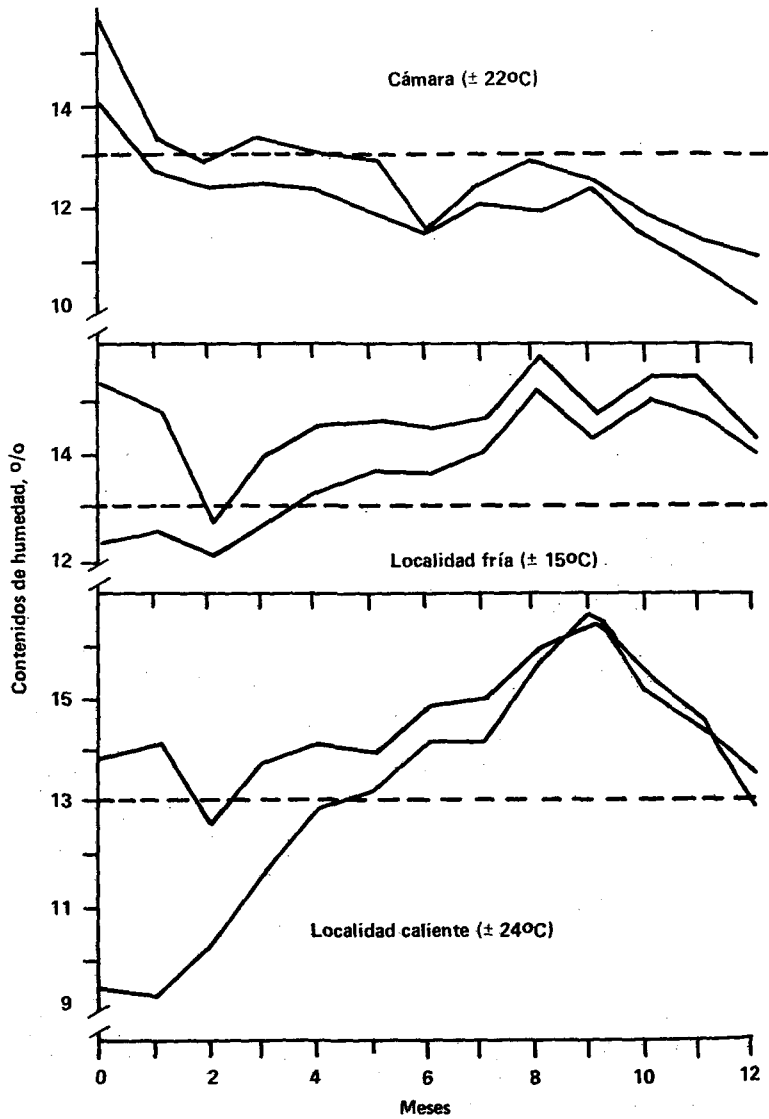


FIGURA 4

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

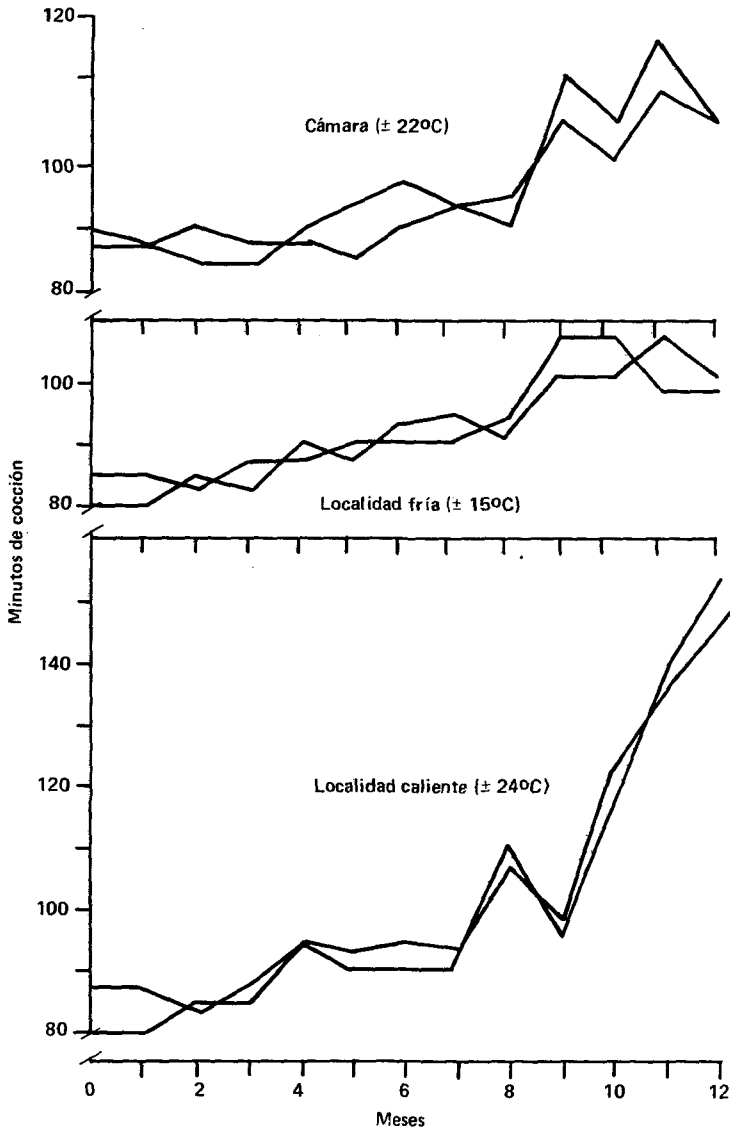


FIGURA 5

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

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

### *Contenido de humedad*

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

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

### *Tiempo de cocción*

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

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

## BIBLIOGRAFIA

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

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

# **EFFECTO DEL ALMACENAMIENTO A TEMPERATURA Y HUMEDAD ALTAS SOBRE ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL FRIJOL**

*Wilfredo Moscoso*<sup>1, 2</sup>

**Instituto Superior de Agricultura Santiago de los Caballeros,  
República Dominicana**

## **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 cocción. Los frijoles almacenados durante 10 meses a 25°C con una humedad relativa de 65% toman de 5 a 6 veces más del tiempo requerido para su ablandamiento (1). El problema es más evidente en las zonas tropicales donde existen condiciones normales de alta temperatura y alta humedad relativa.

Gloyer (2) identificó dos problemas como los 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 granos afectados por este problema sufren una rehidratación lenta, lo que afecta las propiedades de cocimiento y de germinación de las semillas.

b) Esclerema, que se considera como la impermeabilidad de los cotiledones al agua debido a cambios enzimáticos que ocurren

---

1 Miembro del Instituto Superior de Agricultura, Apartado 166, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.

2 Los datos que aquí se dan a conocer fueron parcialmente tomados del Trabajo de Tesis sometido por el Dr. Moscoso a la Universidad de Cornell, Ithaca, N. Y., Estados Unidos, como requisito parcial para completar los requerimientos de Doctorado.

durante el almacenamiento. Como resultado, el frijol pierde su propiedad de ablandamiento, requiriendo más tiempo de cocción que los frijoles normales.

El trabajo que seguidamente se detalla, analiza los factores conocidos, tanto físicos como químicos, que inciden en el desarrollo de ambos problemas.

#### ABSORCION DE AGUA

De acuerdo a Gloyer (2) las propiedades de absorción de agua de los frijoles secos es afectada por factores de variedad, clima, de orden cultural y también de almacenamiento. Si los frijoles secos se almacenan en un cuarto caliente con una humedad relativa baja, ello induce el problema de cáscara dura o de impermeabilidad de la cáscara al agua. Crean y Haisman (3), por ejemplo, encontraron que la impermeabilidad de la cáscara al agua se puede inducir secando guisantes de cáscara uniforme hasta un contenido de humedad menor de 15<sup>o</sup>/o. El cambio es reversible si almacenamos los guisantes que son impermeables en un ambiente de humedad relativa alta, o sea que éstos se vuelven permeables a medida que su contenido de humedad aumenta. El mismo autor notificó un efecto similar en otro estudio (4) realizado con 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-Dedeh y Stanley (5) informaron diferencias en el espesor de la cáscara, hilum y micrópilo de caupís (*Vigna sinensis*), las cuales determinan la razón de absorción de agua en diferentes variedades. De acuerdo a los datos resultantes, una cáscara fina, y un hilum y micrópilo grandes favorecen la rápida absorción de agua.

Hamad y Powers (6), Snyder (7) y Varriano-Marston y De Omana (8) dan cuenta de cierta 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. Así, Mejía (9) y Sefa-Dedeh, Stanley y Voisey (10) encontraron una relación negativa entre la absorción de agua de frijoles secos almacenados y sus propiedades de cocción. Sin embargo, Burr, Kon y Morris (11) y Molina *et al.* (12) encontraron que frijoles secos, los cuales absorbían agua tan rápidamente como frijoles frescos, mostraron pérdi-

das en sus propiedades de cocción. Recientemente, Jackson y Varriano-Marston (13) sugirieron que la pérdida en propiedades de cocción 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 se remojan a un mismo contenido de humedad antes del proceso de cocción.

En la Figura 1 se exponen 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 (14). 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 con la cantidad máxima de agua absorbida después de 12 horas de remojo.

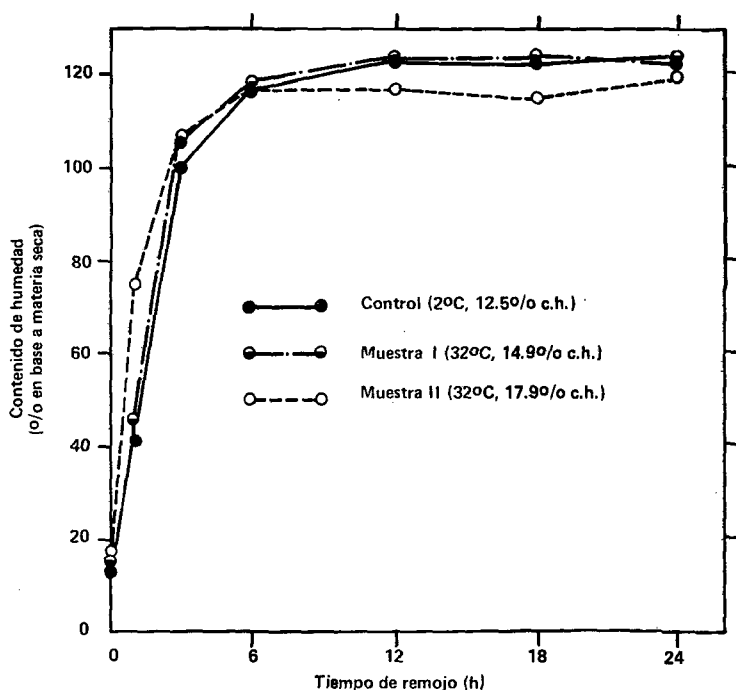


FIGURA 1

Absorción de agua en frijoles secos después de tres meses de almacenamiento

Por otro lado, los frijoles almacenados a 32°C, con un contenido de humedad de 14.90/o, acusaron un incremento consistente en la cantidad de agua absorbida durante la primera hora de remojo a través de nueve meses de almacenamiento (Figura 2). Ello sugiere que los cambios ocurridos durante el almacenamiento hacen la cáscara más permeable a la penetración de agua. No obstante, este punto requiere mayor investigación, debido a que los cambios no fueron tan consistentes en las muestras almacenadas a 32°C y con un contenido de humedad de 17.90/o (14).

Moscoso (14) también contró 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. Así, muestras almacenadas a 20°C tuvieron absorción de agua constante durante los nueve meses de estudio, mientras que las muestras almacenadas a 32°C mostraron un descenso gradual en la

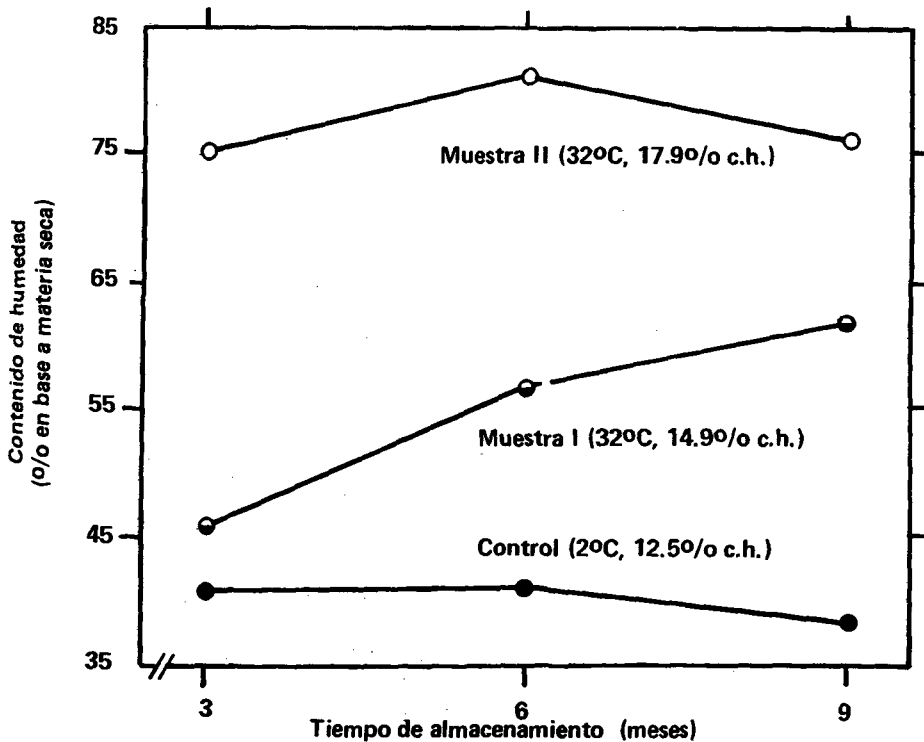


FIGURA 2

Absorción de agua en frijoles después de una hora de remojo

cantidad máxima de agua absorbida durante el mismo período (Figura 3).

### PROPIEDADES DE COCCION

Una temperatura alta y una humedad relativa alta durante el almacenamiento se traducen en un incremento en el tiempo de cocción necesario para ablandar los frijoles; se observa además, amarronamiento de las semillas; rancidez de las grasas, y la aparición de sabores y olores indeseables (11, 15-18). A pesar de ello, Morris y Wood (16) informaron que los frijoles almacenados con un contenido de humedad menor del 10% mantuvieron su calidad durante dos años a 77°F, casi tan bien como una muestra control almacenada a -10°F.

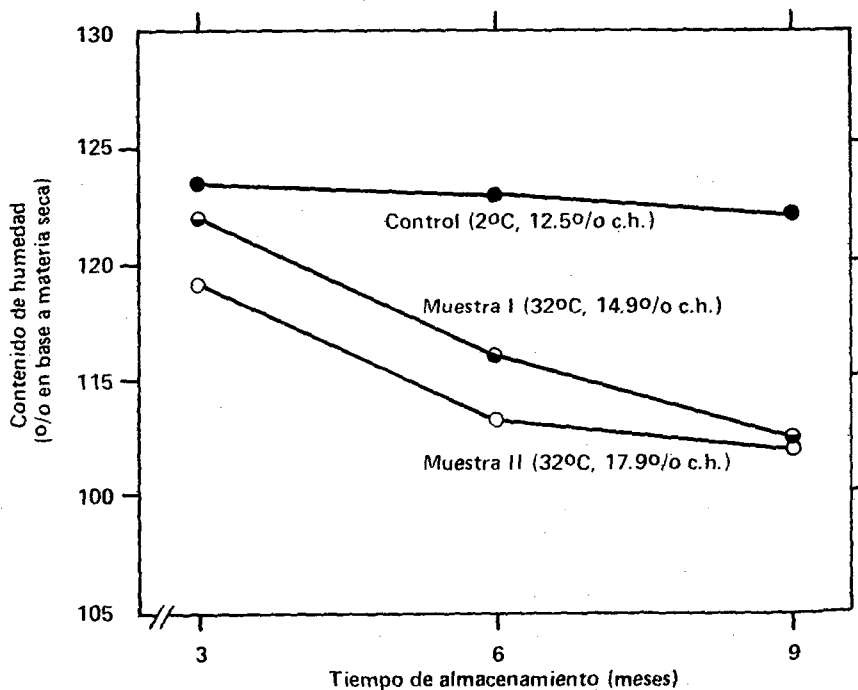


FIGURA 3

Absorción de agua en frijoles después de 24 horas de remojo

La pérdida en la propiedad de cocción de los frijoles se atribuye a cambios enzimáticos o químicos que ocurren durante el almacenamiento. Mattson (19) notificó que si los guisantes se remojan en agua durante ocho días, éstos pierden totalmente la propiedad de ablandarse durante el cocimiento. Sin embargo, si los guisantes son hervidos por 10 minutos luego de remojarlos en agua durante cuatro 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.* (20) atribuyeron 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 (12) y fue efectivo en prevenir una reducción en el contenido de taninos de los frijoles durante el almacenamiento (9). Por otra parte, Harman y Mattick (21) notificaron una reducción en el contenido de ácidos linoleico y linolénico en guisantes envejecidos durante 10 semanas a 30°C y a una humedad relativa de 92%.

Sefa-Dedeh, Stanley y Voisey (18) sugirieron que al proceso de ablandamiento durante el cocimiento de caupís frescos seguían reacciones cinéticas de primer orden, pero aquéllos almacenados a temperaturas altas no siguieron el mismo patrón. Huang y Bourne (22) encontraron que las causas del ablandamiento en guisantes verdes enlatados y en frijoles secos durante el proceso de retorta, eran consistentes con dos mecanismos cinéticos simultáneos de primer orden: mecanismo 1, que actúa sobre el sustrato "a" que se consideraba eran las sustancias pécticas en la lamela media, y el mecanismo 2 que actúa sobre el sustrato "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 en papel logarítmico 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, éstas se tradujeron en líneas rectas indicativas de que el proceso de ablandamiento sigue una reacción cinética de primer orden (Figuras 4 a 6). La Tabla 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 mejores de  $-0.96$  (14).

De acuerdo a los datos presentados por Moscoso (14), es evi-

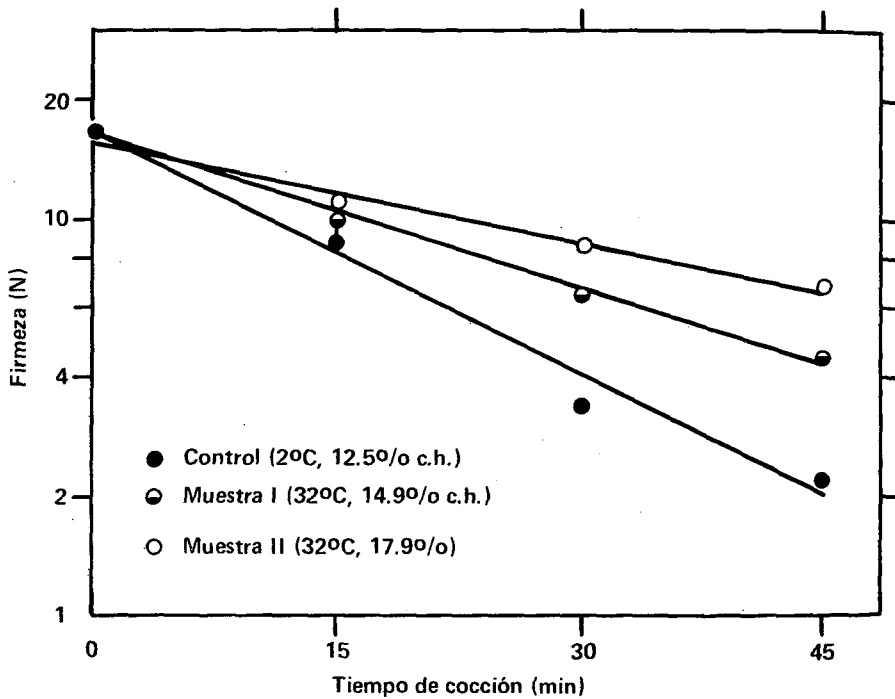


FIGURA 4

Ablandamiento de los frijoles almacenados durante tres meses

dente un descenso en las razones de ablandamiento en ambas muestras almacenadas a 32°C. Los frijoles almacenados con un contenido de humedad de 17.9% mostraron mayor descenso que los almacenados con un contenido de humedad de 14.9%. Se observa que los frijoles almacenados a 32°C, con un contenido de humedad de 17.9%, tuvieron razones de cocción similares a seis y nueve meses de almacenamiento. Aparentemente, los frijoles alcanzaron una razón de ablandamiento mínima luego de ser almacenadas durante seis meses. Los frijoles almacenados con un contenido de humedad de 14.9% acusaron una razón de ablandamiento intermedia, la cual disminuyó progresivamente durante el período de almacenamiento. Los resultados concuerdan con informes previos de que la temperatura y humedad relativa altas durante el

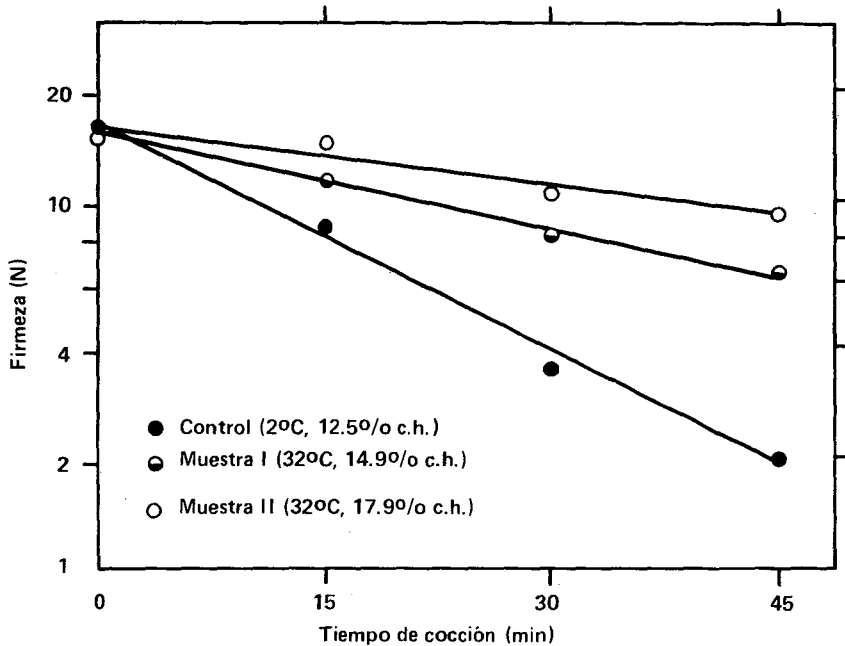


FIGURA 5

Ablandamiento de los frijoles almacenados durante seis meses

almacenamiento causan un incremento en el tiempo requerido para ablandar los frijoles secos (1, 11, 20).

Las razones constantes de ablandamiento revelaron una alta correlación negativa ( $r = -0.91$ ) con el contenido de humedad de los frijoles remojados durante una hora. Una relación inversa se observó luego de remojarlos por 24 horas, siendo el coeficiente de correlación de 0.88 (14). Debido a que Jackson y Varriano-Marston (13) 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 los responsables de cambiar las propiedades de absorción de agua y las razones de ablandamiento durante la cocción de los frijoles almacenados.

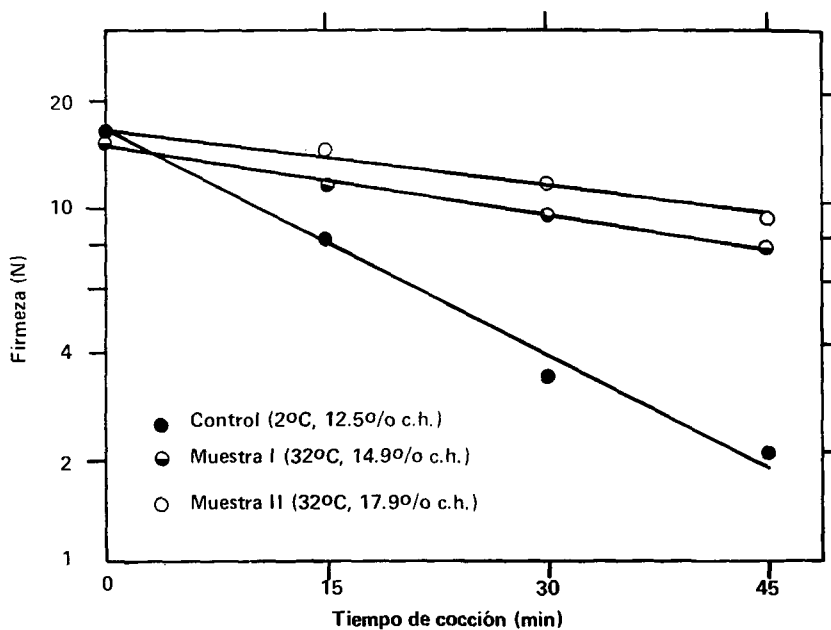


FIGURA 6

**Ablandamiento de los frijoles almacenados durante nueve meses**

#### SUBSTANCIAS PEPTICAS

Kon (23) sugirió que el ablandamiento de las leguminosas durante la cocción implica un intercambio de calcio presente en el pectato de calcio insoluble de las leguminosas, con el sodio y el potasio presentes en el fitato de sodio y potasio soluble. Estudios de la estructura celular en cotiledones de las habas, realizados con el microscopio electrónico, revelan una disolución gradual de la lamela media durante la cocción. Cuando el tejido está completamente cocido la lamela media aparece completamente disuelta, observándose una separación de las células (24). Sefa-Dedeh, Stanley y Voisey (18) detectaron poco rompimiento en la lamela media de caupís, los cuales fueron almacenados por 12 meses a

TABLA 1

RAZONES CONSTANTES DE ABLANDAMIENTO APARENTE Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION PARA FRIJOLES ALMACENADOS\*

Tiempo de almacenamiento (meses)	Control (20°C, 12.50/o c.h.)		Muestra I (32°C, 14.50/o c.h.)		Muestra II (32°C, 17.90/o c.h.)	
	Razón constante (min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación	Razón constante (min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación	Razón constante (min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación
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

\* Correlación del tiempo de cocción con el logaritmo de la firmeza de los frijoles.

29°C y a una humedad relativa de 80% o, aún después de 90 minutos de cocimiento a 100°C. Este hallazgo implica que los frijoles de fácil y difícil cocimiento difieren en la razón relativa a la cual la lamela media se rompe.

Cuando se cuecen los materiales vegetales, las protopectinas son parcialmente hidrolizadas a pectinas solubles en agua en proporción directa con la severidad del proceso de cocción (25). Las pectinas son consideradas como las sustancias cemento que mantienen las células vegetales juntas; por este motivo, una medida de las sustancias pécticas insolubles en agua proporcionará información respecto a la fortaleza de ligación que mantiene las partes celulares juntas.

Se ha sugerido que el proceso de ablandamiento de los frijoles secos depende de la razón de disolución de la lamela media (18, 24). La razón de rompimiento de la protopectina durante el proceso de cocimiento puede ser estimada siguiendo los cambios que se suscitan en el contenido de sustancias pécticas insolubles en función del tiempo de cocción de los tejidos.

Una gráfica del logaritmo del contenido de las sustancias pécticas insolubles en la cáscara y cotiledones, versus el tiempo de cocción, sugiere que la disolución de las sustancias pécticas durante la cocción sigue reacciones cinéticas de primer orden (14). Las razones constantes aparentes calculadas a partir de las inclinaciones de las líneas se presentan en las Tablas 2 y 3 para las cáscaras y cotiledones, respectivamente. A pesar de que los resultados no fueron tan consistentes como aquéllos de las razones de ablandamiento, se observa una aproximación muy buena a los datos experimentales como lo indican los coeficientes de correlación que —en todos los casos— fueron mayores de  $-0.80$ , y muchas veces mayores de  $-0.94$ .

Las razones constantes de ablandamiento mostraron una alta correlación con las razones constantes de la disolución de las sustancias pécticas en la cáscara y cotiledones (Figuras 7 y 8). Los datos indican que las razones constantes rápidas de ablandamiento, corresponden a las razones constantes rápidas de disolución de las sustancias pécticas durante la cocción (14).

Jackson y Varriano-Marston (13) y Morris (1), ya citados, informaron que la cáscara de frijoles frescos contribuía en mayor medida a las propiedades de cocción de los frijoles secos, mientras que los cotiledones jugaban un papel más predominante en la propiedad de cocción de los frijoles envejecidos. Los datos consignados en las Tablas 2 y 3 sustentan estas observaciones, debido a que

TABLA 2

RAZONES CONSTANTES APARENTES DE LA DISOLUCION DE LAS SUBSTANCIAS PECTICAS EN LA CASCARA Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION\*

Tiempo de almacenamiento (meses)	Control (20°C, 12.5°/o c.h.)		Muestra I (32°C, 14.9°/o c.h.)		Muestra II (32°C, 17.9°/o c.h.)	
	Razón constante (10 <sup>-3</sup> x min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación	Razón constante (10 <sup>-3</sup> x min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación	Razón constante (10 <sup>-3</sup> x min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación
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

\* Correlación del tiempo de cocimiento con el logaritmo del contenido de sustancias pécticas insolubles en agua.

TABLA 3

RAZONES CONSTANTES APARENTES DE LA DISOLUCIÓN DE LAS SUBSTANCIAS PECTICAS  
EN EL COTILEDON Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION\*

Tiempo de almacenamiento (meses)	Control (20°C, 12.5°/o c.h.)		Muestra I (32°C, 14.9°/o c.h.)		Muestra II (32°C, 17.9°/o c.h.)	
	Razón constante (10 <sup>-3</sup> x min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación	Razón constante (10 <sup>-3</sup> x min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación	Razón constante (10 <sup>-3</sup> x min <sup>-1</sup> )	Coefficiente de correlación
	3	1.19	-0.99	0.51	-0.99	0.28
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

\* Correlación del tiempo de cocimiento con el logaritmo del contenido de sustancias pécticas insolubles en agua.

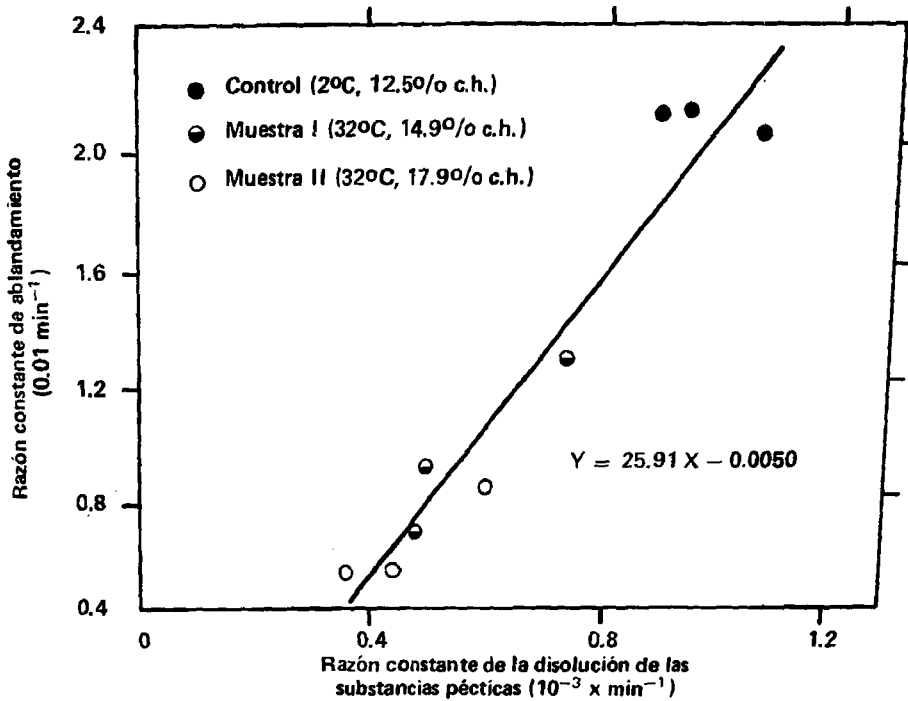


FIGURA 7

Relación entre la razón constante de ablandamiento y la razón constante de disolución de las sustancias pécticas en la cáscara

las razones constantes de la disolución de las sustancias pécticas, tanto en la cáscara como en los cotiledones de los frijoles frescos y envejecidos, mostraron diferencias relacionadas con las propiedades de cocción de los mismos. El promedio de las razones constantes de la disolución de las sustancias pécticas fue relativamente más alta en los cotiledones que en la cáscara de los frijoles almacenados a 20°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, con un contenido de humedad alto, donde las razones de disolución de las sustancias pécticas en la cáscara fueron más altas que en los cotiledones.

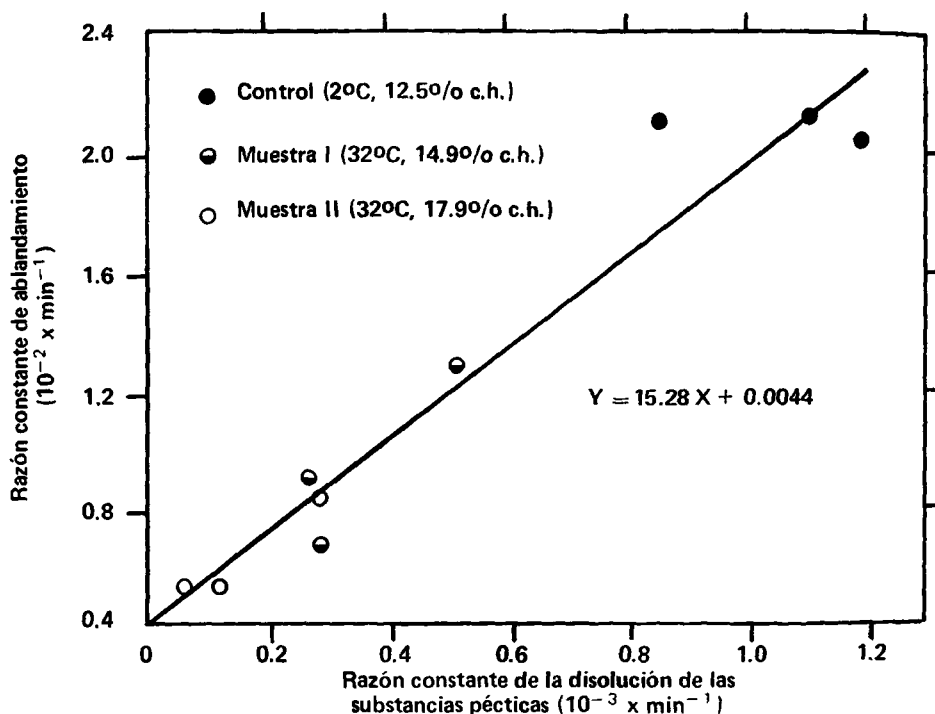


FIGURA 8

Relación entre la razón constante de ablandamiento y la razón constante de disolución de las sustancias pécticas

#### ACIDO FITICO

De acuerdo a Mattson *et al.* (20), el deterioro que ocurre en la calidad de cocción de los guisantes secos durante su almacenamiento, se debe al rompimiento hidrolítico del fitato por la enzima fitasa, lo que resulta en la formación de fosfato inorgánico, el cual no actúa como un precipitante de calcio y magnesio al pH de los guisantes. Haisman (26) informó que el remojo por 18 horas a 20°C, de guisantes almacenados a 37°C, a una humedad relativa de 75% durante 12 meses, se tradujo en una pérdida considerable de ácido fítico: además, los guisantes eran de difícil cocimiento. Por otra parte, aquéllos de fácil cocción no experimentaron grandes pérdidas de ácido fítico durante el remojo. Se observaron pér-

didadas adicionales durante el proceso de cocción para ambas muestras, pero los guisantes de fácil cocción retuvieron cantidades relativamente mayores de ácido fítico. Por otra parte, frijoles rojos almacenados bajo condiciones diferentes de temperatura y contenido de humedad acusaron diferencias en su contenido de fósforo del ácido fítico, luego de ser remojados durante 18 horas a 25°C (Figura 9). Los frijoles almacenados a 2°C no mostraron cambios significativos (al nivel del 5% de probabilidad) en su contenido

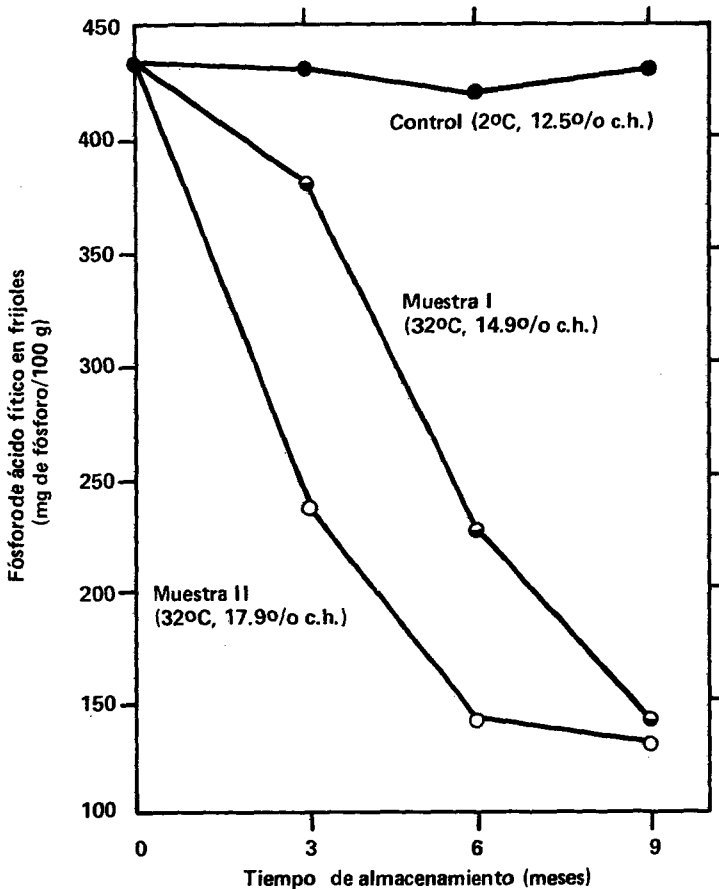


FIGURA 9

Fósforo de ácido fítico en frijoles rojos remojados

de ácido fítico durante el almacenamiento. No obstante, los almacenados a 32°C, con un contenido alto de humedad, mostraron un descenso consistente en su contenido de ácido fítico, siendo las muestras almacenadas con un contenido de humedad de 17.90/o o las que acusaron la mayor reducción (14).

De acuerdo a los datos presentados por Moscoso (14), un contenido de fósforo de ácido fítico de los frijoles remojados tiene una alta correlación con la razón de ablandamiento de los frijoles ( $r = 0.96$ ), con la razón constante para la disolución de las sustancias pécticas en las cáscaras ( $r = 0.95$ ) y con los cotiledones ( $r = 0.92$ ). Ello implica que un alto contenido de fósforo de ácido fítico en los frijoles favorece una razón rápida del ablandamiento y disolución de las sustancias pécticas, haciendo los frijoles de más fácil cocción. Este punto se ilustra mejor trazando una gráfica de la firmeza de los frijoles luego de la cocción por 45 minutos versus el contenido de fósforo de ácido fítico en los frijoles remojados (Figura 10). Según se aprecia, la correlación negativa ( $r = -0.97$ ) es alta, lo que indica que mientras más alto sea el contenido de fósforo del ácido fítico de los frijoles, menor será la firmeza después de la cocción.

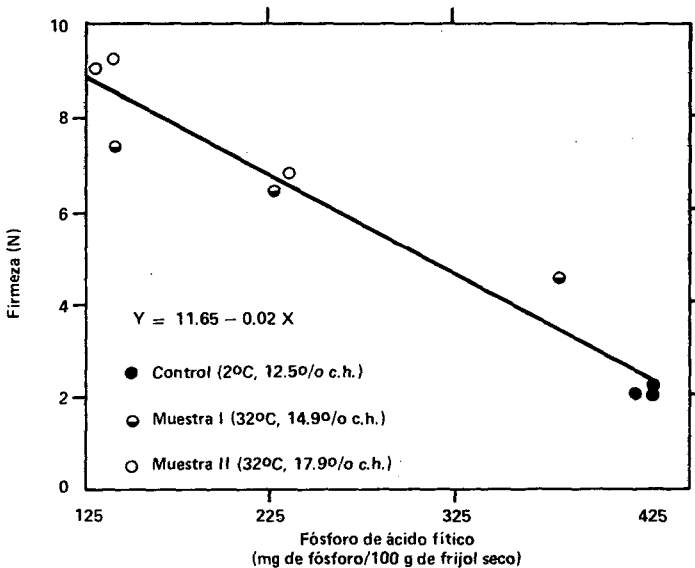


FIGURA 10

Relación entre el fósforo del ácido fítico en frijoles remojados y la firmeza de los frijoles después de 45 min de cocción

## MINERALES

De acuerdo a Mattson *et al.* (20), los guisantes son más fáciles de ablandar a medida que aumenta la razón de cationes monovalentes a divalentes. A un contenido dado de ácido fítico, los cationes afectan la propiedad de cocción en el orden de  $K > Mg > Ca$ . Los frijoles secos son muy susceptibles a los iones de calcio y magnesio presentes en el agua de remojo o de cocción, lo que da como resultado una pérdida en la propiedad de cocción (6, 27). Hasta el calcio y el magnesio endógenos afectan adversamente la propiedad de cocción (19, 28). Por otra parte, los cationes monovalentes como el sodio y el potasio tienden a hacer los frijoles de más fácil cocción (7, 17, 20).

La cantidad de minerales perdidos durante el remojo aumenta a medida que los frijoles envejecen. Haisman (26) notificó que guisantes de difícil cocimiento, los cuales habían sido almacenados a 37°C y a una humedad relativa de 75% durante 12 meses, perdieron más potasio y magnesio que los guisantes de fácil cocción; además, ocurrieron pérdidas adicionales durante el proceso de cocción. Harman y Granett (29) señalan un incremento en la filtración de potasio y magnesio, así como un incremento en la conductividad eléctrica del agua de remojo de guisantes envejecidos, el cual se asoció a extenso daño en la membrana del plasmalema. Por su cuenta, Jackson y Varriano-Marston (13) también observaron un incremento en la razón de filtración de electrolitos durante el remojo de frijoles negros envejecidos, el cual fue atribuido al deterioro de los cotiledones durante el envejecimiento.

La Figura 11 muestra el efecto del tiempo de cocción en el contenido de calcio de la cáscara de frijoles almacenados durante tres meses (14). Los resultados indican que un contenido alto de calcio está relacionado con mayor firmeza, más sustancias pécticas totales y más sustancias pécticas insolubles en agua. El cocinar 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 de 16%.

El efecto del cocimiento en el contenido de magnesio siguió un patrón similar al de calcio (Figura 12). La cáscara en los frijoles almacenados a 2°C perdió cerca del 29% del contenido de magnesio después de cocidos por 45 minutos, mientras que los frijoles de difícil cocimiento experimentaron una reducción menor de 11% en su contenido de magnesio. Parece ser que un conte-

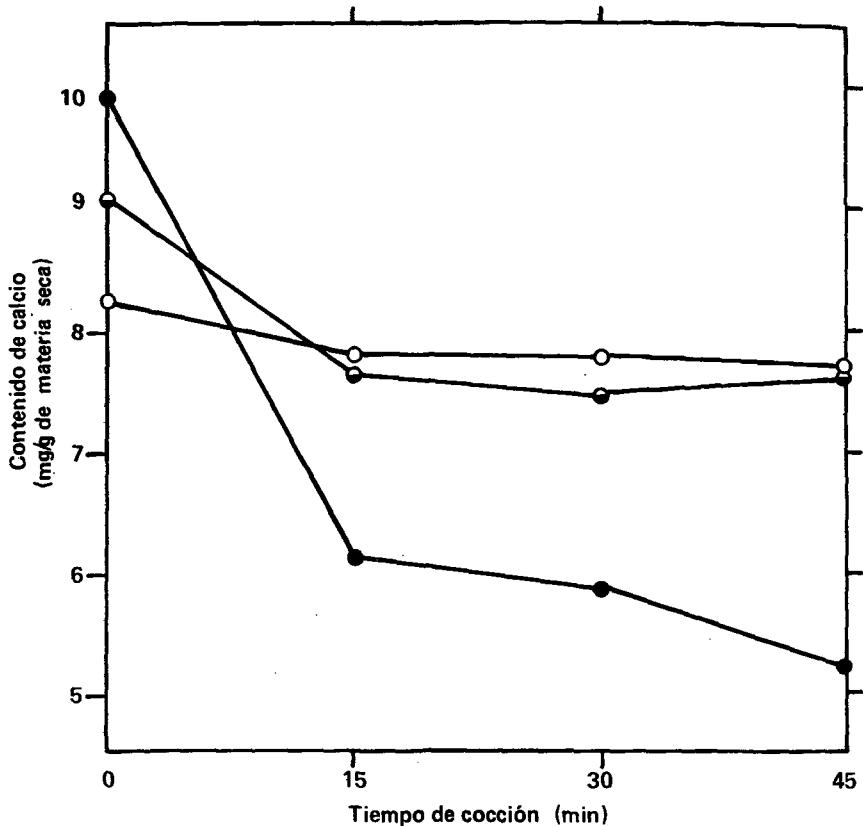


FIGURA 11

Efecto de la cocción en el contenido de calcio de la cáscara de frijoles almacenados durante tres meses. ●, control (20°C, 12.5% c.h.); ○, muestra I (32°C, 14.9% c.h.); ◻, muestra II, (32°C, 17.9% c.h.)

nido alto de magnesio en la cáscara está asociado con un alto grado de firmeza de los frijoles, sustancias pécticas totales y sustancias pécticas insolubles en agua (14).

El contenido de potasio de la cáscara no acusó buena correlación con la firmeza de los frijoles ni con el contenido de sustancias pécticas totales y sustancias pécticas insolubles en agua. La cáscara de los frijoles almacenados a 20°C mostró un contenido bajo de potasio luego de someterse a remojo durante 18 horas a una temperatura de 25°C (Figura 13). Luego de la cocción por 15

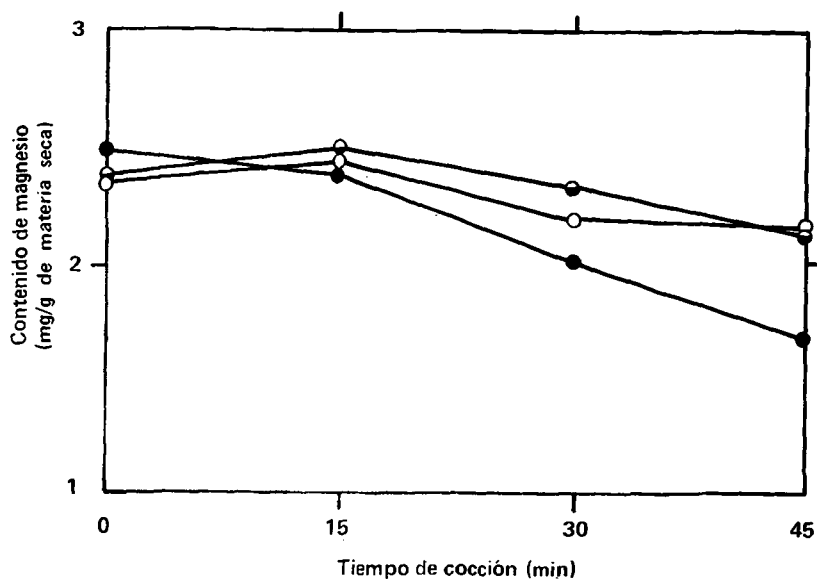


FIGURA 12

Efecto de la cocción en el contenido de magnesio de la cascara de frijoles almacenados durante tres meses. ●, control (2°C, 12.5% c.h.); ◻, muestra I (32°C, 14.9% c.h.); ○, muestra II (32°C, 17.9% c.h.)

minutos, se observó un incremento que más que duplicó el contenido de potasio, traduciéndose en valores comparables al de los frijoles almacenados a 32°C y un contenido de humedad alto (14).

La cocción de los frijoles por 45 minutos tuvo como resultado una ligera reducción en el contenido de potasio de la cáscara de los granos almacenados a 32°C, con un alto contenido de humedad. En vista de que la cáscara de los frijoles almacenados a 2°C reveló una ganancia considerable de potasio durante los primeros 15 minutos de cocimiento, el resultado fue un incremento del contenido de potasio. Sin embargo, la cocción adicional resultó en mayores reducciones de iones de potasio en la cáscara de los frijoles almacenados a 2°C, en contraste con las pérdidas observadas en aquéllos de difícil cocción.

Estudios realizados por Moscoso (14) indican que las razones de cationes monovalentes a divalentes en los cotiledones guardan una correlación positiva con las razones constantes de ablanda-

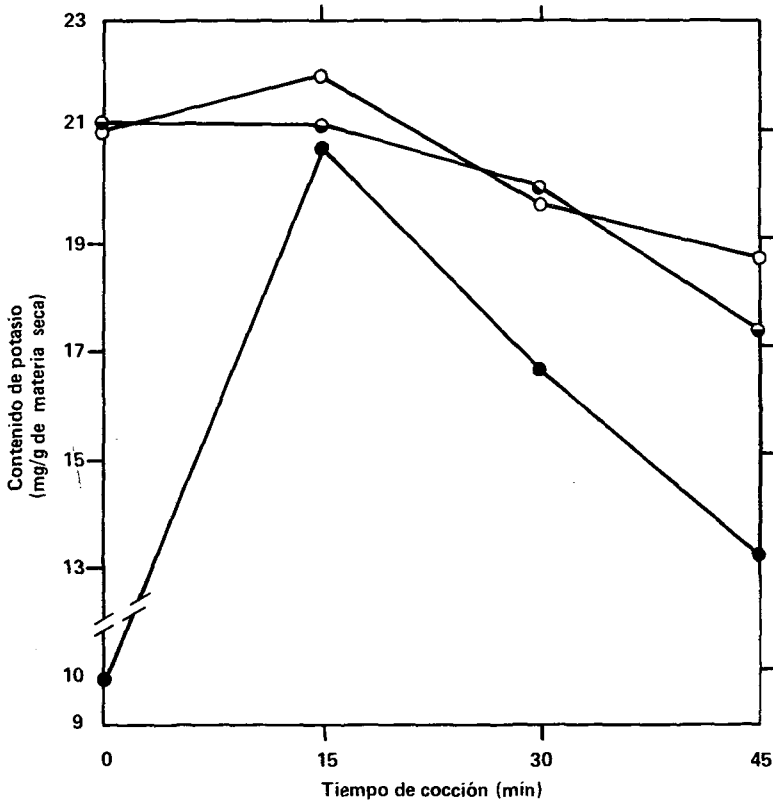


FIGURA 13

Efecto de la cocción en el contenido de potasio de la cáscara de frijoles almacenados durante tres meses. ●, control (2°C, 12.5% o c.h.); ◻, muestra I (32°C, 14.9% o c.h.); ○, muestra II (32°C, 17.9% o c.h.)

miento ( $r = 0.93$ ) y las razones constantes para la disolución de las sustancias pécticas en los cotiledones ( $r = 0.90$ ). Este hallazgo sugiere que una razón alta de cationes monovalentes a divalentes en los cotiledones, hace los frijoles de más fácil cocimiento (Figura 14).

Se observó una inconsistencia aparente en las razones de cationes monovalentes a divalentes en la cáscara, donde una razón baja parece estar relacionada con una mejor propiedad de cocción. Sin embargo, luego de un remojo de 18 horas a 25°C, el contenido

de potasio de la cáscara de los frijoles almacenados a 20°C, estaba entre el intervalo de 8.14 y 9.94 mg/g de materia seca. La cocción de los frijoles por 15 minutos incrementó el contenido de potasio al intervalo de 20.72 a 21.35 mg/g de materia seca. La razón promedio de cationes monovalentes a divalentes para la cáscara de los frijoles almacenados a 20°C fue de 2.5, después de cocinarlos durante 15 minutos. Las razones promedio de cationes monovalentes a divalentes fueron de 2.1 y 1.5 para los frijoles almacenados a 32°C, y un contenido de humedad de 14.90/o y 17.90/o, respectivamente. Los 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.

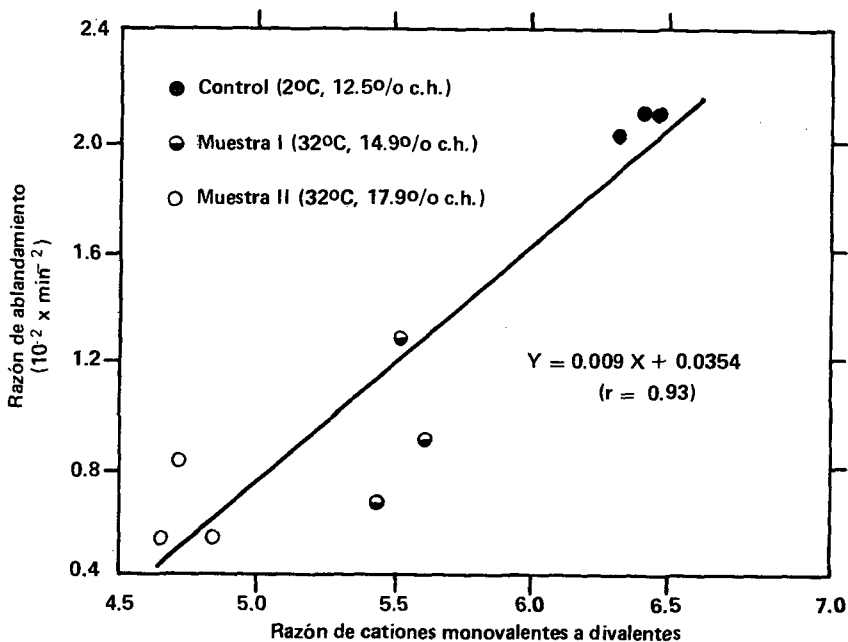


FIGURA 14

Relación entre la razón de ablandamiento y la razón de cationes monovalentes a divalentes en cotiledones sometidos a remojo

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La propiedad de absorción de agua de los frijoles secos, además de estar determinada por factores de variedad, clima y prácticas culturales, es afectada también por el contenido de humedad de los granos. Los estudios indican que el problema de dureza de la cáscara es más evidente en frijoles cuyo contenido de humedad es menor de 150/o.

2. El almacenamiento bajo condiciones de temperatura y contenido de humedad elevados, hace la cáscara más permeable a la penetración del agua. Se requieren mayores investigaciones para determinar si éste 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 la cocción sigue el patrón de reacciones cinéticas de primer orden. El almacenamiento bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa, resulta en una reducción de las razones constantes de ablandamiento.

4. La disolución de las substancias pécticas durante la cocción de los frijoles sigue el patrón de reacciones cinéticas de primer orden. Existen altas correlaciones entre las razones constantes de disolución de las substancias pécticas, y las razones constantes de ablandamiento.

5. Se observa cierta reducción en el contenido de ácido fítico de los frijoles almacenados bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa. Ello se debe tanto al rompimiento hidrolítico del ácido fítico por la enzima fitasa, como a la filtración del mismo durante el proceso de remojo o cocimiento de los granos.

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. La evidencia parece indicar que los factores responsables son los daños que sufren las membranas del plasmalema.

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 contenido de

**ácido fítico y las razones de cationes divalentes a monovalentes. El resultado es que los frijoles pierden su capacidad de fijación de cationes divalentes y su propiedad de intercambio iónico durante la fase de cocción.**

#### BIBLIOGRAFIA

1. Morris, H. J. Cooking qualities of dry beans. En: **Proceedings, Sixth Annual Dry Beans Conference, Los Angeles, California, 1963**. Albany, California, Western Regional Research Laboratory, US Department of Agriculture, 1963, p. 11-23.
2. Gloyer, W. O. Sclerema and hardshell, two types of hardness of the bean. **Proc. Am. Assoc. Official Seed Analysts**, **13**: 60, 1921.
3. Crean, D. E. C. & D. R. Haisman. A note on the slow rehydration of some dried peas. **Hort. Res.**, **2**: 121-125, 1963.
4. Gloyer, W. O. Two new varieties of red kidney beans. New York State Agricultural Experiment-Station, Technical Bull, 145. Geneva, N. Y., 1928.
5. Sefa-Dedeh, S. & D. W. Stanley. The relationship of microstructure of cowpeas to water absorption and dehulling properties. **Cereal Chem.**, **56**: 379-386, 1979.
6. Hamad, N. & J. J. Powers. Imbibition and pectic content of canned dry-lima beans. **Food Technol.**, **19**: 216-220, 1965.
7. Snyder, E. B. Some factors affecting the cooking quality of the pea and Great Northern types of dry beans. Univ. Nebraska Agr. Exper. Station Research Bulletin 85, 1936.
8. Varriano-Marston, E. & 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.
9. Mejía, E. G. **Effect of Various Conditions of Storage on General Aspects of Bean Hardening**. Final Report of UNU Fellow. Guatemala City, Guatemala, C. A., Institute of Nutrition of Central America and Panama (INCAP), 1979.
10. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley & P. W. Voisey. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (*Vigna unguiculata*). **J. Food Sci.**, **43**: 1832-1838, 1978.
11. Burr, H. K., S. Kon & H. J. Morris. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technol.**, **22**: 336-338, 1968.
12. Molina, M. R., M. A. Baten, R. A. Gómez-Brenes, K. W. King & R. Bressani. Heat treatment: a process to control the development of the

- hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, 41: 661-666, 1976.
13. Jackson, J. M. & E. Varriano-Marston. Hard-to-cook phenomenon in beans. 1. Effect of accelerated storage on water absorption and cooking time. **J. Food Sci.**, 46: 799-803, 1981.
  14. Moscoso, W. **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., 1981.
  15. Hughes, P. A. & R. F. Sandsted. Effect of temperature, relative humidity, and light on the color of California light red kidney bean seed during storage. **Hort. Sci.**, 10: 421-423, 1975.
  16. Morris, H. J. & E. R. Wood. Influence of moisture content on keeping quality of dry beans. **Food Technol.**, 10: 225-229, 1956.
  17. Rockland, L. B. & E. A. Metzler. Quick-cooking lima and other dry beans. **Food Technol.**, 21: 344-348, 1967.
  18. Sefa-Dedeh, S., D. W. Stanley & P. W. Voisey. Effect of storage time and conditions on the hard-to-cook defect in cowpeas (*Vigna unguiculata*). **J. Food Sci.**, 44: 790-796, 1979.
  19. Mattson, S. The cookability of yellow peas. **Acta Agr. Suec.**, 2: 185-231, 1946.
  20. Mattson, S. E., E. Akeberg, E. Ericksson, E. Koutter-Anderson & K. Vahtras. Factors determining the composition and cookability of peas. **Acta Agr. Scand.**, 1: 40-61, 1950.
  21. Harman, G. E. & L. R. Mattick. Association of lipid oxidation with seed ageing and death. **Nature**, 260: 323-324, 1976.
  22. Huang, Y. T. & M. C. Bourne. Kinetics of thermal softening of vegetables. Presentado en: **40th Annual Institute of Food Technologists Meeting, New Orleans, La., June, 1980.**
  23. Kon, S. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. **J. Food Sci.**, 44: 1329, 1980.
  24. Rockland, L. B. & F. T. 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. Doesburg, J. J. Pectic substances in fresh and preserved fruits and vegetables. Wageningen, The Netherlands, Institute for Research on Storage and Processing of Horticultural Produce, 1963 (I.B.V.T. Communication No. 25).
  26. Haisman, D. R. Factors controlling the texture of peas. En: **Proceedings 1st International Congress on Food Science and Technology.** London, England, 1962, Vol. 1, p. 711-718.
  27. Crean, D. E. C. & D. R. Haisman. The interaction between phytic acid

- and divalent cations during the cooking of dried peas. **J. Sci. Food Agr.**, **14**: 824-833, 1963.
28. Quenzer, N. M., V. L. Huffman & G. E. Burns. Some factors affecting pinto bean quality. **J. Food Sci.**, **43**: 1059-1061, 1978.
29. Harman, G. E. & A. L. Granett. Deterioration of stored pea seed: changes in germination, membrane permeability and ultrastructure resulting from infection by *Aspergillus ruber* and from aging. **Physiol. Plant. Pathol.**, **2**: 271-278, 1972.

## PREVENCIÓN DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL Y APROVECHAMIENTO DEL GRANO ENDURECIDO

*Mario R. Molina,<sup>1</sup> María Eugenia Rizo,<sup>2</sup> Marco A. Baten<sup>3</sup> y  
Ricardo Bressani<sup>4</sup>*

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
Guatemala, Guatemala, C. A.

### INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) constituye un alimento tradicional en la dieta de varios países tropicales y subtropicales. En dichos países, estos granos aportan cantidades significativas de proteínas y calorías, tanto a la población rural como a la urbana (1). Por consiguiente, los esfuerzos multidisciplinarios (agrícolas,

- 
- 1 Jefe del Programa de Tecnología de Alimentos, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.
  - 2 Estudiante del Curso de Postgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto.
  - 3 Técnico de Laboratorio asignado al Programa de Tecnología de Alimentos de la misma División.
  - 4 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, ya citada.

tecnológico-alimentarios y nutricionales) tendientes a incrementar la disponibilidad de este grano básico en la alimentación de regiones como la centroamericana, son de gran relevancia.

El almacenamiento del grano de frijol se traduce en cambios de las características físicas (dureza y tiempo de cocción, primordialmente), composición química y calidad proteínica de la semilla (2, 3). La magnitud de dichos cambios está vinculada, en su mayor parte, a las condiciones de almacenaje utilizadas. Los cambios a que se alude en las características físicas del grano, así como su posible biodeterioro durante el almacenaje, han sido inculcados como los principales factores que afectan la disponibilidad física del frijol a través de todo el año (4, 5). Por este motivo se considera importante examinar las tecnologías hasta ahora investigadas para minimizar tales efectos detrimentales ocasionados por el almacenaje del frijol, así como con miras a utilizar el grano endurecido.

Los diferentes aspectos tecnológicos investigados hasta ahora para el mejor aprovechamiento del frijol en los diferentes pasos de su utilización, se ilustran en la Figura 1. Este trabajo pretende revisar tales aspectos, y presentar nueva evidencia que brinda cierta información acerca del principio de acción de las tecnologías hasta ahora investigadas para prevenir el desarrollo de la dureza y lograr la mejor utilización del frijol endurecido durante el almacenaje.

#### EFFECTOS DEL ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD DEL FRIJOL

Se ha informado ya en este Simposio (6), así como lo han hecho varios otros autores (7-9), que los frijoles almacenados a temperaturas elevadas y/o con un alto contenido de humedad, tienden a desarrollar cierta dureza y/o un tiempo de cocción mucho mayor que cuando se almacenan a temperaturas bajas y/o con un bajo contenido de humedad. Las curvas de equilibrio de humedad del frijol indican que para mantener al grano con un contenido de 100/o, se necesita de atmósferas que contengan una humedad relativa de 30 a 400/o (4, 10). Por lo mismo, a fin de asegurar una baja humedad del grano durante su almacenaje es necesario considerar la conveniencia de contar con almacenés equipados con control de humedad relativa, que aseguren también una temperatura de almacenaje que, a su vez, permita conservar la calidad del grano. En pocas palabras, se requiere de almacenés con equipo de enfriamiento (4). Por lo tanto, se estima necesario el desarrollo de

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 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tratamiento térmico</li> <li>b. Tratamiento con solución salina (NaCl)</li> <li>c. Atmósfera modificada</li> <li>d. Frijol entero precocido</li> </ul>
Almacenaje	Efecto de temperatura y humedad relativa de almacén sobre el endurecimiento, biodeterioro y calidad proteínica del frijol
Frijol endurecido de mayor tiempo de cocción	Alternativas de utilización como alimento. <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Extrusión</li> <li>b. Enlatado</li> </ul>

FIGURA 1

Aspectos tecnológicos investigados para el mejor aprovechamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*)

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

Por otra parte Molina, Trent y Bressani (11) y Molina *et al.* (5) informaron que una temperatura y humedad relativa proporcionalmente altas (30 a 35°C y 70 a 90%, respectivamente) también provocan un mayor biodeterioro en el caso del frijol negro.

Molina *et al.* (13) al igual que otros investigadores (3, 12) han informado de los cambios en calidad proteínica que acusa el frijol debidos al almacenamiento. Esos cambios detrimentales son más evidentes al comparar los valores obtenidos a un mismo tiempo de remojo y cocción (13).

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA MINIMIZAR EL  
ENDURECIMIENTO O INCREMENTO EN TIEMPO DE COCCION  
DEL FRIJOL DURANTE SU ALMACENAMIENTO

*Bajas Temperaturas y/o Baja Humedad*

Como se señaló antes, 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 40°C) y/o de bajas humedades del grano (10% o menos). La aplicación de tales alternativas en los climas centroamericanos o caribeños implica, sin embargo, el uso de almacenes con control de humedad relativa y/o de equipo de enfriamiento. Por ello, aun cuando la validez tecnológica de tales alternativas ha sido plenamente demostrada (3, 7-9), su posible aplicación a un nivel comunal-rural es un tanto dudosa.

*Tratamiento Térmico a Corto Tiempo*

En un esfuerzo por desarrollar una alternativa más aplicable a nivel centroamericano que las señaladas antes, Molina *et al.* (14) informaron que el tratamiento térmico por corto tiempo, del frijol recién cosechado, bastaba para minimizar el endurecimiento o incremento en el tiempo de cocción del grano, aun cuando éste fuese almacenado a 25°C, y 70% de humedad relativa por un período hasta de nueve meses. Dichos autores notifican que la dureza del grano cocido (remojado 18 horas y hervido por 20 min en agua destilada) al ser almacenado por el tiempo citado a 40°C, es estadísticamente ( $P < 0.05$ ) igual a la de los granos recién cosechados tratados durante 10 min a vapor (98°C) o por dos min en retorta (121°C). Sin la adición de agua, y luego almacenados a 25°C y 70% de humedad relativa. Por otra parte, los granos no sujetos a tratamiento, almacenados por el mismo período de tiempo y en iguales condiciones mostraron tener, cuando cocidos en igual forma, una dureza significativamente ( $P < 0.05$ ) mayor; ello señala la efectividad del tratamiento térmico a corto tiempo en cuanto a minimizar el endurecimiento o incremento en el tiempo de cocción del frijol. Más tarde Bressani, Elías y Molina (15) propusieron un diagrama operacional a ser considerado como base para la aplicación de tal alternativa, a niveles que se estiman de tecnología intermedia.

Posteriormente se ha podido establecer el efecto benéfico que

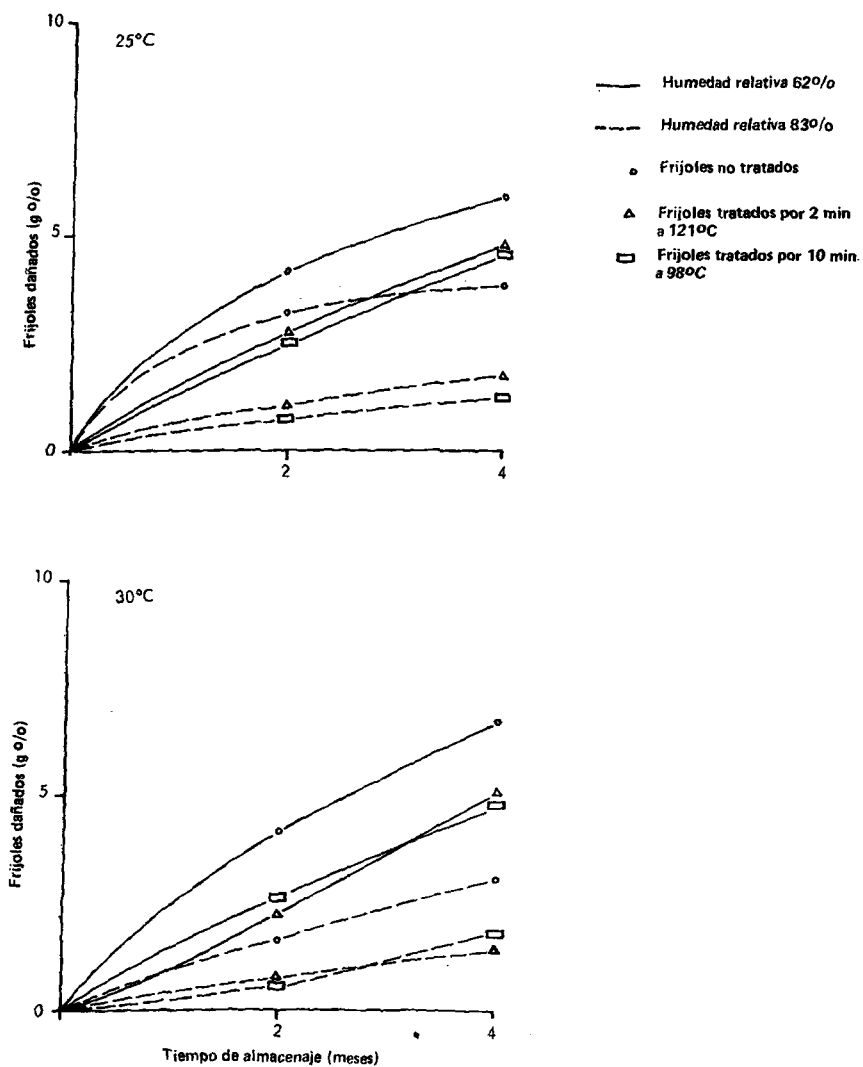
el tratamiento térmico a corto tiempo propuesto por Molina *et al.* (14) tiene sobre el biodeterioro del grano, tanto por insectos (Figura 2) como por mohos (Figura 3), minimizando estas causas de pérdida durante el almacenamiento un tratamiento térmico a corto tiempo. Se ha podido establecer también que no afecta en nada la calidad proteínica de la semilla.

Es de interés notar que Molina *et al.* (14) dieron cuenta de un incremento en la fracción nitrogenada del grano soluble en 5% KCl y en 0.01 N NaOH, durante el almacenamiento. Los mismos autores informaron también no haber encontrado correlación alguna entre la capacidad de absorción de agua del grano y la dureza del mismo ya sometido a cocción como antes se señaló. No obstante, sí hallaron una correlación estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) entre la dureza del grano cocido y el contenido de proteína lignificada del cotiledón ( $r = 0.91$ ). Asimismo, informaron de una mejor difusión del pigmento durante la cocción de los granos tratados al compararlos con los no tratados.

#### *Tratamiento con Soluciones Salinas*

Los hallazgos notificados por Molina *et al.* (14) indicativos de la alta correlación ya mencionada entre la proteína lignificada y la dureza del grano cocido ( $r = 0.91$ ), brindan como hipótesis de trabajo para las nuevas investigaciones sobre el tema, la posibilidad de que parte de la proteína del grano forme complejos con compuestos de tipo fenólico durante el almacenaje, y que este hecho afecte el incremento en tiempo de cocción observado. Asimismo, la enzima polifenol-oxidasa (PFO) del grano podría estar involucrada en la formación de tales complejos (4). A partir de tal premisa y sabiendo que la sal común (NaCl) es un inhibidor clásico de la enzima polifenol-oxidasa (16), se decidió evaluar el efecto que un tratamiento de remojo en solución salina del grano recién cosechado podría tener sobre el desarrollo de su dureza en forma cocida, y determinar si este tratamiento de remojo brindaba otra alternativa tecnológicamente viable para su implementación a nivel comunal-rural.

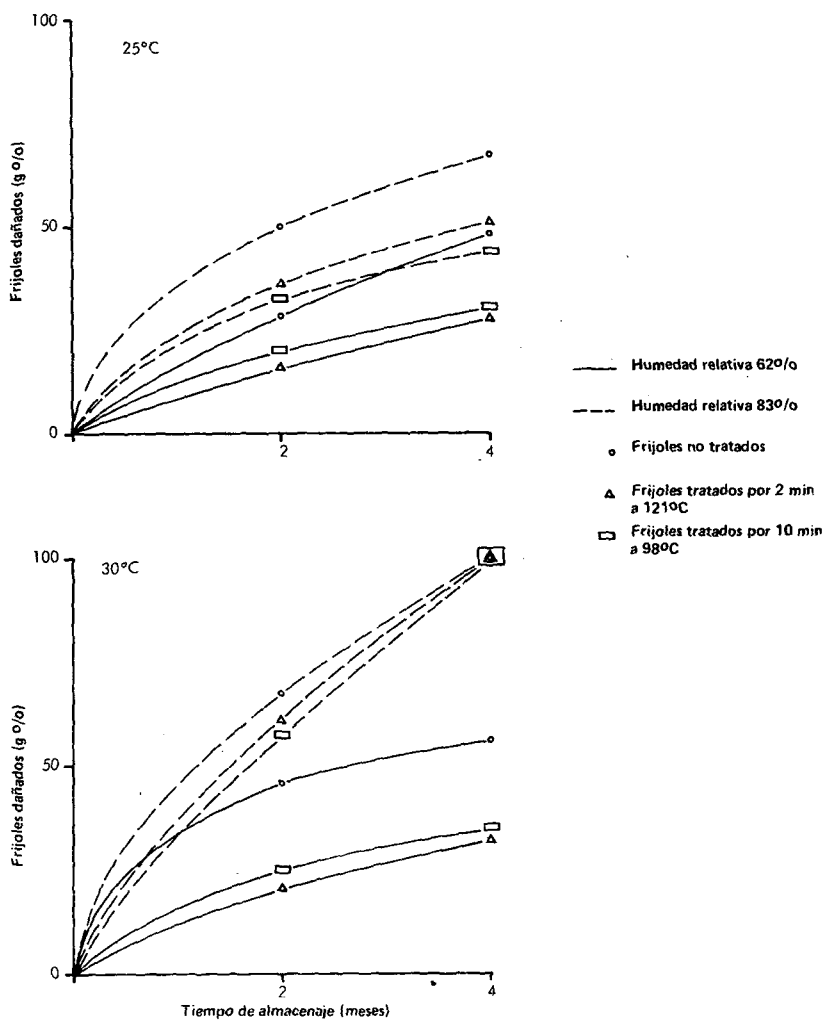
Estudios preliminares efectuados en frijol negro indicaron que el tratamiento de remojo en solución salina era capaz de minimizar el desarrollo de dureza del grano cocido, y que las soluciones de NaCl al 15% y 20% eran las más eficientes (5). Estos hallazgos sirvieron de base para ampliar las investigaciones en esta línea. Para el caso, se evaluó el efecto de la operación de remojo con



Incap 81-163

FIGURA 2

Efecto de la temperatura y humedad relativa del almacenamiento sobre el biodeterioro del frijol negro por el insecto *Acanthoscelides obtectus*



Incap 81-162

FIGURA 3

Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el biodeterioro del frijol negro por mohos

soluciones de 15 y 20% de NaCl sobre el desarrollo del endurecimiento y/o incremento del tiempo de cocción en frijoles blanco, rojo y negro.

Las pruebas iniciales revelaron que el grado de absorción de las soluciones salinas en un mismo tiempo y condiciones de remojo, no era el mismo para cada tipo de grano (Tabla 1), lo que ya indica una diferencia de tipo varietal con respecto al tratamiento. Los datos adicionales que se presentan para el caupí, subrayan este punto. A fin de asegurar una absorción similar y cercana a equilibrio en todos los casos, para el estudio se remojaron los frijoles negros durante seis horas, mientras que en los rojos y blancos dicha operación se efectuó por tres horas. En todos los casos los granos fueron remojados bajo condiciones ambientales, luego se secaron por exposición al sol hasta lograr un contenido de humedad de 10 a 13% y luego fueron almacenados en bolsas de tela bajo dos diferentes condiciones (25°C y 65% de humedad relativa, y 35°C y 80% de humedad relativa). Se almacenó a 4°C como controles un lote de frijoles no tratados y otro tratado. El almacenaje se evaluó por un período de nueve meses.

TABLA 1

ABSORCION DE SOLUCIONES DE CLORURO DE SODIO AL 15% y 20% EN DIFERENTES TIPOS DE FRIJOL RECIENTE COSECHADO, DESPUES DE CINCO 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

La composición porcentual de los granos tratados y no tratados se expone en la Tabla 2. Como era de esperar, el tratamiento salino produjo en todos los casos un incremento en el contenido de ceniza. Tal incremento, sin embargo, fue sólo de 1% en promedio para todos los granos. Por otra parte, el tratamiento de remojo salino no produjo en ningún caso alteraciones en el contenido

TABLA 2

COMPOSICION PORCENTUAL DE FRIJOLES TRATADOS CON  
SOLUCION SALINA Y NO TRATADOS  
(Base seca)

Componente	Frijol blanco			Frijol rojo			Frijol negro		
	Solución salina			Solución salina			Solución salina		
	(o/o)			(o/o)			(o/o)		
	0	15	20	0	15	20	0	15	20
Proteína (N x 6.25)	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

do proteínico de los granos, aun cuando se ha informado que las proteínas del frijol son, en su mayoría, de naturaleza globulínica solubles en soluciones salinas (12).

En la Tabla 3 se muestra el contenido de algunos minerales del frijol, la actividad de la polifenol-oxidasa (PFO) al inicio del almacenaje, y los datos del índice de solubilidad de nitrógeno (ISN) en agua a un pH de 7.0, dureza del frijol cocido por 150 min en agua hirviendo (96°C), tiempo de cocción en agua hirviendo necesario para alcanzar una dureza de 80 g-f, y los datos de bio-deterioro 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. Según se aprecia, tanto el sodio como el potasio sufren un incremento por el tratamiento salino, aunque ese incremento decrece significativamente ( $P < 0.05$ ) por la operación de cocción en agua hirviendo. Las pruebas de degustación de los granos cocidos practicadas, indicaron que no había diferencia entre el sabor y apariencia general de los granos tratados, con los de aquellos no tratados. De especial interés es el descenso en calcio observado en los frijoles tratados, dado que este mineral se ha implicado en el desarrollo de dureza e incremento en tiempo de cocción del frijol almacenado, por formación de pectatos, fitatos u otros complejos (17). Otros minerales evaluados (como magnesio, hierro, fósforo, zinc, cobre, etc.) no mostraron cambios apreciables por el tratamiento y/o el almacenaje.

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 (°/o)			Solución salina (°/o)			Solución salina (°/o)		
	0	15	20	5	15	20	5	15	20
Sodio (°/o)	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 (°/o)	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 (°/o)	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 (°/o)	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 (°/o)	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)

\* Los valores entre paréntesis corresponden a los granos cocidos en agua hirviendo (96°C) por el tiempo de cocción determinado.

\*\* Los valores entre paréntesis corresponden a aquéllos obtenidos para los granos almacenados por 9 meses a 35°C, 80°/o humedad relativa. Dureza (g-fuerza) estimada en frijoles sometidos a cocción en agua hirviendo por 150 min. Tiempo de cocción= tiempo requerido en agua hirviendo para alcanzar un valor promedio de 80 g-fuerza. Granos dañados, determinado en 1,000 granos.

De especial interés es que en ningún caso fue afectada la concentración total de fósforo, dado que se ha informado que en frijol negro la alta concentración de este elemento en sus corpúsculos proteínicos muy probablemente guarda relación con la presencia de ácido fítico (18), el cual se ha demostrado que se encuentra asociado a los corpúsculos en diferentes semillas (19). Por otra parte, también se ha informado que el someter frijoles negros a remojo en una solución de  $\text{Na}_3\text{P}_5\text{O}_{10}$  al 0.50/o ó en una solución de varias sales de sodio (1.00/o  $\text{NaCl}$ , 0.750/o  $\text{NaHCO}_3$ , 0.250/o  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y 0.50/o  $\text{Na}_3\text{P}_5\text{O}_{10}$ ) incrementa los valores de fósforo al cemento intercelular y a los corpúsculos proteínicos del grano (18) y que, en el caso de arvejas, existe una relación positiva entre el contenido de fósforo y la facilidad de cocción (20). En los trabajos sobre el tratamiento con solución salina desarrollados hasta ahora, no se ha determinado todavía cómo queda el fósforo en la semilla tratada en comparación a la no tratada, y cuál es el efecto que el almacenaje ejerce sobre la localización intracelular de este elemento.

Es de anotar que el ISN en agua a un pH de 7.0 disminuyó significativamente ( $P < 0.05$ ) por el tratamiento salino en los tres tipos de frijol evaluados. Ello denota un cambio de estructura en la proteína del grano debido al tratamiento salino. Es de notar también en la misma Tabla 3 que, tanto en los granos no tratados como en 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 período de almacenamiento. Este hallazgo sugiere que tanto el tratamiento salino del frijol recién cosechado, como el almacenamiento, afectan la estructura proteínica del frijol; no obstante, a partir de los datos de dureza y tiempo de cocción obtenidos, tales efectos parecen ser de naturaleza diferente, dado que el tratamiento salino demostró minimizar significativamente ( $P < 0.01$ ) tanto el endurecimiento del grano cocido, como el incremento en tiempo de cocción debidos a almacenaje. Todavía queda por determinar 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 proteínicos y en el cemento intercelular (18).

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 negros y rojos que, como se contemplaba, mostraron una actividad de PFO mucho mayor que el frijol blanco.

En vista de que la sal común (NaCl) se ha reconocido como un preservativo alimentario (21), 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 fue el único que mostró un deterioro apreciable por dicha causa durante su almacenamiento.

Cabe subrayar que en todos los casos la dureza y el tiempo de cocción del frijol se elevaron significativamente ( $P < 0.01$ ) debido al almacenamiento, pero dichos incrementos fueron significativamente ( $P < 0.01$ ) menores en el caso de las muestras tratadas, lo que indica 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  $95^{\circ}\text{C}$  ( $r = -0.71$  y  $-0.67$ ). Los valores equivalente de estos tres últimos parámetros se presentan en la Tabla 4, para los granos almacenados bajo las condiciones más drásticas ( $35^{\circ}\text{C}$  y  $80\%$  de humedad relativa).

Si existe una relación entre los cambios en contenido de minerales, el ISN o estructura proteínica del frijol, así como la 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  $95^{\circ}\text{C}$  del grano almacenado, queda aún por determinarse. Lo mismo aplica al papel que, independientemente, puede jugar cada uno de estos parámetros, y la interacción entre ellos en el desarrollo de la dureza e incremento en tiempo de cocción del frijol durante el almacenaje, todo lo cual debiera investigarse.

Debido a que Molina *et al.* (14) dan cuenta de que en el caso del tratamiento térmico por corto tiempo, no existe ninguna correlación entre la absorción de agua y la dureza del grano cocido, se podría inferir que la forma de acción del tratamiento térmico en prevenir el endurecimiento del grano difiere de aquélla de las soluciones salinas para lograr el 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 ( $95^{\circ}\text{C}$ ) y el tiempo de cocción o la dureza

TABLA 4

## ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE FRIJOLES TRATADOS CON SOLUCIÓN SALINA Y NO TRATADOS

Parámetro estimado	Frijol blanco			Frijol rojo			Frijol negro		
	Solución salina (0/o)			Solución salina (0/o)			Solución salina (0/o)		
	0	15	20	0	15	20	0	15	20
Absorción de agua (0/o)	73(45)*	82(70)	78(71)	86(35)	81(71)	70(60)	82(42)	84(72)	79(66)
Coefficiente de hidratación (0/o)	172(142)*	178(169)	182(170)	176(135)	182(172)	171(159)	183(138)	169(161)	181(165)
Viscosidad (BU)**	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.

\*\* BU = Unidades Brabender.

del grano cocido, refuerza lo expresado ya por otros autores (22, 23) en el sentido de que la fracción feculenta (principal responsable por dicha viscosidad) al igual que la fracción proteínica están involucradas en el endurecimiento y propiedades culinarias del frijol.

El hallazgo de que tanto los frijoles no tratados como los tratados con solución salina, recién cosechados o almacenados por nueve meses, al ser sometidos a su tiempo de cocción determinado (Tabla 3) mostraron básicamente la misma calidad proteínica (Tabla 5), sugiere que tanto el tratamiento salino como el almacenaje no tiene efecto alguno sobre el valor nutritivo del grano cuando éste se cuece adecuadamente y por el tiempo necesario. El hecho de que el frijol blanco presentase una calidad proteínica superior a la de los frijoles negros y rojos era de esperar, en base a evidencias existentes (24).

En suma, considerando lo eficiente y simple del tratamiento salino para controlar el endurecimiento y el incremento del tiempo de cocción del frijol (sea éste blanco, negro o rojo) debido a almacenamiento, así como el posible biodeterioro del grano, este tratamiento se considera como una alternativa viable que debe ya evaluarse en sistemas de posible aplicación a escala comunal-rural, aun cuando el principio de acción del NaCl con respecto al control de la dureza todavía no esté definido. Estimamos, sin embargo, que es de gran relevancia el continuar investigando este aspecto, para definir el (o los) principio (s) de acción, a fin de contar con bases que permitan hacer más eficiente la tecnología, o bien derivar otras posibles alternativas.

### *Atmósferas Modificadas*

Siempre bajo la premisa de la posible implicación de la enzima PFO en la formación de complejos proteínicos cuyo resultado fuese la proteína lignificada en el grano de frijol durante su almacenamiento y que ésta a su vez estaba implicada en el endurecimiento e incremento del tiempo de cocción del grano almacenado (4, 14), se pensó en otra posible alternativa que tendiese a minimizar la actividad de esta enzima. Ya que para su actividad, la PFO necesita de la presencia de oxígeno (16), se pensó en la posibilidad de almacenar el grano en atmósferas donde el aire ambiente fuese sustituido en proporciones crecientes por anhídrido carbónico.

Para este efecto y con miras a definir una posible interacción entre el tratamiento salino y el uso de atmósferas enrarecidas con

TABLA 5

CARACTERISTICAS DE CALIDAD PROTEINICA DE FRIJOLES TRATADOS CON SOLUCION SALINA Y NO TRATADOS

Parámetro estimado	Frijol blanco			Frijol rojo			Frijol negro		
	Solución salina (°/o)			Solución salina (°/o)			Solución salina (°/o)		
	0	15	20	0	15	20	0	15	20
Razón proteínica neta (NPR)	2.68(2.73)*	2.72(2.40)	2.67(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)	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 hemaglutinante)	9(0)**	10(0)	10(0)	8(0)	8(0)	8(0)	8(0)	7(0)	7(0)

\* Los valores de evaluaciones biológicas entre paréntesis corresponden a los frijoles almacenados durante nueve meses a 35°C y 80°/o de humedad relativa.

\*\* Los valores entre paréntesis corresponden a los frijoles cocidos en agua hirviendo por el tiempo de cocción determinado.

anhídrido carbónico, se tomó una muestra de frijol negro recién cosechado y se dividió en cinco lotes; cuatro de ellos fueron tratados con soluciones de NaCl a cuatro diferentes concentraciones (10, 15, 20, y 25%), mientras que el quinto se mantuvo sin tratamiento. Luego, cada lote fue dividido en cuatro partes iguales, las que se almacenaron en las cuatro diferentes atmósferas (una con aire ambiente 100%, otra con aire ambiente 75% y 25% de CO<sub>2</sub>, la tercera con 50% CO<sub>2</sub> y aire ambiente, y la cuarta con 75% CO<sub>2</sub> y 25% aire ambiente) y a 25°C. Los resultados obtenidos al evaluar la dureza de los frijoles cocidos (18 horas de remojo y 20 min de cocción en agua hirviendo) después de seis meses de almacenaje, se exponen en la Tabla 6. Como puede apreciarse, el enrarecimiento de la atmósfera con CO<sub>2</sub> incrementó el valor de dureza, tanto en los frijoles no tratados como en aquéllos sometidos a tratamiento con solución salina.

El efecto nocivo que produce el enrarecer la atmósfera con CO<sub>2</sub> sobre la dureza del grano no tratado, parece sugerir que la PFO tiene muy poco o nada que ver en lo que al endurecimiento del frijol o a su incremento en tiempo de cocción debido al almacenaje concierne. Lo mismo parece subrayar el hecho que el efecto benéfico que tuvo el tratamiento salino (en especial a las concentraciones de 15 y 20%) cuando las muestras se almacenan al ambiente, desaparece casi totalmente al enrarecerse la atmósfera con CO<sub>2</sub> en niveles crecientes, hasta de 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 en el incremento de su tiempo de cocción durante el almacenaje, puede que no tenga nada que ver con su acción inhibitoria de la enzima PFO. En consecuencia, creemos que las futuras investigaciones tendientes a esclarecer el modo de acción del tratamiento salino, deberían enfocarse más hacia los efectos de éste sobre la estructura y solubilidad proteínica, hacia el contenido y forma de enlace de minerales específicos, hacia las características reológicas y estructurales del almidón, y hacia lo ya informado (18), o sea que las soluciones de sales tienden a solubilizar y/o extraer las sustancias pépticas del cemento intercelular.

No obstante, es de interés observar que los efectos benéficos del tratamiento salino son inhibidos al enrarecer la atmósfera con CO<sub>2</sub>. ¿Significa esto que la solución salina necesita de la presencia de oxígeno o de algún mecanismo respiratorio aeróbico de la semilla para actuar? Esta posibilidad aún queda por investigar.

TABLA 6

DUREZA DE FRIJOLES NEGROS (*P. vulgaris*) SOMETIDOS Y NO SOMETIDOS A REMOJO EN SOLUCION DE NaCl, COCIDOS DESPUES DE SEIS MESES DE ALMACENAJE BAJO DIFERENTES ATMOSFERAS A TEMPERATURA AMBIENTE\*

Solución salina usada (o/o)	Atmósfera de almacenaje			
	Ambiental**	25o/o CO <sub>2</sub>	50o/o CO <sub>2</sub>	75o/o CO <sub>2</sub>
—	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 Instron. 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.

#### *Precocción del Grano Entero*

Otra forma considerada como posible para brindar una alternativa viable para prevenir el endurecimiento o incremento en el tiempo de cocción del frijol 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 cosechado, el cual se dividió en cinco lotes. El primer lote se dejó como estándar crudo, mientras que los los cuatro restantes fueron precocidos en agua hirviendo (96°C) durante 2, 5, 10 y 15 min, respectivamente. Los lotes precocidos, como ya se indicó, fueron luego secados en cama de sal por 15 a

20 min, a temperatura ambiente; se aplicó para el caso, una técnica similar a la descrita por Vijaya Raghavan y Harper (25). El tiempo de 15 a 20 min en la cama de sal fue suficiente para eliminar la mayor parte del agua embebida (15, 18, 27 y 43% para 2, 5, 10 y 15 min de precocción, respectivamente); no obstante, hubo necesidad de exponer los granos precocidos al sol por un promedio de tres horas a fin de lograr un contenido de humedad de 10 a 13% en los mismos. Luego, todas las muestras fueron almacenadas durante 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, sometiéndolas a todas, a un tratamiento en agua hirviendo por 30 min previo a la prueba. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 7. Como los datos lo revelan, todos los granos sometidos a precocción acusaron valores inferiores de dureza —evaluada en el grano cocido— que el frijol almacenado en forma cruda. El tratamiento de precocción más eficiente fue el mayor tiempo evaluado (15 min). En la Tabla 8 se presentan los datos de dureza detectados a diferentes tiempos de cocción en agua hirviendo (96°C) para el frijol control (crudo) y el frijol precocido por 15 minutos después de almacenado por seis meses bajo las condiciones ya señaladas. Los datos indican que mientras el frijol precocido alcanzó un valor de dureza de 210 g-f

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 Instron. Todas las muestras fueron sometidas a una cocción estándar de 30 min en agua hirviendo previo a la prueba.

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	1,050	840
20	1,070	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 Instron.

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

\*\*\* El frijol estaba completamente cocido.

después de 60 min de tratamiento en agua hirviendo, el frijol control (o crudo) permanecía sin lograr dicho valor, aun después de 80 min de cocción en agua hirviendo. Estos datos señalan, pues, que la cocción previa del grano recién cosechado por 15 min se traduce, después del almacenaje, en un ahorro de tiempo de cocción, lo que desde el punto de vista energético, es muy favorable. Es de mencionar que el grano precocido alcanzó su cocción completa entre los 60 y 70 minutos de tratamiento en agua hirviendo.

Con base en lo expuesto, se considera que esta tecnología de precocción del frijol recién cosechado puede ofrecer una alternativa viable para controlar el endurecimiento del grano por almacenaje. Esta alternativa podría ser la base para agroindustrias a nivel comunal-rural en zonas de alta producción de este grano básico.

#### *Almacenaje de Grano en Vaina*

Debido a que datos proporcionados por agricultores produc-

tores de frijol en Guatemala han revelado que una práctica usada por algunos de ellos para preservar mejor el frijol dedicado al consumo de sus hogares 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 se dividió en dos porciones un lote de frijol negro, sazón, recién cosechado, en su vaina. Una se dejó en ese estado, mientras que la otra se aporréo, descartándose la vaina y limpiándose el grano. Ambas porciones fueron luego almacenadas durante nueve meses bajo condiciones ambientales (25°C y 60 a 70% de humedad relativa) y en sacos de tela. En ambas porciones se evaluó la dureza del grano cocido por 150 min en agua hirviendo, el 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. Según se aprecia, el almacenar el frijol en su vaina redujo significativamente ( $P < 0.05$ ) 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, en los momentos actuales se proyecta 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 con el del grano limpio, hace de dudosa aplicación esta alternativa para sistemas de almacenamiento a nivel comunal, estimamos que sí puede ofrecer una alternativa viable para un nivel casero de autoconsumo.

#### ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA LA UTILIZACION DEL FRIJOL ENDURECIDO POR ALMACENAMIENTO

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 proteínico a raciones destinadas al consumo animal.

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 25°C**

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 hirviendo (96°C).

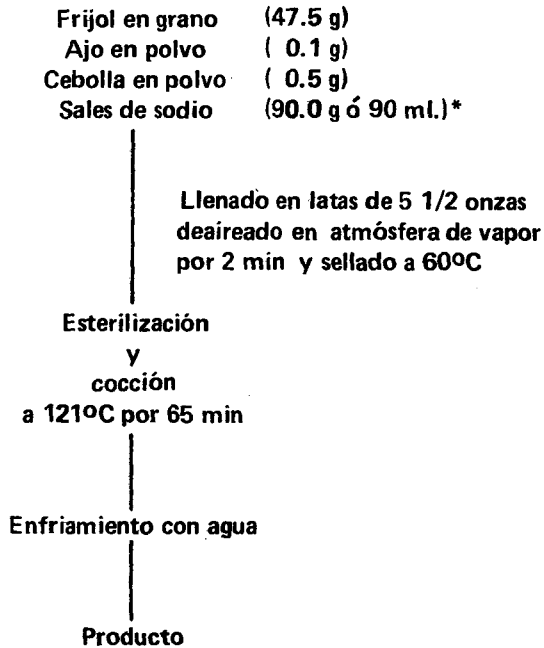
\*\* Minutos necesarios para llegar a una dureza promedio de 80 g-fuerza.

\*\*\* Valores promedio obtenidos en 1,000 granos por muestra.

### *Como Alimento Humano*

#### *Enlatado*

Rockland y Metzler (26) informan que los frijoles remojados en una solución de sales de sodio (1.00/o NaCl, 0.750/o NaHCO<sub>3</sub>, 0.250/o Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y 0.50/o Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>) infiltrada al grano previamente por vacío, presentaban características de rápida cocción. Fundados en dicha evidencia, consideramos que esa solución de sales podría reducir el tiempo de cocción de frijoles endurecidos haciéndolos de nuevo utilizables para la alimentación humana. En vista de la disponibilidad relativamente baja de algunas de las sales citadas a nivel familiar, se consideró comenzar usando tal solución de sales de sodio en un proceso a nivel agroindustrial, como el enlatado. Este proceso se efectuó en general según se describe en la literatura (27), 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



\* NaCl, 2.50/o; Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 1.00/o; NaHCO<sub>3</sub>, 0.750/o y Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.250/o.

FIGURA 4

Operaciones principales en la manufactura de frijol entero enlatado usando frijol endurecido

aplicar esta alternativa (Tabla 10) reflejan un costo de producción competitivo con el de productos similares que ahora circulan en el mercado. Es importante notar, sin embargo, el alto porcentaje que representa el costo del envase (lata) con relación al costo total estimado (620/o). Ello indica que nuevos trabajos en esta área deberían considerar la posibilidad de evaluar otro tipo de envases. La alternativa de presentar el producto seco, como originalmente lo pensaron Rockland y Metzler (26) y Rockland y Jones (28) podría también ser evaluada.

A nuestro juicio, el hecho de que el uso de una solución de

TABLA 10

**COSTOS OPERACIONALES EN LA MANUFACTURA DE FRIJOL  
NEGRO ENTERO ENLATADO 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
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
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 69.30/o con un contenido proteínico de 6.30/o, 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, 2.50/o; Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 1.00/o; NaHCO<sub>3</sub>, 0.750/o; y Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.250/o.

sales como la propuesta por Rockland y Metzler (26) haga posible la cocción del grano de frijol endurecido en un tiempo similar al grano recién cosechado, debe aprovecharse para utilizar el grano endurecido a nivel agroindustrial.

### *Extrusión*

Un proceso de cocción a relativo bajo costo lo representa la utilización de extrusores termodinámicamente autógenos como el Brady Crop Cooker (29). 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 antes detallada (Tabla 10, Fig. 4), así como con una solución al 0.750/o de NaHCO<sub>3</sub>, otra que contenga 1.00/o de NaCl, y 0.750/o de NaHCO<sub>3</sub>, y una última con 1.00/o de NaCl. Para los efectos, se sometieron a remojo cuatro lotes de frijol negro endurecido por almacenaje, independientemente en cada una de las cuatro soluciones citadas, durante un término de 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 resultante tenía un contenido de humedad promedio de 40%; por este motivo, 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 de 10 a 12%. Por separado, se tomó un lote de frijol negro recién cosechado que se sometió a cocción 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 el 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 que contenía NaCl, muestra todavía un valor alto (480 U.B.) de viscosidad a los 95°C, mientras que los sujetos a remojo en las soluciones de NaCl y NaHCO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> y la mezcla de sales completa, acusaron viscosidades cada vez menores a la misma temperatura. Este hallazgo señala que el grado de gelificación del almidón alcanzado por el proceso de extrusión, fue mayor en la muestra en que se usó 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 refleja en un menor pico de viscosidad a 95°C. Lo anterior lo comprueba el hecho de que la muestra estándar (obtenida del frijol recién cosechado, cocido en retorta y liofilizado) dio la menor viscosidad (20 UB) a 95°C.

Al someter las muestras a una cocción posterior (en agua hirviendo 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. Si bien se encontró esa respuesta (Figura 6), de nuevo el frijol remojado en la solución de NaCl y cocido por extrusión, mostró una viscosidad significativamente ( $P < 0.01$ ) más alta en todas las temperaturas, que aquél remojado en la mezcla de sales y cocido en la misma forma y que, a su vez, acusó un valor significativamente ( $P < 0.05$ ) más alto de viscosidad a cualquier temperatura que la muestra estándar. En esta prueba los

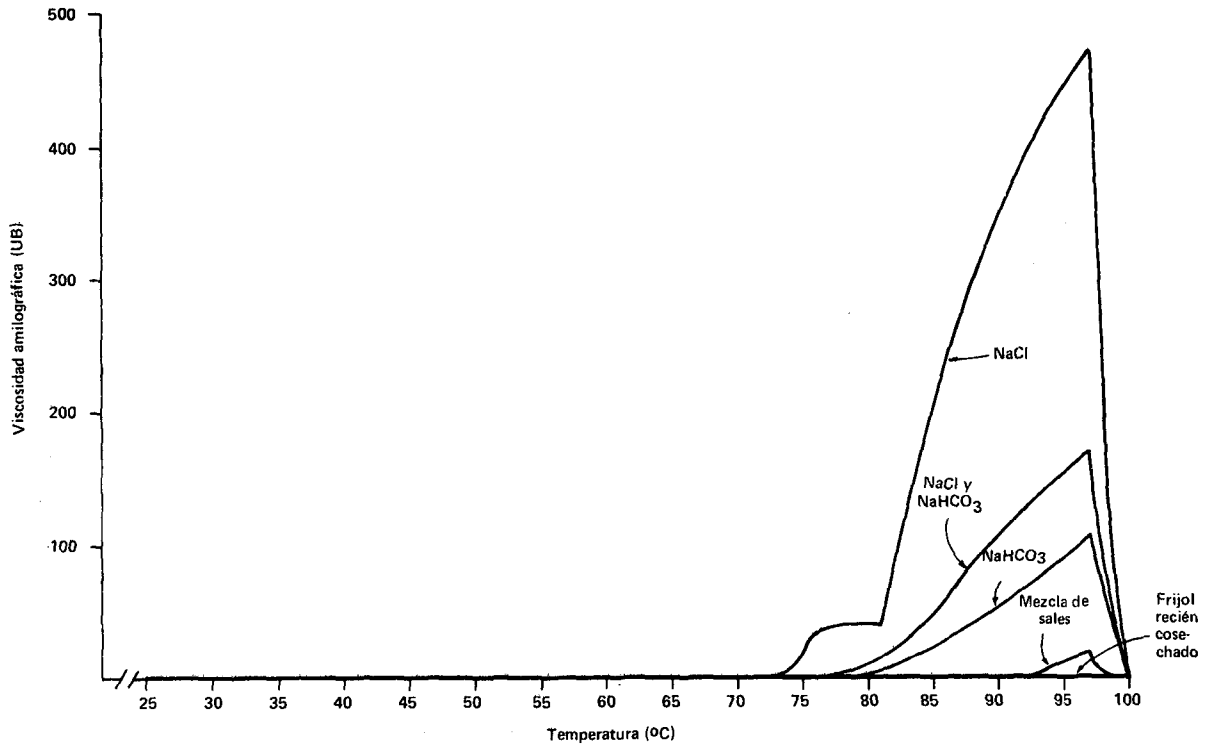
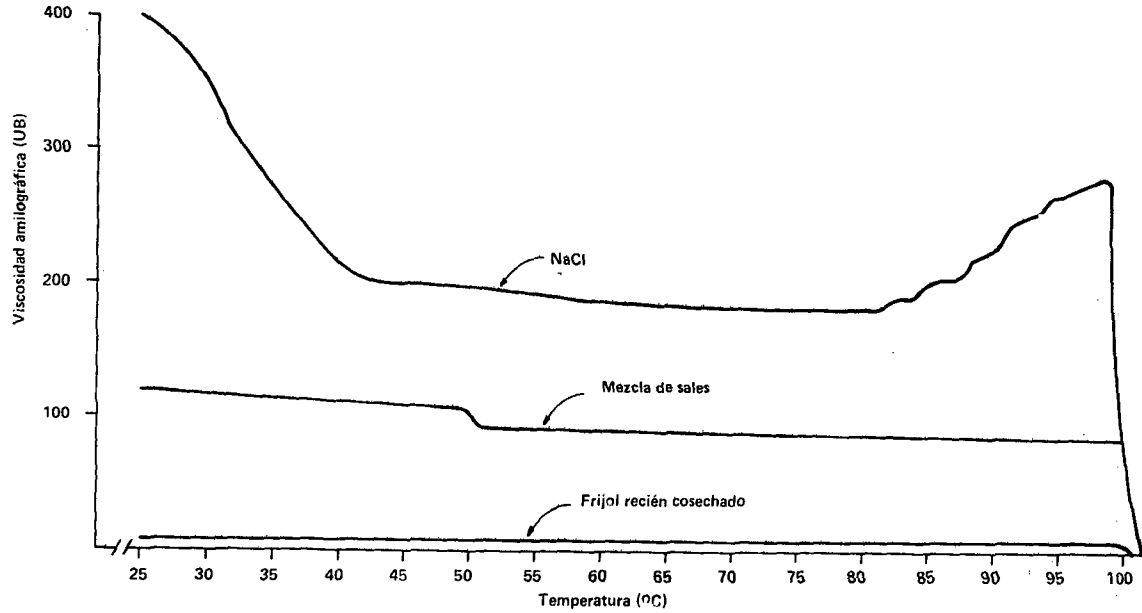


FIGURA 5

Curvas de viscosidad amilográfica obtenidas para frijol negro endurecido precocido por extrusión con NaCl; NaHCO<sub>3</sub>; NaCl y NaHCO<sub>3</sub>; y mezclas de sales de sodio, así como para frijol recién cosechado, cocido por métodos tradicionales



Incap 81-158

FIGURA 6

Curvas de viscosidad amilográfica obtenidas para harinas precocidas de frijol negro endurecido, procesado por extrusión, con el agregado de NaCl y de mezcla de sales de sodio después de hervir durante 10 minutos en agua

valores para las muestras remojadas tanto en NaCl y NaHCO<sub>3</sub> como solo en NaHCO<sub>3</sub>, y cocidas por extrusión, fueron prácticamente iguales al que presentó 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 su presentación en forma de frijol en "maleta". En esta prueba la única muestra rechazada fue aquella remojada sólo en solución de NaCl previo a su extrusión, por estimarse que era muy "pegajosa" al quererse preparar la maleta después de resuspender la harina en agua hirviendo por 10 min, y luego freírla. Estos datos concuerdan con la alta viscosidad a bajas temperaturas encontrada para la misma muestra hervida por 10 minutos (Figura 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<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> o la mezcla de sales, podría deberse al relativamente alto pH brindado por el bicarbonato de sodio a la solución (alrededor de 8.0 a 8.3). En relación al relativamente mejor resultado obtenido con la mezcla de sales que con aquellas soluciones que contenían NaCl y NaHCO<sub>3</sub> ó solo NaHCO<sub>3</sub>, no debe olvidarse la presencia del fósforo y su posible relación a la dureza y/o facilidad de cocción en leguminosas (18, 20).

Las pruebas preliminares realizadas indican que el uso de una solución de 0.75 a 1.00/o de NaHCO<sub>3</sub> como agua de cocción, puede acortar significativamente el tiempo de cocción del frijol endurecido. Este hallazgo confirma en parte las creencias populares de algunas áreas de Guatemala, y abre una ruta más viable para introducir el uso de una sal tan común como es el bicarbonato de sodio, a nivel familiar, para ayudar a la mejor utilización del frijol endurecido en el hogar.

En resumen, opinamos que el uso de soluciones de sales de sodio puede abrir alternativas para la formación de agroindustrias a nivel comunal usando el proceso de cocción por extrusión de relativo bajo costo (29), para la mejor utilización del frijol endurecido. Considerando los costos operacionales estimados para ese proceso en Guatemala (Tabla 11), creemos que sí puede ser una alternativa viable. El uso especial del bicarbonato de sodio en aguas de remojo y cocción de frijol endurecido debería investigarse más a fondo para su posible aplicación a nivel familiar.

TABLA 11

ESTIMACION PRELIMINAR DE COSTOS OPERACIONALES DE  
EXTRUSION USANDO EL BRADY CROP COOKER

Componente	Costo por hora (Q)	Costo por quintal (Q)
Combustible	1.30	0.22
Mantenimiento	1.43	0.24
Depreciación	1.42	0.24
1 Encargado de operaciones	3.50	0.81
2 Ayudantes de operaciones	2.50 (Q 1.25 c/u)	0.58
Moliendas y pelado	3.50	0.35
<b>Total</b>	<b>13.65</b>	<b>2.44</b>

*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 notificado por Murillo, Cabezas y Bressani (30). El estudio en cuestión demostró que el frijol endurecido y cocido por extrusión puede emplearse hasta en un 160/o en dietas para pollos de engorde sin detrimento del rendimiento de los animales. Este porcentaje permitió sustituir 300/o de la harina de soya y 200/o del maíz presentes en la dieta control.

Esto representa otra alternativa de singular importancia a utilizar para el frijol endurecido, si se considera que dicho grano sustituirá en parte los productos de importación en algunos países, como lo es la harina de soya (30). Hay que tener presente, sin embargo, que el precio de un alimento para animales (como el pollo) es siempre relativamente bajo y, por ende, es posible que al usar esta ruta de utilización no se pueda compensar el mismo precio ofrecido para el frijol destinado a consumo humano. Por consiguiente, es muy probable que si existen vías para utilizar el frijol endurecido como alimento humano, sean éstas económicamente más atractivas para el productor y/o el "almacenador" del grano, que las vías de utilización en producción animal.

Debería subrayarse, sin embargo, que ésta constituirá otra alternativa de utilización para el frijol endurecido, que está abierta para ser considerada y/o aprovechada en cualquier tiempo.

#### RESUMEN

En este trabajo se revisa la información presentada en la literatura hasta el momento en lo referente a 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, se presentan evidencias de nuevas alternativas tecnológicas desarrolladas con los mismos propósitos. En general, se considera que las tecnologías de tratamiento térmico a corto tiempo, el remojo en soluciones salinas al 150/o, y el 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 estimarlas como tecnologías apropiadas para uso en el área centroamericana y caribeña. De las tres alternativas citadas, las dos primeras se consideran posibles de evaluación para uso a nivel comunal-rural, o aun más amplio, mientras que la tercera se juzga más apropiada para utilizar a nivel pequeño o familiar. La opción de prevenir el endurecimiento mediante el almacenaje a baja temperatura (40C) y humedad (8 a 100/o en el grano, equivalente a 30 a 500/o de humedad relativa en el ambiente de almacén), se cree poco apropiada ya que se piensa que es de alta inversión y altos costos operacionales para el área centroamericana y del Caribe, lugares 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 del todo, ya que su uso tiende a incrementar el endurecimiento del grano por almacenaje en vez de minimizarlo. En base a lo expuesto, se considera que la enzima polifenol-oxidasa no juega un papel relevante en el endurecimiento del frijol.

La evidencia aquí presentada señala que el modo de acción del tratamiento térmico a corto tiempo para controlar el endurecimiento del grano de frijol, difiere de 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 el tiempo de cocción, con aquéllos de absorción de agua y

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 proteínica y/o cambios en la solubilidad de nitrógeno del grano, así como a cambios en las características de gelificación o gelatinización del almidón del mismo. La posibilidad de una interacción entre ambos parámetros, así como de la influencia que en los mismos pueda tener el cambio en concentración de minerales totales —propiciado por el tratamiento salino— o los posibles cambios en localización intracelular de algunos minerales como el fósforo, y/o la posible eliminación de las sustancias pécticas por el tratamiento salino, todavía quedan por definirse. Se enfatiza que es necesario emprender nuevas investigaciones a fin de establecer el modo de acción de cada alternativa, lo que 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, se considera apropiada para utilizar como base para una posible agroindustria 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 el establecimiento de agroindustrias 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 el comportamiento de la fracción almidonada del grano endurecido y procesado desempeña, tanto en lo que respecta a su relativo grado de cocción como a su aceptación culinaria. La misma evidencia también denota la diferente eficiencia de varias sales de sodio en cuanto a acelerar la cocción del grano de frijol endurecido. En base a la misma, así como fundados en datos preliminares, se estima que el bicarbonato de sodio en soluciones de 0.75 a 1.00/o podría considerarse como una alternativa viable a ser usada a nivel familiar, como agua de cocción para frijoles endurecidos.

El proceso de extrusión a bajo costo representa una alternativa de cocción del grano de frijol endurecido para ser considerado ya, como ingrediente en raciones para animales tales como pollos de engorde. Se estima que dicha alternativa, aun cuando atrayente y de inmediata aplicación, debe examinarse más detenidamente

desde el punto de vista económico del productor y del "almacena-dor" 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.

#### BIBLIOGRAFIA

1. **Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Guatemala.** Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP); Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (EEUU); Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1969, 136 p. más Apéndices A-E.
2. Molina, M. R., G. de la Fuente & 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.
3. Ruiloba, E. de Freitas de. **Efecto de Diferentes Condiciones de Almacenamiento sobre las Características Físico-Químicas y Nutricionales del Frijol (*Phaseolus vulgaris*).** (Tesis de *Magister Scientifical* en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal), Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, C. A., noviembre de 1973.
4. Molina, M. R. & R. Bressani. Factores de almacenamiento y procesamiento. Taninos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **27** (Suplemento 2): 78-84, 1977.
5. Molina, M. R., M. A. Baten, B. Axtell & R. Bressani. Alternativas para aumentar la disponibilidad y utilización del frijol negro (*Phaseolus vulgaris*). En: **Memoria de la XXV Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA)**. Vol. 3. Tegucigalpa, Honduras, Secretaría de Recursos Naturales, 1979, 12 p. (Trabajo L-17).
6. Moscoso, W. Efecto del almacenamiento a altas temperaturas y alta humedad sobre algunas características físicas y químicas del frijol. Presentado en el Simposio "El Problema del Endurecimiento del Frijol Común (*Phaseolus vulgaris*)", celebrado durante la **XXVII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA)**, Santo Domingo, República Dominicana, marzo 23-27, 1981.
7. Morris, H. J. & E. R. Wood. Influence of moisture content on keeping

- quality of dry beans. **Food Technol.**, **22**: 336-338, 1956.
8. Burr, H. K., S. Kon & H. J. Morris. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technol.**, **22**: 336-338, 1968.
  9. Muneta P. The cooking time of dry beans after extended storage. **Food Technol.**, **18**: 1240-1241, 1964.
  10. Weston, W. J. & H. J. Morris. Hygroscopic equilibria of dry beans. **Food Technol.**, **8**: 353-355, 1954.
  11. Molina, M. R., F. Trent & R. Bressani. Studies on the biodeterioration of the black beans (*Phaseolus vulgaris*). Presentado en: **XXXVI Annual Meeting of the Institute of Food Technologists (IFT), Anaheim, California, June 6-9, 1976**.
  12. Bressani, R. & L. G. Elías. Legume foods. En: **New Protein Foods**. Vol. 1 A. (Technology). A. M. Altschul (Ed.). New York, N. Y., Academic Press, Inc., 1974, p. 230-297.
  13. Molina, M. R., G. de la Fuente & R. Bressani. Interrelationship between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, **40**: 587-591, 1975.
  14. Molina, M. R., M. A. Baten, R. A. Gómez-Brenes, K. W. King & R. Bressani. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Food Sci.**, **41**: 661-666, 1976.
  15. Bressani, R., L. G. Elías & M. R. Molina. Algunos ejemplos de la industrialización de productos agrícolas a través de tecnologías intermedias. **Interciencia**, **2**: 281-287, 1977.
  16. Reed, G. (With a contribution by L. A. Underkifler). **Enzymes in Food Processing**. New York, N. Y., Academic Press, Inc., 1966, p. 186-192.
  17. Hamad, N. & J. J. Powers. Imbibition and pectic content of canned dry-lima beans. **Food Technol.**, **19**: 648-651, 1965.
  18. Varriano-Marston, E. & 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.
  19. Ory, R. L. Enzyme activities associated with protein bodies of seeds. En: **Symposium: Seed Proteins**. G. E. Inglett (Ed.). Westport, Conn., The AVI Publishing Co., Inc., 1972, p. 86-98.
  20. Mattson, S. The cookability of yellow peas. **Acta Agr. Suecana**, **2**: 185-231, 1946. (**Chem. Abstracts**, **42**: 4689d, 1948).
  21. Jay, J. M. **Modern Food Microbiology**. New York, N. Y., Reinhold Book Corporation, 1970, p. 1-6, 113-114.
  22. Lai, C. C. & E. Varriano-Marston. Studies on the characteristics of

- black bean starch. **J. Food Sci.**, **44**: 528-530, 1979.
23. Sefa-Dedeh, S. & D. W. Stanley. Textural implications of the micro-structure of legumes. **Food Technol.**, **33**: 77-83, 1979.
  24. Elías, L. G., D. G. de Fernández & R. Bressani. Possible effects of seed coat polyphenolics on the nutritional quality of bean protein. **J. Food Sci.**, **44**: 524-527, 1979.
  25. Vijaya Raghavan, G. S. & J. M. Harper. High temperature drying using a heated bed of granular salt. **Transactions of the ASAE**, **17**: 108-111, 1974.
  26. Rockland, L. B. & A. E. Metzler. Quick cooking lima and other dry beans. **Food Technol.**, **21**: 344-348, 1976.
  27. López, A. **A Complete Course in Canning**. 9th ed. Baltimore, Maryland, The Canning Trade, 1969, p. 183-190.
  28. Rockland, L. B. & 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.
  29. Bressani, R., J. E. Braham, L. G. Elías, R. Cuevas & M. R. Molina. Protein quality of a whole corn/whole soybean mixture processed by a simple extrusion cooker. **J. Food Sci.**, **43**: 1563-1565, 1978.
  30. Murillo, B., M. T. Cabezas & R. Bressani. Utilización del frijol (*Phaseolus vulgaris*) endurecido en dietas para pollos de engorde. En: **Memorias de la XXV Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA)**. Vol. 3. Tegucigalpa, Honduras, Secretaría de Recursos Naturales, 1979, 8 p. (Trabajo L-8).

**ESTUDIOS REALIZADOS POR EL CENTRO  
INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)  
SOBRE EL PROBLEMA DEL ENDURECIMIENTO  
DEL FRIJOL**

*Robert A. Luse*<sup>1</sup>

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT),  
Cali, Colombia

**INTRODUCCION**

El propósito del Laboratorio de Calidad y Nutrición Alimenticia, que se inició en el CIAT a principios de 1979, es evaluar los factores importantes de valores nutricionales y de aceptabilidad del consumidor, en las áreas de cultivos alimenticios de frijol y yuca, en los cuales el Centro realiza investigaciones. Esto último concuerda con el objetivo del CIAT que textualmente lee: "En generar... tecnología mejorada que contribuirá a incrementar la producción, productividad y calidad de los alimentos básicos y específicos de los trópicos, principalmente en países de Latino América y el Caribe..." Ciertamente, el problema de la testa dura en el frijol (*Phaseolus vulgaris*), es un factor básico que afecta el valor nutricional y la aceptabilidad del consumidor, de este importante grano. Por esta razón, en el Laboratorio en cuestión se ha venido estudiando desde hace 15 meses, los siguientes aspectos de dicho problema: el desarrollo de la testa dura durante el almacenaje, su

---

1 Bioquímico del Laboratorio de Calidad y Nutrición Alimenticia del CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, República de Colombia.

interrelación con la absorción de agua, su relación con un tratamiento de semilla con aceites comestibles, y (todavía en proceso), su naturaleza fisicoquímica.

Cabe notar que estos estudios se han basado en ensayos estándar bien caracterizados, para varios factores (véase más adelante), así como en el uso de líneas de frijol genéticamente puras, desarrolladas por el Programa de Mejoramiento de Frijol del CIAT, en actividades de multiplicación. Utilizando líneas avanzadas, así como variedades tradicionales para propósitos de comparación, los hallazgos de que aquí se da cuenta tienen la orientación de uno de los mejores germoplasmas de frijol ahora disponibles para uso en los programas nacionales de Latino América.

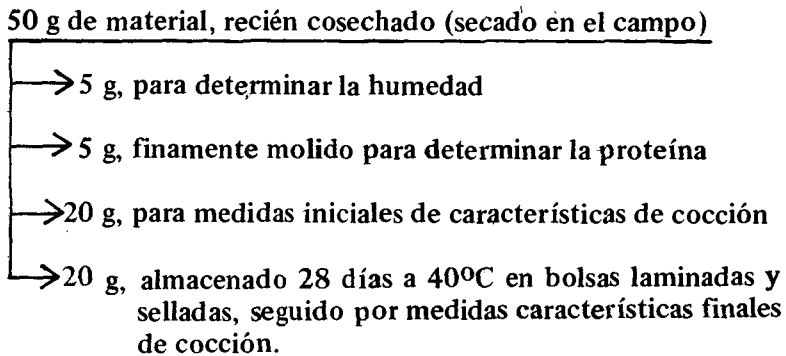
En el CIAT se utilizan los siguientes factores para describir el valor nutricional y la aceptabilidad del consumidor<sup>2</sup>:

1. Contenido de proteína – Determinado químicamente.
2. Absorción de agua – Basada en un período de remojo de cuatro horas previo a su cocción. Nótese que la solución usada (10/o de cloruro de sodio y 10/o de bicarbonato de sodio) tiene poco efecto en la asimilación del agua como tal, pero sí reduce tiempos subsecuentes de cocción casi a la mitad.
3. Tiempo de cocción – Determinado por un simple ensayo desarrollado en el CIAT, que sólo requiere una hornilla y vasos de precipitar. Los estimados de sabor y textura también se derivan de los ensayos de gustación realizados cada cinco minutos, durante el proceso de cocción.
4. Espesor del caldo – Basado en el contenido sólido de la cocción del caldo.
5. Sabor y textura – Como se determinó en ensayos de cocción, pero expandido para materiales de interés especial, a fin de incluir la aceptabilidad del consumidor, por análisis sensorial de platos preparados a base de frijol usando recetas estándar.
6. Tendencia para desarrollar testa dura – Basado en diferencias halladas durante el almacehamiento a 40°C, temperatura que, según se ha encontrado, acelera el desarrollo de la testa dura (HSC) aproximadamente nueve veces (ejemplo: se ha encontrado que resultados de almacenajes de 28 días a 40°C, predicen resultados de 250 días de almacenamiento a 25°C).

---

2 Mayores detalles al respecto pueden consultarse en el Informe Anual del CIAT para el año 1979, Programa de Frijol, p. 36-40.

Se han combinado varios ensayos en un procedimiento rutinario, en el cual un sólo técnico puede evaluar más de 1,000 muestras de material genético de frijol en un año,<sup>3</sup> como sigue:



(Los ensayos subsecuentes en páneces de gustación requieren más material).

Al principio de estos estudios de testa dura, fue esencial determinar el efecto de las condiciones de almacenamiento en la testa dura, así como la variación genéticamente pura, a fin de obtener una respuesta al almacenamiento. Se tuvo cuidado especial en obtener material genético de semillas recién cosechadas, ya que en esta forma se puede evitar la variabilidad debida a corto tiempo de almacenamiento bajo condiciones no controladas. Se sometió a ensayo un grupo de 30 líneas recién cosechadas (toda clase de color) para determinar los factores de calidad, dentro del término de siete días después de la cosecha, y también después de un almacenamiento de 8 meses a 25°C. Se ensayó además un segundo grupo de 50 líneas, dentro del mismo lapso de siete días después de la cosecha y después de cada siete días (hasta 49 días), mientras se almacenaba a 40°C. Se encontró que para casi todas las líneas (42 de 45 estudiadas), el tiempo de cocción para el material recién cosechado fue de 30 minutos.

Después de ocho meses de almacenamiento, en bolsas laminadas y selladas, para mantener la humedad constante de las semillas a un nivel inicial de 12%, éstas dieron un tiempo de cocción del

3 Véase Informe Anual del CIAT para el año 1980, Programa de Frijol. En prensa.

rango de 30 a 70 minutos. La validez de un ensayo de almacenamiento "acelerado" quedó demostrada en estos estudios, ensayo en el que una línea que desarrolló un tiempo de cocción de 115 minutos durante un almacenamiento de 49 días a 40°C, acusó un tiempo de cocción de 100 minutos después de almacenada durante un período de 8 meses a 25°C (Figura 1). Por el contrario, después de un almacenamiento acelerado, el tiempo de cocción de las líneas se incrementó a 70 minutos; luego de un almacenaje "normal" de ocho meses, las líneas alcanzaron un tiempo de cocción de 60 minutos. Para un grupo intermedio cuyo tiempo de cocción había sido de 90 a 100 minutos después de un almacenamiento acelerado, se encontró que éste era de 70 minutos después de un tiempo de ocho meses de almacenamiento normal. El tiempo de

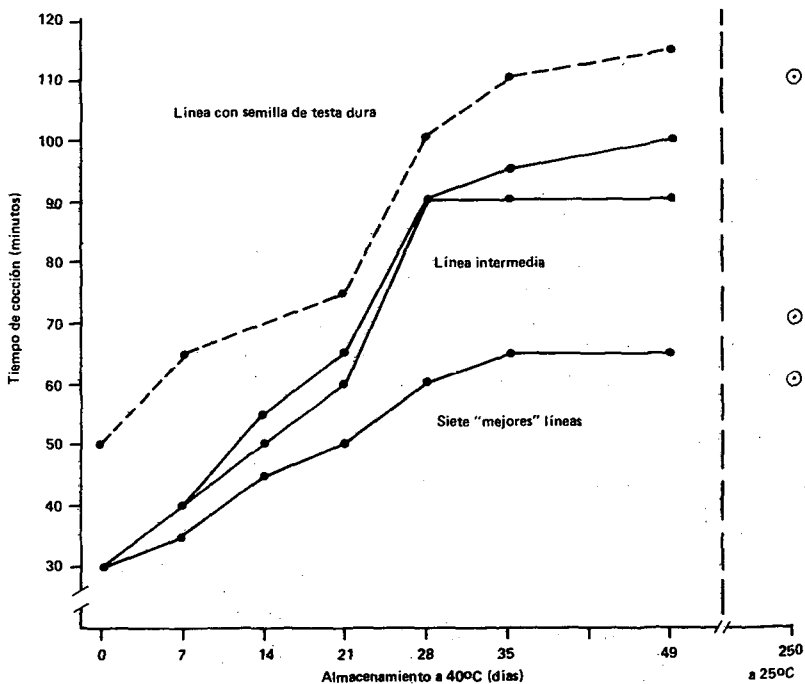


FIGURA 1

Almacenamiento acelerado vs normal. Efectos del tiempo de cocción

cocción determinado después de 28 días de almacenamiento acelerado, acusó un excelente valor predictivo en cuanto a tiempos de cocción para períodos largos de almacenamiento.

Los efectos en tiempo de almacenamiento y temperatura de almacenaje, fueron estudiados en un grupo de 50 líneas EP 1980, mantenidas a una temperatura de 12°C y 30°C por dos y cuatro meses, respectivamente. Durante este período las semillas almacenadas a la temperatura más baja (a una humedad constante de 12%), mostraron sólo un pequeño aumento en el tiempo de cocción, aún después de cuatro meses de almacenamiento (Tabla 1). Las semillas almacenadas a una temperatura más alta (y 12% de humedad) mostraron un incremento de tiempo de cocción de casi

TABLA 1  
TIEMPOS PROMEDIO DE COCCION PARA FRIJOLES

Grupo, color	n	Tiempo de cocción, en minutos, como promedio (EE)			
		Después de 2 meses		Después de 4 meses	
		12°C	30°C	12°C	30°C
Todas las clases	50	34.3 (4.9)	54.3 (8.5)	35.4 (6.9)	51.7 (17.9)
	Rango	30-50	45-75	30-70	50-120
Negro	12	34.2 (3.6)	51.7 (5.4)	34.2 (4.7)	87.9 (19.9)
Rojo	12	40.0 (4.8)	51.7 (10.7)	39.2 (10.8)	59.2 (13.1)
Crema	10	31.5 (2.4)	49.0 (5.7)	35.5 (5.0)	86.5 (20.3)

EE = Error estándar.

el doble para dos veces y tres veces su valor para cuatro meses de almacenaje. Este incremento del tiempo de cocción, sin embargo, no afectó significativamente el espesor del caldo ni las funciones del tiempo de almacenamiento o de la temperatura. Los cambios

en sabor y textura después de la cocción fueron evaluados en estos frijoles por un panel de análisis sensorial compuesto de ocho miembros. El tiempo de cocción no guardó una relación cercana con el sabor, predominando las diferencias entre variedades (Tabla 2). La acción recíproca del sabor y la textura, más el factor de cocción, reducen la correlación positiva que es de esperar, entre el tiempo de cocción y la presencia de testa dura. La correlación entre el sabor y la presencia de testa dura fue fuertemente negativa ( $r = -0.611$ ) para aquellos materiales genéticos en que la deterioración fue notoria.

TABLA 2

CORRELACION ENTRE EL SABOR, LA CASCARA DE LA SEMILLA DURA Y EL TIEMPO DE COCCION\*

Tiempo de cocción vs evaluación de sabor: (semillas almacenadas a 30°C)	r =	-0.056
Tiempo de cocción vs textura (HSC): (semillas almacenadas a 30°C)	r =	0.107
Evaluación de sabor vs textura (HSC)		
— semillas almacenadas a 12°C:	r =	-0.611
— semillas almacenadas a 30°C:	r =	-0.396

\* Medido en 50 líneas EP (toda clase de color). Los tiempos fueron determinados mediante un ensayo estándar, después de cuatro horas de remojo en una solución salina. El sabor fue evaluado con tres puntos en la escala (bueno-regular-malo), y la textura, en base a blando o testa de semilla dura. En la práctica, la dureza de la semilla en la testa no pudo ser distinguida de la dureza del cotiledón.

El CIAT ha encontrado que estos diversos factores que describen la calidad del frijol no están relacionados esencialmente, con excepción de la absorción de agua durante el período inicial de remojo y el tiempo de cocción subsecuente (Tabla 3). Para un grupo de 30 líneas EP 1980, almacenadas durante ocho meses a 25°C, el coeficiente de correlación fue de  $-0.564$  para estos dos factores. En otro grupo de 18 líneas avanzadas y seleccionadas a finales de 1980, la correlación entre la absorción de agua y el tiempo de cocción, fue inicialmente más alta ( $r = -0.679$ ) en un material cose-

TABLA 3  
CORRELACIONES ENTRE VARIOS FACTORES DE CALIDAD  
DEL FRIJOL\*

		r
Contenido de proteína	vs absorción de agua	0.095
Contenido de proteína	vs tiempo de cocción	0.0216
Contenido de proteína	vs porcentaje de caldo	-0.109
Tiempo de cocción	vs porcentaje de caldo	-0.240
Tiempo de cocción	vs absorción de agua	-0.564

\* Medido en líneas EP 1980 almacenadas ocho meses a 25°C después de la cosecha. La correlación en el material genético recién cosechado fue similar. Los valores de  $r$  basados en transformaciones logarítmicas no difirieron significativamente en los valores dados; por ejemplo, las variantes son homogéneas.

chado recientemente, bajando gradualmente a  $r = -0.547$  después de ocho semanas de almacenaje a 40°C (Tabla 4). Tan alta correlación entre estas dos medidas sirve para enfatizar el hecho de que, tanto la absorción de agua como la cocción, se basan en el componente de almidón y el cotiledón del frijol, y que el aumento de tamaño y las propiedades de gelación de este almidón definen la absorción de agua y la cocción para el frijol entero.

El efecto de la testa dura —que no es un fenómeno relacionado con el almidón— en la absorción de agua del frijol durante el período de remojo inicial de cuatro horas, es considerable: se comprobó una reducción de 40% en la absorción en una de las líneas estudiadas (Figura 2). En otro grupo de material genético almacenado durante ocho meses, la absorción de agua promedio, por semilla de testa dura (HSC), fue de  $59.2 \pm 22.8\%$ ; en cambio, para los frijoles de testa dura, ésta fue de  $21.2 \pm 14.2\%$  (ni la proteína ni la cosecha de la semilla fueron significativamente diferentes en estos dos grupos de materiales). Ahora, esa misma reducción en la absorción de agua se considera como la medida más sensitiva de la testa dura, ya que esta característica se ve un tanto diluida durante el ensayo de cocción, y no puede ser determinada con precisión en la boca (comparéanse los datos de la Tabla 2).

**TABLA 4**  
**EFFECTOS DEL TRATAMIENTO CON ACEITE DE SOYA**  
**EN LA ABSORCIÓN DE AGUA Y CARACTERISTICAS**  
**DE COCCION DE LOS FRIJOLES**

Tiempo de almacenaje a 40°C, días	Factor	Sin tratamiento con aceite de soya	Con tratamiento con aceite de soya	Relación <u>sin aceite</u> con aceite
0	Absorción	63.5% (21.7)	—	—
	Cocción	45.0 min (17.4)	—	—
	Coefficiente de correlación	—0.679		
14	Absorción	52.2% (23.3)	65.9% (14.9)	0.79
	Cocción	74.5 min (21.0)	63.8 min (9.6)	1.17
	Coefficiente de correlación	—0.645	—0.294	—
28	Absorción	54.0% (23.4)	67.2% (17.4)	0.80
	Cocción	91.2 min	91.2 min	1.00
	Coefficiente de correlación	—0.621	—0.498	—
56	Absorción	49.3% (24.1)	65.9% (18.2)	0.75
	Cocción	96.0 min (19.5)	98.2 min (15.6)	0.98
	Coefficiente de correlación	—0.547	—0.477	—

En los momentos actuales, se estima que los cambios en el tiempo de cocción y absorción de agua que ocurren en la semilla del frijol durante su almacenamiento, pueden resumirse como sigue:

*Etapa I* (Semilla fresca) — El tiempo de cocción es casi el mismo para casi todas las variedades, y es independiente de la absorción de agua.

*Etapa II* (Intermedia) – El tiempo de cocción aumenta y se correlaciona con la absorción de agua.

*Etapa III* (Semillas con testa dura) – El tiempo de cocción llega al máximo y ya no tiene correlación con la absorción de agua.

El análisis estadístico de los datos de absorción de agua y tiempo de cocción de frijoles almacenados, rinde los siguientes resultados que sustentan este esquema:

Etapa de almacenaje	Absorción de agua promedio 4 hr, O/o	Tiempo de cocción promedio, min	Correlación entre absorción y cocción
I	79.0 (6.6)	31.5 (2.4)	r = -0.122
II	70.5 (12.3)	58.6 (8.9)	-0.324
	66.8 (15.9)	77.9 (14.8)	-0.657
III	21.2 (15.4)	69.0 (3.2) (hasta 150)	0.242

Debe anotarse aquí que la selección, por parte de los mejoradores en el Programa de Frijol ha sido en contra de las líneas con testa dura: de 43 líneas sometidas a ensayo y encontradas sin testa dura, 10 fueron seleccionadas para el International Bean Yield and Adaptation Nursery (IBYAN) en 1980; de 15 líneas que se encontró desarrollan testa dura, sólo dos fueron seleccionadas para IBYAN. Esto representa frecuencias de 23% y 13% de una selección dentro de dos clases, aunque la característica de testa dura probablemente no se reconoció como distinta de otros caracteres de la semilla.

El tratamiento de la semilla de frijol con aceites comestibles tales como de maíz o de soya, han demostrado gran efectividad contra las infestaciones por gorgojo durante el almacenamiento (A.V. Schoonhoven, *J. Econ. Entomol.*, 71(2): 254-256, 1978).<sup>4</sup> Se ha encontrado que este tratamiento con aceite tiene una notoria influencia en la absorción de agua durante el remojo. Por ejemplo, en un experimento, la semilla fue tratada con aceite de maíz o en soya retenida para aumentar su habilidad inicial de ab-

<sup>4</sup> Un trabajo similar con caupí fue notificado por S.R. Singh, R.A. Luse, K. Leuchner y D. Nangju. *J. Stored Products Res.*, 14, 77-80, 1978.

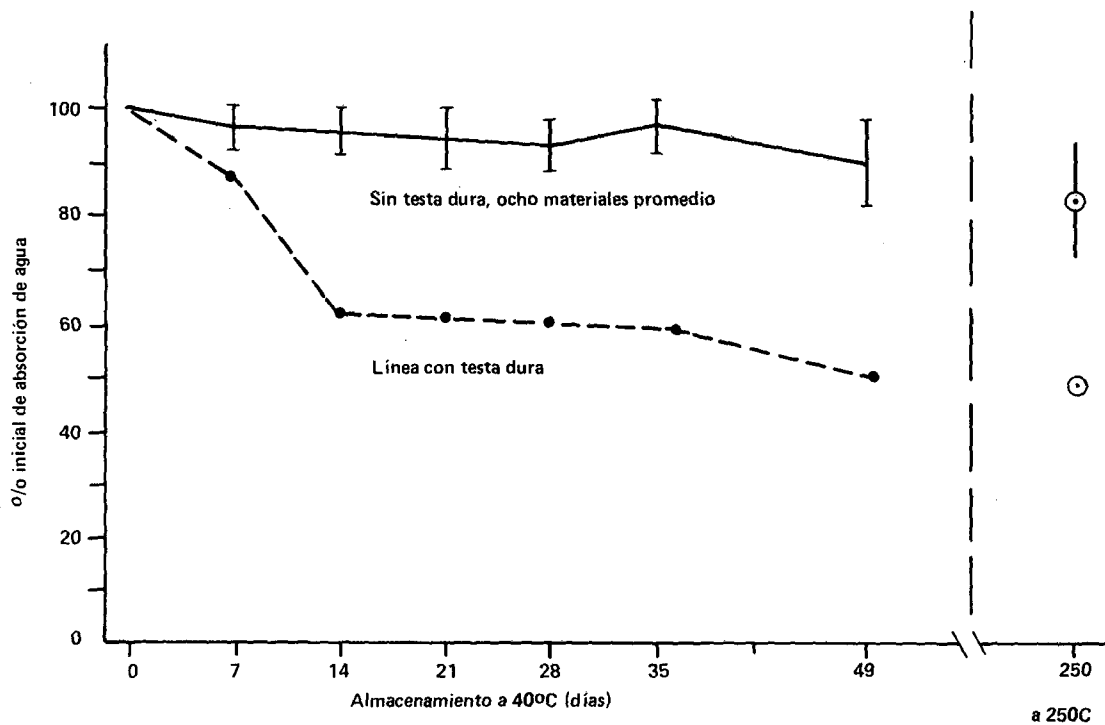


FIGURA 2

Absorción de agua por la semilla del frijol como función de almacenamiento y semilla de testa dura (HSC)

sorber agua en un período de almacenaje de 45 días a 40°C. Las semillas no tratadas con aceite perdieron 20% de la capacidad de absorción (Tabla 4). En este sentido el tratamiento con aceite redujo el desarrollo de la testa dura, pero, como éstos y otros datos muestran claramente, el tratamiento con aceite no reduce el tiempo de cocción y probablemente no tenga ningún efecto en las semillas de testa dura.

Las investigaciones sobre la naturaleza fisicoquímica de desarrollo de testa dura, empezaron hace apenas unos meses en el Laboratorio de Calidad y Nutrición Alimenticia del Centro. Estos estudios son procedimientos que se basan en las siguientes suposiciones:

1. La testa dura actúa como una barrera para reducir la absorción de agua, por parte del almidón, en el cotiledón de la semilla.
2. Las biopolímeras naturales —pectina (ácido poligalacturónico) y fitina (hexafosfato de inositol)— pueden desempeñar un mejor rol en el desarrollo de testa dura.

Se ha establecido claramente que el carácter de la semilla dura reduce grandemente la absorción de agua durante el remojo. La variedad Calima puede absorber menos de 10% de su peso fresco, mientras que los frijoles “normales” son capaces de absorber de 80 a 90% durante un período de remojo de cuatro horas. No obstante, después de 24 horas de remojo a 25°C, los frijoles con testa dura tienden a absorber la misma cantidad de agua que los frijoles que no tienen testa dura, alcanzando así un nivel de equilibrio de cerca de 110 a 120% de su peso inicial fresco. “El factor de testa dura” debe entonces ser filtrado gradualmente o metabolizado. Ciertamente, se notó que durante un período de remojo de cinco días el frijol Calima perdió las características de testa dura y su tiempo de cocción cambió de 115 minutos antes del remojo, a sólo 25 minutos. (Estas semillas fueron sometidas a remojo bajo condiciones frescas y estériles, por lo que estos cambios no se debieron a desarrollo microbial ni a una germinación de la semilla). De esta manera, el “factor de testa dura” debe concentrarse en cambios causados por su tratamiento durante las primeras cuatro a seis horas de remojo.

Para determinar la factibilidad de modificar la “barrera física” produciendo micro-rupturas en la testa de la semilla, se usaron varios niveles de micro-onda en frijoles de testa dura, sometiéndolos a remojo previo durante sólo 10 minutos. Luego, los cambios

en la subsecuente absorción de agua fueron medidos y, como se esperaba, una pequeña dosis de micro-onda aumentó considerablemente la absorción de agua; con un tratamiento de 5 min a 150 vatios, la absorción aumentó 5 veces por encima del control durante la primera hora de remojo (Tabla 5). Es de tener presente que el efecto no se debió a "cocción por micro-onda", ya que la temperatura aumentó sólo a 49-53°C y sólo por dos a tres minutos antes que los frijoles volvieran a su condición de 25°C. Subsecuentes tiempos de cocción determinados en materiales remojados durante 24 horas, dieron los mismos resultados tratados sin micro-onda.

TABLA 5

EFFECTOS DE UN TRATAMIENTO POR MICRO-ONDA EN LA  
ABSORCION DE AGUA, EN FRIJOLES DE TESTA DURA\*

Dosis de micro-onda (min x vatios)	o/o de absorción de semillas después de hr:			
	1	2	4	6
0	5.3	11.9	83.2	63.5
5 x 50	7.1	13.2	26.0	65.7
5 x 100	13.6	28.9	55.8	84.1
5 x 150	28.0	43.5	76.4	96.9

\* 10 g de frijol Calima se sometieron a remojo durante 10 minutos, en 100 ml de agua; luego fueron tratados con micro-ondas usando un aparato Lab-Line "Labsonic", punta 8mm. El agua se decantó y fue reemplazada por medio de remojo (en nuestro Laboratorio se usa agua destilada).

La influencia del pH del medio de remojo sobre la absorción de agua en los frijoles de testa dura también se midió en un rango de seis hasta 10, valores de pH obtenidos con una solución buffer 0.05M "Tris". La absorción de agua se incrementó casi la mitad, a un pH efectivo de 9.7, con relación a los valores de absorción, a un pH de 6.1 - 7.1. La absorción de agua fue casi la misma al sustituir el ion K por el ion Na en el medio de remojo (buffer más 10% de NaCl o de KCl). Este resultado implica que el "factor de testa dura" es de carácter ácido, y explica la eficacia del medio de NaCl-

$\text{NaHCO}_3$ , usado en los ensayos estándar de cocción.

Otra observación hecha durante esta serie de experimentos fue que el medio de remojo se tornó más ácido con el tiempo de remojo, lo que implica liberación de sustancias ácidas. Estas pueden ser ácido poligalacturónico o hexafosfato de inositol, ya que ambos producen soluciones un tanto ácidas cuando se disuelven en agua.

La segunda hipótesis fue ensayada usando los reactivos más específicos posible, o sea las enzimas que hidrolizan la pectina y la fitina-pectinasa y fitinasa, respectivamente. Si estas enzimas actúan en los frijoles con testa dura ello induce una absorción mayor durante un lapso de cuatro a seis horas de remojo, pudiendo establecerse firmemente la relación de causa a efecto. Para este fin, los frijoles Calima (10 g) fueron remojados en 100 ml de una solución buffer 0.05M "Tris" que contenía 1% NaCl y la enzima a ser estudiada. Los controles se remojaron en una solución buffer salina, sin enzima, bajo condiciones idénticas. Los resultados preliminares obtenidos con esta variedad de frijol (Tabla 6), indican que dichas enzimas sí favorecen la tasa inicial de absorción de agua, posiblemente en un 40 y 70% de pectinasa y fitinasa, respectivamente. Estos hallazgos deben repetirse bajo condiciones más comparables y utilizando otras variedades de frijol. También deben llevarse a cabo más estudios con relación a los frijoles tratados con micro-ondas, a fin de incrementar la habilidad de las enzimas para penetrar la testa de la semilla. Los estudios preliminares al respecto, indican un incremento de más o menos 50% en el efecto de la pectinasa, y un incremento de 30% en el efecto de la fitinasa, cuando actúa en los frijoles tratados con micro-onda. Ya que a los frijoles se les aplicó sólo una pequeña dosis de micro-onda (5 min x 150 vatios), estos efectos son considerables.

Resumiendo, los estudios aquí descritos se efectuaron en el Laboratorio de Calidad y Nutrición Alimenticia del CIAT, e indican que el problema de testa dura en la semilla de algunas variedades de frijol, puede ser minimizado, valiéndose de un almacenamiento fresco de las semillas recién cosechadas. El ama de casa puede reducir el efecto de testa dura mediante un remojo prolongado del grano, bajo condiciones frescas. El proceso de tecnología alimenticia también puede ser usado para eliminar el problema: la extrusión por presión ha sido citada por Bressani como medio de solucionar el problema, así como para la preparación de harinas de frijol, usando granos pelados. El resultado de estas investigaciones realizadas en el CIAT será notificado más adelante.

TABLA 6

**EFFECTOS DE ENZIMAS ESPECIFICAS EN LA ABSORCION DE  
AGUA POR FRIJOLES CON TESTA DURA**

Enzimas	pH	Absorción de agua relativa, como un porcentaje de control, después de hr:			
		1	2	4	6
Pectinasa	4.0	77	123	134	114
Pectinasa	ca. 8	120	143	130	—
Fitinasa	5.2	171	172	130	—

Cabe hacer hincapié en que la tendencia a desarrollar testa dura varía grandemente entre las variedades de frijol. Muchas de las líneas avanzadas que están siendo objeto de ensayo en el CIAT, no desarrollan testa dura bajo condiciones de almacenaje acelerado. Ciertamente, a través de una selección continua contra el carácter genético tendrá que ser factible la eliminación del problema de testa dura en las semillas en los próximos años.

Finalmente, una mejor definición de la naturaleza fisicoquímica de testa dura en el frijol, debe permitir explicar los mecanismos de controlarla; éstos, se predicen, radican en la biosíntesis de la pectina y la fitina.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen la excelente asistencia técnica de la Srta. Luzmila Murcia en la realización de las primeras mil evaluaciones efectuadas como parte del trabajo aquí descrito.

# **TRABAJOS DE INVESTIGACION**



## ENRIQUECIMIENTO DE PAN CON HARINA DE SOYA

*Enrique Yáñez,<sup>1</sup> Digna Ballester,<sup>2</sup> Marcela Aguayo<sup>3</sup>  
y Héctor Wulf<sup>a</sup>*

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA),  
Universidad de Chile, e Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
(INIA), La Platina, Santiago, Chile

### RESUMEN

Se realizó un ensayo de panificación con harina de trigo enriquecida con harina de soya en niveles de 2, 4, 6, 8, 10 y 12<sup>o</sup>/o. Las pruebas farinológicas mostraron cambios con la incorporación de la harina de soya, que se manifestaron en un aumento de la absorción de agua, disminución del tiempo de desarrollo de la masa, e incremento del decaimiento. El tiempo de mezcla se mantuvo sin variaciones hasta el nivel de 8<sup>o</sup>/o, nivel al que se observó cierta dificultad para el manejo de la masa. Los panes elaborados con harina de soya acusaron un leve oscurecimiento, dando un puntaje de 71 para el nivel

---

Manuscrito modificado recibido: 9-7-81.

- 1 Profesor, Jefe de la División de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Casilla 15138, Santiago 11, Chile.
- 2 Profesor del INTA.
- 3 Nutricionista del mismo Instituto.
- 4 Ingeniero Agrónomo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), La Platina, Santiago, Chile.

de 12<sup>o</sup>/o de harina de soya, y la textura se hizo más gruesa. A partir del 4<sup>o</sup>/o hubo una disminución del volumen del pan, la que se contrarrestó con la adición de 0.5<sup>o</sup>/o de estearoil-2-lactilato. Al nivel de 10<sup>o</sup>/o de harina de soya, el estearoil-2-lactilato de sodio (SSL) no tuvo efecto. La composición química del pan que contenía harina de soya mostró un aumento gradual del contenido proteínico, desde 13.4 a 18<sup>o</sup>/o en el nivel de 12<sup>o</sup>/o. La calidad biológica del pan, medida como eficiencia proteínica (PER) reveló un incremento significativo desde el nivel de 2<sup>o</sup>/o, obteniéndose el valor máximo al usarse el nivel de 6<sup>o</sup>/o (PER 2.13). Este trabajo confirma que es factible incorporar harina de soya al pan hasta el nivel de 6<sup>o</sup>/o, lo que constituiría un medio adecuado para mejorar el valor nutritivo de un alimento de tan amplio consumo como es el pan.

### INTRODUCCION

El elevado consumo de cereales y derivados en los países en desarrollo ha sido suficientemente demostrado (1, 2). En Chile el consumo de harina de trigo es alto, especialmente entre los sectores de bajos ingresos, siendo el pan una de las formas principales de consumo. Este alimento proporciona un alto porcentaje de las calorías y de la proteína dietaria de la población chilena (3). El contenido de proteína de la harina de trigo es de alrededor de 10<sup>o</sup>/o, y su patrón aminoacídico señala que es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina, treonina y triptofano (4). A fin de corregir estas deficiencias de cantidad y calidad se ha ensayado la adición al pan, de diversos concentrados proteínicos tales como harina de pescado (5), proteínas unicelulares (6), harina de soya y otros (7-10). La importancia de la harina de soya radica en su alto contenido de proteína y de algunos aminoácidos esenciales como lisina, leucina e isoleucina; además, tiene un precio relativamente bajo.

Diversos investigadores han enriquecido el pan con niveles hasta de 12<sup>o</sup>/o de harina de soya, encontrando incrementos importantes en el contenido de proteína y un notorio aumento en el contenido de lisina y en el mejoramiento de la calidad biológica (11, 12). En la presente investigación se estudió el efecto del agregado de harina de soya a la harina de trigo en niveles de 2, 4, 6, 8, 10 y 12<sup>o</sup>/o, efectuándose las pruebas farinológicas pertinentes. Es sabido que la incorporación de componentes extraños a la harina de trigo produce un deterioro de la calidad del pan, lo que se corrige mediante el uso de sustancias llamadas "mejoradores", entre los cuales puede mencionarse el estearoil-2-lactilato de sodio

(SSL) (13). En este estudio se investigó también la adición de dicho mejorador. Además, a fin de medir el valor nutritivo del pan, se determinó su índice de eficiencia proteínica (PER) en ratas.

#### MATERIAL Y METODOS

Se utilizó harina de trigo comercial con un grado de extracción de 80% y un contenido de proteína de 10.1% (N x 5.7), enriquecida con vitaminas del complejo B y hierro de acuerdo a las normas legales chilenas (14). La harina de soya utilizada en esta investigación fue una muestra desgrasada obtenida de Baker's Nutrisoy, Archer Daniels-Midland Company. Ambas harinas se sometieron a análisis químico proximal por métodos establecidos (15).

Las pruebas farinológicas se realizaron en el Farinógrafo de Brabender operando con 50 g de harina. Se midió el desarrollo de la masa, el decaimiento, y el valor W de acuerdo a la American Association of Cereal Chemists (AACC) (16).

El ensayo de panificación se hizo de acuerdo a la siguiente fórmula (en gramos): harina de trigo, 100; levadura fresca, 3; cloruro de sodio, 2; azúcar, 5; manteca vegetal hidrogenada, 3; leche descremada en polvo, 4, y agua hasta obtener consistencia adecuada. La sustitución de harina de trigo por harina de soya se hizo en niveles de 2, 4, 6, 8, 10 y 12%. Se investigó simultáneamente el efecto del mejorador estearoil-2-lactilato de sodio (SSL) en concentraciones de 0.5%.

Los ensayos de panificación se efectuaron de acuerdo al método "straight dough" de la AACC (16) con cuatro repeticiones. La masa se dividió en dos porciones iguales, y se dejó fermentar a 30°C con 85% de humedad relativa, durante 180 minutos. Luego, la masa se moldeó y se fermentó por otros 55 minutos. Finalmente se sometió a cocción a 227°C durante 25 minutos.

Una vez fríos los panes, se determinó el volumen con un voluménmetro de acuerdo a la AACC y se pesaron 24 hr después. Se juzgó el color y la textura de miga del pan utilizando como control de comparación pan elaborado con harina de trigo "Florana Aurora" (16).

Los panes se cortaron en rebanadas delgadas y se desecaron por 24 hr en corriente de aire y a una temperatura que no excediese de 50°C. Luego se molieron, quedando en condiciones de ser administrados a los animales de experimentación.

El valor biológico se determinó midiendo el índice de eficiencia proteínica (PER) de los panes enriquecidos, de acuerdo al método de Chapman, Castillo y Campbell (17). El índice de eficiencia proteínica, como es sabido, expresa la relación ponderal entre ganancia de peso y proteína ingerida. Se usaron grupos de 10 ratas Wistar de 20 a 23 días de edad y de ambos sexos, las cuales se alojaron en jaulas individuales, y recibieron agua y dieta *ad libitum*, controlándose semanalmente su peso e ingesta. Las dietas experimentales contenían (g/100 g): 80 de pan, 10 de aceite de maíz, 5 de celulosa, 4 de una mezcla mineral y 1 de vitaminas (17).

### RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis proximal de los materiales bajo estudio se expone en la Tabla 1, confirmándose los valores habituales para este tipo de productos. El contenido de proteína de la harina de trigo fue de 10.10/o (N x 5.7) y el de la harina de soya de 52.00/o (N x 6.25). Los resultados de las pruebas farinológicas (Tabla 2) indicaron que a medida que crece la concentración de soya, aumenta la absorción de agua desde 59.50/o para el testigo, a 64.30/o para el nivel de 120/o, lo que redundaba en un aumento del peso del pan y, por ende, en el rendimiento del producto final. El tiempo de

TABLA 1

#### COMPOSICION QUIMICA DE LA HARINA DE SOYA Y DE LA HARINA DE TRIGO (g/100 g)

	Harina de trigo	Harina de soya
Humedad	15.5	6.5
Cenizas	0.6	5.0
Proteínas	10.1 (N x 5.7)	52.0 (N x 6.25)
Extracto etéreo	1.2	1.0
Fibra cruda	0.4	3.5
Hidratos de carbono*	72.2	32.0
Calorías (KCal/100 g)	341	360

\* Por diferencia.

**TABLA 2**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DEL PAN CON HARINA DE SOYA DESGRASADA SOBRE LA ABSORCION DE AGUA, CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA, Y PUNTAJE DEL PAN**

	Nivel de suplementación (o/o)						
	0	2	4	6	8	10	12
Absorción de agua	59.5	59.9	60.5	61.5	62.1	63.5	64.3
Valores farinográficos							
Tiempo de la mezcla (min)	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.30	1.30
Desarrollo de la masa (min)	10.0	9.30	8.30	8.25	7.10	7.00	6.15
Decaimiento	40	50	50	50	60	60	60
Valor W	78	76	74	73	70	68	65
<i>Propiedades del pan:</i>							
Peso del pan (g)	141	142	142	146	148	150	154
Volumen del pan (cc)	597	607	595	577	571	535	530
Color de la miga (100)	80	79	78	76	75	73	71
Textura de la miga (100)	79	78	78	77	73	72	71

desarrollo de la masa disminuyó de 10 minutos en el control, hasta 6.15 min al 12<sup>o</sup>/o de harina de soya, lo que significa una disminución de las características físico-mecánicas de la masa. La adición de soya tuvo un efecto depresor que se manifestó en un aumento del decaimiento. La harina de trigo dio un valor de 40 U.B. y la mezcla con 12<sup>o</sup>/o de harina de soya dio un valor de 60 U.B. Se observó también que la incorporación de harina de soya en concentraciones crecientes produjo una disminución gradual en el valor W, de 78 en el control hasta 65 al nivel de 12<sup>o</sup>/o del concentrado. El tiempo de mezcla se mantuvo sin variaciones en 1.45 min hasta el nivel de 8<sup>o</sup>/o de harina de soya, para luego decrecer a 1.30 min en los niveles de 10 y 12<sup>o</sup>/o.

A las concentraciones de 10 y 12<sup>o</sup>/o se observó cierta dificultad para el manejo de la masa debido al aumento de pegajosidad de la misma; el color de la miga se acentuó ligeramente y la textura se hizo más gruesa. Respecto al color de la miga, el pan testigo dio un puntaje de 80 con respecto al patrón de la "Florana Aurora" (puntaje = 100). Los panes elaborados con harina de soya mostraron un leve oscurecimiento con relación al pan control, dando un puntaje de 71 para el nivel de 12<sup>o</sup>/o de harina de soya. La misma tendencia se observó en cuanto a la textura de la miga.

En relación al volumen del pan, se observó un deterioro progresivo a partir del nivel de 4<sup>o</sup>/o de harina de soya. El pan testigo dio un volumen de 597 cc, el que disminuyó hasta 530 cc al 12<sup>o</sup>/o de harina de soya. Al respecto, es sabido que la adición al pan de materiales no glutenosos induce una depresión del volumen (11); nuestros resultados confirman esta observación. La adición de 0.5<sup>o</sup>/o de SSL produjo un aumento del volumen del pan en todos los niveles de harina de soya estudiados (Tabla 3), y contrarrestó el efecto depresor en todos los niveles. Hasta los niveles de 6 y 8<sup>o</sup>/o de harina de soya el volumen fue restituido a valores iguales al del testigo sin mejorador. A concentraciones de 10 y 12<sup>o</sup>/o de soya, el efecto del SSL no fue suficiente para restituir el volumen al valor del testigo.

El peso promedio del pan (Tabla 3) no acusó diferencia entre el testigo y los panes con 2 y 4<sup>o</sup>/o de soya. A partir del 6<sup>o</sup>/o se observó un aumento paulatino en el peso del pan con el agregado creciente de harina de soya, alcanzando 154 g en el pan con 12<sup>o</sup>/o de soya, lo que equivale a un incremento de 9<sup>o</sup>/o.

La composición química del pan con harina de soya se muestra en la Tabla 4. En ella se observó un aumento gradual del contenido proteínico de 13.4<sup>o</sup>/o en el pan testigo hasta 18<sup>o</sup>/o en el

TABLA 3

EFFECTO DEL SSL SOBRE EL VOLUMEN DEL PAN Y PUNTAJE CUALITATIVO DEL PAN CON DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE SOYA

Soya (o/o)	Variable	Tiempo de mezcla (min)	Absorción de agua (o/o)	Peso del pan (g)	Volumen del pan (cc)	Puntaje de color, miga	Textura, miga
0	Sin aditivos	1.45	57.5	141	597	80	79
	+ 0.5o/o SSL	1.45	57.5	141	673	80	79
2	Sin aditivos	1.45	58.5	142	607	79	78
	+ 0.5o/o SSL	1.45	58.0	142	650	79	78
4	Sin aditivos	1.45	58.5	142	595	78	78
	+ 0.5o/o SSL	1.45	58.0	143	625	79	78
6	Sin aditivos	1.45	59.0	146	577	76	77
	+ 0.5o/o	1.45	58.5	148	593	77	77
8	Sin aditivos	1.45	59.5	148	571	75	73
	+ 0.5o/o SSL	1.45	59.5	150	592	76	74
10	Sin aditivos	1.30	60.0	150	535	73	72
	+ 0.5o/o SSL	1.30	60.0	150	565	74	73
12	Sin aditivos	1.30	60.5	154	530	71	71
	+ 0.5o/o SSL	1.30	60.5	154	546	73	72

TABLA 4

## COMPOSICION QUIMICA DE PAN ENRIQUECIDO CON HARINA DE SOYA (g/100 g)

Harina de soya (% de sustitución)	Agua	Cenizas	Proteína
0	5.6	5.3	13.4
2	5.4	5.4	14.3
3	5.4	5.4	14.6
4	5.5	5.4	15.4
5	5.6	5.5	15.8
6	6.3	5.5	16.1
9	6.7	5.5	16.6
12	6.6	5.7	18.0

pan con 12% de harina de soya, lo que representa un incremento de 34%. Al 6% de soya el incremento fue de 20%, observándose cierta tendencia a un mayor contenido de humedad y leve tendencia a un mayor contenido de cenizas.

Los resultados de la prueba de calidad biológica del pan enriquecido con soya se presentan en la Tabla 5.

Las ratas alimentadas con la dieta de pan corriente ganaron 27.2 g de peso en las cuatro semanas de experimentación. La adición de harina de soya produjo un aumento gradual de peso, el que alcanzó 71.9 g al 12% de harina de soya (Figura 1). Es interesante señalar que aun el nivel más bajo de soya indujo un aumento significativo en el peso de los animales.

Si se compara ese incremento del peso de los animales alimentados con caseína, se observa que éste es comparable al de los animales que recibieron 9% de soya, e inferior al de aquéllos que consumieron el que contenía 12% de soya.

El índice de eficiencia proteínica fue de 1.17 para el pan testigo. La adición de soya produjo un aumento significativo de este índice desde el nivel de 2%, obteniéndose la máxima eficiencia proteínica al 6% de soya, con un valor de PER de 2.13. Estos resultados son iguales o superiores a los notificados por Fleming y Sosulsky (18).

La ganancia ponderal y la mejoría en la eficiencia proteínica

TABLA 5

INDICE DE EFICIENCIA PROTEINICA (PER) EN PAN ENRIQUECIDO  
CON DIFERENTES NIVELES DE SOYA, Y SU COMPARACION  
CON CASEINA

Harina de soya (o/o)	Proteína dietaria (o/o)	Aumento de peso (g) 4 semanas	PER
0	9.9	27.2 ± 3.3*	1.17 <sup>a</sup> ± 0.16
2	10.2	43.4 ± 7.3	1.77 <sup>b</sup> ± 0.23
3	10.1	44.7 ± 9.6	1.79 <sup>b</sup> ± 0.25
4	10.6	53.6 ± 6.2	1.90 <sup>b</sup> ± 0.15
5	10.6	55.1 ± 10.8	1.91 <sup>bc</sup> ± 0.20
6	10.6	57.6 ± 7.5	2.13 <sup>c</sup> ± 0.18
9	12.6	63.6 ± 7.8	1.94 <sup>bc</sup> ± 0.34
12	13.7	71.9 ± 6.4	1.80 <sup>b</sup> ± 0.15
Caseína	10.2	64.9 ± 9.8	2.54 <sup>d</sup> ± 0.29

\* Valores promedio ± DE.

Los valores seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes al nivel de 0.010/o (Test de Duncan) (19, 20).

de los panes con harina de soya pueden explicarse por el mayor contenido de proteína de la dieta, por el aporte de lisina que al nivel del 120/o equivale a 2.6 veces al del pan corriente y, en general, por un mejor balance aminoacídico.

De los resultados del presente trabajo se concluye lo siguiente: la adición de harina de soya al pan, en concentraciones de 2 a 120/o, produce un aumento de la concentración de proteína del pan, de 13.40/o para el testigo, a 180/o al nivel de 120/o. La absorción de agua de la masa aumenta, lo que se traduce en un mayor peso del pan aunque su volumen es menor pero susceptible de corregirse con estearoil-2-lactilato de sodio. Los índices farinográficos sufren modificaciones: disminuye el tiempo de desarrollo de la masa y el valor W, y aumenta el decaimiento. A niveles superiores de 80/o de harina de soya, se enfrentan dificultades en el manejo de la masa, el color de la miga se acentúa ligeramente, y la textura se hace más gruesa.

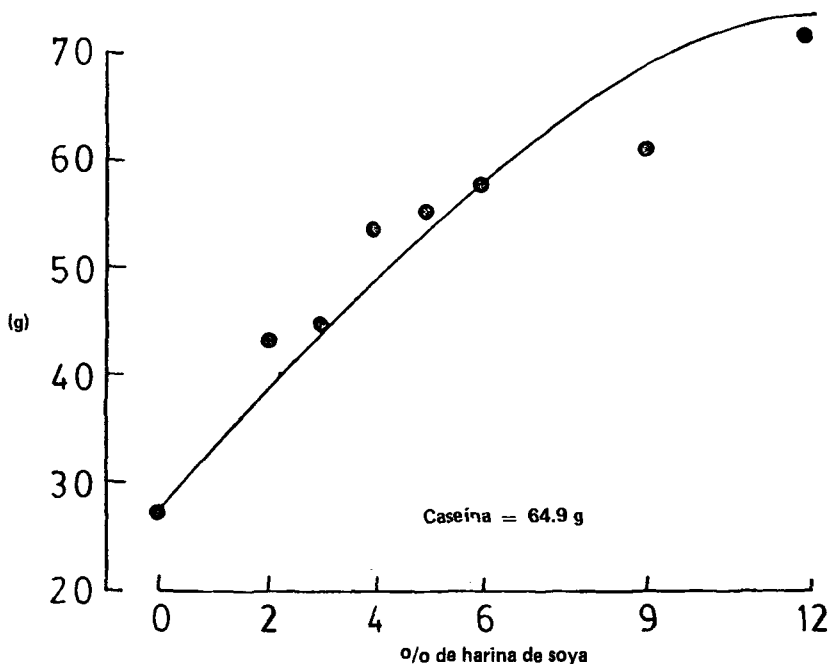


FIGURA 1

Incremento de peso (g/4 semanas) de ratas alimentadas con pan enriquecido con diferentes niveles de harina de soya

## SUMMARY

## BREAD ENRICHMENT WITH SOY FLOUR

A series of laboratory studies was conducted to test the effect of the inclusion of soy flour in bread at the levels of 2, 4, 6, 8, 10 and 12<sup>o</sup>/o. The farinographic tests showed that several changes occurred with the incorporation of soy flour to the wheat flour, such as an increase in water absorption and weakening of the dough, and a decrease in the dough developing time.

The mixing time remained unchanged up to the level of 8<sup>o</sup>/o substitution. Higher levels produced an increasing stickiness of the dough that made its handling more difficult. Soy-containing breads were slightly darker than wheat bread with a score of 71 points (scale 100) for the 12<sup>o</sup>/o level of

substitution. The texture became coarser with increasing substitution of soy flour. Starting with the level of 40% of soy flour a volume decrease was observed, but this was corrected by the addition of 0.50% sodium stearoyl-2-lactylate (SSL). At the levels of 10 and 12% of soy flour, SSL was not effective in preventing the reduction of volume. The chemical composition of bread showed a regular increase in its protein content from 13.4, to 18% in the bread containing 12% soy flour. The protein efficiency ratio of bread improved from 1.17 for the wheat bread, to 2.13 for the bread containing 6% soy flour (casein, 2.54). Our results confirm the observation made by other workers in that the inclusion of soy flour in bread improves both the protein concentration and quality of this basic food.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Evaluación de la situación alimentaria mundial. Presente y futuro, 1975. (Extracto de los documentos de la Conferencia Mundial de la Alimentación, ONU, 1974). **Aliment. Nutr. (FAO)**, 1: 7-13, 1975.
2. Penseé, J. Modelos de consumo alimentario de los países industrializados y de los países en vías de desarrollo. Dirección de Políticas Alimentarias y de la Nutrición. FAO, Roma. Sizaret, F. Presentado en: **VIII Congreso Internacional de Dietética, São Paulo, Brasil, 25-31 de agosto de 1980.**
3. S.N.S., Chile. **Encuesta sobre el Estado Nutricional de la Población Chilena. Julio 1974 — Junio 1975. Primer Informe. Perfil Encuestal.** Santiago, Chile, S.N.S., 1976.
4. Murata, K., S. Takarada & M. Nogawa. Loss of supplemental lysine and threonine during the baking of bread. **J. Food Sci.**, 44: 271-273, 1979.
5. Donoso, G. & E. Yáñez. Valor proteico del pan enriquecido con harina de pescado. **Bol. Of. San. Pan.**, 55: 520, 1963.
6. Yáñez, E., H. Wulf, D. Ballester, N. Fernández, V. Gattás & F. Mönckeborg. Nutritive value and baking properties of bread supplemented with *Candida utilis*. **J. Sci. Food Agr.**, 24: 519-525, 1973.
7. Jansen, G. R. & R. S. Ehle. Studies on breads supplemented with soy, non-fat dry milk, and lysine. **Food Technol.**, 19: 133-136, 1965.
8. Guggenheim, K. & N. Friedmann. Effect of extraction rate of flour and supplementation with soya meal on the nutritive value of bread protein. **Food Technol.**, 14: 298-300, 1960.
9. Yousseff, S.A.M., A. Salem & A.H.Y. Abdel-Rahman. Supplementation of bread with soy bean and chickpea flour. **J. Food Technol.**, 11: 599-605, 1976.
10. El-Dash, A. A. & V. C. Sgarbieri. Sweet lupine-fortified bread: nutri-

- tional value and amino acid content. **Cereal Chem.**, **57**: 9-11, 1980.
11. Marnett, L. F., R. J. Tenney & V. D. Barry. The effects of storage times and temperatures on the baking characteristics of 12% soy-fortified flour. **Cereal Sci. Today**, **18**: 53-57, 1972.
  12. Cotton, R. H. Soy products in bakery goods. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, **51**: 116A-119A, 1974.
  13. Tsen, C. C. & W. J. Hoover. The shortening-sparing of sodium stearyl-2-lactylate and calcium stearyl-2-lactylate in bread baking. **Bakers Dig.**, **45**: 38-40, 1971.
  14. Instituto Nacional de Normalización de Chile. **Harina de Trigo para Panificación**. Santiago, Chile, INN, 1977.
  15. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
  16. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of the AACC**. St. Paul, Minn., The Association, 1968.
  17. Chapman, D. G., R. Castillo & J. A. Campbell. Evaluation of protein efficiency ratios. **Can. J. Biochem. Physiol.**, **37**: 679-686, 1959.
  18. Fleming, S. E. & F. W. Sosulsky. Nutritive value of bread fortified with concentrated plant proteins and lysine. **Cereal Chem.**, **54**: 1238-1248, 1977.
  19. Duncan, D. B. Multiple range and multiple F test. **Biometrics**, **11**: 1-42, 1970.
  20. Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. **Statistical Methods**. 6th ed. Ames, Iowa, Iowa State University Press, 1967.

# REVISION DE LOS CONOCIMIENTOS ACTUALES ACERCA DE LA EVALUACION DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS ELEMENTOS MINERALES

## I. ELEMENTOS MAYORES

*María Luz Pita Martín de Portela*

Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires,  
Buenos Aires, Argentina

### RESUMEN

Durante largo tiempo, se supuso que la dieta humana aportaba los elementos minerales en cantidades adecuadas. No obstante, en los últimos años el conocimiento de deficiencias marginales o severas ha contribuido a esclarecer las funciones biológicas de algunos de ellos. Por este motivo, cada vez se presta mayor atención a la evaluación del estado nutricional, campo en el cual se ha progresado a una velocidad vertiginosa.

Este resumen, que cubre los elementos mayores, aplica también al artículo que sigue, en el cual se comentan los elementos menores o traza. La finalidad de ambos estudios es resumir la información actual en lo que respecta a la metodología bioquímica disponible para conocer el estado nutricional.

---

Manuscrito modificado recibido: 20-1-82.

- 1 Departamento de Bromatología y Nutrición Experimental, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín 956, 2o. piso, 1113 Buenos Aires, Argentina.

## INTRODUCCION

El conocimiento de los efectos y funciones de los elementos minerales en los sistemas biológicos guarda íntima relación con los avances de la química analítica. Para determinar sus funciones en el organismo y su esencialidad o toxicidad, es imprescindible contar con métodos de análisis extremadamente sensibles en muchos casos. En la actualidad se cuenta con métodos analíticos de gran sensibilidad tales como radioisótopos, espectrofotometría de absorción atómica, activación neutrónica, y algunos otros no tan generalizados.

La evaluación bioquímica del estado nutricional con respecto a los elementos minerales se encuentra en una etapa de pleno desarrollo. Durante muchos años se supuso que, exceptuando las anemias por déficit de hierro, no existían deficiencias de elementos minerales en los grupos de población que consumen una alimentación equilibrada. Hoy día, sin embargo, se conoce un número cada vez mayor de deficiencias marginales que mantienen al individuo por debajo del horizonte clínico, pero que revisten gran significado nutricional. Ello se debe a que esta situación se agrava en condiciones de stress, infección, traumas, cambios hormonales, enfermedades crónicas, embarazos repetidos, desnutrición calórico-proteínica, etc.

Entre los mecanismos que conducen a alteraciones en el aporte de elementos minerales, podemos citar el uso sistemático de fertilizantes que enriquecen el suelo con nitrógeno, fosfatos y potasio, pero no lo hacen o, incluso, lo empobrecen en otros elementos; el refinamiento de algunos alimentos, por ejemplo, el azúcar y la molienda de los cereales; el secado en condiciones enérgicas, que puede producir volatilización de otros, como el selenio en las leches en polvo, etc. La disminución de la biodisponibilidad puede ser un importante factor causante de carencias generalizadas en grandes grupos de población, y está ligado a los hábitos alimentarios de ciertas zonas.

A veces, el exceso de algunos minerales provoca manifestaciones clínicas específicas (por ejemplo, fluorosis), pero en otros casos esos excesos se manifiestan como deficiencias de elementos metabólicamente relacionados; así, el exceso de cobalto produce bocio; el exceso de fósforo y las alteraciones de la relación calcio/fósforo producen una menor absorción de hierro, zinc y magnesio; el exceso de molibdeno y la distorsión de la relación zinc/cobre induce anemia por déficit de cobre; el exceso de cobre produce

síntomas de deficiencias de molibdeno, etc.

### MÉTODOS GENERALES

En la actualidad, los métodos generales (Figura 1) que es posible utilizar para evaluar el estado nutricional, se pueden dividir en dos grupos:

#### 1. *Métodos Directos*

a) *Encuestas dietéticas* — Se recomienda su ejecución para determinar la ingesta. Este método es laborioso y no siempre arroja datos fieles y reales, no reflejando la utilización por parte del organismo. Además, para determinar si existen deficiencias es preciso conocer la cifra de los requerimientos, lo cual no siempre es factible ya que en algunos casos se desconoce, y en otros, esa cifra guarda relación con diversos constituyentes de la dieta.

b) *Niveles plasmáticos* — En general, no son buenos indicadores debido a que existen mecanismos homeostáticos eficientes para mantener los niveles dentro de rangos normales, y éstos no son afectados sino hasta la depleción casi total de los depósitos.

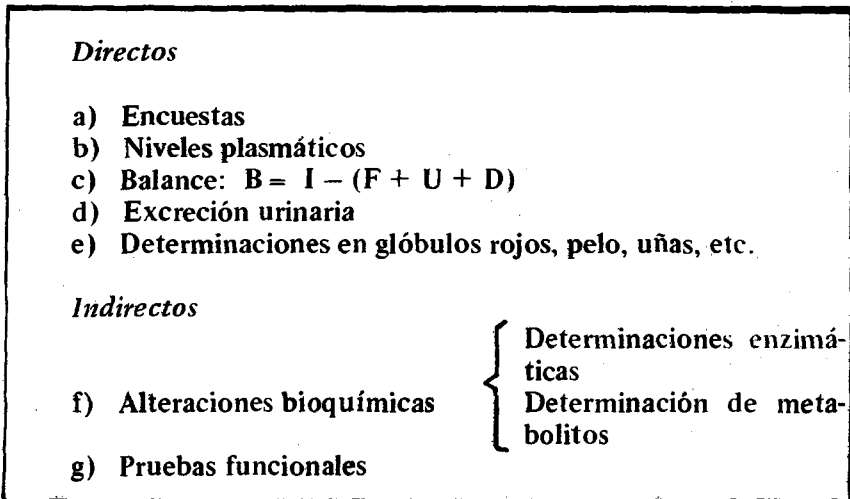


FIGURA 1

Evaluación del estado de nutrición mineral. Métodos generales

c) *Estudios de balance* — Estos son largos, requieren el seguimiento cercano de los individuos y un elevado número de determinaciones. No obstante, suministran información que a veces es imposible obtener aplicando otros métodos; por esta razón, continúan siendo de gran importancia.

El balance se calcula mediante la fórmula:

$$B = I - E = I - (F + U + S),$$

o sea la diferencia entre la ingesta y las excretas. Las vías de eliminación que habitualmente se toman en cuenta por ser numéricamente las más importantes son la fecal (F) y la urinaria (U). Sin embargo, para establecer correctamente el balance es preciso considerar la existencia de otras vías de excreción que incluyen: sudor visible e insensible (S), muestras de sangre, vómitos, descamación de la piel, cabello cortado o desprendimiento del mismo, y de uñas, gases intestinales y pérdidas anormales como esputo o fistulas abiertas. Si todas estas pérdidas no se tienen en cuenta, el error que se comete en el cálculo puede ser considerable.

Para mantenerse en adecuación nutricional, el adulto debe estar en balance cero, mientras que los niños, las mujeres embarazadas y los enfermos deben tener cifras de balance positivo con el objeto de asegurar la formación de nuevos constituyentes tisulares. El balance será negativo si la ingesta es inadecuada o si existen deficiencias de absorción o de utilización, catabolismo exagerado debido a procesos patológicos o trastornos emocionales, etc. Los valores obtenidos al calcular los balances metabólicos pueden verse influidos en forma apreciable por errores aislados o sistemáticos en la recolección, cuantificación y toma de muestras, así como por las dificultades analíticas asociadas con la preparación de la muestra y los métodos de ensayo utilizados. La exactitud del método de balance depende de una serie de factores bien definidos: es preciso obtener exactamente el peso y volumen del alimento ingerido y de las excretas y homogeneizarlas de modo que las alícuotas sean representativas; la recolección de orina y heces de 24 hr puede ser otra causa de error, si no se efectúa en los individuos practicándola en una unidad metabólica. En particular, los micronutrientes tienen un problema agregado, como son las dificultades analíticas y la absoluta necesidad de evitar cualquier contaminación durante la recolección, fraccionamiento, almacenamiento o digestión de la muestra (1).

d) *Evaluación del estado nutricional* — Se ha tratado de evaluar el estado nutricional determinando las concentraciones del elemento en estudio en material biológico de fácil recolección: glóbulos rojos, pelo, uñas, orina, etc. Estos métodos sólo han tenido éxito en determinados casos; en particular, la *excreción urinaria de 24 hr* del elemento bajo estudio puede guardar correlación con la ingesta y utilización. No obstante, es difícil y engorroso recolectar orina de 24 hr cuando se realizan estudios de campo. Para este tipo de estudios resulta más fácil recolectar una orina basal y expresar los resultados en relación a un metabolismo de excreción constante como es la creatinina.

e) *Determinaciones en material biológico no convencional* — Este incluye glóbulos rojos, pelos o uñas. Tales determinaciones pueden constituir indicadores promisorios de gran utilidad.

## 2. *Métodos Indirectos*

f) *Alteraciones bioquímicas* — La existencia de tales alteraciones previas a la aparición de los signos clínicos hace posible que la medición de actividades enzimáticas o de ciertos metabolitos pueda ser un indicador útil y fácil de realizar.

g) *Pruebas funcionales* — Si bien esta categoría de pruebas no son específicas, en ciertos casos pueden ser de utilidad como método orientador; por ejemplo, agudeza del sentido del gusto, adaptación a la oscuridad, y otras.

Por los motivos expuestos, no basta una sola determinación, siendo preciso utilizar una batería de determinaciones. En muchos casos todavía no existe una metodología que —mediante determinaciones fáciles— detecte deficiencias marginales y se pueda aplicar a la evaluación del estado nutricional de poblaciones.

A continuación se presenta una revisión de los métodos utilizables en la actualidad para evaluar el estado nutricional de algunos elementos minerales esenciales, siguiendo el orden de su abundancia en el organismo.

## MINERALES MAYORES

Las evaluaciones del estado nutricional con respecto a los elementos mayores se suman en la Figura 2.

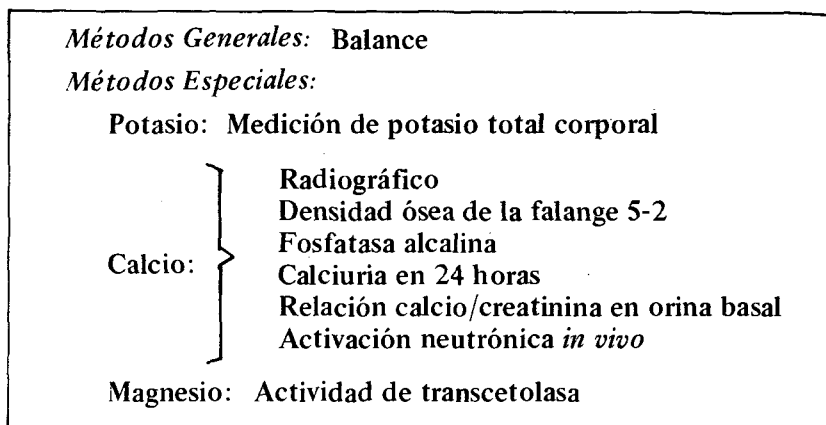


FIGURA 2

Evaluación del estado nutricional con respecto a los elementos minerales mayores

### *Sodio y Potasio*

El sodio y el potasio son dos elementos íntimamente relacionados desde el punto de vista metabólico. Por este motivo, más que los valores individuales puede interesar y tener importancia diagnóstica la relación  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ .

Los niveles plasmáticos de ambos se mantienen dentro de rangos normales si la función renal es normal, a pesar de considerables variaciones en la ingesta; por lo tanto, esta determinación carece de valor desde el punto de vista nutricional.

Las dietas habituales son ricas en sodio y, mientras que el requerimiento diario para el adulto es de no más de 500 mg, el consumo diario promedio oscila entre 10 y 35 veces esa cifra (2), siendo unas de las manifestaciones de la toxicidad crónica el aumento del líquido extracelular y la hipertensión. Existen también factores genéticos responsables de la sensibilidad individual al sodio.

En la desnutrición infantil existe depleción de potasio como consecuencia de una serie de alteraciones metabólicas conducentes al incremento de la relación  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ; el músculo y el cerebro son los tejidos más afectados, no siendo los niveles plasmáticos buenos indicadores (3).

Para evaluar la deficiencia de potasio, lo más conveniente es medir el *potasio total corporal* (PTC), el cual se puede determinar utilizando la medición de  $K^{40}$  en un contador de cuerpo entero. Esta determinación se basa en el hecho de que en la naturaleza, el 0.01180/o del K es  $K^{40}$  (4).

### *Calcio*

*Encuestas dietéticas* — En Argentina éstas revelan que un gran porcentaje de la población ingiere dietas cuyo contenido en calcio está por debajo de la cifra recomendada por la FAO (400 mg/día) (5).

En general, dichas dietas contienen una elevada cantidad de proteínas. Estas inducen un incremento en la excreción urinaria de calcio y llevan a los individuos que las consumen a un balance negativo permanente (6), colocándolos en estado de riesgo.

*Método radiológico* — Este es habitualmente preconizado y utilizado por FAO/OMS como medio diagnóstico, ya que pone en evidencia la deficiencia crónica en una etapa avanzada de descalcificación ósea. Además, este método no es específico de la deficiencia de calcio, pues existe un gran número de causas intrínsecas y extrínsecas que alteran el desarrollo esquelético. Entre las causas extrínsecas de origen nutricional se pueden citar el raquitismo, el escorbuto y la desnutrición proteínico-calórica (7).

La detección radiométrica de la densidad ósea de la falange 5-2 se basa en la fácil accesibilidad de la muestra y en la escasa interferencia del tejido blando que la rodea (8).

*Actividad de la fosfatasa alcalina* — Está relacionada con el desarrollo óseo, y no se puede considerar como un indicador adecuado. En la rata, se ha demostrado que la isoenzima de origen intestinal en plasma guarda correlación con la ingesta y con la absorción de calcio (9), pero se requiere de trabajos confirmatorios que permitan la extrapolación de estos resultados al ser humano.

La calciuria en 24 hr ha sido utilizada con éxito (10), pero tiene el inconveniente de requerir la recolección de la muestra.

*Relación calcio/creatinina* — La relación Ca/C en la orina basal es un índice dependiente no sólo de la ingesta de Ca sino también de la velocidad de crecimiento. Su utilización es promisoría fundamentalmente para evaluar el efecto de suplementos aportadores de calcio (11, 12).

El método de *activación neutrónica in vivo* puede ser de suma utilidad cuando se cuenta con el equipo adecuado.

### *Magnesio*

La deficiencia de magnesio nunca fue considerada como un problema de importancia en la nutrición humana. Por esta razón, se han realizado pocos estudios relativos a la evaluación del estado nutricional, y no se ha desarrollado una metodología adecuada para la ejecución de estudios de campo.

En general, una dieta que es adecuada en otros nutrientes esenciales —sobre todo proteínas de alto valor biológico— se ha considerado como aportadora de cantidades adecuadas de magnesio. El déficit de este elemento se ha asociado con el alcoholismo crónico, las diarreas agudas, dietas inadecuadas o insuficientes, toxemia del embarazo, síndrome de malabsorción, kwashiorkor, diabetes, enfermedad paratiroidea, cáncer, etc. Las dietas occidentales, sin embargo, tienden a ser de alto contenido en proteínas, a pesar de lo cual son bajas en su contenido de magnesio; las orientales, en cambio, son más ricas, pese a su deficiencia en proteínas y al bajo valor biológico de éstas. Como las dietas con un contenido elevado de proteínas, calcio o fósforo aumentan el requerimiento de magnesio, es probable que existan numerosos grupos de población con deficiencias marginales no detectadas hasta el presente.

Los niveles plasmáticos de magnesio descienden cuando la deficiencia es severa y ya ha aparecido la sintomatología clínica. Es por ello que para evaluar el estado nutricional y detectar deficiencias marginales, sólo se cuenta con el método de balance.

La determinación de transcetolasa puede tener valor, previo descarte de la deficiencia de vitamina B<sub>1</sub> (13).

## SUMMARY

### REVIEW OF PRESENT KNOWLEDGE ON THE EVALUATION OF NUTRITIONAL STATUS WITH REGARD TO MINERAL ELEMENTS

For a long time, the human diet was supposed to provide mineral elements in adequate quantities. Nevertheless, in recent years knowledge of marginal or severe deficiencies has contributed to clarify the biological functions of some of them. For this reason, more and more attention is being given to the evaluation of mineral nutritional status, field which has

progressed very rapidly.

This summary, which covers the major elements, also applies to the following article, where trace elements are discussed. The purpose of both articles is to summarize actual knowledge on available biochemical methodology for a better understanding of mineral nutritional status.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Beisel, W. R. Metabolic balance studies; their continuing usefulness in nutrition research. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 271-274, 1979.
2. Meneely, G. R. & H. D. Battarbee. Sodio y potasio. En: **Conocimientos Actuales en Nutrición**. Capítulo 26. Traducción al español de la 4a edición original de **Present Knowledge in Nutrition** publicada por "The Nutrition Foundation, Inc.". Guatemala, Guatemala, C. A., Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN), 1978, p. 261-281.
3. Closa, S., M. L. Pórtela, M. E. Río & J. C. Sanahuja. Changes in muscle and brain electrolytes in rats fed natural imbalanced diets. *J. Nutr.*, **104**: 1381-1388, 1974.
4. Lane, H. W., G. S. Roessler, E. W. Nelson & J. J. Cerda. Effect of physical activity on human potassium metabolism in a hot and humid environment. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**: 838-843, 1978.
5. Valencia, M. E. La Tecnología de Alimentos como Causa o Solución de Deficiencias Nutricionales. III Seminario y 1er Congreso Latinoamericano de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Buenos Aires, Argentina, 5 a 8 de noviembre de 1979.
6. Linkswiler, H. M., C. L. Joyce & Ch. R. Anand. Calcium retention of young adult males as affected by level of protein and calcium intake. *Trans. N. Y. Acad. Sci.*, **36**: 333-341, 1974.
7. Salomon, J. B., R. E. Klein, M. A. Guzmán & C. Canosa. Efectos de la nutrición e infecciones sobre el desarrollo óseo en niños en un área rural de Guatemala. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **22**: 417-449, 1972.
8. Albanese, A. A., E. J. Lorenze, A. H. Edelson, E. H. Wein & L. Carroll. Effects of calcium supplements and estrogen replacement therapy on bone loss of post menopausal women. *Nutr. Reps. Internat.*, **24**: 403-417, 1981.
9. Ferretti, J. L., J. L. Bazan & R. C. Puche. An analysis of an experimental model used in Ca-P metabolism studies: The rat housed in a metabolic house. *Medicina (Buenos Aires)*, **36**: 83-92, 1976.
10. Widdowson, E. M. & R. A. McCance. Use of random specimens of urine to compare dietary intakes of African and British children. *Arch.*

- Dis. Childhood, 45:** 547-552, 1970.
11. Zeni, S., M. L. Portela & M. E. Ríó. Estudio de la relación calcio/creatinina en orina en relación a la ingesta de calcio: su utilidad como indicador del estado nutricional. **Medicina (Buenos Aires), 39:** 795-796, 1979.
  12. Portela, M. L., S. Zeni & M. E. Ríó. Correlación entre el índice calcio/creatinina y los datos de encuestas dietéticas, en adultos. Presentado en: **VII Congreso Argentino de Nutrición, Paraná (Entre Ríos), junio de 1980.**
  13. Zieve, L. Influence of magnesium deficiency on the utilization of thiamine. **Ann. N. Y. Acad. Sci., 162:** 732-743, 1969.

**REVISION DE LOS CONOCIMIENTOS ACTUALES  
ACERCA DE LA EVALUACION DEL ESTADO NUTRICIONAL  
DE LOS ELEMENTOS MINERALES**

**II. ELEMENTOS TRAZA<sup>1</sup>**

*María Luz Pita Martín de Portela<sup>2</sup>*

Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires,  
Buenos Aires, Argentina

**INTRODUCCION**

Bajo el nombre de oligoelementos, elementos traza, elementos menores, microelementos, micronutrientes o elementos raros, se agrupan aquellos elementos minerales que se encuentran en los sistemas biológicos en cantidades tan pequeñas que a veces sólo son revelables y cuantificables mediante procedimientos de sensibilidad adecuada.

En la actualidad hay 14 de estos elementos que se consideran esenciales y de los cuales la OMS recomienda intensificar la investigación con el objeto de establecer el estado nutricional.

En esta revisión nos ocuparemos de los siguientes: hierro, cobre, zinc, cromo y selenio, por ser aquéllos en los que se ha enfocado la mayor atención en los últimos años.

---

Manuscrito modificado recibido: 20-1-82.

- 1 El Resumen de este artículo puede consultarse en la página 429.
- 2 Departamento de Bromatología y Nutrición Experimental, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín 956, 2o. piso, 1113 Buenos Aires, Argentina.

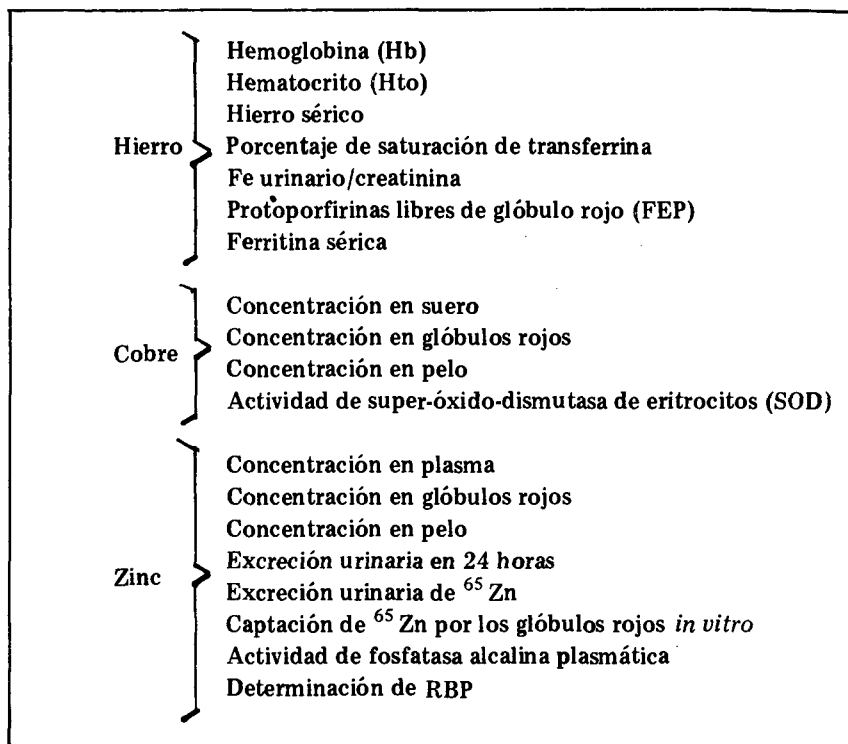


FIGURA 1

Evaluación del estado nutricional con respecto a hierro, cobre y zinc.

### Hierro (Figura 1)

La deficiencia nutricional de hierro es una de las más comunes, tanto en los países desarrollados como en aquéllos en vías de desarrollo, siendo los grupos más vulnerables los niños y las mujeres embarazadas. Los métodos clásicos de detección de déficit de hierro han sido el hematocrito (Hto) y la determinación de hemoglobina (Hb), procedimientos que sólo permiten evidenciar las deficiencias severas, ya que el cuadro hemático se mantiene normal hasta que los depósitos se agotan.

Los niveles de hierro sérico y el porcentaje de saturación de transferrina por sí solos tampoco son buenos indicadores, ya que dan valores con un amplio rango de variabilidad que no siempre pueden ser adecuadamente interpretados (1, 2).

La presencia de factores de la dieta que afectan la absorción de hierro hace que la medida de la ingesta no se correlacione necesariamente con una correcta utilización; ajeno a un gran número de componentes habituales de la dieta que la disminuyen (fitatos, fosfatos, oxalatos, etc.) (3), existen casos especiales en los que, por ejemplo, coexisten ingestas elevadas de hierro con anemia ferropénica debido a la distorsión de la relación  $Ca/Fe/P$  en la dieta (4).

Debido a las dificultades que implica medir la ingestión y absorción de hierro se trató de buscar otra relación que permitiera estimar su déficit de una manera fácil y rápida. El análisis del hierro urinario en 24 hr mostró una buena correlación con la ingesta, hallazgo que ha llevado a proponerlo para evaluar el estado nutricional de poblaciones. La recolección de orina de 24 hr, sin embargo, es poco adecuada para estudios en el terreno (5).

Por todo ello, es evidente la necesidad de contar con métodos que detecten las deficiencias marginales, es decir, el estado de los depósitos, antes de que los valores hematológicos sean afectados, y establecer rangos de normalidad que aseguren la correcta interpretación de los resultados.

Históricamente, el primer método utilizado para determinar el estado de los depósitos consistió en realizar flebotomías semanales y establecer la velocidad de utilización del hierro de los depósitos (6). Debido a la falta de practicidad que ello implica, se ha tratado de idear otros métodos tales como determinación de ferritina, purino nucleósido fosforilasa, citocromo-oxidasa, porfirinas, protoporfirinas, etc. De todos ellos, la determinación de ferritina en suero y la de protoporfirinas en glóbulos rojos (FEP) son las más prácticas y en las que se están utilizando con mayor éxito (7-10).

En el caso particular de niños desnutridos, sin embargo, puede encontrarse baja concentración de Hb con suficiente Fe de depósito, y antes de comenzar el tratamiento de recuperación nutricional, tanto la determinación de FEP como la de ferritina son indicadores confiables del estado de los depósitos. No obstante, durante la recuperación (como consecuencia de la elevada velocidad de crecimiento), ambos indicadores pueden arrojar datos discordantes; en este período la ferritina sérica es el indicador más sensible y confiable del estado de los depósitos y, por consiguiente, el más adecuado para seguimiento nutricional con respecto al hierro (9).

*Cobre* (Figura 1)

Ajeno a considerar las patologías en las que el metabolismo

del cobre está alterado (por ejemplo, enfermedad de Wilson y síndrome de Menke), se ha asumido habitualmente que una dieta adecuada en calorías aporta cantidades adecuadas de cobre, por lo que su deficiencia se ha relacionado casi exclusivamente a la desnutrición calórico-proteínica.

Para la evaluación del estado nutricional con respecto a este micronutriente, lo más aconsejable hasta hace muy poco había sido el método de balance. A pesar de ello, la disparidad de los resultados obtenidos con otros indicadores por diferentes investigadores, señala la necesidad de estudios más profundos así como la estandarización, tanto en la recolección de las muestras como en los procedimientos analíticos utilizados. Así, se han propuesto los niveles de cobre en suero, pelo o glóbulos rojos, pero no se han podido establecer conclusiones claras en cuanto a su valor diagnóstico como indicadores nutricionales.

Alrededor del 94% del cobre circulante está unido a la ceruloplasmina por lo que los niveles plasmáticos de cobre están influidos por los niveles de ceruloplasmina. Según algunos autores (11), la fracción no-ceruloplasmina tendría más valor como indicador nutricional y existen técnicas para determinarlo (12).

En consecuencia, las concentraciones medias de cobre en suero varían ampliamente según los diferentes investigadores. En general, son mayores en las mujeres que en los hombres y están aumentados en las mujeres que toman anticonceptivos orales y en el embarazo, aumento que está relacionado con los niveles de estrógenos circulantes. Las concentraciones menores de 70  $\mu\text{g}/100$  ml se consideran como indicadores de deficiencia. No obstante, la concentración en el suero no es función directa del estado nutricional, siendo más bien representativa de las proporciones relativas de cobre y zinc en la dieta (13).

La concentración de cobre en cabello se correlaciona con el estado nutricional previo, pero también es función de la edad y sexo; por este motivo, para interpretar adecuadamente los resultados hay que tener en cuenta esas variaciones y establecer la curva de valores normales para cada sexo. Estudios recientes efectuados en animales indican que la concentración en pelo se correlaciona con la concentración en hígado, lo cual confirmaría su valor como un indicador adecuado del estado nutricional (14).

Según Hambidge (15), la concentración de cobre en pelo está sometida a un elevado grado de contaminación ambiental, lo que para el humano le restaría valor diagnóstico.

La excreción urinaria de cobre es menor de 30  $\mu\text{g}/\text{día}$  y

parece ser independiente de la ingesta.

Según recientes estudios, la determinación de superóxido-dimutasa (SOD) de los glóbulos rojos parece ser el indicador de elección (16, 17).

Otras enzimas promisorias como indicadores nutricionales de Cu son la aminooxidasa y la leucocito citocromo-C-oxidasa (18).

### *Zinc* (Figura 1)

Hasta una fecha relativamente reciente no se creía probable la existencia de problemas de deficiencia de zinc en el humano; sin embargo, las observaciones realizadas en el transcurso de los últimos 10 años en algunos países, hicieron que la especie humana fuese incluida entre las afectadas (19).

Este síndrome, que es frecuente en Irán y Egipto, se caracteriza por presentar en los varones manifestaciones de enanismo con hipogonadismo y disminución del contenido de zinc en plasma, glóbulos rojos y pelo.

Como consecuencia de estos estudios, numerosos grupos de investigadores han utilizado como indicadores nutricionales las concentraciones de zinc en plasma o pelo (20).

En sus estudios con pelo, Klevay ha demostrado que existen diferencias significativas según la edad: disminuye durante la primera década y aumenta en la segunda (21), incrementando la concentración con el aumento de la distancia al cuero cabelludo y con los tratamientos de belleza y shampoos. Si se estandariza el método, este índice puede reflejar el estado de los depósitos o sea la ingesta previa, y no da una idea del estado nutricional verdadero.

Los valores de zinc en plasma son ligeramente mayores en los hombres que en las mujeres, y en los individuos sanos oscilan entre 75 y 120  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ . Existen influencias fisiológicas y patológicas capaces de alterarlos, por lo que este dato por sí solo no brinda información acerca del verdadero estado nutricional.

La concentración en glóbulos rojos es 10 veces mayor que en plasma y correlaciona satisfactoriamente con el estado nutricional, pero el método es fatigoso. Los procedimientos analíticos recientes (no destructivos) tales como fluorescencia de rayos X o bien el de activación neutrónica, son promisorios en este campo, ya que a la alta sensibilidad, se une la fácil preparación de la muestra.

La excreción urinaria en 24 hr tampoco constituye un índice apropiado. Este varía en algunas condiciones patológicas y en

función de la masa muscular; puede estar aumentada y ser la causa de estados de deficiencia, coexistiendo con valores bajos en el suero y, por ello, no siempre es función de la ingesta.

En los estudios metabólicos realizados en Egipto utilizando  $^{65}\text{Zn}$ , Prasad (22) encontró en enanos deficientes en Zn, que el reciclaje estaba aumentado y el tamaño del pool disminuido, existiendo un descenso de la excreción de  $^{65}\text{Zn}$  en orina y heces. Estos estudios sirvieron de base para que se propusiera recientemente un modelo de dos compartimientos, el cual aporta información y permite el cálculo del contenido de Zn total corporal o de depósitos, así como de la pérdida diaria endógena. Luego de administrar  $5 \mu\text{Ci } ^{65}\text{Zn}$  se mide la actividad específica en orina y en el cuerpo a intervalos de uno a dos meses, durante 7 meses. Aunque el método es demasiado largo para la rutina clínica, es una técnica de considerable importancia para poder comparar la validez de otros métodos (23).

A consecuencia de los estudios realizados *in vitro* ha surgido como método promisorio la medición de la captación de  $^{65}\text{Zn}$  por los glóbulos rojos. Este índice se presenta aumentado en los casos de deficiencia de Zn (24), y parece ser el más ventajoso.

La actividad de ciertas metaloenzimas que contienen Zn pueden ser utilizadas para evaluar el estado nutricional, fosfatasa alcalina (sus niveles no disminuyen hasta después de 11 semanas de depleción); anhidrasa carbónica (cuya actividad se correlaciona con las concentraciones de zinc en glóbulos rojos); y RNA-asa (cuya actividad aumenta en la deficiencia de zinc), pese a no ser una metaloenzima de Zn.

La síntesis hepática de la proteína transportadora de retinol (RBP) es dependiente del aporte de zinc por lo que puede ser uno de los índices adecuados que amerita estudios más a fondo (18).

### *Cromo* (Figura 2)

Recientemente, la esencialidad del cromo ha sido un hecho aceptado después de demostrarse que éste actúa como cofactor en la reacción entre la insulina y un receptor específico de la membrana (25, 26).

En los Estados Unidos la deficiencia marginal de cromo es común, y se le relaciona con el alto consumo de alimentos y azúcar refinados (27).

Una de las consecuencias de esta deficiencia marginal es la

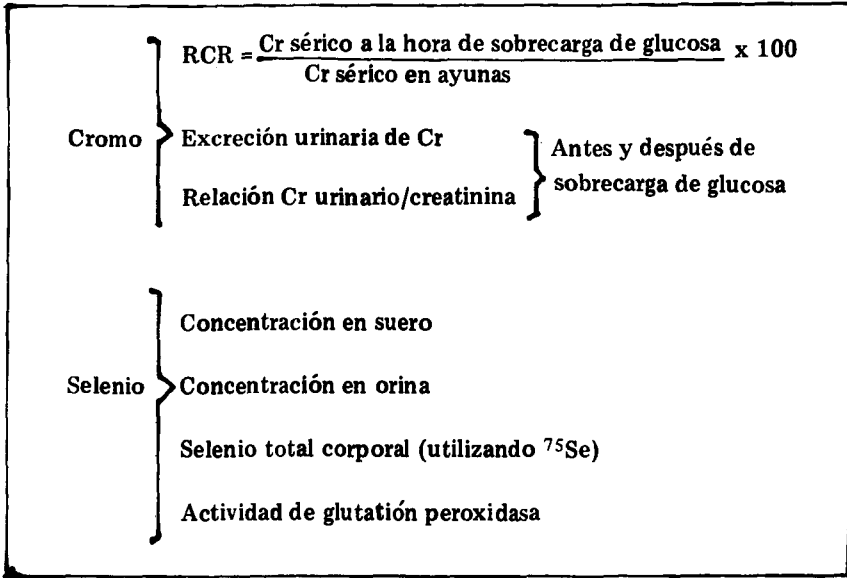


FIGURA 2

## Evaluaci\u00f3n del estado nutricional con respecto a cromo y selenio

prevalencia de pruebas de tolerancia a la glucosa anormal. Las mujeres son m\u00e1s vulnerables que los hombres debido a que el embarazo contribuye a la depleci\u00f3n del cromo.

La principal dificultad para el desarrollo de estudios referentes a la acci\u00f3n del cromo, consiste en su baja concentraci\u00f3n en el suero (1-2 ng/ml) y la falta de m\u00e9todos anal\u00edticos de sensibilidad adecuada. Se determina actualmente mediante un m\u00e9todo radioqu\u00edmico de activaci\u00f3n neutr\u00f3nica, el que constituye el \u00fanico que arroja resultados confiables.

El aumento que se observa en los niveles plasm\u00e1ticos de cromo, luego de la administraci\u00f3n de glucosa, depende de la existencia de un pool adecuado de cromo. En respuesta a una sobrecarga de glucosa, los niveles de cromo s\u00e9rico descienden en los individuos deficientes, siendo la base del \u00edndice de respuesta relativa del cromo (RCR). Este \u00edndice es de mayor valor diagn\u00f3stico que la determinaci\u00f3n de cromo s\u00e9rico, y se calcula como la relaci\u00f3n:

$$\text{RCR} = \frac{(\text{Cr}) \text{ en suero a la hora de la sobrecarga de glucosa}}{(\text{Cr}) \text{ en ayunas}} \times 100$$

Los valores normales deben ser mayores de 100%, y un valor bajo indica un estado nutricional subóptimo (28).

La excreción urinaria normal diaria oscila entre 5.0 y 10  $\mu\text{g}/\text{día}$  (29). La excreción urinaria y la relación Cr/Cre aumentados en respuesta a una sobrecarga de glucosa pueden ser índices adecuados para evaluar el estado nutricional (30).

### Selenio (Figura 2)

Este es un elemento mineral esencial al que recientemente se le está prestando atención en su relación con la nutrición humana.

Los habitantes de ciertas regiones de Nueva Zelandia tienen una ingesta diaria de selenio por debajo de la cifra recomendada de 60  $\mu\text{g}/\text{día}$ . Por dicho motivo ha sido en esta población donde se está trabajando con miras a establecer los indicadores nutricionales más adecuados.

La concentración de selenio en suero correlaciona bien con la ingesta. Los estudios realizados hasta el presente en adultos, utilizando un método fluorométrico, dan un valor promedio de 1.49  $\mu\text{g}$  por gramo de peso seco, lo que equivale a 0.118  $\mu\text{g}/\text{ml}$ . Existen variaciones geográficas aun dentro de una misma región que dependen del contenido del Se del suelo (31). La concentración es dependiente de la edad, y la cifra es menor en los niños que en los adultos de las mismas áreas: 0.05  $\mu\text{g}/\text{ml}$  en aquéllos comprendidos entre un mes y un año de edad, y 0.097  $\mu\text{g}/\text{ml}$  en los de 5 a 15 años (32).

La concentración de selenio en orina es un reflejo del estado de los depósitos más que de la ingesta actual.

Se puede estudiar el estado de los depósitos administrando  $^{75}\text{Se}$ -selenito y mediante la aplicación de las fórmulas:

a)

$$\frac{\text{Selenio total corporal}}{^{75}\text{Selenio total corporal}} = \frac{\text{Selenio urinario}}{^{75}\text{Selenio urinario}}$$

b)

$$\frac{\text{Selenio total corporal}}{^{75}\text{Selenio total corporal}} = \frac{(\text{Se}) \text{ en plasma}}{(^{75}\text{Se}) \text{ en plasma}}$$

se puede calcular el selenio corporal total (33).

Un método específico y de fácil aplicación en los estudios de

campo consiste en determinar en suero la actividad de la glutatión-peroxidasa, enzima selenio-dependiente que contiene cuatro átomos de selenio por molécula, y cuya actividad es una función logarítmica del contenido de Se de la dieta (34).

Cabe señalar, sin embargo, que el riesgo biológico que implica el uso de este isótopo del Se, no justifica su empleo como diagnóstico nutricional en humanos.

### BIBLIOGRAFIA

1. Portela, M. L. P. M. de. Importancia de los micronutrientes en el desarrollo de anemias nutricionales. **Cuadernos de Pediatría Abbott** No. 57, 1977.
2. Portela, M. L. P. M. de. Desnutrición y anemia: un complejo de interrelaciones. **Buenos Aires, Argentina, 45o. Triduo Científico Anual de la APA, octubre de 1980.**
3. Van Campen D. Regulation of iron absorption. **Fed. Proc.**, **33**: 100-105, 1974.
4. Hagshenas M., M. Mahlauji, J. C. Reinhold & N. Mohammadi. Iron-deficiency anemia in an Iranian population associated with high intakes of iron. **Am. J. Clin. Nutr.**, **25**: 1143-1146, 1972.
5. Portela, M. L. P. M. de, N. H. Slobodianik, C. Matewecki & O. Saraceno. Estudio comparativo de diversos índices para la detección de la deficiencia nutricional de hierro. **Medicina (Buenos Aires)**, **38**: 821, 1978.
6. Olsson, K. S. Iron stores in normal men and male blood donors. **Acta Med. Scand.**, **192**: 401-407, 1972.
7. Fortur, R. L., W. P. McGrath & L.T. Stanley. Enzyme-labeled immunosorbent assay for serum ferritin: method evaluation and comparison with two radio assays. **Clin. Chem.**, **25**: 1466-1469, 1979.
8. Greger, J. L., M. M. Higgins, R. P. Abernathy, A. Kirney, M. B. De Corso & P. B. Baliger. Nutritional status of adolescent girls in regard to zinc, copper and iron. **Am. J. Clin. Nutr.**, **31**: 269-275, 1978.
9. Morasso, M. del C. **Comportamiento Hematológico en Niños Desnutridos y Anémicos. Efectos de la Velocidad de Crecimiento.** Tesis. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 1981.
10. Closa, S. J., S. Zeni, M. L. Portela, M. E. Río & J. C. Sanahuja. Usefulness of free erythrocyte protoporphyrin (FEP) as index of iron nutritional status of populations. Presentado en: **XII International Congress of Nutrition, San Diego, California, August 16-21, 1981.**

11. Steve Hsieh H. & E. Frieden. Evidence for ceruloplasmin as a copper transport protein. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, **67**: 1326-1331, 1975.
12. Frommer, D. J. Direct measurement of serum non-ceruloplasmin copper in liver disease. *Clin. Chim. Acta*, **68**: 303-307, 1976.
13. Klevey, L. M. Hair as a biopsy material. II. Assessment of copper nutriture. *Am. J. Clin. Nutr.*, **23**: 284-289, 1970.
14. Jacob, R. A. , L. M. Klevay & G. M. Logan. Hair as a biopsy material. V: Hair metal as an index of hepatic metal in rats: copper and zinc. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**: 477-480, 1978.
15. Hambidge K. M. Increase in hair copper concentration with increasing distance from the scalp. *Am. J. Clin. Nutr.*, **26**: 1212-1216, 1973.
16. Paynter, D. I., R. J. Moir & E. J. Underwood. Changes in activity of the Cu-Zn superoxide dismutase enzyme in tissues of the rat with changes in dietary copper. *J. Nutr.*, **109**: 1570-1576, 1979.
17. Andrewartha K. A. & I. W. Caple. Effects of changes in nutritional copper on erythrocyte superoxide dismutase activity in sheep. *Res. Vet. Sci.*, **28**: 101-104, 1980.
18. Solomons, N. W. On the assessment of zinc and copper nutriture in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 856-871, 1979.
19. Sandstead, H. H., A. S. Prasad, A. R. Schulert, Z. Farid, A. Miale, S. Bassily & W. J. Darby. Human zinc deficiency, endocrine manifestations and response to treatment. *Am. J. Clin. Nutr.*, **20**: 422-442, 1967.
20. McKenzie J. Content of zinc in serum, urine, hair and toenails of New Zealand adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 570, 1979.
21. Klevay, L. M. Hair as a biopsy material. I. Assessment of zinc nutriture. *Am. J. Clin. Nutr.*, **23**: 284, 1970.
22. Oberleas, D. & A. S. Prasad. Growth as affected by zinc and protein nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, **22**: 1304-1314, 1969.
23. Kennedy, A. C., R. G. Bessent, P. Davis & P. M. G. Reynolds. The estimation of whole-body zinc and Zn turnover in rheumatoid and osteoarthritis using <sup>65</sup>Zn tracer. *Brit. J. Nutr.*, **40**: 115-125, 1978.
24. Chesters, J. K. & M. Will. The assessment of zinc status of an animal from the uptake of <sup>65</sup>Zn by the cells of whole blood in vitro. *Brit. J. Nutr.*, **38**: 297, 1978.
25. Mertz, W. Biological role of chromium. *Fed. Proc.*, **26**: 186, 1967.
26. Mertz, W. Effects and metabolism of glucose tolerance factor. *Nutr. Revs.*, **33**: 129-135, 1975.
27. Masironi, R., W. Wolf & W. Mertz. Chromium in refined and unrefined sugars; possible nutritional implications in the etiology of cardiovascular diseases. *Bull. WHO*, **49**: 322, 1973.
28. Liu, V. J. K. & S. Morris. Relative chromium response as an indicator

- of chromium status. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**: 972-976, 1978.
29. Mitman, F. W., W. R. Wolf, J. L. Kelsay & E. S. Prather. Urinary chromium levels of nine young women eating freely chosen diets. *J. Nutr.*, **105**: 64-68, 1975.
  30. Gurson, C. T. & G. Saner. The effect of glucose loading on urinary excretion of chromium in normal adults, in individuals from diabetic families and in diabetics. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**: 1158-1161, 1978.
  31. Mc. Donnell, K. P., W. L. Broghamer, A. J. B. Cotcky & O. J. Hurt. Selenium levels in human blood and tissues in health and in disease. *J. Nutr.*, **105**: 1026-1031, 1975.
  32. Mc. Kenzie, R. L., H. M. Rea, C. D. Thompson & M. F. Robinson. Selenium concentration and glutathione peroxidase activity in blood of New Zealand infants and children. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**: 1413-1418, 1978.
  33. Stewart, D. H., N. M. Griffiths, C. D. Thompson & M. E. Robinson. Quantitative selenium metabolism in normal New Zealand women. *Brit. J. Nutr.*, **40**: 45-54, 1978.
  34. Reddy, K. & Al. L. Tappel. Effects of dietary selenium and autooxidized lipids on the glutathione peroxidase system of gastrointestinal tract and other tissues in the rat. *J. Nutr.*, **104**: 1069-1078, 1974.

**COMPORTAMENTO DO CÁLCIO, FÓSFORO E  
MAGNÉSIO EM RATAS SUBMETIDAS Á DESNUTRIÇÃO  
DURANTE VARIAS ETAPAS NO PERÍODO GESTACIONAL**

*Maria Eneida Aiello Sartor,<sup>1</sup> Fernando José de Nóbrega,<sup>2</sup>  
Suzana de Souza Queiroz Tonete,<sup>3</sup> Cleide Enoir Petean  
Trindade<sup>4</sup> e Paulo Roberto Curi<sup>5</sup>*

**Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Botucatu, São Paulo, Brasil**

**RESUMO**

Pudemos observar para cálcio e fósforo, comportamento bastante semelhante:

— Aumento de concentração na gestante controle em determinado período da gestação. O mesmo não foi observado na gestante desnutrida, que

---

Manuscrito modificado recebido: 30-11-81.

- 1 Auxiliar de Ensino do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, Distrito de Rubião Junior, CEP. 18.610, Botucatu, SP, Brasil.
- 2 Professor Titular do Departamento de Pediatria da Escola Paulista de Medicina.
- 3 Professor Assistente Doutor do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP.
- 4 Professor Adjunto do Departamento de Pediatria da mesma Faculdade.
- 5 Professor Assistente Doutor do Departamento de Matemática e Estatística do Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola do Campus de Botucatu, UNESP, São Paulo, Brasil.

mostrou evidente diminuição.

— A gestante foi mais afetada pela desnutrição que a não gestante.

Quanto ao magnésio notamos que:

— A sua concentração não sofreu influência no transcorrer do tempo, quer pela gestação ou desnutrição.

— A desnutrição por si só foi a maior responsável pelas diferenças observadas entre os grupos.

Concluimos que, em condições de eutrofia, a gestante tem toda condição de acionar determinados recursos a fim de suprir as necessidades fetais. No entanto, em condição de desnutrição esses mecanismos podem ficar seriamente inibidos, acarretando, desta forma, um desenvolvimento fetal, possivelmente inadequado.

## INTRODUÇÃO

Modificações no metabolismo do cálcio e fósforo durante a gestação são conhecidas de longa data. Resultam da necessidade de calcificação do feto, determinando maior demanda desses íons e conseqüentemente, alterações no metabolismo materno.

Trabalhos em animais e principalmente em humanos, mostram que o cálcio plasmático materno diminui no decorrer da gestação o mesmo acontecendo com o fósforo (1-7). Apesar desses estudos, a variação dos elementos considerados em função da gestação ainda não está completamente esclarecida, uma vez que a homeostase do cálcio é regulada por mecanismos complexos (3) e o seu valor no soro não traduz completamente as variações nos diversos compartimentos em que ele se localiza.

Sabemos que o cálcio se encontra no líquido extra-celular sob três formas: iônico (47,5%), ligado à proteína em especial a albumina 45,5%) e o restante sob a forma de complexos como citratos, fosfatos e outros anions (14,15%). O cálcio iônico é o componente fisiologicamente mais importante, sendo esta a forma sob a qual o cálcio é transferido para o feto através da placenta (5, 8).

Trabalhos em gestantes têm mostrado aumento do cálcio na fase inicial (8-13 semanas) em relação às controles não gestantes o mesmo acontecendo com o fósforo, seguindo-se de queda até o final da gestação, sendo que o magnésio praticamente não se altera (5).

A fração iônica do cálcio, variou pouco segundo Pitkin e Gebhart (4), entretanto outros autores mostraram aumento do paratormônio (3, 4) e conseqüentemente, aumento na absorção do

calcio intestinal e reabsorção do cálcio ósseo.

A redução no cálcio total, tem sido relacionada com a queda de proteína, em especial da albumina, que ocorre com o progredir do período gestacional (5, 6).

Com relação ao magnésio tem se observado que durante a gravidez seus valores praticamente não se alteram (9). O paratormônio atua sobre o magnésio à semelhança do cálcio, porém menos eficazmente (10). Em ratas gestantes com privação de magnésio, Dancis, Springer e Cohlán (9), observaram discreta queda do magnésio muscular e acentuada redução do magnésio do feto, parecendo que os mecanismos de espoliação materna pelo feto funcionam pouco em relação ao magnésio.

### *Objetivos*

Neste trabalho, além do comportamento do Ca, P e Mg durante a gestação, procuramos evidenciar o efeito da desnutrição protéico-calórica (DPC) na gestante sobre os íons considerados no plasma.

### MATERIAL E MÉTODOS

Utilizamos ratas virgens da raça Wistar, em idade de reprodução (90 dias), pesando em média  $207 \pm 20$  g que constituíram os seguintes grupos:

#### *Gestantes*

Nos grupos de ratas gestantes procedeu-se à contagem dos dias de gestação após comprovação do coito pelo encontro de espermatozoides no esfregaço vaginal. Este era realizado pela manhã, após as fêmeas terem permanecido durante toda a noite (pelo menos 12 horas) com os machos.

*Controle (GC)* – Receberam *ad libitum* água e ração pronta para ratos e camundongos marca Batavo,<sup>6</sup> assim composta de acor-

6 Constituição da dieta controle: umidade (máximo), 12,50%; proteína bruta (mínimo), 20,00%; extrato etéreo (mínimo), 3,50%; matéria fibrosa (máximo) 8,00%; cálcio (máximo), 1,90%; fósforo (mínimo), 0,35%, e proteína animal (mínimo), 1,00%. Componentes básicos: milho moído, farinha de torta de soja, subproduto de trigo, farinha de peixe, farinha de carne, bifosfato de calcio, sal comum, vitaminas e micro-elementos minerais.

do com as especificações do fabricante.

*Desnutrida (GD)* — Receberam, durante todo o período gestacional, ração carente protéico-calórica,<sup>7</sup> preparada em nossos Laboratórios.

### *Não Gestantes*

*Controle (C)* — Receberam *ad libitum* água e ração pronta para animais de laboratório como assinalado em controle (GC).

*Desnutrida (D)* — Receberam ração carente protéico-calórica durante período equivalente e da mesma forma que em desnutrida (GD).

O sacrifício dos animais era realizado sempre pela manhã e deu-se aos 7, 14, 17, 19 e 21 dias de gestação (GC e GD) e de desnutrição (D). Para o grupo controle (C) foram sacrificadas ratas eutróficas, semelhantes em idade e peso àquelas selecionadas para outros grupos e que serviram como controle de todos os tempos de desnutrição e/ou gestação.

O sangue foi coletado com heparina diretamente do coração, imediatamente centrifugado, o plasma separado, congelado em nitrogênio líquido e estocado em “freezer” até o momento das dosagens bioquímicas.

Para o dosagem do cálcio, foi utilizado o método do glioxalbis (13), sendo este de excelente reprodutibilidade, alta sensibilidade e fácil execução.

O fósforo foi dosado pelo método clássico de Fiske e Subbarow (14), o que dispensa discussão; e o magnésio por absorção atômica (Perkin-Elmer 305B).

Para cada uma das três variáveis estudadas, fez-se uma análise de variância visando determinar diferenças entre os grupos e os tempos de acordo com as considerações: fator A, quatro grupos e fator B, cinco tempos. Portanto utilizou-se um fatorial 4x5. A significância de F foi verificada sempre para  $\alpha = 0.05$ . No caso da interação ser significativa, a análise foi completada, verificando-se as diferenças entre os tempos dentro de cada grupo e as diferenças entre os grupos, fixado o tempo (15).

7 Constituição da dieta carente: amido (maizena), 89%; proteína (caseína), 1%; óleo de caroço de algodão, 5%; óleo de fígado de bacalhau, 1%; mistura de sais minerais, segundo Hegsted *et al.* (11), 4%; e vitaminas, segundo Manna e Hauge (12), 50 ml/kg.

## RESULTADOS

*Calcio* (Tabela 1)

Observamos que no grupo gestante controle ocorreu aumento significativo do cálcio plasmático até o 17o. dia de gestação e a partir desse momento, até o 21o. dia, houve diminuição. Já o grupo gestante desnutrido apresentou diminuição durante todo o transcorrer da gestação, embora significativamente somente até o 17o. dia. As ratas que sofreram somente desnutrição não apresentaram alteração significativa do cálcio plasmático. Comparando os grupos entre si observamos que o grupo gestante controle mostrou-se sempre com níveis superiores aos demais.

*Fósforo* (Tabela 2)

As ratas gestantes-controle apresentaram apenas pequeno aumento do fósforo plasmático aos 17 e 19 dias de gestação, enquanto que as gestantes desnutridas e as somente desnutridas mostraram diminuição durante o período estudado.

Quanto ao comportamento do fósforo entre grupos, aqui ocorreu maiores níveis da gestante controle em relação aos outros grupos.

*Magnésio* (Tabela 3)

O magnésio plasmático não se mostrou alterado quando estudado em função de tempo, dentro dos vários grupos. Comparando os grupos entre si, observamos que, para a maioria dos tempos estudados, os grupos-controle (GC e C) apresentaram sempre níveis mais elevados que os grupos desnutridos (GD e D).

## DISCUSSÃO

O valor do cálcio, fósforo e magnésio plasmático em um dado momento da gestação é a resultante da sua oferta, dos mecanismos que regulam a sua homeostase e da demanda fetal.

As necessidades fetais desses elementos são diferentes em cada período da gestação correspondendo à maior ou menor incorpo-

TABELA 1

DOSAGENS DE CÁLCIO (mg/dl) NO PLASMA DE RATAS NOS DIFERENTES GRUPOS  
E PERÍODOS ESTUDADOS. MÉDIAS ( $\bar{X}$ ), DESVIOS-PADRÃO (S) E  
COEFICIENTES DE VARIACÃO (CV)

Grupo	Tempo (días)	7	14	17	19	21	
Gestante controle (GC)	$\bar{X}$	8,597	8,654	10,132	9,629	8,628	
	S	0,579	1,194	1,648	1,105	0,777	17 = 19 > 7
	CV	6,736	13,801	16,266	11,475	9,007	7 = 14 = 21
Gestante desnutrida (GD)	$\bar{X}$	7,920	7,803	6,576	6,389	6,279	7 = 14 > 17
	S	0,524	1,028	0,514	0,937	0,605	17 = 19 = 21
	CV	6,612	13,175	7,821	14,677	9,629	
Desnutrida (D)	$\bar{X}$	8,060	7,505	7,640	7,760	7,671	
	S	0,917	0,313	0,755	0,659	0,750	n.s.
	CV	11,379	4,168	9,876	8,497	9,771	
Controle (C)	$\bar{X}$	7,96	7,96	7,96	7,96	7,96	
	S	0,585	0,585	0,585	0,585	0,585	-
	CV	7,356	7,356	7,356	7,356	7,356	
		n.s.	GC > D	GC > GD GD = D = C	GC > GD, D, C GD < D = C	GC > GD GC = D = C	

No. de amostra = 8.

TABELA 2

DOSAGENS DE FÓSFORO (mg/dl) NO PLASMA DE RATAS DE DIFERENTES GRUPOS E PERÍODOS ESTUDADOS. MÉDIAS (X), DESVIOS-PADRÃO (S) E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV)

Grupo	Tempo (dias)	7	14	17	19	21	
Gestante controle (GC)	$\bar{X}$	6,631	7,198	7,985	8,332	5,963	
	S	0,844	0,720	1,088	1,038	0,989	17 = 19 > 7
	CV	12,736	9,998	13,623	12,455	16,585	7 = 14 = 21
Gestante desnutrida (GD)	$\bar{X}$	5,639	5,200	5,410	4,105	4,296	
	S	0,515	0,752	0,808	0,590	0,687	7 = 14 = 17
	CV	9,136	14,755	14,929	14,380	16,003	17 > 19 = 21
Desnutrida (D)	$\bar{X}$	6,501	4,942	5,748	4,379	5,676	
	S	0,244	0,618	1,179	0,589	0,627	7 = 17 = 21
	CV	3,750	12,500	20,515	13,442	11,054	21 > 14 = 19
Controle (C)	$\bar{X}$	5,60	5,61	5,61	5,61	5,61	
	S	0,865	0,865	0,865	0,865	0,865	-
	CV	15,447	15,447	15,447	15,447	15,447	
		GC > C	GC > GD GD > D > C	GC > GD GD > D > C	GC > D G > GD = D	GC > GD GC = D = C	

No. de amostra = 8.

TABELA 3

DOSAGENS DE MAGNÉSIO ( $\mu\text{g/ml}$ ) NO PLASMA DE RATAS NOS DIFERENTES GRUPOS E PERÍODOS ESTUDADOS. MÉDIAS ( $\bar{X}$ ), DESVIOS-PADRÃO (S) E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV)

Grupo	Tempo (días)	7	14	17	19	21	
Gestante controle (GC)	$\bar{X}$	21,240	18,651	16,883	22,109	19,938	n.s.
	S	4,139	2,582	2,712	4,756	4,685	
	CV	19,487	13,846	16,066	21,513	23,498	
Gestante desnutrida (GD)	$\bar{X}$	16,686	18,744	17,084	17,933	15,323	n.s.
	S	1,742	7,142	1,903	3,512	4,744	
	CV	12,727	22,092	11,142	19,583	30,961	
Desnutrida (D)	$\bar{X}$	14,917	12,279	16,815	12,618	15,652	n.s.
	S	3,015	2,458	2,246	1,917	2,710	
	CV	20,210	20,018	13,357	15,192	17,316	
Controle (C)	$\bar{X}$	19,469	19,469	19,469	19,469	19,469	—
	S	4,550	4,550	4,550	4,550	4,550	
	CV	23,372	23,372	23,372	23,372	23,372	
		GC = C GC > GD = D	GC = GD = C GD > D	n.s.	GC = GD = C GD > D	n.s.	

No. da amostra = 7.

ração destes no organismo fetal (3, 16). Em ovelhas já se demonstrou que a transferência do Ca do "pool" materno para o feto mantinha-se baixa até aproximadamente a metade da gestação, aumentando rapidamente no final da mesma (17).

Com relação ao cálcio, pudemos observar, nas ratas gestantes controle aumento dos valores a partir do terço médio, que foram superiores aos das não prenhas. Além disso, ocorreu queda dos níveis calcêmicos no final deste período, embora tenham permanecido em níveis mais elevados que os das não gestantes (Tabela 1).

Trabalhos em mulheres (5) têm mostrado resultados semelhantes. O aumento seria resultante da elevação na fração iônica e estaria de acordo com níveis mais elevados de paratormônio e, conseqüentemente, aumento na absorção intestinal de cálcio e aumento na reabsorção óssea, fatos que se observam durante a gestação. Evidentemente esses níveis são alcançados com a finalidade de aumentar a passagem do cálcio iônico para o feto, favorecendo a mineralização do esqueleto. A queda do cálcio no fim deste período estaria, portanto, relacionada com a mineralização fetal e/ou acompanharia a diminuição das proteínas totais, em especial da albumina, que ocorre normalmente com o progredir da gestação (3, 5, 6).

Quando analisamos a gestante desnutrida observamos que no terço final, os valores do cálcio são mais baixos do que os encontrados nas desnutridas não prenhas (Tabela 1), parecendo haver somação de efeitos, isto é, a gestação imporia uma sobrecarga à desnutrida acentuando o seu déficit em cálcio. Como a dieta introduzida para promover desnutrição tem quantidades suficientes de cálcio e vitamina D, sendo apenas deficiente em proteínas e calorias, podemos supor que as alterações estejam fundamentalmente relacionadas com a redução protéica.

Entre nós, Lopez (18), utilizando dieta idêntica observou diminuição de proteínas totais tanto nas gestantes desnutridas como nos respectivos recém-nascidos, quando comparados com seus controles. Entretanto, a fração iônica do cálcio encontrava-se ligeiramente alterada nas gestantes eutróficas e aumentada significativamente nos recém-nascidos controle, o mesmo não sendo observado nos animais desnutridos.

Essas observações corroboram nossas suposições de que, em condições normais, ocorre aumento de passagem de cálcio iônico no sentido de favorecer a mineralização fetal.

Ficaria, ainda, a possibilidade de uma menor absorção intestinal ao contrário do que acontece com a gestante eutrófica. A

menor absorção intestinal poderia ser a consequência de menor teor de proteína transportadora em nível intestinal e/ou a redução de energia necessária para o transporte ativo do cálcio do interior das células para a corrente sanguínea, o que é feito contra gradiente de concentração (19).

O comportamento do fósforo na rata gestante normal é semelhante ao do cálcio, havendo aumento no terço médio e queda no final do período gestacional (Tabela 2). É possível que o paratormônio, já comprovadamente aumentado durante a gestação (5), esteja produzindo elevação na absorção intestinal do fósforo, sendo a sua diminuição, no fim deste período, decorrente da maior utilização fetal.

Na gestante desnutrida também observamos queda da concentração do fósforo no transcórper do tempo, embora tenha ocorrido mais tardiamente do que para o cálcio. As alterações verificadas nas ratas que sofreram apenas desnutrição, não foram muito claras, os níveis de fósforo oscilaram, porém em nenhum momento diferiram estatisticamente do controle, dando a impressão que esta variação não tem significado especificamente biológico.

A ação do paratormônio sobre o magnésio é semelhante a do cálcio, porém em menor intensidade (10). Observando o comportamento do magnésio na gestante, verificamos que ocorreram variações no decorrer da gestação, embora sem significância estatística, sendo os valores finais não diferentes dos iniciais, como já observado anteriormente em mulheres por Reitz *et al.* (5). Para esse tipo de variação, sem comportamento definido, fica difícil ajustar uma explicação. Como o magnésio é um íon importante, participando da atividade de vários enzimas como co-fator e atuando em sistemas de transporte, torna-se imprescindível tanto para a mãe como para o feto; deste modo é de se esperar que ocorram alterações mínimas no magnésio da gestante.

Trabalhos em ratas prenhas com dietas carentes apenas em magnésio têm mostrado discreta diminuição nos níveis plasmáticos, persistência do magnésio muscular e perda do ósseo. Entretanto, as maiores deficiências foram encontradas no feto onde a redução era acentuada, dando a impressão de que a mãe se protege com prejuízo do feto (9).

Na desnutrição protéico-calórica, pode-se relacionar a redução do magnésio plasmático ao menor teor protéico do desnutrido, conseqüentemente, ocorre redução do magnésio ligado à proteína (20).

O comportamento da concentração de magnésio na desnutri-

ção foi diferente daquele observado nos dois grupos gestantes. Ao contrário do que verificamos com relação a cálcio e fósforo, o magnésio parece ter sofrido influência maior quando impusemos às ratas apenas carência protéico-calórica (Tabela 3).

Na primeira semana, as gestantes desnutridas têm seus valores de magnésio semelhantes às aquelas desnutridas; no entanto, esses níveis se elevam tendendo a se aproximarem das gestantes controles (Tabela 3). Este fato sugere que algum mecanismo seria acionado, no sentido de aumentar a concentração plasmática deste íon; mecanismo este que poderia estar relacionado com o paratormônio, que favoreceria a absorção intestinal de magnésio.

Além dessa hipótese, não poderíamos descartar outras, como reabsorção tubular renal ou ainda mobilização dos depósitos do magnésio. Para tanto, já se encontram em andamento, em nosso laboratório, estudos metabólicos mais detalhados.

Pudemos observar que a gestação por si só determina alterações no comportamento do cálcio e fósforo e a desnutrição no magnésio. Quando associamos à gestação o fator desnutrição, o comportamento dos íons citados se modifica, indicando que a desnutrição protéico-calórica interfere acentuadamente nesses íons, durante a gravidez.

#### SUMMARY

##### CALCIUM, PHOSPHORUS AND MAGNESIUM METABOLISM IN RATS SUBMITTED TO PROTEIN-CALORIE DEPRIVATION IN DIFFERENT GESTATIONAL PERIODS

An attempt was made to point out the alterations in serum calcium, phosphorus and magnesium, during gestation in female rats fed *ad libitum* normal diets (protein content, 21%), a protein-calorie deficient diet (protein content, 1%) in a quantity equal to half of that given to normal rats.

As the data revealed, in the control group of pregnant rats a significant increase in calcium on the 17th and 19th days was observed, as well as a decrease at the end of gestation. The values remained at higher levels in this group than those detected in the control non-pregnant rats.

The above-mentioned increase was not observed in the undernourished pregnant rats, which showed an evident decrease. The behavior of phosphorus in the control pregnant rats was similar to calcium behavior, but this "ion" had not suffered the influence of malnutrition when isolately imposed. With regard to magnesium, we noticed that throughout the experiment serum concentration was not influenced either by malnutrition or by gestation. Malnu-

trition itself was the greatest responsible factor as judged by the differences observed among the groups.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Kerr, C., H. F. Loken, M. B. Glendening, G. S. Gordan & E. W. Page. Calcium and phosphorus dynamics in pregnancy. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, **83**: 2-8, 1962.
2. Olatunbosun, D. A., F. A. Adeniyi & B. K. Adadevoh. Serum calcium, phosphorus and magnesium levels in pregnant and non-pregnant Nigerians. *Brit. J. Obstet. Gynaecol.*, **82**: 568-571, 1975.
3. Pitkin, R. M. Calcium metabolism in pregnancy: A review. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, **121**: 724-737, 1975.
4. Pitkin, R. M. & M. P. Gebhard. Serum calcium concentrations in human pregnancy. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, **127**: 775-778, 1977.
5. Reitz, R. E., T. A. Daane, M. U. Facog, J. R. Woods & R. L. Weinstein. Calcium, magnesium, phosphorus, and parathyroid hormone interrelationship in pregnancy and newborn infants. *Obstet. Gynecol.*, **50**: 701-705, 1977.
6. Tan, C. M. & A. Raman. Serum ionic calcium levels during pregnancy. *J. Obstet. Gynaecol. Brit. Commonwealth*, **79**: 694-697, 1972.
7. Watney, P. J. M. & B. T. Rudd. Calcium metabolism in pregnancy and in the newborn. *J. Obstet. Gynaecol. Brit. Commonwealth*, **81**: 210-219, 1974.
8. Schauburger, C. W. & R. M. Pitkin. Maternal perinatal calcium relationships. *Obstet. Gynecol.*, **53**: 74-76, 1979.
9. Dancis, J., D. Springer & S. Q. Cohlan. Fetal homeostasis in maternal malnutrition. II. Magnesium deprivation. *Pediat. Res.*, **5**: 131-136, 1971.
10. Tsang, R. C. Neonatal magnesium disturbances. *Am. J. Dis. Child.*, **124**: 282-292, 1972.
11. Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & E. B. Hart. Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, **138**: 459-466, 1941.
12. Manna, L. & S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B<sub>13</sub> to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, **202**: 91-96, 1953.
13. Oliveira, A. M. **Determinação do Cálcio em Materiais Biológicos pelo Método Colorimétrico do Glioal-bis (2-hidroxianil)**. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Botucatu, SP, Brasil, 1974, 70 p.
14. Fiske, C. H. & Y. Subbarow. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, **66**: 375-400, 1925.

15. Cochran, W. G. & G. Cox. **Experimental Designs**. 2a. ed. New York, N. Y., John Wiley & Sons, Inc., 1975, 611 p.
16. Forfar, J. O. Normal and abnormal calcium, phosphorus and magnesium metabolism in the perinatal period. **Clin. Endocrinol. Metabol.**, **5**: 123-148, 1976.
17. Braithwaite, G. D., R. F. Glascock & S. H. Riazuddin. Calcium metabolism in pregnant ewes. **Brit. J. Nutr.**, **24**: 661-670, 1970.
18. López, F. A. **Repercussões da Desnutrição da Gestante no Comportamento das Proteínas Plasmáticas e do Cálcio, Fósforo e Magnésio Plasmático e Ósseo. Estudo em Ratos Recém-nascidos, Jovens e Adultos.** Tese de Livre Docencia, Faculdade de Medicina de Botucatu, SP, Brasil, 1980.
19. Duncan, Garfield G. **Diseases of Metabolism**. Bondy-Rosemberg (Ed.). Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1974, p. 1229.
20. Lopez, F. A. & F. J. Nóbrega. Comportamento do magnésio plasmático e tecidual na desnutrição protéico-calórica experimental. **J. Pediat.**, **44**: 83-88. 1978.

## CARTAS AL EDITOR

Dear Editor:

A recently published study (1) reported on the nutritional status and dietary habits of rural Guatemalan preschoolers. Forty months after the previous study, the first author revisited the village of Sapuyuca and remeasured the original subjects.

It was possible to remeasure 730/o of the children, 19 girls and 26 boys. Their age ranged from 4 years 5 months to 8 years 10 months. The families of 10 of the children had moved to other locations. The remaining seven children still lived in the village, but were unavailable for measurement on at least three attempts. It was notable that all the children originally studied were reported to be alive.

Standing height, weight, mid-upper arm circumference, triceps fatfold, and mid-upper arm muscle circumference means of the children are reported in Table 1. Height means for all age groups were greater than those in a previous Guatemalan study (2), but less than those reported by Yarbrough *et al.* for the 53 to 84-month groups (3). This discrepancy can be at least partially explained because the Yarbrough study measured recumbent length, which is usually greater than standing height. Weight means of Sapuyuca children were generally greater than those reported in two previous studies (2, 3).

Over the entire age range, mean triceps fatfolds were generally less than those in one Guatemalan study (2). Means for Sapuyuca children, however, were greater than those reported in two more recent studies (4, 5). Mean mid-upper arm circumferences also were greater than those reported in a recent publication (5).

Height, weight, and age were used to plot the position of the children studied on the U. S. National Center for Health Statistics (NCHS) growth curves (6). In order to pool male and female data

TABLE 1  
 ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS OF 45 GUATEMALAN CHILDREN AGED FOUR TO NINE YEARS OLD

Age	N	Mean height	Range	Mean weight	Range	Mean mid-upper arm circumference	Range	Mean triceps fatfold	Range	Mean mid-upper arm muscle circumference	Range
Months		cm	cm	kg	kg	cm	cm	mm	mm	cm	cm
48- 59	4	99.0	94.2-103.2	15.3	14.1-17.3	16.1	14.3-17.7	6.9	5.0-8.0	13.9	12.7-15.7
60- 71	17	103.5	96.1-112.1	16.4	13.6-19.3	16.0	13.7-18.1	7.7	5.5-12.0	13.6	11.3-15.5
72- 83	4	113.4	95.4-127.0	20.6	13.9-24.5	17.5	14.6-17.5	7.4	6.0-8.5	15.2	14.2-16.1
84- 95	13	113.9	105.1-125.5	19.5	16.1-25.5	16.3	14.5-17.7	6.5	4.5-9.5	14.3	12.5-15.4
96-107	7	120.1	112.6	22.2	19.5-25.9	17.1	15.6-18.2	7.3	4.5-9.0	14.8	13.8-16.0

for a larger sample and compare children to an average at any selected age, each child's measurement was divided by the fiftieth percentile of the NCHS standard for that age. These values were then plotted. Table 2 shows that, as in the previous study, weight-for-age and height-for-age percentages for these children are below average and weight-for-height percentages approach average.

Triceps fatfolds were compared also to U.S. data (7). Twenty-two percent of the Guatemalan children were below the fifth percentile. The majority, 62, were between the fifth and fiftieth percentiles. Only 16% of the children ranked above the fiftieth percentile, with no one exceeding the eighty-fifth percentile.

TABLE 2

CLASSIFICATION OF 45 CHILDREN ON NCHS 1976<sup>1,2</sup> STANDARD  
GROWTH CHARTS CORRECTED TO DESCRIBE AVERAGE  
GROWTH AT A SINGLE POINT IN TIME

Age (months)	Mean weight/age (o/o)	Mean height/age (o/o)	Mean weight/height (o/o)
48-59	88.8	94.5	99.5
60-71	85.3	92.6	99.5
72-83	99.0	96.8	101.8
84-95	82.2	92.0	98.1
96-107	83.9	93.0	100.0

<sup>1</sup> Hamill *et al.*, 1976 (6).

<sup>2</sup> Pigott and Kolasa, 1979 (1).

Gómez's weight-for-age-standards (8) were used to compare nutritional status of the children in 1976 and 1979 (Table 3). An over-all decline from 79-73.3% malnutrition was calculated. This could be due to an inability to remeasure all the subjects, or regression toward the mean, or it could reflect actual improvement in nutritional status. Examination of the individual cases revealed that, in fact, 10 children had improved. Included in this category were the two children previously classified as severely malnour-

ished. The nutritional status of two children worsened; 33 children remained the same. Seoane and Latham's method for classification of malnutrition on the basis of three parameters was utilized again (9). Current acute short duration malnutrition was indicated by normal height-for-age but low weight-for-age and weight-for-height. Past chronic malnutrition was shown by low weight-for-age and height-for-age but normal weight-for-height. Low weight-for-age, height-for-age and weight-for-height defined current long duration malnutrition. Using these criteria, eight cases (18%) were average, 22 cases (49%) were past chronic malnutrition, and 15 cases (33%) were current long duration malnutrition. Compared with the earlier study, 11 children had improved and 34 remained the same. These classifications are consistent with those obtained using the Gómez classification scheme.

TABLE 3

PERCENTAGE OF MILD, MODERATE, AND SEVERE PROTEIN-ENERGY MALNUTRITION (PEM) OF 45 CHILDREN IN A RURAL COMMUNITY IN GUATEMALA IN 1976 AND 1979

Age of children	Date	o/o PEM			Total
		Mild	Moderate	Severe	
1-5 years	1976	50.0	25.8	3.2	79.0
4-9 years	1979	51.1	22.2	0.0	73.3

Based on anthropometric data, it appears that the nutritional status of most children in this study did not improve or worsen over a period of 40 months. It would be valuable, however, to examine the diet, health, and environmental variables of the children who did improve. Such an examination might reveal beneficial practices that could be used to improve the health and nutritional status of more children.

*Jeri Pigott*  
*Research Assistant*  
*Department of Food Science*  
*and Human Nutrition*  
*Michigan State University*  
*East Lansing, MI 48824, USA*

## BIBLIOGRAPHY

1. Pigott, J. & K. Kolasa. Prevalence of malnutrition and dietary habits of preschoolers in a rural Guatemalan village. *Ecol. Food Nutr.*, **8**: 71-78, 1979.
2. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá/Center for Disease Control. **Nutritional Evaluation of the Population of Central America and Panama, Regional Summary**. Washington, D. C., U. S. Department of Health, Education and Welfare, 1972, 165, p. (DHEW Publication No. (HSM) 72-81210).
3. Yarbrough, C., J-P. Habicht, R. M. Malina, A. Lechtig, & R. E. Klein. Length and weight in rural Guatemalan *Ladino* children: Birth to seven years of age. *Am. J. Phys. Anthropol.*, **42**: 439-448, 1975.
4. Malina, R. M., J.-Habicht, C. Yarbrough, R. Martorell & R. E. Klein. Skinfold thicknesses at seven sites in rural Guatemalan *Ladino* children: Birth through seven years of age. *Human Biol.*, **46**: 453-469, 1974.
5. Martorell, R., C. Yarbrough, A. Lechtig, H. Delgado & R. E. Klein. Upper arm anthropometric indicators of nutritional status. *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**: 46-53, 1976.
6. Hamill, P. V. V., T. A. Drizd, C. L. Johnson, R. D. Reed & A. F. Roche. NCHS growth charts, 1976. **Monthly Vital Statistics Report 25** (No. 3, Supplement): 1-22, 1976.
7. Department of Health, Education and Welfare. **Ten-State Nutrition Survey 1968-1970. III-Clinical, Anthropometry, Dental**. Washington, D. C., U. S., Government Printing Office, 1972, p. 36.
8. Gómez, F., R. Ramos Galván, J. Cravioto & S. Frenk. Malnutrition in infancy and childhood, with special reference to kwashiorkor. In: **Advances in Pediatrics**, Vol. VII. S. Z. Levine (Ed.). Chicago, Year Book Publishers, 1955, p. 34.
9. Seoane, N. & M. C. Latham. Nutritional anthropometry in the identification of malnutrition in childhood. *J. Trop. Pediat. Environ. Child Health*, **17**: 98-104, 1971.



## EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS PROTEINICOS

Suplemento No. 4, Food and Nutrition Bulletin

Informe de un Grupo de Trabajo auspiciado por la Unión  
Internacional de Ciencias Nutricionales, y por el Programa  
Mundial contra el Hambre, de la Universidad de las  
Naciones Unidas  
Publication WHTR-3/UNUP-129, The United Nations  
University (ISBN 92-808-2129-5)

Editado por Peter L. Pellett y Vernon R. Young

Esta Monografía constituye una traducción directa del original en inglés titulado *Nutritional Evaluation of Protein Foods*, el cual fue publicado dentro del marco de referencia y como parte del Sub-programa Necesidades Nutricionales Humanas y su Satisfacción a Través de Dietas Locales, del Programa Mundial Contra el Hambre, de la Universidad de las Naciones Unidas.

Uno de los temas que más controversia, investigación y discusión ha engendrado en el transcurso de los últimos años es el de la evaluación de la calidad proteínica. Además de que ha sido el tópico central de múltiples reuniones de índole internacional, se ha enfocado extensamente en publicaciones al respecto.

Por otra parte, las instituciones de enseñanza tales como universidades e institutos de investigación con programas docentes en las áreas de nutrición y alimentos, siempre enfrentan dificultad cuando se trata de recomendar un libro de texto o de referencia que, en forma compacta y directa, resuma los conocimientos en el área de evaluación de la calidad proteínica y cuyo texto, de paso, sea en español.

Consideramos, por lo tanto, que la Monografía que nos ocupa será de ayuda invaluable, tanto para docentes como para estudiantes de habla hispana interesados en este aspecto de la metodología evaluativa en nutrición.

Dada la importancia del tema, la necesidad de estandarizar la metodología, de dar a conocer las opiniones de expertos en el campo, y de hacer disponibles esos conocimientos a los interesados en la materia, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* abordó a la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y a la Unión Internacional de Ciencias Nutricionales (IUNS) para expresar su interés en publicarlo en español.

Este propósito pudo plasmarse en realidad gracias a la valiosa donación que para esos propósitos le otorgó el Programa Mundial Contra el Hambre, de la Universidad de las Naciones Unidas, y al apoyo y cooperación que para esas finalidades tuvo a bien prestarnos el Dr. Nevin S. Scrimshaw, Asesor Principal del Programa.

El libro incluye un prefacio a la edición en español, el prefacio original, y los antecedentes que condujeron a su publicación. Se divide en tres partes principales, la primera de las cuales se dedica a las técnicas para la evaluación de la calidad proteínica, antecedentes y discusión. Esta incluye un total de siete capítulos.

En la segunda parte, a través de tres capítulos, se enfocan las técnicas para evaluar la calidad proteínica y la metodología, y la tercera parte es un glosario de términos usados en la evaluación de la calidad proteínica. Se acompaña de dos apéndices, el primero sobre procedimientos específicos recomendados para evaluación de material genético de la primera generación y de generaciones más avanzadas, y el segundo, una lista de libros y otros documentos seleccionados. Finalmente se incluye la nómina del Grupo Conjunto de Trabajo UNU-IUNS, y un índice por materia. Consta de un total de 175 páginas y lo ilustran 18 Tablas y seis Figuras.

Los interesados en obtener esta Monografía, en español, pueden solicitarla de: *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, c/o INCAP, Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

Precio (incluye costos de envío): US\$ 5.00.

# BIBLIOGRAFIA LATINOAMERICANA

## BRASIL

**The relationship among infant birth weight and sex, and type of delivery (Relação entre peso ao nascer, sexo do recém-nascido e tipo de parto).** — Arnaldo Augusto Franco de Siqueira, Florita Brickmann Areno, Pedro Augusto Marcondes de Almeida and Ana Cristina d'Andretta Tanaka (Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo). *Rev. Saúde Públ., S. Paulo*, 15: 283-290, 1981.

In order to assess the influence of birth weight on the type of birth, two maternity hospitals whose patients were of different socioeconomic levels were studied. A total of 16,095 births was analyzed. It was discovered that the incidence of cesarean sections increased with the increase in birth weight in both hospitals, while in the private hospital the incidence was four times higher than in the hospital for the poor. No relation was found in those women who received private treatment, between type of birth and birth weight.

Among those babies who weighed 2,500 g or less at birth, a significant predominance of girls was found, and for those who weighed more than 4,000 g there was a larger proportion of boys. 10 Ref.

**The importance of the association of obesity and pregnancy (A importância da associação obesidade e gravidez).** — Ana Cristina d'Andretta Tanaka (Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo). *Rev. Saúde Públ., S. Paulo*, 15: 291-307, 1981.

Characteristics of the evolution of pregnancy in obese women were studied for their effect on newborn infants. Two control groups were observed — one of normal weight pregnant women, and the other one, of obese. The variables selected were: the socioeconomic status of the family and the mother's age, height, arm circumference, pre-pregnancy weight, total number of pregnancies, parity, weight gain during pregnancy, obstetric complications, birth weight, and fetal vitality. Results showed that pregnancy in obese women differs from

that in normal-weight women and that they show a larger incidence of obstetric complications. Children of obese mothers had a higher mortality rate principally in the perinatal period; moreover, there was also a higher rate of prematurity and a higher proportion of overweight babies among obese mothers. As a result, the distribution of the curve of the birth weight of infants of obese mothers, was higher than that of infants of normal-weight mothers. The conclusion reached was that whenever a pregnant obese woman reduced food intake, with a resultant insufficient weight gain, intrauterine growth was affected. Thus, it follows that pregnancy is not the best time for the obese mother to lose weight; for this reason, it is important that she receive adequate guidance in regard to diet. Obesity, therefore, is a contributor factor to high-risk pregnancy which can affect both mother and child. 38 Ref.

**Hospital morbidity and mortality among children under one year of age. Ribeirão Preto, SP, Brazil, 1975 (Morbidade e mortalidade hospitalar de crianças menores de um ano, em Ribeirão Preto, SP, Brasil, 1975).** — Marilisa Berti de Azevedo Barros (Departamento de Medicina Preventiva e Social da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, Campinas, SP, Brasil). *Rev. Saúde Públ.*,

**S. Paulo, 15: 308-320, 1981.**

The data of 1975 of hospital morbidity and mortality among children under one year of age were studied in Ribeirão Preto, S. Paulo, Brazil. The hospitalization rate for these children, excluding newborns, was very high—437 per 1,000—and was higher for boys than for girls. Diarrhea, dehydration, and pneumonia accounted for 80.36% of admissions. There were, however, evident differences in morbidity related to categories of hospitalization. Infectious diseases were responsible for the largest portion (75%) of hospital deaths among these children, and mortality was over three times greater for indigent children than for those whose care was remunerated. 18 Ref.

**Vitamin A deficiency in institutionalized children in the capital of the State of S. Paulo, Brazil (Hypovitaminose A em pré-escolares internados em uma instituição na capital do Estado de São Paulo).** — Donald Wilson, Maria José Roncada, Adamo Lui Netto and Olderigo Berretta Netto (Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Médicas dos Hospitais de Santa Casa de Misericórdia de São Paulo and Hospital Infantil

da Cruz Vermelha Brasileira). *Rev. Saúde Públ., S. Paulo*, 15: 395-400, 1981.

Children from 2 to 6 years of age from an agency for the welfare of minors were studied clinically and biochemically for vitamin A deficiency. Clinical examinations showed a very high prevalence of cutaneous xerosis (75.8%) and not so high of follicular keratosis (18.3%). Unaided eye examinations showed a xerosis conjunctivae prevalence of 20.7%, whereas with the aid of 1% Rose Bengal staining, prevalence rose to 31.7%. Biochemical examinations showed that 39.4% of the subjects presented vitamin A plasma levels of 10 µg/100 ml or less, and 73.9%, 20 µg/100 ml or less. 8 Ref.

**Vitamin A deficiency in communities of the State of S. Paulo, Brazil (Hipovitaminose A em comunidades do Estado de São Paulo).** — Maria José Roncada, Donald Wilson, Rosa Nilda Mazzilli and Yaro Ribeiro Gandra (Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo). *Rev. Saúde Públ., S. Paulo*, 15: 338-349, 1981.

Eleven communities of the State of S. Paulo, Brazil, were surveyed for vitamin A deficiency, through a food consumption survey, clinical

survey, and biochemical survey. The food consumption survey showed very low consumption of vitamin A-rich foods, both animal and vegetable. The biochemical survey revealed a high prevalence of low and deficient plasma levels of vitamin A (ICNND classification). The clinical survey demonstrated low prevalence rates for ocular lesions, especially the more severe ones. Although neither blindness nor severe ocular lesions are a public health problem, the majority of populations are at risk of such lesions, becoming a problem in the future. 8 Ref.

## COLOMBIA

**Estandarización de métodos analíticos sencillos para la determinación de lisina disponible, triptofano y metionina.** — María Inés Mejía de Cuevas y Nancy Correa Lozano (Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT), Bogotá, Colombia). *Tecnología (Rev. del citado Instituto)*, No. 128, Bogotá, Colombia, noviembre-diciembre, 1980, p. 27-44.

En la realización del presente trabajo se seleccionaron métodos relativamente sencillos para la determinación de lisina disponible, triptofano y metionina.

Para la determinación de lisina disponible se seleccionó un método

que se basa en la capacidad que tienen los grupos amino libres de la proteína, de unirse con el naranja ácido 12. Durante la estandarización del método en el IIT, se utilizaron muestras que habían sido previamente analizadas por el autor del método (K. J. Carpenter). Las diferencias entre los valores notificados y los obtenidos en el IIT fueron inferiores al 4% en todos los casos.

En la evaluación de triptofano se seleccionó un método de análisis aplicable a todo tipo de alimentos, el cual se basa en la reacción del triptofano presente con el p-dimetilaminobenzaldehído. En cereales se obtuvo una recuperación de  $92 \pm 2\%$  y en muestras con alto contenido de proteína se encontró una recuperación de  $96 \pm 2\%$ .

Para el caso de la metionina se encontró que el método más utilizado es el del nitroprusiato de sodio. El procedimiento estudiado es aplicable a muestras con alto contenido de proteína como harina de pescado, harina de soya, algodón, etc., productos en los cuales se obtuvo una recuperación de  $96 \pm 2\%$ .

## CHILE

**Capacity of the Chilean mixed diet to meet the protein and energy requirements of young adult males.** — Enrique Yáñez, R. Uauy, D. Ballester, G. Barrera, N. Chávez, E. Guzmán, M. T. Saitúa and I. Zacarías (Insti-

tute of Nutrition and Food Technology, University of Chile, Santiago, Chile). *Brit. J. Nutr.*, 47(1): 1-10, 1982.

1. The capacity of the Chilean mixed diet to meet the daily protein and energy needs was tested in eight subjects aged from 20 to 31 years using the nitrogen balance method. This diet was tested at the protein levels of 0.40, 0.55 and 0.70 g/kg body-weight per day.

2. An egg reference diet providing 0.30, 0.45 and 0.60 g protein/kg per day was also assayed.

3. The mean daily energy intake was 207 kJ/kg per day according to subjects previous intake and activity pattern.

4. The N balance response to each dietary protein level was taken as a measure of adequacy of protein intake, and regression analyses of N balance (Y) v. N intake (X) were calculated to estimate protein needs. The equations found were  $Y = 0.70X - 68.7$  for the egg diet, and  $Y = 0.74X - 92$  for the mixed diet.

5. From these equations the mean protein requirements for equilibrium were estimated to be 0.61 g/kg for egg and 0.78 g/kg for the mixed diet.

6. If the coefficient of variation is 15, the protein requirement for N equilibrium of 97.5% of the population would be 0.8 g/kg per day for egg and 1.0 g/kg per day for the mixed diet. 21 Ref.

**Obligatory urinary and faecal**

**nitrogen losses in young Chilean men given two levels of dietary energy intake.** — R. Uay, E. Yáñez, D. Ballester, G. Barrera, E. Guzmán, M. T. Saitúa and I. Zacarías (Institute of Nutrition and Food Technology, University of Chile, Santiago, Chile). *Brit. J. Nutr.*, 47 (11):11-20, 1982.

1. The obligatory nitrogen losses were measured in young adult males of the low socio-economic group, consuming an N-free diet at 192kJ (46 kcal)/kg per day from day 1 to 10 and 243 kJ (58 kcal)/kg per day from day 11 to 18.

2. All subjects, except one, lost weight compatible with N loss.

3. A kinetic evaluation of the results showed that the asymptotically derived urinary N loss after stability had been reached was 35.8 mg N/kg/per day. The mean time to stability was 6.5 days. The subjects showed a trend toward decline in N loss while consuming the high-energy N-free diet.

4. The obligatory faecal N loss for days 1-10 was 16.1 mg N/kg per day and 8 mg N/kg per day and days 11-18.

5. Based on the factorial approach the total obligatory N loss of our subjects, for the initial 10 days was 57.5 mg N/kg per day. 16 Ref.

**hepatic RNA polymerases activity and protein efficiency ratio in weanling rats at short periods of feeding.** — Fernando Garrido, María Lobos, Enrique Yáñez and Marco Perretta (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile, Santiago, Chile). *Nutr. Repts. Internat.*, 25 (2):259-268, 1982.

Rats were fed diets containing casein (control group), Lupinus albus protein and Lupinus albus protein plus 0.2% DL-methionine for 2, 4, 6, 7, 14, 21 and 28 days. The effects of diets on the activities of RNA polymerase I and II from isolated liver nuclei were determined. Methionine deprivation decreased RNA polymerase II activity since 4 d being very low at 21 and 28 d while methionine supplementation significantly increased the enzyme activity at 7 d. RNA polymerase I presented a non fluctuant pattern with the three diets until 28 d in which supplemented diet increased the activity while L. albus protein alone decreased the activity. Nutritional parameters (body weight gain, food intake and PER) diminished since 2 d of feeding. It is suggested that 7 d is the earliest time to measure the biological value of dietary proteins using biochemical and nutritional parameters which reflect a more direct, complete and exact information of the protein synthesis that

**Effect of supplemental methionine of lupine diets on**

occurs in vivo. 11 Ref.

## GUATEMALA

**Protein quality of vegetable proteins as determined by traditional biological methods and rapid chemical assays.** — Arlene Wolzak, Luiz G. Elías and Ricardo Bressani (Institute of Nutrition of Central America and Panama, Guatemala, Guatemala, C. A.). *J. Agr. Food Chem.*, 29: 1063-1068, 1981.

Traditional biological assays were compared with chemical estimates of protein quality by using different vegetable proteins. The comparability and reproducibility of protein efficiency ratio (PER), net protein ratio (NPR), and in vivo protein digestibility were tested in two experiments at different times. A highly significant correlation was found between PER and NPR in both experiments, although a higher correlation was observed in the second, in which a smaller and more homogeneous group of samples was tested. The PER showed the best reproducibility. Amino acid scores, essential amino acid indexes, and C-PER values were calculated. PER correlated better with chemical parameters than with NPR. The amino acid score, though an imperfect indicator, still seems to be the best of the chemi-

cal parameters studied. C-PER values showed a highly significant correlation with PER for the complete group of samples ( $r = 0.871$ ;  $n = 33$ ), although they overestimated the protein quality of leguminous seeds and processed samples and underestimated that of mixtures supplemented with animal protein. 24 Ref.

**Evaluación del fruto del caulote (*Guazuma ulmifolia*, Lam) en la alimentación de terneros.** — Ricardo Bressani, Jorge Mario González y Roberto Gómez-Brenes (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, Guatemala, C. A.). *Turrialba*, 31(4): 281-285, 1981.

In order to evaluate caulote fruit (*Guazuma ulmifolia*, Lam) as a feedstuff, Holstein steers were fed corn silage alone and supplemented with a concentrate containing 0, 15, 30 and 45% of caulote flour. Levels up to 30% did not result in changes in animal performance, but higher levels decreased silage consumption, which resulted in lower daily gain weights. Digestibility of dry matter determined in 9 steers was the same for the control ration and for the ration containing 55.8% of caulote flour, but digestibility of protein and crude fiber was lower for the latter ration. It is proposed that caulote may constitute an additional ingredient

for animal feeding. 6 Ref.

## MEXICO

**Guías éticas internacionales para la experimentación en humanos. — (Editorial). *Gaceta Médica de México (Organó de la Academia Nacional de Medicina)*, 117(10): 387-389, 1981.**

Este Editorial, que nos es imposible publicar en su totalidad, concierne a la XIV Conferencia Internacional de Ética Médica y Educación Médica que tuvo lugar del 1o al 3 de diciembre de 1980 en la ciudad de México, bajo los auspicios de la Organización Mundial de la Salud, en colaboración con la Academia Nacional de Medicina. En esa oportunidad, el Dr. John F. Dunne presentó por primera vez, ante un ambiente médico general, la proposición de unas guías éticas internacionales para la experimentación en el ser humano, un resumen de cuya propuesta se reseña seguidamente.

La aplicación generalizada del método científico experimental en la investigación médica es un producto del siglo XX. Muchas de las investigaciones básicas pueden ser efectuadas en modelos animales; sin embargo, por diversas razones no se puede lograr una fidelidad absoluta en estos modelos y todos los procedimientos nuevos, tanto de diagnóstico como profilácticos y

terapéuticos, deben eventualmente ser evaluados en seres humanos.

En el pasado, tales estudios habían sido realizados sobre todo en los países desarrollados y estaban dirigidos hacia enfermedades de importancia mundial. No obstante, la toma de conciencia universal acerca de las ventajas de medidas tales como el control de las enfermedades transmisibles y el de la explosión demográfica, explica que cada vez tenga lugar más investigación médica en los países en desarrollo. Parecen existir presiones para que sean estas naciones las que realicen el estudio de aquellos problemas, en vista del elevado costo de estas investigaciones cuando se llevan a cabo en países desarrollados.

Cobra pues, importancia, considerar si las directivas legales y administrativas aseguran el bienestar y los derechos humanos de los sujetos sometidos a investigaciones médicas, de conformidad con los principios éticos prescritos en los códigos internacionales, tales como el Código de Nuremberg (1947) o la Declaración de Helsinki, modificada en Tokio en 1975.

Una revisión preliminar de los diversos aspectos éticos de la investigación en seres humanos requiere la consideración de los siguientes aspectos: 1) los objetivos y el enfoque de la investigación en seres humanos; 2) la manera de determinar las políticas de investigación; 3) las consideraciones específicas que deben aplicarse a la investigación en los países en desarrollo; 4) el meca-

nismo de obtención y las limitantes del consentimiento informado; 5) las condiciones que deben llenarse en la investigación que involucra a niños; 6) los requisitos necesarios para las investigaciones en mujeres embarazadas; 7) las limitaciones de la investigación en enfermos mentales; 8) las condiciones de las investigaciones en salud pública; 9) los requisitos que deben seguirse en revisiones prospectivas independientes; y 10) las bases para la compensación por daño personal ocurrido como resultado de la investigación.

En todas estas consideraciones, reza el Editorial, se sustentan las guías provisionales que la Organización Mundial de la Salud desea someter a discusión y valoración por parte de la clase médica.

Se adentra el Dr. Dunne, en las guías provisionales establecidas para este propósito, en un total de once, las cuales comenta por separado.

## PERU

**Evaluación de cuatro métodos gas-cromatográficos para determinar ácido oleanólico en quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd, Var. *Kancolla*). — Walter Augusto Ruiz y Jaime Amaya Farfán (Instituto de Investigaciones**

**Agro Industriales, La Molina, Lima, Perú, y Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil). Boletín de la Sociedad Química del Perú, 46: 76-84, 1980.**

Se trató de adaptar un método gas-cromatográfico para determinar el contenido de ácido oleanólico en la quinua y, en forma indirecta, estimar el contenido de saponinas que presenten tanto la quinua sin procesar como la procesada. Este es un procedimiento simplificado de extracción con gradiente de etanol-butanol-agua, seguido de hidrólisis ácida, extracción clorofórmica de la fracción saponogeninas, su trimetilsilil derivatización y determinación por cromatografía gas líquida, el que ofreció ventajas en la determinación del citado ácido. El método demostró ser de posible utilidad en la determinación rutinaria de ácido oleanólico en las saponinas de la quinua *kancolla*.

Se hace necesario la obtención de datos sobre los niveles del ácido oleanólico en las demás variedades de quinua. Por otra parte, los tenores de ácido oleanólico podrían ser considerados como índice del contenido de saponinas de la quinua, por lo que se debe establecer su correspondencia directa. 4 Ref.

## NUEVOS LIBROS

**The Impact of Malnutrition on Immune Defense in Parasitic Infestation. A Nestlé Foundation Workshop, Lutry/Lausanne, September 18th and 19th, 1980. Henri Isliker, Beat Schürch (Editors). Bern, Switzerland, Verlag Hans Huber Bern, 1981, 199 p. ISBN 3-456-81110-1 (Nestle Foundation Publication Series Vol. 2).**

Este libro constituye un compendio de los trabajos dados a conocer en el curso de este interesante simposio, el cual se celebró con el propósito de enfocar el problema del impacto de la desnutrición sobre la defensa inmunitaria en casos de infestación parasitaria. Se estima que esta última afecta a más de un billón de personas, y los estudios epidemiológicos sugieren que los parásitos son más comunes en los individuos desnutridos que en las personas sanas. Según lo han demostrado estudios en animales, se asume que las defensas inmunitarias decrecen como consecuencia de la desnutrición. Así, el propósito de este taller fue interrelacionar estos tres importantes temas: desnutrición, deficiencia inmunitaria e infestación por parásitos.

El libro se divide en tres partes principales. La primera, sobre aspectos experimentales, aborda la desnutrición y los mecanismos de defensa no específicos y específicos. En la segunda parte se enfoca el estado actual de los análisis de las deficiencias inmunitarias, y en la parte final, la desnutrición y la inmunidad a los parásitos protozoarios.

Cada uno de los citados temas se acompaña de una amplia discusión, y figuran también las conclusiones a que se llegó después de ese cuidadoso análisis. Se incluye, finalmente, un glosario de los términos usados, así como un índice por materia.

El libro es de mucho interés, ya que los temas tratados fueron enfo-

cados por connotadas personalidades del mundo científico quienes se dedican a investigaciones sobre nutrición y defensas inmunitarias.

**Protein-Energy Requirements of Developing Countries: Evaluation of New Data.** The United Nations University World Hunger Programme. Edited by Benjamín Torún, Vernon R. Young, and William M. Rand. Tokyo, Japan, The United Nations University, 1981, 268 p. (Food and Nutrition Bulletin Supplement 5). WHTR-4/UNUP-295. ISBN 92-808-0295-X.

Este libro constituye el resultado de un taller de trabajo sobre requerimientos proteínicos y energéticos celebrado en Cambridge, Massachusetts, EUA, del 19 al 23 de mayo de 1981, en el que participaron miembros del Comité 1/8 de la Unión Internacional de Ciencias Nutricionales (IUNS), el cual fue presidido por el Dr. Torún. Su propósito fue recibir y revisar los primeros informes de las investigaciones auspiciadas por la UNU, evaluar el significado de los datos presentados, y emitir recomendaciones para investigación adicional más urgentemente requerida a fin de revisar a fondo las recomendaciones sobre requerimientos de proteína y energía proyectadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Mundial de la Salud, y la Universidad de las Naciones Unidas.

El capítulo introductorio incluye consideraciones estadísticas en la estimación de requerimientos de proteína, y un análisis sumario sobre datos de balance de nitrógeno. Le siguen las discusiones y recomendaciones emitidas por diversos grupos de estudio en cuanto a requerimientos proteínicos, y las relaciones entre proteína y energía, para adultos y para niños, al igual que una nota sobre utilización de energía y su eficiencia.

En una tercera parte destinada a trabajos de investigación, se comentan los requerimientos proteínicos para adultos, los protocolos estándar, y las pérdidas obligatorias de nitrógeno en adultos. Se trata también la absorción de nitrógeno en adultos, las pérdidas obligatorias e integumentarias de nitrógeno en niños, y sus requerimientos proteínicos. Por último, se enfocan los requerimientos proteínico-energéticos en niños y en adultos.

Se estima un libro importante que los interesados en la materia deberían conocer y utilizar como material de consulta o de referencia.

## OTRAS PUBLICACIONES

**Cuadernos de Nutrición. Publicación del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" y Leche Industrializada Conasupo, México D. F., México**

Por cortesía del Dr. Héctor Bourges, Ex-Presidente de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, quien actualmente sirve el cargo de Jefe del Departamento de Nutrición y Tecnología de Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición de México, hemos recibido ejemplares de los dos primeros números de la revista intitulada *Cuadernos de Nutrición*, en su nueva época.

Por considerarla de interés, ni para científicos de alto nivel en nutrición y disciplinas afines, ni para el público en general, ya que más bien están destinados a personal intermedio como médicos generales, enfermeras, etc., seguidamente se incluyen algunos datos referentes a su contenido.

Se le ha impreso un sello de especial interés, ya que en los números en cuestión se abordan, por ejemplo, los siguientes temas: el panorama alimentario de México; la energía: nutrimento fundamental; prejuicios peligrosos; la nutrición y los alimentos en el encuentro de dos mundos; nutrimentos: las proteínas; los alimentos, composición y clasificación, etc. Además, se incluyen reseñas de entrevistas, semblanzas, y otros tópicos.

Las órdenes de suscripción deben enviarse a: Revista *Cuadernos de Nutrición*, Instituto Nacional de la Nutrición, Vasco de Quiroga 15, Colonia Tlalpan, Delegación Tlalpan, 14000, México D. F., México. Su precio anual es de US\$10.00 (incluye gastos de su envío para el extranjero) y de \$120.00 (pesos mexicanos), para suscriptores en el país.



# NOTAS

## PROYECTO DE INVESTIGACIONES OPERACIONALES EN ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD (PRICOR)

Hemos tenido a la vista un importante folleto titulado PRICOR y, por considerarlo de interés para todos los países de la Región Latinoamericana, incluimos aquí algunos datos al respecto.

El Proyecto en referencia fue establecido por el Centro de Servicios Humanos, y está financiado por la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, con base a un Acuerdo Cooperativo.

En la actualidad, el PRICOR está solicitando propuestas de fondos para investigación preliminar, siendo su propósito ayudar a los países en desarrollo a encontrar mejores maneras de proporcionar servicios de atención primaria de salud (APS).

Durante el transcurso de cinco años — 1982-1987— PRICOR llevará a cabo: 1) financiamiento de 30 o más proyectos de investigaciones operacionales; 2) auspiciará cuatro talleres de trabajo y dos conferencias internacionales; 3) comisionará un pequeño número de estudios de antecedentes y metodologías, y 4) desarrollará un centro de información sobre investigaciones operacionales de atención primaria de salud.

En los momentos actuales tiene disponibles para el año 1982, cerca de US\$700,000 para el apoyo del proyecto de investigaciones operacionales, y aunque no se ha establecido ningún límite para un estudio específico, se clasificarán las solicitudes de fondos como pequeñas (US\$10-50,000), medianas (US\$50-100,000) y grandes (US\$100,000). En general, los proyectos de investigación deberán ser concluidos en no más de dos años. Se les dará preferencia a los estudios pequeños y medianos y a los proyectos de corta duración.

El folleto recibido en estas Oficinas incluye un resumen de antecedentes de los problemas más serios de salud que enfrentan los países en desarrollo: mortalidad y morbilidad infantil, juvenil y maternal, los cuales son más agudos en las áreas urbanas marginadas y en las zonas rurales, en donde los servicios de salud se encuentran sumamente limitados. Se enfocan también las medidas sanitarias que podrían tener un impacto dramático positivo en estos problemas, y se subraya la necesidad urgente de ampliar la cobertura de estos servicios clave de cuidados de salud primaria en las poblaciones de alto riesgo.

Como se recordará, el informe de OMS/UNICEF preparado para la Conferencia Alma-Ata declaró:

“En la actualidad ya se conoce lo suficiente acerca de atención primaria de salud para que se ponga en práctica de inmediato. Sin embargo, se necesita aprender aún mucho más sobre su aplicación bajo condiciones locales; y durante su operación surgirán preguntas sobre control y evaluación que necesitarán de la investigación. Estas podrán estar relacionadas a preguntas como la organización de atención primaria de salud dentro de las comunidades . . . la movilización y apoyo y participación comunitaria; las mejores maneras de aplicar las tecnologías (existentes). . . la planificación para la capacitación de trabajadores de salud comunitaria, su supervisión, su sueldo y la estructura de su carrera; y métodos de financiamiento de atención primaria de salud.”

Suscintamente, el objetivo de PRICOR es el financiamiento de investigaciones que ayuden a los administradores de APS, así como a los administradores de programas, a encontrar respuestas a estas preguntas.

Se identifican las prioridades de investigación, y se solicitan las propuestas preliminares en tres áreas de prioridad: 1) financiamiento comunitario de servicios de APS; 2) el papel del trabajador de salud comunitaria; y 3) organización comunitaria de servicios de APS. Luego se enfocan las estrategias de investigación, la elegibilidad y las formas de solicitar.

Al efecto, se indica la necesidad de enviar una propuesta preliminar como el primer paso; escrita a máquina a doble espacio, y no ser mayor de 20 páginas. Por razones administrativas, PRICOR prefiere documentos escritos en inglés; aquéllos escritos en francés y español son aceptables, pero deben acompañarse de una sinopsis en inglés, si posible. Se incluye, asimismo, datos acerca del formato y otros aspectos relacionados con este importante asunto, de valor para los interesados.

**Para someter propuestas preliminares, o para obtener mayor información al respecto, se indica la conveniencia de ponerse en contacto con PRICOR, o con el Director de la Misión de cualquier Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (AID). Para solicitudes directas a PRICOR, dirigir correspondencia a:**

**Primary Health Care Operations Research (PRICOR) 5530 Wisconsin Ave., Chevy Chase, MD 20815, USA.**



# TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 31

OCTUBRE—DICIEMBRE 1981

NUMERO 4

CODEN: TURRAB 31(4)281-390 (1981)

Evaluación del fruto del caulote (*Guatuma ulmifolia*, Lam) en la alimentación de terneros.

Ricardo Bressani, Jorge M. González, Roberto Gómez Brenes

Çağao pod husk as source of potash fertilizer.

Ahenkorah-Y., Halm B. J., Amanoo R. S.

Contribución al estudio del fósforo en suelos ácidos del noroeste de España. II. Relaciones entre valores representativos del P del suelo, obtenidos por incubación o agitación con solución 0.01 M de CaCl<sub>2</sub>, y su absorción por trébol violeta.

J. Arines, Ma. Teresa Alvarez

Medidas simultáneas do potencial da água no solo e em folhas e raízes de plantas de milho (*Zea mays*, L.).

Orivaldo Brunini, George W. Thurlell

Estudio de la longevidad del polen de maíz (*Zea mays* L.) en el proceso de selección.

Gabrielmo Carrillo Costafreda, José L. Mendota Arizmendi

Balanco de energia em soja (*Glycine max* L. Merz).

Mário José Pedro Junior, Nilton Augusto Villa Nova

Uso de la técnica de adsorción para evaluar requerimientos de fósforo. III. Comparación con otros métodos.

J. Coronel, Danilo López-Hernández

Efeito de níveis de cloreto de potássio sobre a formação de galhas e a reprodução de *Meloidogyne exigui* em mudas de caféiro.

J. M. Dos Santos, S. Ferraz, L. M. de Oliveira

Water and carbon dioxide flux in water-stressed potato plants.

A. E. Kfir

Uma metodologia para la estimación-simulación de áreas de captación de lluvia *in situ* que optimicen el aprovechamiento de las precipitaciones en agricultura de secano.

Javier García Benavides, Manuel Anaya Garduño, Euro Rincón Velasco

Análise comparativa entre o uso de vazão constante e redução da vazão inicial e seu efeito na eficiência de irrigação por sulco.

José Monteiro Soares, Sebastião Bernardo, Ricardo A. Lopes Brito, Paulo Afonso Ferreira

Influence of specific gravity of seeds on early seedling growth and development in cacao.

P. N. Ravindran

Flutuação populacional de parasitos e predadores de *Perisicaptera coffeella* (Guérin-Méville, 1842) em três localidades do estado de São Paulo.

J. R. P. Parra, W. Gonçalves, A. A. C. M. Precetti

Effect of gibberelic acid (GA<sub>3</sub>) and pre-chilling on germination per cent of *Nothofagus obliqua* Miq. and *N. Prockia* Oerst. seeds.

Y. Shafiq

Forest succession on a deforested area in Suriname.

H. Zwartloot

Comunicaciones

Resenas de libros

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA  
SAN JOSE, COSTA RICA

CR ISSN 0041-4360



# INTERCIENCIA

/ VOL. 7 / Nº 1 / 1982 /

## /CONTENIDO/

/ Cartas al Editor /	5
/ Editorial /	
<i>Marcel Roche:</i> ¿ES INTERCIENCIA UNA REVISTA VENEZOLANA?	5
/ Artículos /	
<i>Christopher Flavin (inglés):</i> EL POTENCIAL DE LA ENERGIA EOLICA A NIVEL MUNDIAL	9
<i>Christopher Uhl (inglés):</i> RECUPERACION DE UN BOSQUE FLUVIAL AMAZONICO EN VENEZUELA DESPUES DE PERTURBACIONES DE DIFERENTE MAGNITUD	19
<i>Michael J. Balick (español):</i> PALMAS NEOTROPICALES COMO NUEVAS FUENTES DE ACEITES COMESTIBLES	25
<i>Ikewelugo C. A. Oyeka (inglés):</i> ANALISIS DE ALGUNOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD AGRICOLA EN PAISES EN DESAROLLO	30
/ Ciencia y Tecnología Hoy /	
<i>Ibelis Velasco (español):</i> ALGUNOS HECHOS Y MUCHAS IMPRESIONES SOBRE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA EN MEXICO (Parte II)	37
<i>Walter Jaffé (español):</i> PAPEL DE LOS CENTROS DE INVESTIGACION INDUSTRIAL EN EL DESARROLLO TECNOLÓGICO	45
<i>André van Dam (inglés):</i> ENERGIA RENOVABLE: ¿ESPERANZA RENOVABLE?	47
/ Internoticias /	49
/ Publicaciones /	
ODONTOLOGIA Y SOCIEDAD (Venezuela, Siglo XIX) - crítica de Marcel Roche (español)	57
SPANISH SCIENTISTS IN THE NEW WORLD, The Eighteenth Century Expeditions crítica de Aaron Segal (inglés)	58
SIMPOSIO INTERNAZIONALE SULLA INTEGRAZIONE DELLA RICERCA PER LA VALORIZZAZIONE DELLE RISORSE BIOLOGICHE DELLE ZONE ARIDE E SEMIARIDE DELL'AMERICA LATINA. crítica de G. B. Marini Bettolo (español):	59
/ Resumen de los Artículos /	60

### PORTADA

Colin Garlan, Australia, 1935. *Fairycape*, (1974-75), óleo sobre tela, 91 x 121 cm. Colección de la Galería de Arte Nacional de Jamaica.

Nacido en Australia, Colin Garlan ha residido y pintado en Jamaica durante los últimos veinte años. Es en esencia un pintor de lo fantástico —aunque con frecuencia se le apoda surrealista. Su trabajo está cercano a la corriente mágica realista de Europa. Las fuentes de

sus imágenes son múltiples, pero entre ellas destacan motivos del prototrazamiento así como símbolos jamaquinos y haitianos. Ha sido alumno en escuelas de arte de su Australia nativa así como de Londres. Ha exhibido sus trabajos no solamente en Jamaica sino también en Nueva York, Caracas, México, Australia e Inglaterra.

Comentarios: David Potter / Fotografía: Galería Nacional de Jamaica / Separación de colores: FOTOVENE.



Se agradece la valiosa ayuda que al mantenimiento de esta Revista prestan las siguientes instituciones y entidades comerciales.

#### ENTIDADES PATROCINANTES

- Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela (Caracas, Venezuela)  
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
(Guatemala, Guatemala)  
BRANCA (Caracas, Venezuela)  
ESPALSA, Especialidades Alimenticias S. A. (PRODUCTOS  
NESTLE Y GUIGOZ) (Caracas, Venezuela)  
Asociación Americana de Soya (México, D. F., México)  
GERBER, Venezolana de Alimentos C. A. (Caracas, Venezuela)  
Envases Internacional S. A. (Caracas, Venezuela)  
Alimentos Kellogg S. A. (Caracas, Venezuela)  
INDULAC, Industria Láctea Venezolana C. A. (Caracas, Venezuela)  
Fundación Polar (Caracas, Venezuela)  
INDUALICA, Industrias Alimenticias Alianza, C. A. (Caracas, Ve-  
nezuela)  
FERMEX, Fermentaciones Mexicanas, S. A. de C. V. (México, D.  
F., México)  
Complementos Alimenticios S. A. (Edo. de México, México)  
  
F. Hoffmann – La Roche & Co. (Basilea, Suiza) (PRODUCTOS  
ROCHE)





**FERMENTACIONES MEXICANAS, S. A. de C.V.**

**Homero 418**

**Tel. 250-68-77**

**México 5, D. F.**

**Telex: FERME-001771501  
México**

**NO PIENSE EN PROTEINAS . . . . .  
PIENSE EN AMINOACIDOS**

**PRIMER FABRICANTE DE AMINOACIDOS EN  
LATINOAMERICA PARA ALIMENTACION  
ANIMAL**

**L-Lisina**

**DL-Metionina**



**COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS S. A.**  
**Calzada de la Naranja No. 157**  
**Naucalpan, Edo. de México**  
**México**

**Tel. 5768199, 3581802**

**PRODUCTOS:**

- EXTRACTO DE MALTA (POLVO Y JARABE)**
- TOMATE EN POLVO**
- MALTODEXTRINAS EN POLVO**
- GLUCOSA ANHIDRA**



## INFORMACION PARA LOS AUTORES

### A. CONTRIBUCIONES A LA REVISTA

La Revista publica Editoriales, Artículos Generales, Trabajos de Investigación y de Nutrición Aplicada, y Cartas al Editor. Para su aceptación, las diversas contribuciones deben tratar temas de nutrición humana o animal, ciencia y tecnología de alimentos, factores socioeconómicos, de orden antropológico o cultural, relacionados con la nutrición humana.

1. Los *Artículos Generales* son revisiones críticas sobre algún tema de interés en el campo de la nutrición y ciencias afines, o discusiones generales que contengan criterios propios o recomendaciones de aplicación práctica, debidamente respaldadas por argumentos válidos.
2. Los *Trabajos de Investigación* se refieren a los resultados de estudios de experimentación llevados a cabo hasta el punto que permite la deducción de conclusiones válidas.
3. Los trabajos de *Nutrición Aplicada* conciernen a la implementación de medidas basadas en la investigación, cuya finalidad es mejorar el estado nutricional de nuestras poblaciones.
4. Las *Cartas al Editor* son notas cortas, de un máximo de 3 páginas, sobre temas de interés general u observaciones o críticas sobre alguna contribución publicada en la Revista.

### B. NORMAS PARA LA ELABORACION DE MANUSCRITOS

1. Las diversas contribuciones deben ser originales, a máquina, a doble espacio y en triplicado.
2. Los trabajos serán remitidos al Editor General de la Revista después de haber sido cuidadosamente revisados por el autor.

3. Los manuscritos pueden ser redactados en español, inglés, portugués y francés, según la preferencia del autor.
4. No se aceptarán trabajos que, a juicio del Editor General, ocupen desproporcionado espacio.

### C. ORGANIZACION DEL MANUSCRITO

Se recomienda organizar cada manuscrito como sigue:

1. *Título*

La primera página del manuscrito debe contener el título completo del trabajo en mayúsculas, nombre completo y apellido del autor, institución de origen con letras iniciales mayúsculas y el resto en minúscula. (En la página siguiente debe indicarse el cargo que cada autor desempeña, identificándolos debidamente).

2. *Resumen en el idioma original del artículo*

Este debe ser informativo, presentado en hoja separada del texto, y preparado en forma clara y concisa para el lector que no ha leído el texto del artículo. Debe especificar también el propósito, método, resultados importantes y principales conclusiones.

3. *Introducción*

Debe indicar claramente el objetivo o hipótesis de la investigación y sus relaciones con la nutrición y otros trabajos existentes, evitándose largas revisiones bibliográficas.

4. *Material y Métodos*

La descripción de los materiales debe hacerse en forma concisa. Cuando las técnicas o procedimientos utilizados hayan sido publicados, deberán mencionarse, e incluir sólo los detalles de técnica que representan modificaciones substanciales del procedimiento original. Cuando se utilicen términos locales o regionalismos, éstos deberán ser aclarados mediante su denominación científica o de uso general.

## 5. Resultados

Estos se presentarán en lo posible en *Tablas y/o Gráficas* que serán respaldadas por cálculos estadísticos, evitando la repetición de datos y seleccionando la forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de los resultados. Si hubiera subdivisiones ellas se encabezarán con un subtítulo.

a) Las gráficas e ilustraciones deberán ser presentadas en fotografías en papel brillante, no montadas, y llevar el nombre del autor y el número correspondiente en el dorso. Cuando sea necesario deberá señalarse la parte superior e inferior de la gráfica.

b) En caso de dibujos o esquemas, éstos serán realizados en tinta negra en papel de buena calidad. La ubicación de cada gráfica deberá indicarse, a lápiz, al margen del texto original. Los símbolos deberán especificarse en la propia gráfica.

c) Los ejes (coordenadas) de las ilustraciones deben tener una indicación clave del fenómeno que representan, así como de las unidades de medida.

d) Cada gráfica o ilustración deberá identificarse con la leyenda respectiva y contar con los datos imprescindibles para su interpretación.

e) Las tablas deben numerarse según su orden de presentación en el texto y se entregarán en hojas aparte.

f) Cada tabla debe contener un breve título que indique claramente su contenido. Las aclaraciones a las tablas deben hacerse mediante notas al pie, y se identificarán con letras minúsculas consecutivas colocadas como post-fijo superior en la cifra o valor correspondiente. Los encabezamientos de las columnas deben ser cortos o abreviados, incluyéndose, en nota al pie, una aclaración en caso necesario. Las líneas horizontales deben reducirse al mínimo y nunca usar las verticales.

g) En cada columna se indicará claramente la medida usada, por ej., mg/g, etc. Para concentraciones no se debe usar la expresión % sino, por ej. g/100 g ó mg/100 ml. Se deben indicar con claridad todas las pruebas estadísticas usadas. Las tablas deben tener toda la información necesaria para su interpretación.

h) No debe presentarse simultáneamente el mismo material experimental en forma de tablas y gráficas.

## 6. *Discusión*

Debe ser breve y restringirse a los hechos significativos del trabajo. Es recomendable usar subtítulos en las diversas secciones del manuscrito, indicando las diferentes materias tratadas. En caso que, a juicio de los autores, la naturaleza del trabajo lo permita, puede hacerse una discusión de los resultados inmediatamente después de su expresión, bajo el título general de RESULTADOS Y DISCUSION. Lo expresado en los incisos a) a h) en la sección precedente, aplican igualmente a esta sección.

## 7. *Resumen en inglés*

Todo trabajo deberá acompañarse de un resumen en inglés, si el trabajo original fuese en español, francés o portugués. Si el trabajo es en inglés, este resumen debe presentarse en español. El título del trabajo también debe redactarse en inglés.

## 8. *Agradecimiento* (si lo hubiere)

## 9. *Citas bibliográficas y Bibliografía*

Las citas bibliográficas se indican con números arábigos en el texto, entre paréntesis y por orden de aparición, no por orden alfabético de autores.

Para la Sección *Bibliografía*, al final del trabajo, aplican las mismas normas y serán presentadas de acuerdo a los siguientes ejemplos:

### a) De revistas:

Liendo Coll, P. & J.M. Bengoa. Necesidades calóricas de la población venezolana. *Arch. Venez. Nutr.*, 5:39-50, 1954.

### b) De libros:

Gómez, P., F. Silvio & R. Gámora. *Los Aminoácidos en Alimentos*. Caracas, Ed. Futura, 1972, p. 30.

### c) De libros sin autor individual:

Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12th ed. Washington, D.C., The Association, 1975, p. 30.

d) De un artículo o capítulo de un autor (es) consignado en un libro publicado por casa editora:

Hoskins, W.G. & M. Charles. Macaroni production. En: *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. S.A. Matz (Ed.). Westport, Conn., The Avi Publishing Co., 1959, p. 274-320.

e) De citas de compendios:

Krebs, H.A. & K. Henseleit. Urea formation in animal body. *Z. Physiol. Chem.*, 210:33-66, 1932. (Original no consultado; compendiado en *Chem. Abst.*, 26:5624, 1923).

#### 10. *Notas al pie de la página*

Las notas al pie de la página deben ser reducidas al mínimo. Cuando su inclusión sea necesaria deberá indicarse su orden de aparición en el texto mediante números arábigos consecutivos colocados como post-fijo superior. (Estas notas se redactan, debidamente identificadas, en la 2a. hoja del manuscrito, después de la identificación de los autores).

#### 11. *Abreviaturas y siglas*

Se deben usar las abreviaturas aceptadas internacionalmente (American Chemical Society, Journal of Nutrition, British Journal of Nutrition). En caso de utilizarse siglas poco comunes, que se repitan frecuentemente en el manuscrito, deberán indicarse completas la primera vez que se citan, seguidas de la sigla entre paréntesis. De preferencia, deberán usarse las siglas internacionales en vez de las del idioma original del artículo, por ej., DNA, RNA, PER, etc. Todas las abreviaciones y siglas se usan sin punto, g, b, m, etc.

#### 12. *Nomenclaturas*

Deberá usarse la nomenclatura de la Unión Internacional de Ciencias de la Nutrición (IUNS) para vitaminas y otros nutrientes. En las unidades de medición se empleará el Sistema Métrico Decimal. Para las unidades de energía se usarán caloría (Cal) o Joules (J) indiscriminadamente.

#### 13. *Resultados numéricos*

Al consignar números se usará el punto (.) para indicar decimales, p. ej. 35.7; 389.9, y la coma (,) para indicar miles, millones, etc.

#### D. SEPARATAS

El costo de las separatas o sobretiros de los trabajos es de US\$3.00 por página de 50 separatas. El autor (es) deberá notificar a la Oficina Editorial el número de separatas deseado tan pronto se le informe que su trabajo ha sido aceptado.

#### E. CARGO POR PAGINA

La revista es un órgano de divulgación científica sin fines de lucro y es mantenida fundamentalmente con donaciones. Sin embargo, a los efectos de contribuir con los gastos de publicación, la Asamblea General de la SLAN ha creado un cargo de US\$10.00 por página de trabajo publicado. La Oficina Editorial puede considerar una reducción por concepto de cargo por página previa solicitud expresa dirigida en ese sentido por el autor (es).

## FE DE ERRATA

**Se suplica al lector, considerar esta página como 274a.**

- with cooking time. *J. Food Sci.*, **33**: 437-438, 1968.
19. Burr, H. K. Effect of storage on cooking qualities, processing and nutritive value of beans. En: **Nutritional Aspects of Common Beans and Other Legume Seeds as Animal and Human Foods. Proceedings of a Meeting held November 6-9, 1973, Ribeirao Preto, S. P., Brazil.** Werner G. Jaffé (Ed.). Caracas, Venezuela, **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, 1975, p. 81-91.
  20. Whitaker, J. R. **Principles of Enzymology for the Food Sciences.** New York, N. Y., Marcel Dekker, Inc., 1972.
  21. Halim, D. H. & M. W. Montgomery. Polyphenol oxidase of d'Anjou pears (*Pyrus communis*). *J. Food Sci.*, **43**: 603, 1978.
  22. Linares Barrón, Sonia & Concepción Mendoza de Bosque. **Evaluación de Estándares Nutricionales y Tecnológicos de 20 Variedades de Phaseolus vulgaris.** Tesis (*Magister Scientifical* en Ciencia y Tecnología de Alimentos). Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, C. A., mayo de 1979.



## **SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION (SLAN)**

La Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN) fue creada el 10 de noviembre de 1965 en ocasión de celebrarse el Primer Congreso de Nutrición del Hemisferio Occidental. La actual Junta Directiva de la SLAN está constituida por los siguientes miembros:

**Dr. Juan Claudio Sanahuja – Presidente**  
**Dr. Alfredo Lam-Sánchez – Vicepresidente**  
**Dra. María Esther Río – Secretaria**  
**Dra. María Luz Pita Martín de Portela – Tesorera**  
**Dr. Pedro Arroyo – Vocal**  
**Dr. Daniel Alexis Sunnez – Vocal**  
**Dr. Luis Farjardo – Vocal**  
**Dra. Rebeca de Angelis – Vocal**  
**Dr. Antonio Arteaga – Vocal**  
**Dra. Elizabeth Frías – Vocal**  
**(Consejo Directivo 1981-1982)**

**Dirección actual hasta el 31 de diciembre de 1981**  
**c/o Departamento de Bromatología y Nutrición Experimental**  
**Facultad de Farmacia y Bioquímica de Buenos Aires**  
**Junín 956 - 2o. Piso, 1113 Buenos Aires, Argentina**

## **DIRECTORIO DE ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION**

Integrado por miembros de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición  
**Editor General: Dr. Ricardo Bressani**  
**Editor Asistente: Dr. J. Edgar Braham**  
**Editores Asociados: Dr. Guillermo Arroyave**  
**Dr. José Aranda-Pastor**  
**Jefe, Oficina Editorial y de Publicación: Sra. Amalia G. de Ramírez**  
**Encargada de Asuntos Administrativos: Sra. María Eugenia de Martínez**

## **MIEMBROS DEL CUERPO EDITORIAL – PERIODO 1981-1982**

<b>Dr. Héctor Araya</b>	<b>Dr. Miguel Layrisse</b>
<b>Dra. Julia Araya</b>	<b>Dr. Aaron Lechtig</b>
<b>Dr. Antonio Bacigalupo</b>	<b>Dr. Reynaldo Martorell</b>
<b>Dr. José Belizán</b>	<b>Dr. Leonardo Mata</b>
<b>Dr. Héctor Bourges</b>	<b>Dr. Luis A. Mejía</b>
<b>Dr. J. Edgar Braham</b>	<b>Dr. Mario Molina</b>
<b>Dr. Ricardo Bressani</b>	<b>Dra. Nelly Pak</b>
<b>Dr. Adolfo Chávez</b>	<b>Dr. Emilio Picón Reátegui</b>
<b>Dr. José Félix Chávez</b>	<b>Dr. Oscar Pineda</b>
<b>Dra. Rebeca Carlota De Angelis</b>	<b>Dr. María E. Sambucetti</b>
<b>Dr. Hernán Delgado</b>	<b>Dr. Juan Claudio Sanahuja</b>
<b>Dr. J. E. Dutra de Oliveira</b>	<b>Dr. Leonardo Sinisterra</b>
<b>Dr. Luiz G. Elías</b>	<b>Dr. Nelson de Souza</b>
<b>Dr. Rafael Enderica Vélez</b>	<b>Dr. Benjamín Torún</b>
<b>Dr. Werner G. Jaffé</b>	<b>Dr. Víctor Valverde</b>
<b>Dr. Miguel Guzmán F.</b>	<b>Dr. Emilio Vargas</b>
<b>Dr. Franco M. Lajolo</b>	<b>Dr. Enrique Yáñez</b>
<b>Dr. Alfredo Lam-Sánchez</b>	

# ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

ORGANO OFICIAL DE LA  
SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICION

VOL. XXXII

JUNIO, 1982

No. 2

## CONTENIDO

	Pág.
EDITORIAL .....	209
SIMPOSIO SOBRE EL PROBLEMA DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	
Introducción. — <i>Ricardo Bressani</i> .....	213
Producción de frijol en Centroamérica, Panamá y el Caribe durante la década de 1970-1980.— <i>Guillermo E. Gálvez</i> .....	217
Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. — <i>Luiz G. Elias</i> .....	233
Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol.— <i>Elvira González de Mejía</i> .....	258
Problemas en el almacenamiento y mercadeo del frijol en Centroamérica y el Caribe.— <i>Yolanda Castillo de Arévalo</i> .....	275
El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol.— <i>Ricardo Bressani</i> .....	308
Estudios realizados por el CIGRAS sobre el endurecimiento del frijol.— <i>Miguel A. Mora C.</i> .....	326
Efecto del almacenamiento a temperatura y humedad altas sobre algunas características físicas y químicas del frijol.— <i>Wilfredo Moscoso</i> .....	342
Prevención del endurecimiento del frijol y aprovechamiento del grano endurecido.— <i>Mario R. Molina, María Eugenia Rizo, Marco A. Baten y Ricardo Bressani</i> .....	369
Estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) sobre el problema del endurecimiento del frijol. — <i>Robert A. Luse</i> .....	401
TRABAJOS DE INVESTIGACION	
Enriquecimiento de pan con harina de soya. — <i>Enrique Yáñez, Digna Ballester, Marcela Aguayo y Héctor Wulf</i> .....	417
Revisión de los conocimientos actuales acerca de la evaluación del estado nutricional de los ele- mentos minerales. I. Elementos mayores. — <i>María Luz Pita Martín de Portela</i> .....	429
Revisión de los conocimientos actuales acerca de la evaluación del estado nutricional de los ele- mentos minerales. II. Elementos traza. — <i>María Luz Pita Martín de Portela</i> .....	439
Comportamento do cálcio, fósforo e magnésio em ratas submetidas a desnutrição durante varias etapas no período gestacional.— <i>María Eneida Aiello Sartor, Fernando José de Nóbrega, Suzana de Souza Queiroz Tonete, Cleide Enoir Peteian Trinidad e Paulo Roberto Curi</i> .....	450
CARTAS AL EDITOR .....	463
BIBLIOGRAFIA LATINOAMERICANA .....	471
NUEVOS LIBROS .....	479
OTRAS PUBLICACIONES .....	481
NOTAS .....	483
CONTENIDO DE LA REVISTA TURRIALBA: Volumen 31, No. 4, 1981 .....	487
CONTENIDO DE LA REVISTA INTERCIENCIA: Volumen 7, No. 1, 1982 .....	489
INFORMACION PARA LOS AUTORES .....	497