

EL SIGNIFICADO ALIMENTARIO Y NUTRICIONAL DEL ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL

*Ricardo Bressani*¹

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

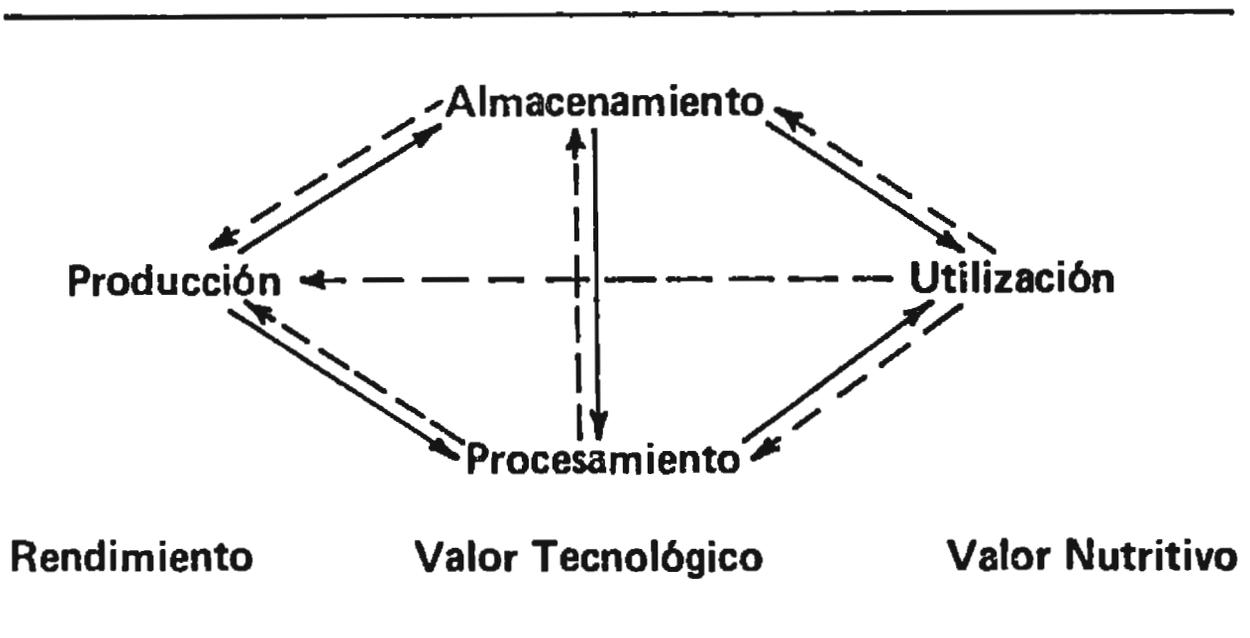
Productividad =	Producción x valor tecnológico x valor nutritivo
Producción:	kg/ha
Valor tecnológico:	Características aceptables de conservación, procesamiento y aceptabilidad
Valor nutritivo:	Utilización máxima de nutrientes del alimento solo o combinado en dietas

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

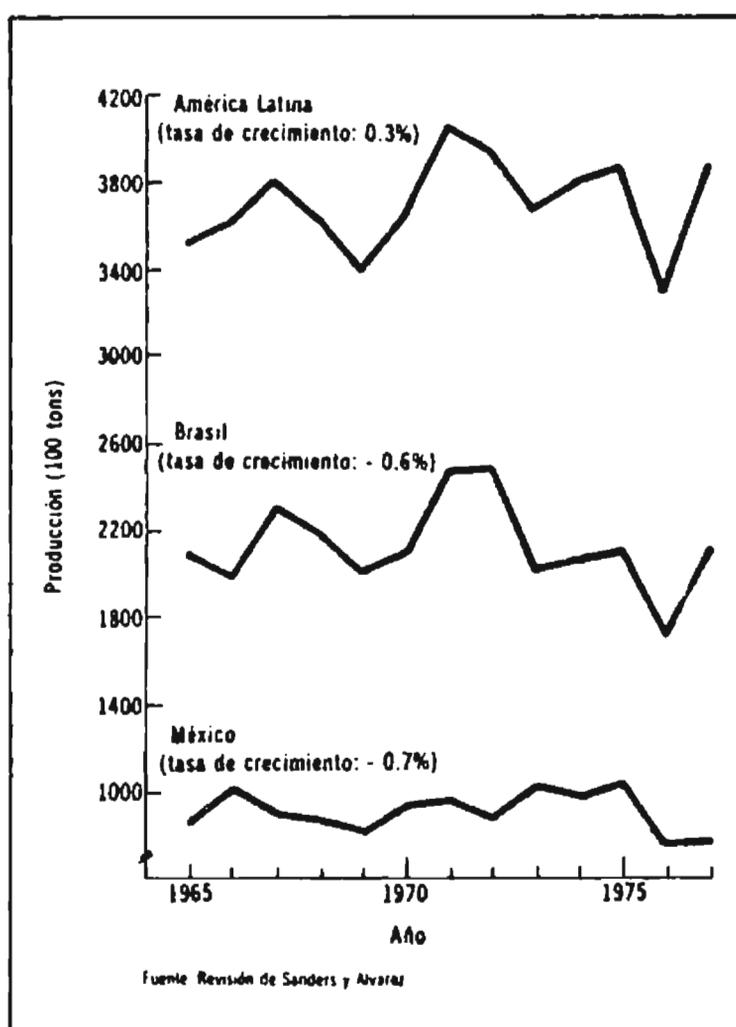
La mayor parte de las encuestas sobre consumo de alimentos efectuadas en América Latina, ha demostrado que el alimento más importante, después de un cereal, de un tubérculo o un fruto, es el frijol. Las cantidades consumidas por persona por día varían entre los países. A título informativo, en la Tabla 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
AREA 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

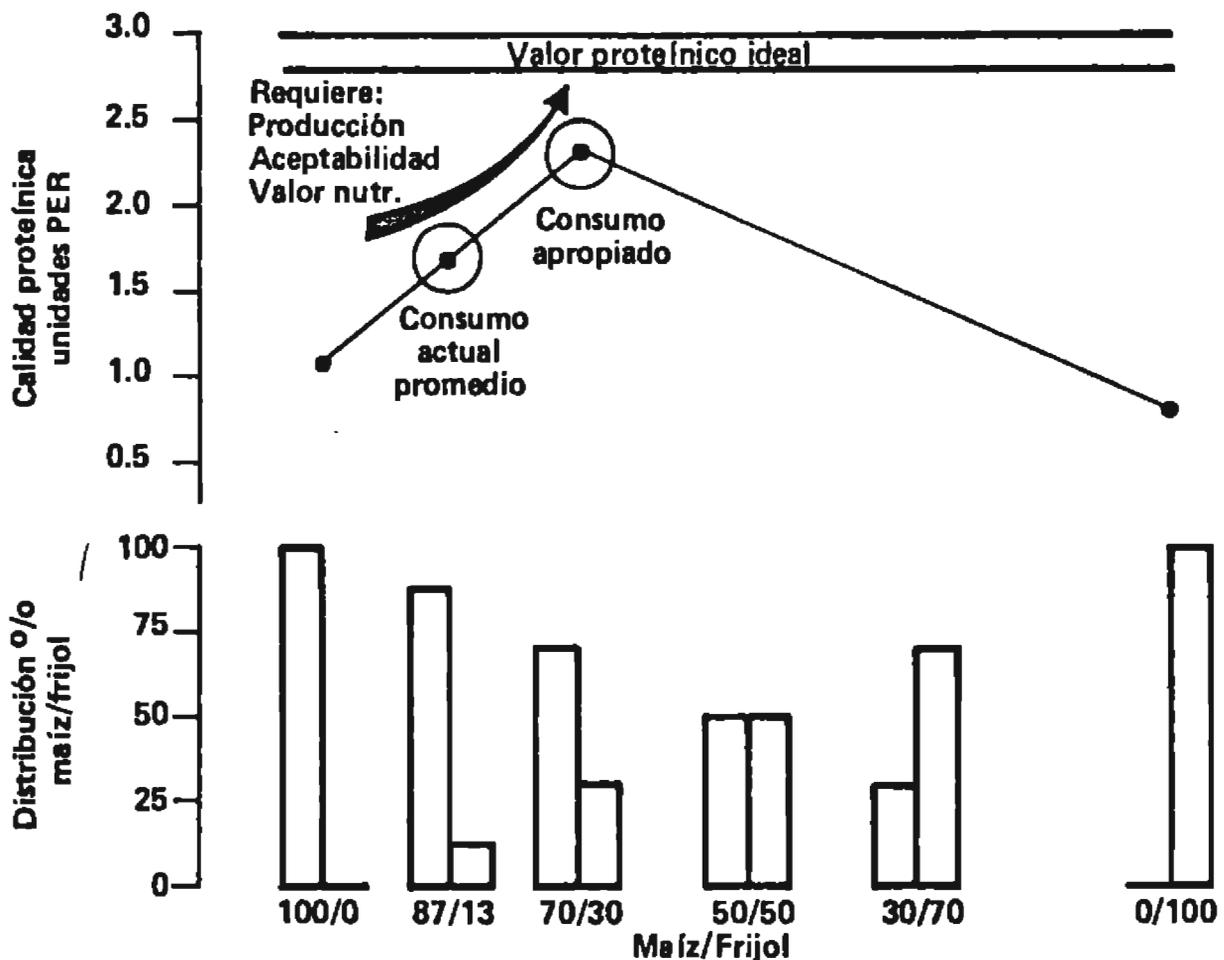


FIGURA 3

Valor proteínico de mezclas de maíz y frijol

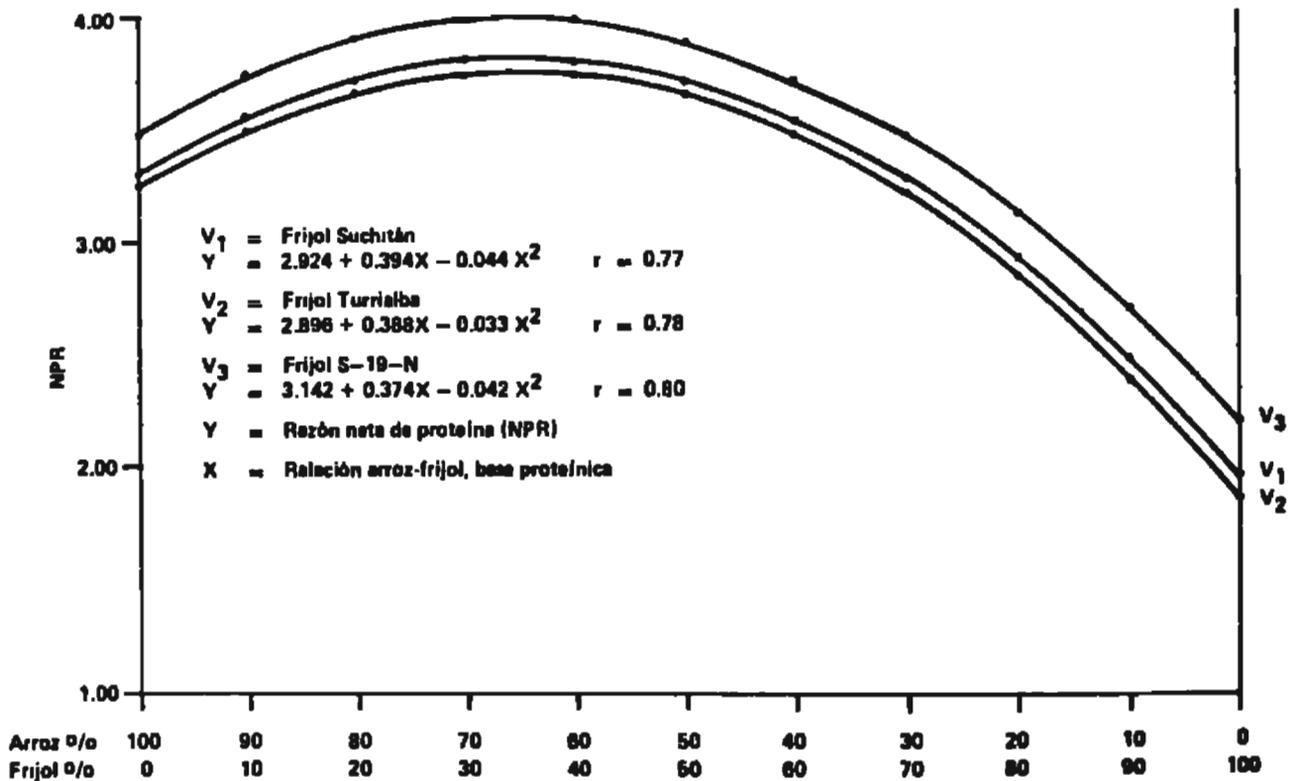


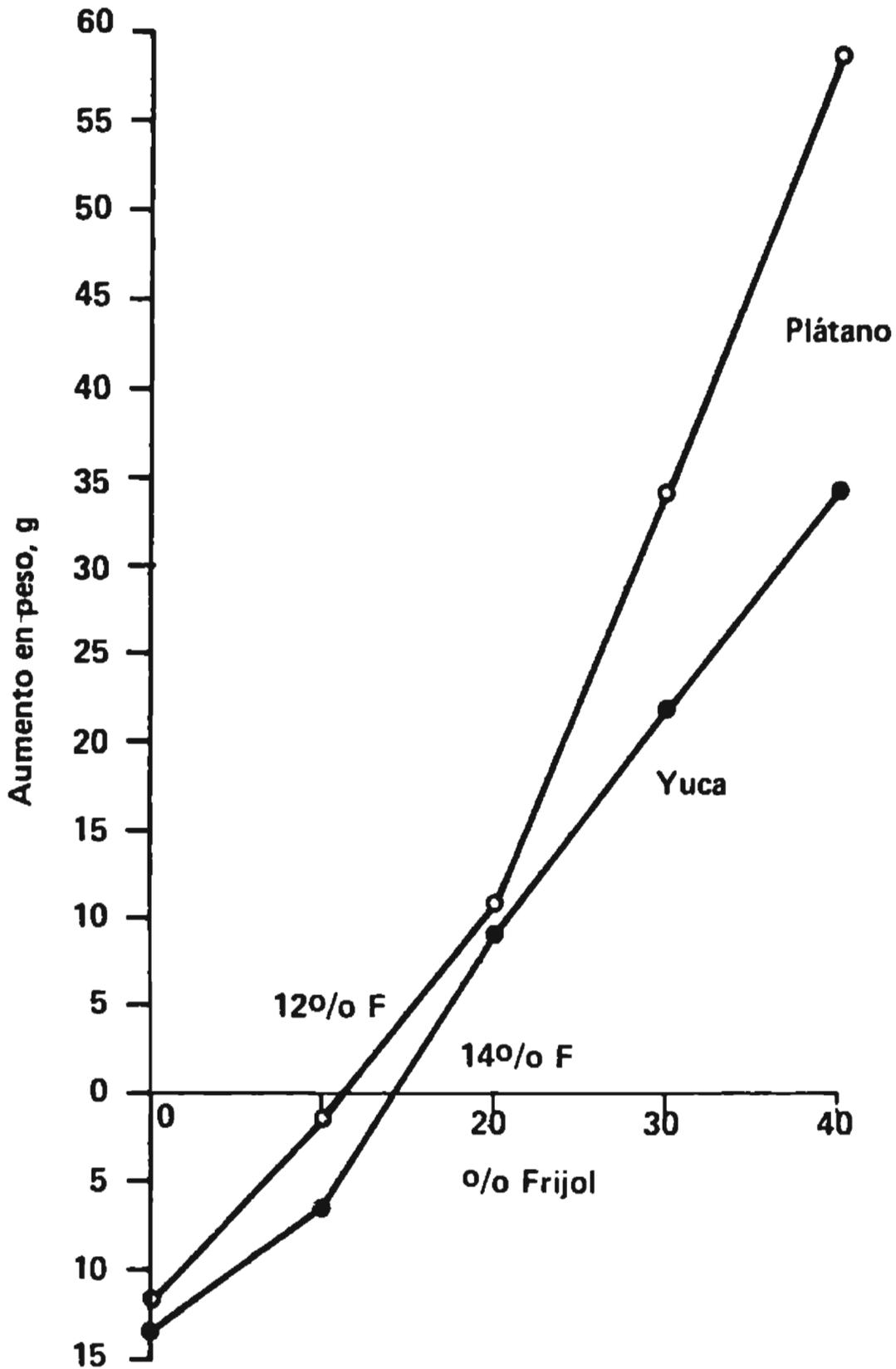
FIGURA 4

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

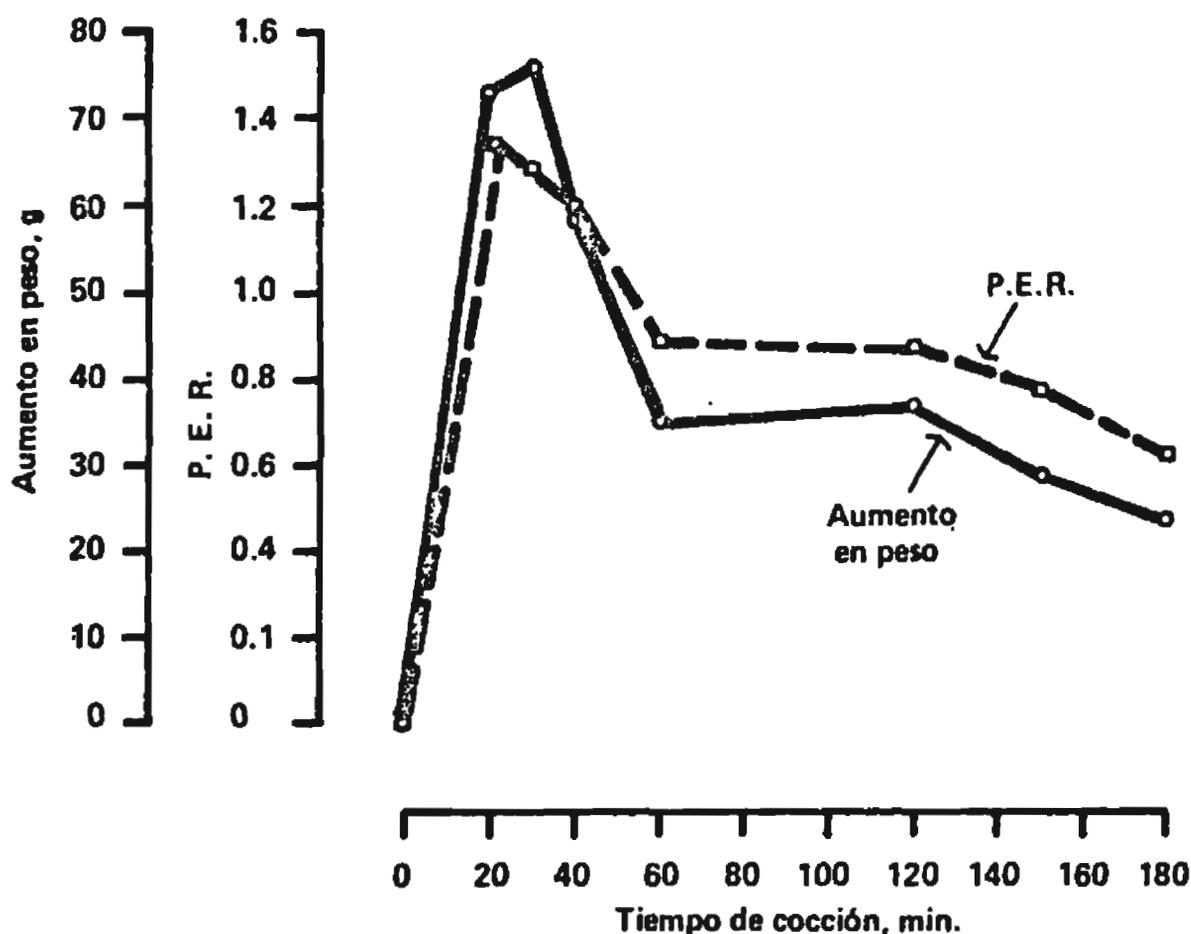


Incap 81 - 187

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

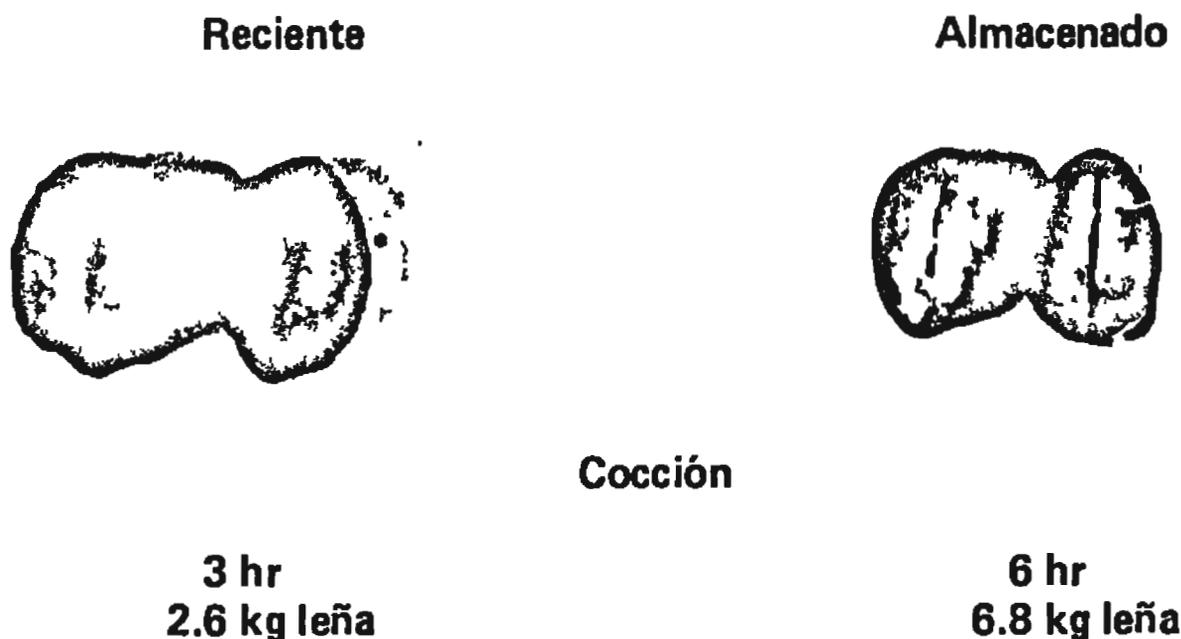


FIGURA 7

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

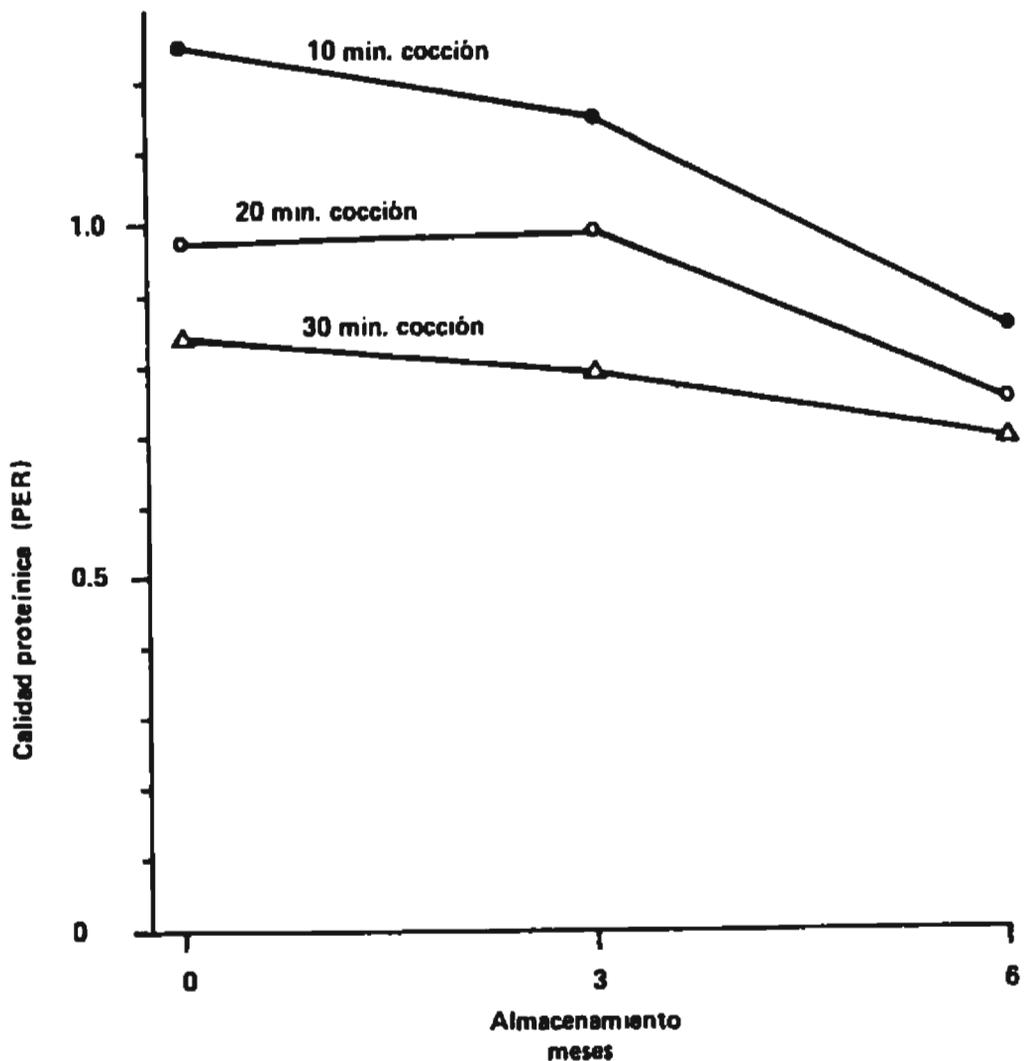
Hasta la fecha no existen datos concretos y conocidos que expliquen el proceso de endurecimiento, pero podría hacerse en términos generales, como se indica en la Figura 9. La evidencia disponible en la actualidad sugiere que existen dos vías que dan origen a esa condición. Una vía es inherente a la semilla, 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 hylum, 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**

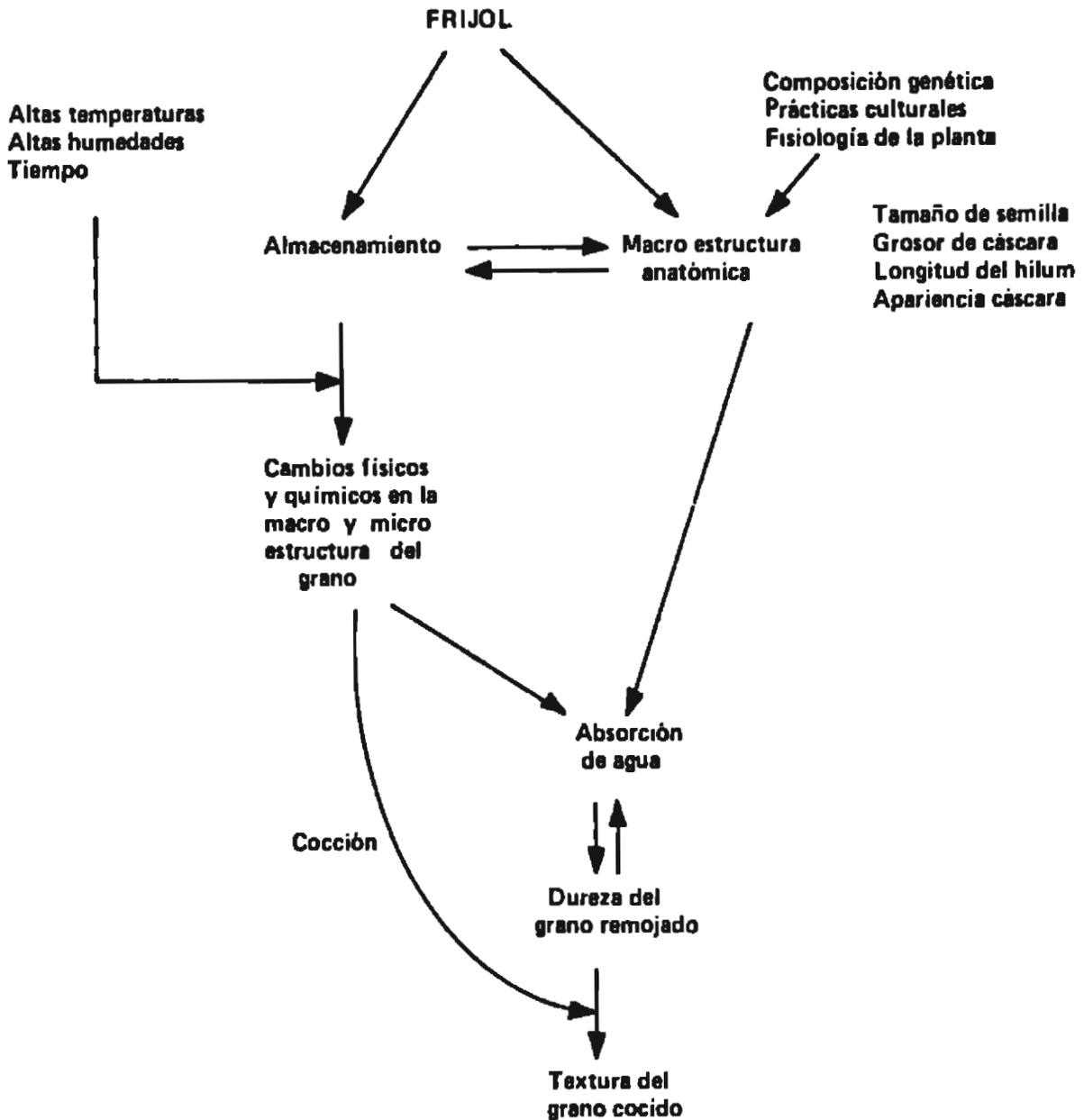


FIGURA 9

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.