

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT WASHINGTON, D. C. 20523 <b>BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET</b>	<b>FOR AID USE ONLY</b>
---	-------------------------

1. SUBJECT CLASSIFICATION	A. PRIMARY Public Health
	B. SECONDARY Nutrition

2. TITLE AND SUBTITLE  
 Improving the nutrient quality of cereals, report of (a) workshop

3. AUTHOR(S)  
 Workshop on Breeding and Fortification, Anapolis, Maryland, 1970;  
 Agency for International Development

4. DOCUMENT DATE 1970	5. NUMBER OF PAGES 119 p.	6. ARC NUMBER ARC
--------------------------	------------------------------	----------------------

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS  
 Agency for International Development, Office of Nutrition, Technical Assistance Bureau, Washington, D.C. 20523

8. SUPPLEMENTARY NOTES (*Sponsoring Organization, Publishers, Availability*)  
 Free copies on Spanish available from: Office of Nutrition, Technical Assistance Bureau, Agency for International Development, Room 116 SA-2, Washington, D.C. 20523

9. ABSTRACT

Workshop's papers on progress, problems, and potential for the improvement of various crops and the task group's recommendations for future operations and research. General conclusions and recommendations are not offered. Besides a general task group, there are groups representing wheat, rice, and corn, sorghum, and millet. Papers discussing breeding, fortification, and utilization of these crops also are included, as well as one on alternative carriers for fortification (salt). The working papers cover the topics of the economics of protein strategies; brief overviews of plant breeding and fortification; pulse production, status, and potential; and meeting protein and amino acid requirements of man.

10. CONTROL NUMBER PN-AAC-685 - in English PN-AAC-686 - in Spanish	11. PRICE OF DOCUMENT
12. DESCRIPTORS Supplements Cereals Meetings Nutritive Value	13. PROJECT NUMBER
	14. CONTRACT NUMBER AID/TA/N
	15. TYPE OF DOCUMENT

# MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD NUTRITIVA DE LOS CEREALES

**Informe del Seminario  
sobre Producción  
Selectiva y Fortificación**

**Annapolis, Maryland  
Diciembre 7-9, 1970**

**Efectuado por la**

**Oficina de la Nutrición, Departamento de Ayuda Técnica  
Agencia para el Desarrollo Internacional, E. U. A.**

**Con la ayuda del**

**Servicio para el Desarrollo Económico Extranjero  
Departamento de Agricultura de E. U. A.**



**CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA  
AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (A. I. D.)  
MEXICO/BUENOS AIRES**

Primera edición en español, 1974

### **NOTA A ESTA EDICION**

Esta publicación es traducción de **IMPROVING THE NUTRIENT QUALITY OF CEREALS, Report of Workshop on Breeding and Fortification**, editada originalmente en inglés por la **AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT, WASHINGTON, D. C. 20523. (1971).**

La presente edición la preparó el Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (A. I. D.), Departamento de Estado del Gobierno de los Estados Unidos de América. El Centro es una organización dedicada a la producción de versiones en español del material fílmico e impreso de los programas de cooperación técnica de la Alianza para el Progreso. Este material es distribuido exclusivamente a través de las Misiones de A.I.D. en cada país latinoamericano.

## **C O N T E N I D O**

	<i>Página</i>
INTRODUCCION . . . . .	vii
 <b>INFORMES DE GRUPOS DE TRABAJO</b>	
1. Informe del grupo general de trabajo . . . . .	3
2. Informe del grupo de trabajo en trigo . . . . .	7
3. Informe del grupo de trabajo en arroz . . . . .	9
4. Informe del grupo de trabajo en maíz, sorgo y mijo . . . . .	13
 <b>APENDICE</b>	
<b>TRABAJOS</b>	
1. Estrategias de la economía de las proteínas, por Lyle Schertz . . . . .	17
2. Producción selectiva, breve revisión, por G. E. Sprague . . . . .	25
3. Fortificación, breve revisión, por Aaron Altschul . . . . .	31
4. Producción de leguminosas, estado actual y potencial, por P. H. van Schaik . .	39
5. Satisfacción de los requerimientos humanos de proteínas y aminoácidos, por Helen Clark . . . . .	45
 <b>TRIGO</b>	
1. Cultivo de selección, por V. A. Johnson . . . . .	49
2. Fortificación, por Daniel Rosenfield . . . . .	53
 <b>ARROZ</b>	
1. Cultivo de selección, por H. M. Beachell . . . . .	59

	<i>Página</i>
2. Fortificación, por Stanley Gershoff . . . . .	75
 <b>MAIZ</b>	
1. Cultivo de selección, por G. F. Sprague . . . . .	79
2. Problemas de utilización, por H. C. Frost . . . . .	83
3. Fortificación: Experiencia, por Ricardo Bressani . . . . .	89
4. Fortificación: Recomendaciones, por Paul LaChance . . . . .	95
 <b>SORGO Y MIJO</b>	
1. Selección: Sorgo, por R. C. Pickett . . . . .	97
2. Selección: Mijo, por Glenn Burton . . . . .	101
 <b>OTRAS ALTERNATIVAS DE VEHICULOS PARA FORTIFICACION</b>	
Sal, por James Levinson . . . . .	105
 <b>ANEXOS</b>	
A. PROGRAMA DEL SEMINARIO . . . . .	115
B. LISTA DE PARTICIPANTES EN EL SEMINARIO . . . . .	119
C. PRESIDENTES Y REPORTEROS DE LOS GRUPOS DE TRABAJO . . . . .	124

## INTRODUCCION

En 1967, el Comité Asesor Presidencial sobre la Ciencia señaló la posibilidad de mejorar la dieta mediante la producción de productos de consumo de mayor contenido de proteínas de mejor calidad y por medio de la fortificación de tales artículos durante el proceso de fabricación. El mismo año, estas dos técnicas se incluyeron también en las recomendaciones para contrarrestar la crisis de proteínas, hechas por el United Nations Advisory Committee on the Application of Science and Technology to Development (Comité Asesor de las Naciones Unidas para la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo).

Ya se habían iniciado anteriormente esfuerzos en estas áreas, pero la marcha de los adelantos se ha acelerado en los últimos años. Se han iniciado ensayos de campo para comprobar la posibilidad de fortificar el trigo, el arroz y el maíz. La tecnología de los aminoácidos sintéticos ha progresado, y los precios se han abatido. La investigación y el desarrollo están aumentando. A medida que el trabajo progresó, se puso de manifiesto que podía haber grandes beneficios mutuos en el mejoramiento de la intercomunicación entre productores, nutricionistas, tecnólogos de alimentos y economistas.

De acuerdo a ello, se tomaron medidas para reunir a los individuos que se encontraran trabajando en los campos de la producción y la fortificación en una reunión para una información preliminar recíproca sobre el estado de desarrollo de ambos campos, para intercambiar puntos de vista, examinar oportunidades y problemas, e intentar identificar, en beneficio de investigadores y organizaciones financieras, la naturaleza y magnitud de los nuevos esfuerzos que pudieran ser puestos en práctica para aumentar la eficacia y acelerar la marcha del desarrollo.

Estos fueron los propósitos del Seminario sobre Producción y Fortificación llevado a cabo en Annapolis, Maryland, del 7 al 9 de diciembre de 1970. Este informe contiene los trabajos presentados en la reunión sobre el progreso, los problemas y el potencial de mejoramiento de varios cultivos y las recomendaciones desarrolladas por los grupos de trabajo para futuras operaciones e investigación.

Agradecemos a los participantes por el grado de capacidad y dedicación desarrollado en el Seminario y que se refleja en los trabajos. Ello constituye un buen augurio para el futuro del mejoramiento de los cereales. Un diálogo se ha iniciado. Al publicar estos trabajos confiamos estimular su extensión.

Harold L. Wilcke, Presidente  
del Seminario  
Vicepresidente de  
Ralston Purina Company

Martin J. Forman, Director  
Oficina de la Nutrición  
Departamento de Ayuda Técnica, AID

## **INFORMES DE GRUPOS DE TRABAJO**

## INFORME DEL GRUPO GENERAL DE TRABAJO

La producción selectiva, además de las prácticas agrícolas mejoradas, y la fortificación no son mutuamente excluyentes. Por el contrario, se les debe considerar en conjunto en cualquier estrategia para el mejoramiento de la cantidad y la calidad de las proteínas de los alimentos. Se hacen las siguientes recomendaciones:

- (1) La AID debe desarrollar un grupo conjunto de planeamiento y evaluación de investigación y desarrollo para:
  - a. Proporcionar una guía general a los esfuerzos agrícolas y técnicos patrocinados por la AID para el mejoramiento de la calidad nutricional de los cereales mediante producción selectiva y fortificación. Dicha guía estaría encaminada a mejorar la nutrición, el costo, el procesamiento y la distribución.
  - b. Iniciar, cuando sea apropiado, estudios piloto en varios países para el desarrollo de una estrategia sobre los alimentos que tome en cuenta la agricultura, la nutrición, y la tecnología de los alimentos. El propósito de estos modelos sería examinar todo el sistema de posibilidades para la intervención en relación con el carácter específico y las necesidades de determinado país. (Por lo que hace a la fortificación, estos estudios podrían incluir también, cuando sea conveniente, tener en cuenta otros vehículos o portadores, además de los granos, como la sal y el té.)

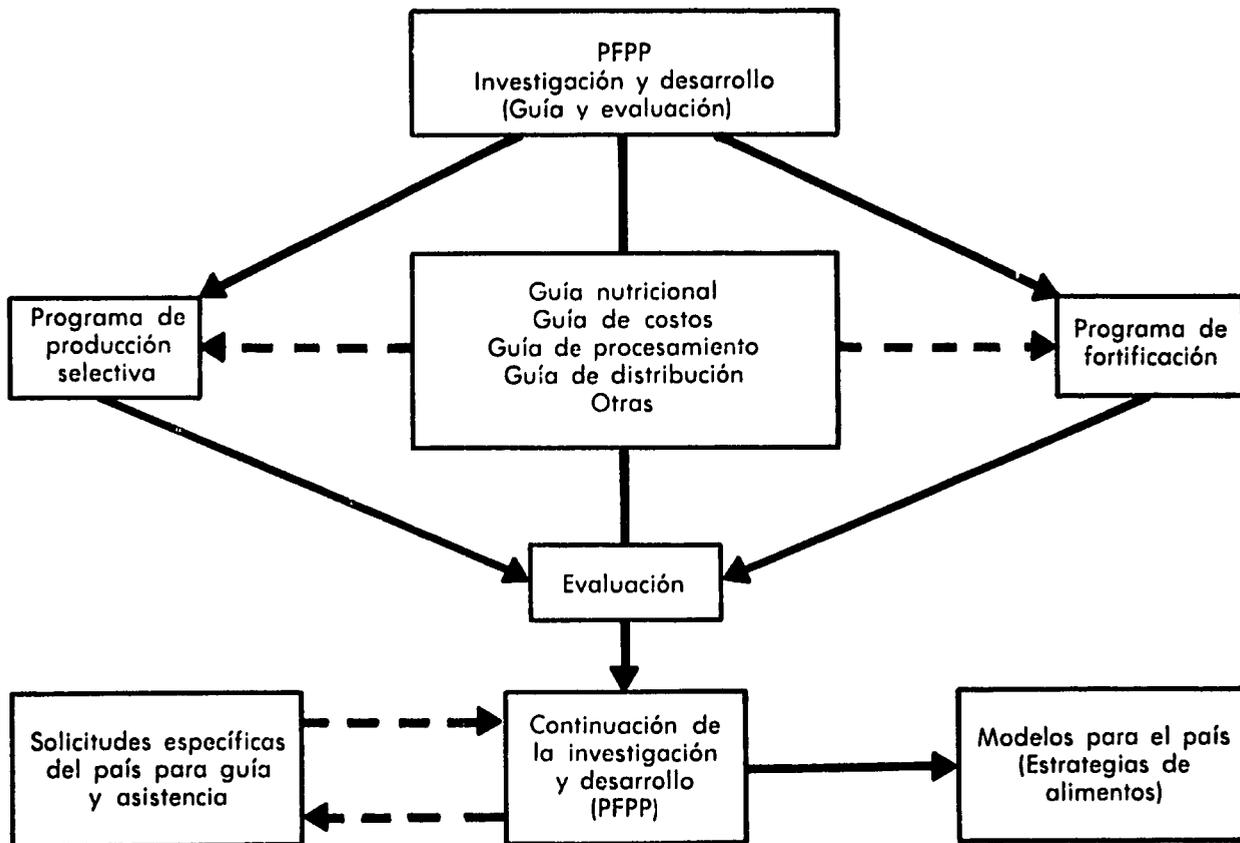
La página 3 muestra un esquema del funcionamiento del grupo.

- (2) Se deben incrementar los esfuerzos conjuntos para mejorar la utilización de las legumbres. Un mayor rendimiento y una mejor calidad deberán incorporarse dentro de las nuevas variedades mediante métodos agrícolas. Se deberá recurrir a la tecnología alimentaria para desarrollar alimentos útiles a partir de estas nuevas variedades.
- (3) Se deben incrementar los esfuerzos conjuntos para hacer mayor uso de semillas de leguminosas como una fuente de proteínas para el hombre. Estas proteínas de leguminosas podrían extraerse de la soya, el cacahuate o maní, semillas de algodón, girasol, sésamo, palma de aceite, aceite de coco y otros.

**Estructura y función del  
Comité sobre Producción Selectiva y Fortificación**

- a. Los miembros serán del personal de la AID y los asesores apropiados.
- b. El grupo abarcará una gran variedad de disciplinas y deberá tomar las medidas necesarias para contar con oficinas de representación geográfica.
- c. Habrá un mecanismo que conjugue los esfuerzos del grupo de planeamiento con el personal del programa operacional a fin de determinar la importancia última de la investigación o de otras actividades planeadas para las verdaderas necesidades del programa y del país.

**Comité sobre Producción Selectiva y Fortificación — Políticas y Programas (PFPP)**



## INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO EN TRIGO

El subcomité informó que la *fortificación* del trigo, ya sea con micronutrientes, lisina, o con concentrados de proteínas, es en general técnica, logística y económicamente factible, particularmente en las instalaciones centrales de procesamiento que sirven a poblaciones urbanas. Sin embargo, pueden tenerse problemas cuando se utilizan concentrados. Por ejemplo, la calidad de la proteína en los concentrados derivados de la soya, el cacahuete o maní, la semilla de algodón, el pescado, etc. puede variar mucho dependiendo de las condiciones de su procesamiento. Además, en los países en desarrollo la tecnología para la incorporación de estos concentrados a los alimentos en una forma aceptable por las poblaciones indígenas es aún relativamente primitiva.

Los programas de *producción selectiva* han tenido considerable éxito. La combinación de adecuado material genético y buenos métodos agrícolas puede producir cosechas que contengan de 20 a 25 por ciento más proteína sin deterioro del patrón de aminoácidos esenciales. La opinión general está de acuerdo en que la investigación sobre mejoramiento genético que permita mejorar la cantidad de proteínas debe recibir primordial atención. Sin embargo, no debe descuidarse la búsqueda de variedades de trigo con elevado contenido de lisina. Se acepta que la fortificación con lisina puede ayudar a satisfacer los requerimientos de proteínas en regiones en donde el trigo constituye el elemento primordial de la dieta.

Se hacen las siguientes recomendaciones sobre la necesidad de investigación, programas de actividad, y/o evaluaciones socio-económicas de su practicabilidad:

(1) La AID debe iniciar un proyecto para mejorar la actual tecnología de selección para la evaluación en masa del mejoramiento de la calidad nutricional del trigo. No basta con determinar los aminoácidos esenciales y la cantidad de proteína en el gran número de genotipos generados en estos programas de producción. El nuevo modelo de selección debe tener en cuenta la disponibilidad de nutrientes, las fracciones de proteína afectadas por la manipulación genética, la identificación y determinación del segundo aminoácido limitante, y los componentes nutricionales importantes además de las proteínas.

(2) Los estudios patrocinados por la AID en Nebraska han permitido la introducción de caracteres de elevada proteína en las variedades de trigo de varias naciones en desarrollo. La evaluación local y la propagación de estos nuevos materiales de cultivo requieren una mejor red mundial de distribución. Un esfuerzo de esta envergadura requiere un sistema internacional para la distribución adecuada de materiales de mejoramiento de variedades, un estrecho control de los estudios en marcha, y el continuo apoyo a los esfuerzos de las naciones en desarrollo para adaptar nuevas variedades a las condiciones agrícolas locales, a los patrones de procesamiento y consumo de alimentos, y a los requerimientos de funcionalidad.

La AID debe, por lo tanto, pensar en la posibilidad de establecer, en cooperación con las organizaciones dedicadas a la producción selectiva ya existentes, una red in-

ternacional para el mejoramiento del trigo. Esta red debe utilizar las unidades agrícolas de la AID ya existentes en el extranjero y solicitar la ayuda de los expertos y de los recursos disponibles en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y en otras agencias gubernamentales.

(3) Se requiere un proyecto para estudiar los procesos bioquímicos fundamentales que redundan en la producción de proteínas en la semilla. Esta información puede conducir a importantes adelantos en la tecnología de la producción y en la calidad nutricional del trigo.

Por ejemplo, se dispondría de gran cantidad de información práctica si se conociera mejor el carácter especial de las variedades Atlas, fuente principal de capacidad genética para la conversión eficiente de la fertilidad del suelo en elevadas concentraciones de proteínas en el trigo.

(4) Debe instituirse un programa para convencer tanto a los granjeros individuales como a los gobiernos nacionales para que adopten las nuevas variedades de trigo de elevado contenido proteico a medida que éstas van siendo disponibles. La información de los beneficios nutricionales, económicos, sociales y sobre la salud, que pueden derivarse de estas nuevas variedades necesita desarrollarse para cada país en particular. Se debe proporcionar también información sobre los hábitos importantes del consumidor y sobre las estrategias educacionales y de mercado necesarias para lograr la aceptación y propiciar el cultivo de las nuevas variedades.

(5) Los alimentos mezclados como el CSM (maíz-soya-leche) y la Incaparina, así como la harina fortificada de trigo, son productos que lentamente ganan aceptación en las naciones en desarrollo. Sin embargo, los muchos fracasos de mercado con productos similares indican que la AID debe pensar en establecer un centro tecnológico que sirva como fuente de consejo experto para el procesamiento de legumbres y leguminosas en harinas y concentrados de elevado contenido proteico que puedan incorporarse en el pan y productos similares que se consuman en las naciones en desarrollo. El centro proporcionaría también información nutricional, consejos sobre mercado, técnicas para averiguar la aceptación del consumidor, etc., que aseguren una buena aceptación de estos productos alimenticios ricos en proteínas por los consumidores de determinado país.

(6) La AID debe iniciar un estudio de las posibilidades técnicas, económicas y de capital para inversión en un grupo de países vecinos que quieran reunir sus esfuerzos para lograr una producción local de lisina y otros nutrientes para fortificación. En este contexto, se debe considerar también la producción local y la venta de un aditivo de amplio espectro de micronutrientes para el uso familiar.

Los gobiernos con frecuencia ponen como objeción la escasez de fondos suficientes para importar artículos como lisina, vitaminas, etc. La inversión de capital y la complejidad tecnológica requerida para construir una planta para la producción de lisina puede hacer necesario que cooperen en el proyecto dos o más países de la región. El estudio de factibilidad recomendado podría proporcionar el incentivo para esta colaboración.

(7) A pesar del gran impacto producido por la "Revolución Verde" para tratar de satisfacer los requerimientos de granos alimenticios, continuarán los envíos de trigo P.L. 480. Resulta, por lo tanto, muy recomendable, en vista de los posibles beneficios nutricionales a través de la fortificación de la harina y el trigo con lisina, que la AID requiera la fortificación de todo embarque internacional de harina o de trigo que se envíe a países como la India o Pakistán bajo la PL-480, título I.

## INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO EN ARROZ

El arroz es pobre en proteínas utilizables y constituye una parte primordial de la dieta de un gran porcentaje de personas en los países en desarrollo. Por lo tanto, no hay duda de que su complementación o mejoramiento por cultivo es un tema digno de atención.

En comparación con el trigo y el maíz, los conocimientos de la genética de la proteína del arroz son muy limitados. Se necesita efectuar mucha investigación básica. Sin embargo, este enfoque puede constituir el mejor acceso al granjero de subsistencia o casi de subsistencia. Los actuales programas de cultivo de arroz están encaminados a conseguir el gran potencial de rendimiento de las nuevas variedades, incorporando los siguientes caracteres: (a) duración del crecimiento mejor adecuado a determinadas áreas, (b) resistencia a los insectos y a las enfermedades, (c) resistencia al frío en caso necesario, (d) mejores características de molienda para reducir la ruptura del grano durante esta operación, y (e) adecuado tamaño, forma, y características de cocción del grano para satisfacer las demandas de los consumidores en las diferentes áreas. La tecnología de la fortificación se encuentra aún en proceso de desarrollo. Aunque aún quedan por resolver diversos problemas sobre las formas específicas en que puede efectuarse la fortificación del arroz, es importante intentar cualquier camino que parezca prometedor.

Se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Poco es lo que se sabe del impacto que tienen las distintas prácticas sobre el contenido de proteína del arroz, así como de las diferencias entre la influencia de determinados ambientes, tanto en términos del contexto del impacto nutricional como de la economía relativa de las diferentes variedades. Estudios experimentales piloto muestran un aumento sustancial en el contenido de proteínas al añadir fertilizante nitrogenado. Pero los escasos muestreos efectuados "en la granja" hasta el momento actual no muestran los mismos aumentos.

Es necesario emprender extenso muestreo de los campos de labranza en diversos países. Se deben muestrear campos en donde se utilicen métodos tradicionales de cultivo, lo mismo que aquéllos en los que se eche mano de prácticas modernas. La comparación debe incluir variedades tradicionales y plantas del nuevo tipo de variedades mejoradas.

2. Se requiere investigación básica de la genética de las proteínas que permita dirigir la investigación sobre mejoramiento de proteínas en forma más eficaz de la que ahora es posible.

- a. Se debe expandir el cultivo de selección para aumentar el contenido de proteína. Los datos actuales son en el sentido de que existen diferencias genéticas en el contenido de proteínas. Puede ser posible aumentar el contenido de proteínas del 6 al 8 por ciento en las variedades existentes a posiblemente del 8 al

10 por ciento sin reducir el rendimiento de grano. La información disponible justifica tal esfuerzo.

b. La principal dificultad radica en identificar adecuadamente las diferencias genéticas y ambientales en el contenido de proteínas. Se deben emprender estudios para mejorar la evaluación de las proteínas así como para desarrollar métodos rápidos para analizar el contenido de este tipo de sustancias.

3. Existen grandes áreas de aguas profundas, laderas, y algunas áreas regadas por lluvias en las cuales no puede aplicarse la nueva tecnología. Se deben ampliar los estudios para mejorar las variedades para aguas profundas y para laderas; ambas ofrecen oportunidades.

4. Se necesita investigación sobre el impacto nutricional del consumo humano de diferentes variedades de arroz y distintos niveles de proteínas. Esta investigación debe cubrir aspectos tales como la utilización biológica de la proteína y su digestibilidad.

5. La fortificación representa un nuevo enfoque. Se debe emprender una vigorosa exploración de los diversos factores implicados para determinar si esta técnica resultaría factible a gran escala. Entre las diversas consideraciones que se deberían tomar en cuenta están:

a. La fortificación parece ser especialmente apropiada para áreas urbanas donde el arroz se procesa en instalaciones centrales y resulta posible su tratamiento. Sin embargo, se necesita conocer más aún acerca de la respuesta del ser humano a la fortificación, antes de emprender trabajos en gran escala.

b. En el caso de los consumidores rurales ampliamente diseminados, que comen parcial o totalmente su propia producción, quedan por resolver grandes problemas administrativos y de distribución. No obstante, no hay que descartar la extensión de la fortificación a las áreas rurales y la búsqueda de técnicas para dicha extensión.

c. Hay datos discrepantes respecto a los aminoácidos limitantes en la proteína de arroz. Algunos estudios han mostrado que la lisina puede ser el único aminoácido limitante; otros indican que la lisina es el primer limitante y la treonina el segundo limitante. Como la fortificación del arroz con lisina y treonina resulta considerablemente más cara que la fortificación con lisina sola, es importante efectuar estudios que resuelvan esta cuestión.

## INFORME SOBRE EL ARROZ — APENDICE

Como un apéndice al informe del comité sobre el arroz, el presidente del comité presentó dos preguntas al seminario, para su consideración general:

1. *Prioridades de investigación:* En el caso del arroz, cuando menos en algunas áreas del subcontinente de la India, el problema del escaso rendimiento tiene que ser resuelto mediante algo similar al grado de éxito logrado con el trigo. Por esta razón, se deben programar las prioridades de investigación en la siguiente forma: mayor rendimiento, aumento de la base genética, eliminación de importantes barreras a la aceptación por el consumidor, y finalmente el mejoramiento en el contenido de proteínas.

Dado que la producción del arroz debe estudiarse en forma ideal como un sistema total, tenemos que considerar cuidadosamente si el grupo de investigación tiene la capacidad de trabajar en todas estas prioridades al mismo tiempo.

2. *El problema de la demanda:* Como continuamos desarrollando y difundiendo variedades que son superiores, tanto en contenido de proteínas como en rendimiento, la oferta puede aumentar más rápido que la demanda. ¿Qué implicaciones tiene esto para lo que estamos produciendo? Si, por ejemplo, las Filipinas han llegado ya al punto en el cual un aumento más rápido del rendimiento está sobrepasando el aumento en el consumo doméstico, lo cual va a continuar abatiendo los precios internos o requerirá la exportación bajo subsidio, quizá necesitemos cambiar totalmente nuestra atención hacia algún otro problema. Y entonces, quizá, asistiríamos a un cambio en los patrones de producción en el que algunas personas dejarán de cultivar arroz y emplearán sus esfuerzos en otros cultivos. Este tipo general de cuestión merece ser tomado muy en cuenta en el desarrollo de una estrategia de producción selectiva de cereales.



## **INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO EN MAIZ, SORGO Y MIJO**

El mejoramiento de la calidad alimenticia del maíz, el sorgo y el mijo dependerán tanto del cultivo de tipos mejorados como de la fortificación. Se deberán continuar y aumentarse los trabajos sobre técnicas de fortificación y sobre la prioridad de los materiales que van a utilizarse. Sin embargo, este comité presta primordial consideración a los problemas relacionados al mejoramiento mediante cultivo. Se hacen las siguientes recomendaciones:

### **Maíz**

1. Se debe continuar poniendo especial énfasis en mejorar el rendimiento. Dado que el objetivo final es producir un maíz que a la vez sea de máximo rendimiento y que contenga proteínas de gran calidad, pueden esperarse mayores logros de los esfuerzos para mejorar el rendimiento de las variedades ricas en contenido proteico, que de intentar mejorar las proteínas en el maíz normal. (Las limitaciones genéticas del rendimiento en los tipos opaco-2 parecen guardar relación con la textura del grano. Se dispone de técnicas de gravedad específica que, esperamos, vendrán a resolver este problema.)
2. La producción selectiva del maíz se ha desarrollado lo suficiente como para permitir alguna evaluación inmediata de los méritos de los tipos mejorados para los habitantes de los países menos desarrollados. Recomendamos que la AID establezca un proyecto piloto para evaluar el potencial del maíz opaco-2. Un requisito importante es contar con un gobierno cooperador en un área donde se disponga de variedades adaptadas de maíz opaco-2. Colombia es un área de este tipo. Posiblemente deba prestarse atención a la evaluación de cualquier ventaja nutricional.
3. Se debe establecer un programa de investigación por zonas ecológicas para el cultivo de maíz opaco-2. Si es posible establecer ciertas áreas ecológicas, esto reducirá el trabajo que tendría que efectuarse en cada área local. La investigación efectuada debe comprender factores implicados en la adaptación, mantenimiento del rendimiento, control de insectos, resistencia a las enfermedades, y almacenamiento adecuado. Se requieren soluciones a estos problemas para desarrollar un conjunto de prácticas necesarias para un esfuerzo de extensión satisfactorio. Cuando se haya alcanzado esta etapa de desarrollo, la AID deberá poner atención a ayudar o guiar un esfuerzo de extensión.
4. Los investigadores en el desarrollo de nuevas variedades tienen gran necesidad de métodos rápidos y sencillos para la determinación de lisina y triptófano. Necesitan evaluarse cientos o miles de muestras y los actuales métodos de análisis son inadecua-

dos para este volumen de material. Deben hacerse mayores esfuerzos para el desarrollo de técnicas analíticas.

5. Se debe hacer un gran esfuerzo para coordinar el trabajo de investigación sobre maíz de elevado contenido de lisina y para establecer un mecanismo de intercambio de información más eficaz.

### **Sorgo y mijo**

1. Se debe dar apoyo adicional a los investigadores patrocinando trabajos sobre digestibilidad, porcentaje de proteínas, y composición de aminoácidos.

En el caso del sorgo, los objetivos de los investigadores deben concentrarse en el rendimiento, mejoramiento en la calidad y cantidad de las proteínas, y en la digestibilidad. Los primeros resultados pueden consistir en la combinación de mayores rendimientos y mayor cantidad de proteínas. En etapas posteriores se lograrían grandes adelantos respecto a la calidad y la digestibilidad.

En el caso del mijo, se debe poner énfasis en el rendimiento y en la calidad de las proteínas. En relación con otros cereales, el mijo tiene de por sí una elevada cantidad de proteínas, pero esto puede ser meramente un reflejo de sus actuales bajos niveles de rendimiento.

La investigación apropiada debe prestar también atención a la prevención de la ranciedad y al contenido de antioxidantes. Las deficiencias de vitamina E también pueden ser de importancia en áreas donde el sorgo y el mijo son base de la alimentación. Debe hacerse notar que el mijo y el sorgo crecen normalmente bajo condiciones áridas que no permiten producir otras cosechas que pudieran complementar la dieta. Esto aumenta la necesidad de una calidad nutricional balanceada.

2. Con el sorgo y el mijo, hay aún mayor necesidad que en el caso del maíz de contar con procedimientos analíticos rápidos y sencillos para la evaluación de la lisina, el triptófano, la treonina, y la eficiencia biológica. Este último aspecto puede ser de la mayor importancia.

3. Se deben desarrollar adecuados procedimientos de fortificación para los granjeros cuyos cultivos son de subsistencia, situación en la cual los granos alimenticios normalmente no entran a los canales comerciales. Entre los elementos de interés se cuentan los aminoácidos, las vitaminas y los minerales.

4. Se deben dar pasos encaminados a aumentar, valorar y estabilizar nuestras reservas de plasma germinal de mijo. El valor del actual conjunto normal ha disminuido mucho a causa de un mantenimiento inadecuado. Se deben recoger nuevas muestras de la India y el Africa. Una parte del esfuerzo necesario para la recolección puede efectuarse por correspondencia si se toman medidas para el incremento y mantenimiento ulteriores.



# **APENDICE**

## **T R A B A J O S**

(A cada ponente se le pidió presentara un borrador con sus planteamientos para uso de los demás participantes del Seminario.)

## **ESTRATEGIAS DE LA ECONOMIA DE LAS PROTEINAS**

**Lyle P. Schertz**

**Servicio para el Desarrollo de la  
Economía Extranjera  
Departamento de Agricultura de E.U.A.**

El enfoque principal de este seminario se centra en las dimensiones técnicas de los programas de producción de nuevas variedades y de fortificación diseñados para mejorar las fuentes de proteínas en los países de escasos recursos. En contraste, el propósito de mi trabajo es bosquejar brevemente una visión de conjunto del problema mundial de proteínas y algunas de las principales consideraciones económicas de primordial importancia para estos programas.

### **Fuentes y usos de las proteínas**

Dos cifras señalan dramáticamente el problema de proteínas de las naciones en desarrollo. (1) Dos terceras partes del mundo, los países pobres, disponen sólo de la mitad de la proteína mundial y la mayor parte de ella es proteína de cereales (Tabla 1); y (2) los mil millones de personas en los países desarrollados utilizan prácticamente tantos cereales como forraje para producir proteína animal, como los que dos mil millones de personas de los países en desarrollo aprovechan como alimento humano (Figura 1, p. A-3).

El contenido de proteína de las dietas varía enormemente entre regiones, naciones, regiones dentro de los países, familias, y entre los miembros de las familias. Esta variabilidad es un fenómeno fundamental que debe ser tomado en cuenta por los programas de cultivo de nuevas variedades y de fortificación. Esto habla en favor de una gran flexibilidad en el diseño de programas.

### **El papel del ingreso**

La situación fundamental es que gran número de personas de los países en desarrollo no disfrutan de ingresos para obtener el alimento que pudiera proporcionarles proteínas adecuadas en su dieta. Este fenómeno básico sobrepasa cualquier esfuerzo para tratar de mejorar la nutrición. Y ésta es la razón básica, a menos de que suceda un milagro, por la cual el mejoramiento de la nutrición debe considerarse como un proceso a largo plazo.

Pero argumentar que el ingreso es la principal explicación de los cambios en la nutrición no sugiere que se pueda lograr un mejoramiento nutricional rápidamente a través de un aumento en el ingreso. Las perspectivas del aumento del ingreso son en el sentido de que continuará la gran dependencia de los alimentos básicos y, a su vez,

**TABLA 1: PROTEINA TOTAL SUMINISTRADA POR GRUPOS DE ALIMENTOS – PROMEDIO 1959-61**

Subregión	Población <sup>1</sup> 1959-61	Trigo	Arroz	Otros cereales	Total de cereales	Legumbres y nueces	Animales	Otros	Proteínas totales
<i>Millones</i>		----- <i>Millones de toneladas</i> -----							
PAISES CON DIETA ADECUADA: <sup>1</sup>	1,089	8.6	1.1	2.8	12.4	1.9	15.4	3.2	33.0
PAISES CON DIETA DEFICIENTE:									
América Latina	84	.3	.1	.3	.7	.2	.6	.2	1.7
Africa	242	.6	.2	1.9	2.8	.7	1.0	.9	5.3
Asia comunista	713	2.1	3.9	2.4	8.4	1.8	.8	1.4	12.4
India	432	1.2	2.0	1.8	5.0	2.3	1.1	.4	8.8
Resto del Asia	452	1.8	2.7	.7	5.2	1.0	1.5	.8	8.6
Subtotal	1,923	6.1	8.9	7.2	22.1	6.0	5.0	3.6	36.7
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>3,012</b>	<b>14.6</b>	<b>10.0</b>	<b>9.9</b>	<b>34.5</b>	<b>7.9</b>	<b>20.5</b>	<b>6.9</b>	<b>69.8</b>

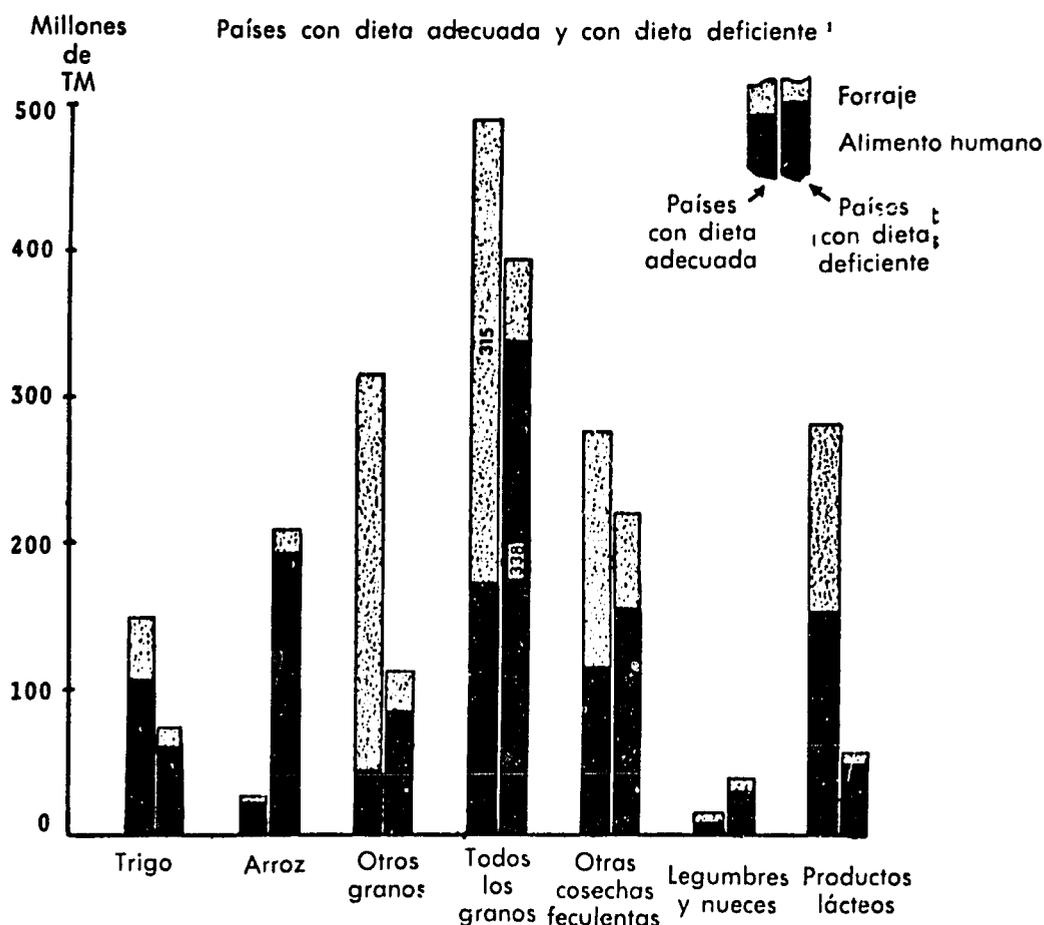
<sup>1</sup> Los países con dieta adecuada comprenden a aquellos normalmente agrupados como países desarrollados y además México, Brasil, Argentina, Uruguay y África del Sur. Los demás países están agrupados en la categoría de dieta deficiente.

Fuente: Tomado de Quentin M. West, "The Quantitative Role of Cereals as Supplies of Dietary Protein", *Protein: Enriched Cereal Foods for World Needs*, Max Milner, Ed. American Association of Cereal Chemists, 1969.

las deficiencias de proteína continuarán por muchos años. Las encuestas sobre consumo indican ampliamente que los ingresos limitados no permitirán que artículos de consumo como azúcar, carnes, aceites, frutas y verduras ocupen un lugar principal en la dieta de un gran segmento de muchas poblaciones.

Patrick Francois, por ejemplo, demostró en la Nutrition Newsletter de la FAO, de octubre de 1969, que el efecto potencial del ingreso en el mejoramiento de las deficiencias de proteína es menor de lo que generalmente se cree. Por ejemplo, en un país seleccionado, el crecimiento real per cápita en el ingreso durante un periodo de 13 años se calculó en 1.7 por ciento al año. Esto significa que el ingreso rural per cápita aumentaría sólo de U.S.\$52. a U.S.\$65. A su vez, el consumo de proteínas per cápita aumentaría menos del 5 por ciento. La proteína animal aumentaría 23 por ciento, pero menos de dos gramos en el periodo de 13 años. Otros cálculos efectuados por Francois

FIGURA 1: UTILIZACION DE PRODUCTOS AGRICOLAS PARA ALIMENTOS Y FORRAJES, PROMEDIO 1959-61



<sup>1</sup> Los países con dieta adecuada comprenden a aquellos normalmente agrupados como países desarrollados y además México, Brasil, Argentina, Uruguay y África del Sur. Los demás países están agrupados dentro de la categoría de dieta deficiente.

Fuente: "The World Food Budget 1970", FAER No. 19, ERS, USDA, Tabla 36.

para el mismo país mostraron que en 23 años el ingreso puede reducir el número de personas "...cuyo consumo de proteínas no es satisfactorio, a sólo la mitad", aunque en este caso el porcentaje de la población con dietas deficientes disminuyó del 50 al 16 por ciento.

De igual modo, el desarrollo económico puede mejorar los promedios nacionales de nutrición, pero al mismo tiempo empeorar a las personas de escasos ingresos. La razón de ello es que a medida que aumenta el ingreso de los pobres, éstos desean más productos animales y escamotean grano del consumo de los pobres para usarlo como alimento para el ganado. Estos planteamientos sugieren la necesidad de prestar continua atención a programas que proporcionen alimento a grupos de ingresos vulnerables.

Es debido al limitado potencial que tiene el aumento de ingresos para resolver el problema de las proteínas, que resulta urgente recurrir a la fortificación para aumentar la proteína utilizable y al mejoramiento de variedades mediante cultivo selectivo. Un aspecto importante de estas medidas es que hacen posible disponer de mejor nutrición a menor precio. De este modo, una cantidad determinada de ingresos puede comprar más nutrición.

### **Costos de desarrollo**

Las tres preguntas más obvias acerca de los programas de fortificación y de variedades de alto contenido proteico son: ¿Quién paga? ¿A quién benefician? ¿Cuánto cuestan?

Los costos son de dos tipos: (1) de desarrollo y (2) de operación.

Mientras que se cuenta con importantes fondos gubernamentales en apoyo del desarrollo de variedades de cereal con alto contenido de proteína, ha habido poco apoyo para el mejoramiento de las legumbres, aun cuando desde hace mucho se reconoce que estos productos ocupan un papel estratégico en el mejoramiento de la dieta. De igual modo, no se cuenta con fondos gubernamentales suficientes en apoyo de investigación mayor sobre la síntesis de aminoácidos, aun cuando el costo del triptófano y de la treonina continúan siendo importantes barreras para su uso en la fortificación de cereales.

La necesidad de más investigación va más allá de los estudios básicos. ¿Conocemos lo suficiente acerca de la fortificación del arroz con aminoácidos de modo que los nutrientes (nutrimentos) añadidos no se pierdan durante la cocción con grandes cantidades de agua? ¿Cuál es la estabilidad de la lisina introducida en una mezcla de trigo antes de molerla en "atta"? Las compañías privadas trabajarán en estas áreas; pero ¿son los riesgos lo suficientemente pequeños como para que las compañías privadas dediquen importantes recursos a este tipo de investigación? Y además ¿se plantearán ellas las mismas cuestiones, descubrirán la misma información, y lo harán tan rápidamente como es necesario?

### **Costos de operación**

Un gran atractivo del mejoramiento de variedades es el planteamiento implícito de que el producto competirá con otros cultivos en la toma de decisiones de los gran-

jeros, se desplazará a través del sistema normal del mercado, y que los consumidores que lo necesiten lo comprarán.

Todo esto puede suceder, pero resulta dudoso a menos de que los fitólogos desarrollen variedades de cereal de gran rendimiento, con elevado contenido de proteínas, y de que no se disponga de variedades de rendimiento comparable y de bajo contenido proteico.

El mejoramiento de la dieta se ve obstaculizado debido a que los alimentos nutritivos no son de por sí más atractivos ni sus efectos se hacen evidentes de inmediato para convencer al escéptico. Tanto los productores como los consumidores tienden a recalcar la cantidad, más que el valor nutritivo, al tomar decisiones.

Se necesitan, quizá, políticas y programas que favorezcan la producción y el uso de variedades ricas en proteína. Esto ayudaría a combatir el "síndrome de cantidad". Se pueden asignar ventajas a las variedades ricas en proteína. Se les puede ofrecer a los productores mayores precios para el maíz rico en proteína que para otro tipo de maíz. A su vez, se puede vender dicho maíz más barato que el maíz común para estimular su uso. Estas medidas, por supuesto, tendrían que planearse especialmente para estimular la introducción de las variedades y ajustarse posteriormente para eliminar las ventajas asignadas a las variedades ricas en proteínas.

Desgraciadamente, la cantidad y no el valor nutricional continuará siendo el criterio principal de los productores, así como de la mayoría de consumidores en estos países. No puede esperarse que descarten el síndrome de cantidad y lo cambien por la complejidad en la formulación de los productores de alimentos de los Estados Unidos durante muchos años por venir. La cantidad continuará siendo la primordial consideración.

Reconocemos que el satisfacer los requerimientos nutricionales con los métodos tradicionales requerirá niveles de ingreso varias veces mayores que los actuales. La fortificación es mucho más barata, pero todavía cara para los recursos de los países de escasos ingresos o para los deseos de ayudar de los países desarrollados. Sin embargo, los costos de varias vitaminas y minerales cuya deficiencia es frecuente en los países en desarrollo, son bastante bajos. Estos niveles de costo, junto con sus conocidos y aceptados efectos sobre la salud, hacen a uno pensar por qué no se está poniendo mayor énfasis en los programas de fortificación con minerales y vitaminas, especialmente en circunstancias donde no resulta práctico, desde el punto de vista del costo, llevar a cabo la fortificación con aminoácidos.

### **¿Quién paga?**

Alguien tiene que pagar los programas de fortificación, ya sean los consumidores, los gobiernos, o los programas de ayuda internacional.

El que un individuo acepte pagar productos fortificados o variedades ricas en proteína depende de lo que piense que está recibiendo por su dinero. Por desgracia, y en especial en términos de los programas que estamos considerando en este seminario, la historia nos demuestra que el hombre presta más atención al sabor de los alimentos que a su valor nutritivo.

Una de las grandes virtudes de la fortificación es que los alimentos tradicionales no resultan alterados en su aspecto o sabor. La imposibilidad, por ejemplo, de distinguir la harina fortificada de la que no lo está tiene el mérito de ajustarse a los actuales patrones de consumo. Pero esta virtud puede también tener la desventaja de hacer pagar al consumidor un precio ligeramente mayor por un producto fortificado que es indistinguible de un producto no fortificado.

En ciertas circunstancias puede ser posible asegurarse primero la preferencia del consumidor y después hacer que pague los costos. Por ejemplo, los gobiernos pueden requerir que toda la harina sea fortificada. Pero se debe tener cuidado en no engañarse acerca de qué tanto progreso significa realmente este enfoque dentro de los sistemas del mercado y los patrones de consumo de los países en desarrollo. Por ejemplo, los programas de fortificación de la harina y el "atta" fueron considerados por el gobierno de la India como un tremendo paso adelante, resultando especialmente importantes para introducir el concepto de fortificación. Pero, en términos del consumo de cereal de la India, sólo se podrá manipular una pequeña proporción en el futuro próximo.

En el Pakistán Oriental, sólo del 10 al 20 por ciento del arroz producido entra en lo que pudiéramos considerar canales del mercado. La mayor parte se consume en las villas de las áreas donde se produce. Por tanto, se debe considerar cuidadosamente la posibilidad de ganar la preferencia del consumidor; sin embargo, no debemos ser demasiado optimistas sobre el efecto de este enfoque.

En último análisis, probablemente encontremos que los gobiernos necesitarán pensar en cargar con los costos de la fortificación. Por lo tanto, se necesitará tomar medidas para hacer llegar los cereales a los grupos indicados. Mientras menos personas reciban los alimentos mejorados sin necesitarlos, menor será el costo que tendrá que pagar la sociedad para llegar a aquellos que necesitan mejorar su nutrición.

Algunos países tienen programas especialmente diseñados para hacer llegar los alimentos a las personas de menores ingresos. Por ejemplo, diversos países tienen programas de desayunos escolares. Otros tienen tiendas de raciones y tiendas de precios bajos dedicadas a proveer de alimentos a los grupos de menor potencial económico. Estos arreglos institucionales, junto con las políticas sobre los precios, representan importantes oportunidades.

Aunque las cantidades han disminuido un tanto, son grandes los volúmenes de cereales que se envían todavía a los países en desarrollo en forma ocasional. Parte de dichos cereales va a personas con dietas adecuadas, pero en su mayoría llegan a gente de bajos ingresos y dietas inadecuadas. Por lo tanto, la fortificación de estos productos tiene grandes posibilidades. Por ejemplo, dadas las deficiencias de proteínas, vitaminas y minerales en Pakistán Oriental, ¿no debería el Japón enviarle arroz fortificado? ¿Y no deberían los Estados Unidos enviarle trigo fortificado?

## **Los resultados**

Todos estamos de acuerdo en que hay poca duda acerca de los méritos de una nutrición adecuada. En muchos aspectos, los beneficios son evidentes de por sí, como lo son en el caso de mejor educación, vivienda y vestido. Pero, en sentido más amplio, ¿estamos de acuerdo en que la nutrición es un área de prioridad? Los recursos son escasos.

No se cuenta con dinero suficiente para hacer bien todo a la vez, nutrición, educación, vivienda y vestido.

Los Estados Unidos pueden darse el lujo de establecer una meta de nutrición adecuada sin conocer los beneficios económicos. Sus recursos son más abundantes. Los tratados comerciales son en términos de subsidios para armas, balas, y subsidios agrícolas. Dentro del contexto de los Estados Unidos, todo esto realmente no importa mucho si el mejoramiento de la nutrición, logrado por medio de los programas de alimentos, produce simplemente mayor consumo, o si ello significa mayor productividad de recursos humanos y un ahorro de gastos para la sociedad en términos de instalaciones médicas y, por lo tanto, constituye una inversión.

Sin embargo, en los países de menores ingresos, el caso es muy diferente debido a los recursos disponibles. Los programas requieren una relación mucho mayor entre costos y beneficios para que sean tomados en consideración. Los problemas para poder satisfacer los objetivos de la educación en muchos países resultan instructivos para quienes trabajamos en el campo de la nutrición. Muchos países con bajos ingresos imitaron a los Estados Unidos al establecer metas de educación para todos los niños. Pero los recursos resultan simplemente inadecuados para hacer frente a tales metas en muchos países. A su vez, estos objetivos están siendo rebajados drásticamente.

En último análisis, la verdadera indicación de la prioridad dada a la nutrición será la cantidad de recursos asignados a este problema en relación con las sumas dedicadas a otros renglones. Pero, para poder tomar decisiones realistas, necesitamos saber qué contribución puede hacer el mejoramiento de la nutrición para mejorar los objetivos del desarrollo económico y para la mayor participación en los beneficios de ese desarrollo. ¿Podemos decir que una mejor nutrición cambiará a la población de su amplia letargia hacia una mayor productividad? ¿O son los beneficios más modestos? ¿Lo sabemos acaso?

En muchos casos simplemente desconocemos los beneficios de la nutrición, especialmente en términos de la contribución del mejoramiento en la cantidad y calidad de las proteínas. El trabajo eficaz sobre la economía de las proteínas en estos países requerirá un enfoque más preciso de la investigación sobre nutrición en los problemas importantes para ellos. Por ejemplo, se necesita saber mucho más acerca de áreas tan importantes como el efecto de la cantidad de calorías ingeridas sobre las relaciones entre la ingestión de proteínas y el desarrollo físico.

Aquéllos con responsabilidades en el área de la nutrición necesitan lograr la mejor información posible para evaluar objetivamente las dimensiones humanas, económicas y sociales de dichas actividades. El no hacerlo así tendrá aparejado el riesgo de que quienes tomen las decisiones seleccionen otras actividades. Y ninguno de nosotros podrá demostrarles que se han equivocado.



## BREVE REVISION DE LA PRODUCCION SELECTIVA

G. F. Sprague

Servicio de Investigaciones Agrícolas  
Departamento de Agricultura de E.U.A.

He interpretado mi tema como varios subtópicos distintos pero estrechamente relacionados: (1) una breve revisión de la producción selectiva; (2) los efectos de las prácticas agrícolas sobre la composición química; y (3) un patrón de organización que facilite el mejoramiento de las características dietéticas de los cereales. Debido a limitaciones de tiempo, me concretaré a hacer amplias generalizaciones, reconociendo que éstas pueden ser inadecuadas en situaciones específicas, pero útiles para proporcionar una trama general para discusiones más detalladas.

Todas las especies cultivadas tienen un amplio margen de variabilidad genética y, en las manos del hombre, las especies se han modificado para ajustarse a muy diferentes tipos de condiciones ecológicas y para servir a muy distintos usos especializados. Sobre la base de este conocimiento y experiencia, se acepta comúnmente que, contando con adecuados medios de evaluación y con los fondos, tiempo e instalaciones necesarios, se puede modificar cualquier cultivo para satisfacer algún objetivo específico.

Sin embargo, si se considera la modificación genética desde un punto de vista práctico y no simplemente en forma académica, se debe disponer de respuestas afirmativas para dos cuestiones: ¿Es factible la modificación? ¿Resulta productiva? Estoy utilizando el término "factible" en un sentido muy amplio para incluir no sólo el potencial genético sino también la disponibilidad de técnicos que manejen gran número de muestras, lo mismo que los problemas relacionados con la aceptabilidad agronómica y su adecuación económica. Empleo el término "productiva" en un sentido más limitado, para incluir el costo requerido para llevar a cabo el cambio deseado, en comparación con otras alternativas capaces de lograr el mismo objetivo final deseado.

Un ejemplo puede aclarar el uso del término productivo. La niacina es una de las vitaminas insuficientes en el maíz. Una dieta que tenga como base una proporción grande de maíz puede ocasionar la deficiencia vitamínica conocida como pelagra. Esta afección puede evitarse (1) incluyendo proteína de elevada calidad en la dieta, o bien, aumentando el contenido de amida del ácido nicotínico o los niveles de triptófano, o (2) desarrollando nuevos tipos de maíz con mayor contenido de niacina.

Los estudios de numerosos investigadores han demostrado que el contenido de niacina se encuentra bajo control genético. Los tipos recesivos como el "chato" o el "azucarado" tienen siempre mayor contenido de niacina que el maíz normal. Dentro de los fenotipos normales, duro o hendido, el contenido de niacina se hereda como carácter típicamente cuantitativo. En experimentos efectuados en Tennessee, se lograron variedades con contenido de niacina hasta de 70 microgramos por gramo. Aproximadamen-

te, 115 gramos de este material bastarían para satisfacer los requerimientos diarios de niacina y dicha cantidad está muy por debajo del consumo diario per cápita en los países que consumen maíz.

Se puede elegir, por lo tanto, la opción de aumentar la niacina por medio de producción selectiva o a través de alguna forma de complementación dietética. La producción selectiva es la menos factible de las dos alternativas. El aumento en el porcentaje de niacina está condicionado por múltiples factores de expresión recesiva. La experiencia indica que los factores múltiples son difíciles de transferir por los métodos convencionales. Si el producto comercial va a ser un híbrido, el mayor contenido de niacina deberá introducirse por separado dentro de cada una de las líneas componentes de las poblaciones. La incorporación requeriría varias generaciones de plantas y el análisis de cientos de muestras. Por lo tanto, el desarrollo de tipos ricos en niacina es genéticamente factible, pero no satisfaría el requisito de "productividad" en el sentido en que estoy usando este término.

De los componentes dietéticos requeridos en grandes cantidades, el mejoramiento de las proteínas parecería tener el mayor elemento de productividad. Sin embargo, la solución de este problema no es directa ni sencilla. Por conveniencia en la discusión distinguiremos entre cantidad de proteínas y calidad de las mismas.

Se sabe que la cantidad de proteínas se encuentra bajo control genético desde los clásicos experimentos de selección "alta" y "baja" llevados a cabo en Illinois de 1898 a 1970. En resumen, estos experimentos han demostrado que el porcentaje de proteína puede cambiarse, desde el valor inicial de aproximadamente el 10 por ciento, hacia arriba hasta cerca del 20 por ciento y hacia abajo hasta menos del 5 por ciento. Estos cambios se han acompañado de variaciones igualmente características en la composición de la proteína. El material pobre en proteína se caracteriza por la ausencia casi total de la fracción "zeina" soluble en alcohol, que falta tanto en la lisina como en el triptófano. Por lo tanto, la proteína producida es de mejor calidad que la normal. Por el contrario, en la serie rica en proteína hay un marcado aumento en zeina con el correspondiente deterioro de la calidad.

Las condiciones ambientales tienen también marcado efecto sobre el contenido de proteína. Desde hace mucho se conoce que hay una relación inversa general entre el rendimiento y la proteína dentro de los cereales. Los bajos rendimientos tienden a asociarse con mayores niveles de proteína, mientras que los rendimientos elevados se caracterizan por menos proteínas. Cualquier situación adversa que influya en el rendimiento puede esperarse que tenga efecto sobre el contenido de proteína del grano. Como el porcentaje de proteína puede estar influido tanto por factores genéticos como ambientales, un análisis del contenido de nitrógeno tiene poco valor para hacer una predicción. Sin embargo, es útil como técnica preliminar de selección.

He mencionado ya la relación inversa entre rendimiento y porcentaje de proteína. Esta asociación requiere alguna aclaración. La primera información al respecto se acumuló antes del empleo de fertilizantes nitrogenados. Bajo tales condiciones, el nitrógeno disponible para el crecimiento de las plantas estaba determinado por la fertilidad inherente del suelo y por el sistema de cultivo utilizado. Esta cantidad fijada de nitrógeno se podía utilizar entonces para el crecimiento y el contenido de proteína del grano hasta un grado determinado por otras variables ambientales.

Con la actual tecnología, se emplean diversas cantidades de fertilizantes nitrogenados. El efecto de tal fertilización dependerá de las características de la planta y del tiempo de aplicación. Si las prácticas de fertilización son tales que potencien al máximo el rendimiento, entonces el porcentaje de proteínas, de determinado genotipo, puede permanecer relativamente constante o bien disminuir. El contenido de proteína puede no mostrar un aumento importante, excepto bajo condiciones de consumo de lujo. Con el actual énfasis sobre el rendimiento, los tipos con mayor capacidad para almacenar nitrógeno pueden hacer poco más que mantener los niveles actuales de proteína.

Habiendo identificado ciertas variedades como superiores al promedio en proteína, debe establecerse primero el grado de estabilidad ambiental y después la base genética, si es que existe. La estabilidad ambiental puede explorarse fácilmente reproduciendo los aspectos de potencial interés, bajo diversas condiciones ambientales; las pruebas se repiten en diversas localidades o años, comprendiendo diversos tipos de suelo o niveles de fertilidad.

Si el procedimiento de evaluación termina con la identificación de líneas ricas en proteína, tales líneas pueden tener un valor limitado, determinado por sus capacidades agronómicas y sus áreas de adaptación. Si se quiere servir un propósito más amplio, se requiere información adicional. Esta información comprende la capacidad genética de determinado tipo para transmitir la característica de elevada proteína a una fracción importante de su descendencia biparental. Son de esperarse diferencias de importancia entre las líneas de "elevada proteína" en su capacidad para actuar como progenitores adecuados, con la identificación de tal material, adecuado el cultivador, disponiendo de tiempo, instalaciones y fondos, puede recombinar las características deseadas de proteína con otros rasgos genéticos que conduzcan a adecuados niveles de rendimiento y de aceptación por parte del consumidor. Toda la operación, desde el comienzo de la selección, a través de las diversas etapas de evaluación y el desarrollo final de un producto aceptable, requerirá normalmente cuando menos diez generaciones, adecuados recursos financieros para las operaciones de campo, y un laboratorio bien dotado y con personal suficiente para las determinaciones de nitrógeno y aminoácidos.

Algunas de las operaciones señaladas pueden efectuarse mejor en los Estados Unidos, otras posiblemente en centros regionales adecuadamente localizados, pero parte del trabajo tiene que hacerse en las naciones en desarrollo por el personal local. Existe la impresión de que toda investigación necesaria puede hacerse en un centro, quedando el producto final directamente útil para su uso mundial. El empleo de trigos de corta estatura del CIMMYT, tan ampliamente utilizados en la India, Pakistán, y Turquía, se citan en apoyo de la idea de investigación concentrada con utilidad mundial. Se soslaya el hecho de que estos tipos de trigo de primavera pueden ser un caso especial; el trigo de invierno, el arroz, el sorgo y el maíz no parecen ajustarse a este patrón. Las variedades de arroz desarrolladas en el Instituto Internacional para la Investigación del Arroz de Filipinas son, por lo general, poco apropiadas al Africa Occidental; las variedades de maíz para áreas tropicales altas y bajas no pueden cultivarse intercambiadas, y ningún tipo es productivo cuando su cultivo se desplaza gran distancia hacia el norte o hacia el sur. Muchos sorgos tropicales no florecerán en los Estados Unidos, y así sucesivamente. Se desconoce la razón íntima de estas especificidades; en algunos casos interviene la respuesta a la longitud del día; en otros, la susceptibilidad a las enfermedades influye, y no cabe duda de que interviene la respuesta a la temperatura. Nuestro actual conocimiento de la fisiología vegetal y la influencia de varios aspectos del

ambiente no está lo suficientemente detallada como para permitir una evaluación objetiva de la adaptación. Hasta que dispongamos de dicha información, la adaptación tendrá que valorarse empíricamente. Las variedades inadaptadas de escaso rendimiento no serán aceptables, aun cuando puedan ser ricas en proteína.

Hasta que conozcamos más acerca de los factores que influyen en la adaptación, cualquier plan para ayudar a los países en desarrollo a mejorar el nivel proteínico de sus dietas deberá reconocer la necesidad tanto de la ayuda de los Estados Unidos como de un esfuerzo local. Los materiales ricos en proteína, identificados en programas efectuados en los Estados Unidos, es poco factible que resulten directamente útiles en una gran diversidad de condiciones ecológicas. Una de las principales funciones de los programas desarrollados en los Estados Unidos será el identificar materiales superiores que puedan ser útiles como cepas para futura selección. Esta élite de cepas ricas en proteína deberán ser cruzadas con adecuadas cepas receptoras de las cuales los cultivadores locales o regionales pueden seleccionar tipos adaptados en los que se combinará un mayor nivel de proteína con los demás caracteres que contribuyen a su aceptación local, sus adecuados niveles de rendimiento, su resistencia a importantes plagas locales, y su aceptación por el consumidor.

Si se aceptan los anteriores planteamientos, entonces un programa de ayuda a países en desarrollo puede comprender tres segmentos diferentes: (1) una operación, con base en los Estados Unidos, responsable de seleccionar y comprobar el potencial genético de riqueza en proteínas; (2) un programa regional para la producción de poblaciones segregantes y la selección con base a sus proteínas y a la adaptación, incluyendo resistencia a las enfermedades y a los insectos, y aceptación por el consumidor; y (3) la participación de programas locales para efectuar las evaluaciones finales sobre rendimiento y prácticas de producción de importancia local. Los detalles de procedimiento pueden variar según el tipo de cultivo de modo que insistiremos únicamente en los requerimientos generales.

1. El actual programa sobre trigo, patrocinado por la AID en Lincoln, Nebraska, servirá como ejemplo de una satisfactoria operación con base en los Estados Unidos.

2. El segundo requerimiento comprende una o más estaciones satélite o regionales. Tales estaciones se seleccionarán para representar amplias zonas ecológicas. El personal de un centro de este tipo debe abarcar diversas áreas: genética y selección, química, agronomía, patología y entomología. La función del centro comprenderá la elección de adecuadas variedades receptoras, combinando éstas con cepas seleccionadas ricas en proteínas y efectuando después un detallado estudio de la descendencia segregada. Se tendrán que establecer prioridades sobre la base de los requerimientos del área. Sin embargo, parece oportuno que la primera selección se base en el vigor y la adaptación. Los supervivientes se seleccionarán entonces en cuanto a porcentaje de nitrógeno, resistencia a los insectos y a las enfermedades, u otras características de importancia regional. El análisis de nitrógeno será la más importante de estas operaciones requeridas. Se deberá contar con los medios para efectuar un gran número de análisis en un breve período de tiempo. Dependiendo de las características del cultivo y del patrón local de siembras, el intervalo entre la cosecha y la nueva siembra no debe exceder a uno o dos meses. Habiendo identificado el material potencialmente útil, estamos listos para emprender el paso tres de este programa ideal.

3. El material potencialmente útil se suministra ahora a los países en desarrollo para la etapa final de la prueba. Este paso debe comprender no sólo la evaluación de las variedades, sino también aspectos de cultivo que pudieran afectar los resultados en el campo. Estos requisitos presuponen personal e instalaciones adecuados para poder efectuar una correcta apreciación final sobre las variedades y para manejar los detalles del incremento y la distribución.

Es factible desarrollar patrones de organización distintos al esbozado. El requerimiento esencial es la provisión adecuada de las tres etapas de desarrollo: identificación de progenitores adecuados ricos en proteína; un programa de selección y evaluación para combinar los altos niveles de proteína con otros atributos de importancia regional, y detallados estudios de evaluación y producción junto con el aumento de semillas y su distribución. Si no se toman adecuadas medidas para las tres etapas, el impacto sobre los países en desarrollo será mínimo.



## **BREVE REVISION DE LA FORTIFICACION**

**Aaron M. Altschul**

**Ayudante Especial del Secretario de Agricultura  
para el Mejoramiento de la Nutrición**

Se les ha proporcionado una revisión detallada de este tema en el material que han recibido y yo quisiera ampliar la discusión un poco. Quiero discutir tres partes de este tema: 1) la naturaleza del problema de las proteínas; 2) la naturaleza de la fortificación; y 3) posibles interacciones entre fortificación y mejoramiento por producción selectiva.

### **El problema de las proteínas:**

Nos hemos mostrado muy propensos a considerar el problema de las proteínas en términos de las personas que lo presentan primero, o sea, los llamados grupos vulnerables —los niños, las embarazadas y las mujeres lactantes—. Y con mucha frecuencia hemos dirigido nuestras soluciones a esta gente. Quisiera dejar aclarado que cuando hacemos esto —y no estoy negando la importancia de hacerlo— pero cuando sólo hacemos esto, y en particular cuando lo hacemos conceptualmente, estamos tratando más bien los síntomas que el problema en sí. Quisiera sugerir que, cuando tenemos un problema que se hace evidente por sí solo entre los grupos vulnerables, esto constituye un reflejo de un problema más grave que afecta a toda la población.

Permítanme darles un ejemplo en el caso de la India. Durante los últimos diez años, y como resultado de muy grandes esfuerzos de los cultivadores selectivos de vegetales y de los granjeros de la India, la disponibilidad de cereal per cápita había aumentado de 135 a 150 kilogramos, la mayor parte en forma de trigo. Al mismo tiempo, la disponibilidad de legumbres per cápita disminuyó de 25 a 17 kilogramos al año. Como la economía de los alimentos en la India depende del equilibrio entre los cereales y las legumbres y un poco de leche, ha habido un deterioro en este equilibrio entre las fuentes de proteínas y calorías. Esto trajo consecuencias, primero en las mujeres y los niños, pero decir que éste es el único problema es ignorar el problema básico que origina dicha situación. Por lo tanto, aunque a veces tenemos que hablar de los grupos vulnerables, no deberemos olvidar la base del problema.

El segundo punto que quisiera examinar sobre la naturaleza del problema se refiere a la relación entre proteínas y calorías, que es diferente al de las vitaminas y las calorías. Ustedes pueden encontrar tantos problemas en la deficiencia de vitaminas como puede haberlos en la deficiencia de proteína. Pero éste no es el asunto. El hecho es que no se puede hablar sobre calorías sin hablar al mismo tiempo sobre proteínas. La economía está entremezclada y lo que ustedes decidan hacer para obtener proteínas determina también de cuántas calorías dispondrán. Esto no se aplica necesariamente a las vitaminas. En los Estados Unidos disponemos de 795 kilogramos de grano por persona al año; de ellos comemos 68.100 Kg. y alimentamos animales con 726.400 Kg. Esta ha sido nuestra decisión, pero en realidad hemos usado gran cantidad de grano para dar-

lo a los animales y obtener el tipo de alimento que deseamos. Si hubiéramos escogido hacerlo de otra forma, hubiéramos podido disponer de mucho más calorías o pudiéramos haber decidido poner más calorías a disposición de otros.

Por lo tanto, el abastecimiento de calorías de un país se basa en parte en la decisión de cómo obtener las proteínas. Por lo tanto, no se puede abordar el problema de las calorías sin hablar de las proteínas, y viceversa. Este es el aspecto básico del abastecimiento total de alimentos. Y es por ello que nosotros hablamos de proteínas y no de vitaminas ni de otros micronutrientes.

El tercer punto es el que ha expuesto muy claramente el Dr. Schertz, o sea la relación entre los problemas alimenticios y el ingreso. En este momento de la historia y en un plano mundial, no hay escasez de alimentos ni tampoco de proteínas. El problema consiste en que aquellas personas que sufren escasez, ya sea de alimento total o de proteínas, no tienen los recursos, ni sus países tienen divisas para comprar esas proteínas. Luego, se trata del problema de obtener proteínas y alimentos a bajo costo.

Hablemos sobre las soluciones. La solución más obvia es aumentar el ingreso. Esto va a requerir mucho tiempo y no hay garantía de que el primer incremento del ingreso vaya a emplearse en alimentos. Hay un trabajo muy interesante de Francois, de la FAO, en el cual considera las proyecciones en un país de alto ingreso, acostumbrado a consumir arroz, y señala que en una sociedad donde no hay intervención, las posibilidades de resolver el problema de las proteínas y el de la desnutrición general mediante el simple aumento del ingreso son realmente muy escasas. Por lo tanto, parece que la única solución práctica, dentro de un tiempo limitado, es intervenir en la calidad de los suministros alimenticios de forma tal que se pueda mejorar la alimentación, no mediante el incremento de un ingreso de \$ 100 dólares per cápita al año a uno de \$ 700 u \$ 800, que es lo que Max Millikan dijo que debería hacerse para curar la desnutrición, sino quizá con un incremento de 10 por ciento del actual ingreso per cápita.

#### **La naturaleza de la fortificación:**

Es muy corto el número de decisiones que se requieren para poner en marcha un programa de fortificación en determinado país.

El tipo de programa iniciado en este país fue un esfuerzo para restituir los nutrientes perdidos en la harina de trigo. Al molerse el trigo, algunas de las proteínas se pierden y, por lo tanto, la fortificación constituyó realmente un enriquecimiento. Se trató principalmente de restituir las proteínas del complejo B que se habían perdido en la molienda. Pero a medida que evolucionó el concepto, se transformó en un medio para la introducción de cualquier tipo de ingrediente alimenticio, y no hubo necesariamente una relación lógica entre el vehículo y los aditivos; por ejemplo, yodo en la sal o fluoruros en agua, o la adición de vitamina A a ciertas harinas. Yo creo que éste es uno de los principios básicos de la fortificación.

La lógica de la fortificación no es la de las ciencias de los vegetales o animales. Es la lógica de la nutrición. Uno no debe ponerse a pensar qué es lo que lógicamente se puede añadir a un vegetal sobre la base de su capacidad genética, sino que puede hablarse de una lógica de la nutrición y utilizar la planta o el animal como vehículo para dicha nutrición. ¿Por qué podemos hablar de este modo? Porque ha habido un

aumento explosivo de nuestro conocimiento de la tecnología de la alimentación y de la nutrición en el último siglo que, en gran parte, nos permite conocer que ciertos ingredientes alimenticios son necesarios para una existencia saludable. No pretendo que sepamos todo lo necesario, pero tampoco sería justo decir que es poco lo que conocemos acerca de los ingredientes indispensables.

En segundo lugar, hemos hecho progresos en la producción de estos micronutrientes, principalmente las vitaminas y ahora los aminoácidos. Se dispone de ellos a un costo razonable y se conseguirán aún más baratos a medida que aumente la demanda. Esto nos ha dado una capacidad extra para usar la lógica nutricional con cualquiera que pueda ser el mejor vehículo.

Hablemos ahora sobre la fortificación con proteínas. Quisiera tratar primero las relaciones entre la calidad y la cantidad de las proteínas. Considero que es éste un punto muy importante que me ha sido recalcado una y otra vez por mi colaborador el Dr. Rosenfield. No se puede hablar simplemente acerca de la calidad de la proteína sin hablar de su cantidad; ambas están interrelacionadas. La cantidad de proteína en un material alimenticio, determinada mediante análisis químico, no importa; lo que cuenta es la proteína disponible en ese material, que es una fracción de la cantidad de proteína, multiplicada por la digestibilidad, la calidad, y varios otros factores.

Permítanme leerles simplemente algunas cifras tomadas de Hegsted y Jansen. Según Hegsted, el porcentaje de proteína utilizable en la harina de trigo es de 3.2. Cuando se añade 0.2 por ciento de lisina a dicha harina, el porcentaje de proteína utilizable es 5.3. De este modo se habrá aumentado la cantidad de proteína disponible para el individuo; esto es lo que cuenta, por que una persona necesita cierta cantidad de proteína disponible. De acuerdo con Jansen, la proteína utilizable en el pan blanco es un 7.3 por ciento; si se agrega 0.3 de lisina, se aumenta al 10 por ciento. En la harina de maíz, es originalmente del 3 por ciento; agregando triptófano a la lisina, se aumenta al 5.1 por ciento. En el arroz, es de 4.5 por ciento para una variedad Thai; agregándose lisina y treonina se transforma en 7.6 por ciento. Se obtienen aumentos hasta del 60 por ciento en la proteína disponible cuando se eliminan las deficiencias de aminoácidos.

La forma más eficaz de proporcionar más proteína utilizable es incrementando la cantidad de proteína disponible en un alimento, complementando su patrón de aminoácidos. Una presentación elegante de este tema fue hecha por nuestro presidente Harold Wilcke, en la Conferencia sobre Aminoácidos efectuada hace un año, en la cual él demostró que un 6 por ciento de proteína animal podría completar el equilibrio de proteína en el trigo, con un excedente de la mayoría de los aminoácidos esenciales. Teóricamente, la suplementación de aminoácidos es la más eficaz de todas, pero quizá no sea la forma más barata porque lo más económico en la práctica dependería del costo relativo de los aminoácidos esenciales y de las otras fuentes de aminoácidos, sean de origen animal o de soya, por ejemplo.

¿Cómo consideramos la fortificación? Pienso que tenemos que hablar de sus posibilidades pero también de sus limitaciones. Creo que tenemos que estar conscientes del importante punto señalado ya por el Sr. Butterfield, en el sentido de que uno de nuestros objetivos principales debe ser el llegar a las áreas rurales. Esto es más fácil en el caso del trigo; la razón de ello es que en cualquier país en donde se le consume,

el número de molinos es relativamente escaso y, por lo tanto, es bastante sencillo el controlar su fortificación. Pero también es posible para el arroz y el maíz, incluso dentro de un contexto rural. Varios de nosotros acabamos de regresar de Thailandia, en donde vimos en acción una de las pruebas de fortificación en un villorio Thai en el cual no había economía en dinero para el arroz, sino que cada persona llevaba su propio arroz a moler con el molinero del villorio. Mientras él lo hacía, nosotros estábamos administrando un gránulo de fortificación a la dosis de 1 por ciento.

No estamos limitados a la fortificación total del arroz, el maíz o el trigo. Interviene un número mayor de productos. Creo que uno de los primeros conferencistas señaló que ninguna de estas soluciones nutricionales constituye una panacea y que son muchas las cosas que tendrían que hacerse. Señalaré algunas: en la India, Modern Bread está introduciendo un producto fortificado a un gran número de consumidores. Este tipo de consumidor está aumentando en términos de ingresos. En otras palabras, la gente está aspirando a comer pan y, por lo tanto, los grupos de bajos ingresos están tratando de llegar a él lo más rápido posible. Lo mismo está pasando en Brasil. El "atta" está siendo fortificado en la India, con lo cual se llega a un gran número de personas. Tuvimos una discusión muy interesante con el jefe de una cooperativa en la India. Se trataba de una cooperativa lechera y dos veces al día un miembro de cada familia llevaba leche a una estación receptora. Hasta ahora, no han llevado nada a casa. Pero sería muy fácil —y esto afecta a varios millones de personas— llevar algún complemento nutricional con ellos a casa. Este podría diseñarse para complementar con aminoácidos, vitaminas y minerales el alimento que consumen, y esto sería un sis-

EFFECTO DE LOS AMINOACIDOS SOBRE  
EL VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA DE CEREALES  
(Porcentaje de proteína utilizable)

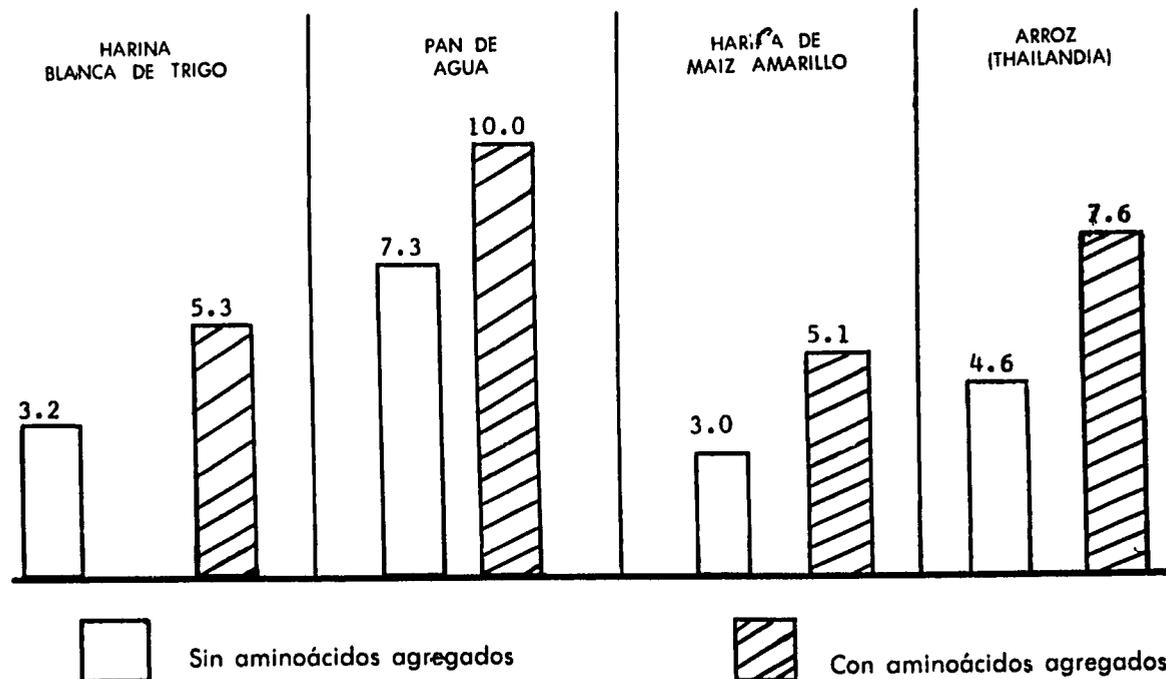


Figura 1

tema de distribución para un área rural. Actualmente se está vendiendo en varios países pasta fortificada, que es soya más trigo o maíz; ésta es una forma de fortificación. En los Estados Unidos se cuenta con muchos tipos de alimentos procesados —bollos, pasta fortificada. Una compañía está agregando ahora lisina en la jalea como un medio de agregar lisina al pan, puesto que la jalea se come con pan. Otra compañía está pensando en la fortificación de todo el pan y la harina en ciertas áreas donde se necesita. Estamos pensando en fortificar la soya texturizada con metionina como un medio de hacer que esta soya sea un equivalente de la carne. Hay muchas formas de hacer que la fortificación llegue a la gente, ya sea en un medio urbano o rural.

La figura 1 muestra el incremento del contenido efectivo de proteína cuando se añaden aminoácidos a los cereales. Tenemos ahí harina de trigo, pan de agua, harina de maíz y arroz.

La figura 2 presenta el costo relativo, en términos del valor del cereal, para lograr un aumento en el contenido efectivo de proteína. La fortificación del trigo en Túnez costaría 3.5 por ciento del valor del cereal. Este caso es el más sencillo porque todo lo que se agrega es lisina. El lograr un aumento del 70 por ciento en el contenido efectivo de proteína del maíz de Guatemala costaría 15 por ciento, debido al precio actual del triptófano. Y lograr un aumento del 60 por ciento en el contenido de proteína del arroz costaría 13 por ciento. Esta cifra elevada resulta del mayor costo de la teronina.

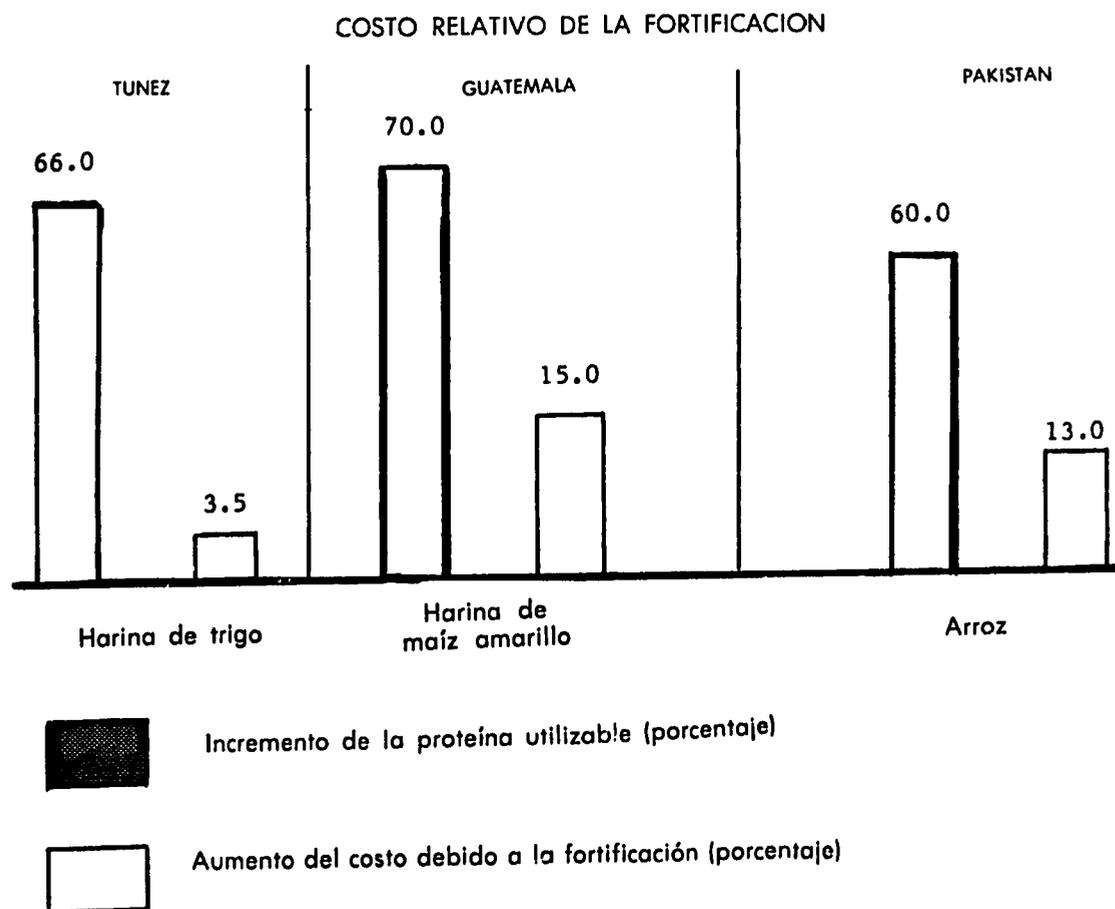


Figura 2

¿Quién paga esto? Es obvio que en el caso de la gente más pobre se requerirá algún tipo de subsidio.

Cuando se interviene en el alimento para mejorar su contenido de proteína, dicha intervención puede ser de tipo muy diverso. Y es claro que no se querría adicionar aminoácidos sin balancear el alimento con respecto a su contenido de vitaminas y minerales.

Finalmente, quisiera discutir las posibles relaciones de quienes proponen la fortificación con quienes proponen la mejoría por selección. Una relación que, mantenida durante mucho tiempo, no ha sido una interacción. Esto es característico de la historia de la fortificación durante la mayor parte de su existencia. Los cultivadores selectivos y los economistas se concentraron en las calorías y en el rendimiento de calorías del grano. En este aspecto, ésta es una reunión histórica pues esperamos que constituya el comienzo de la interacción entre los expertos en fortificación y los expertos en la producción selectiva.

El segundo estado de cosas, que yo opino comenzó con los avances del maíz y que ha proliferado con otros cultivos, es que uno puede optar entre la fortificación o el cultivo de nuevas variedades. Quizá haya cierta competencia entre ambos campos y por ver quién triunfa primero. No hay nada malo en la competencia; lo que debería buscarse es la mejor solución. Pero creo que deberíamos asegurarnos de que, cuando estamos alentando la competencia, cada disciplina está emprendiendo lo que es más conveniente. De otro modo hay un desperdicio de talento y de dinero y también el público se formará una falsa idea de lo que realmente debe hacer cada disciplina.

La tercera posibilidad, que no se había iniciado aún, pero que bien puede comenzar hoy, es la cooperación constructiva en la cual cada tipo de enfoque considere sus puntos fuertes. El punto fuerte de los cultivadores selectivos es que pueden lograr un gran rendimiento de los cereales, entre otras cosas. Una de sus oportunidades es tratar de obtener un gran rendimiento de cultivos ricos en proteína. Y creo que los cultivadores selectivos estarán de acuerdo en que de ellos es, en última instancia, la responsabilidad de proveer suficientes calorías para una población en constante aumento. Esto es lo primero y es lo que deben hacer, y todo lo demás que hagan será dentro de los límites de proporcionar suficientes calorías. Si proporcionan mejor calidad, pero fracasan respecto a las calorías, habrán perdido el juego.

¿Cuáles son los puntos fuertes de la fortificación dentro de las restricciones de los sistemas de distribución? Se puede balancear un alimento con materiales principalmente no agrícolas: minerales, vitaminas sintéticas y aminoácidos sintéticos. Se puede ajustar la ecología de los alimentos, utilizando algunos de ellos como vehículos preferentes. Si en cierta sociedad hay deficiencia de vitamina A, no es necesario limitarse a los portadores naturales de esta vitamina, sino que se puede desarrollar una estrategia para hacer llegar la vitamina a las personas empleando el vehículo más factible y económico. Se puede permitir a los productores selectivos mayor diversificación y flexibilidad porque es posible auxiliarlos; supongamos que ellos obtienen un maíz con mayor contenido de triptófano pero con poca lisina, entonces pueden agregar un poco más de lisina a su maíz y lograr un resultado completo. El productor selectivo no tiene que hacer todo el trabajo, ni tampoco el fortificador; ambos pueden colaborar para lograr la mezcla de menor costo. Se puede dejar incluso que el productor selectivo sacrifique calidad por rendi-

miento y ampliar la base genética o contrarrestar las deficiencias en otra forma, como la fortificación. Si, por ejemplo, para lograr un mayor rendimiento tiene que cultivar una variedad con menor contenido de proteína, quizá esto pueda compensarse. O si es irremediable tener menor contenido de vitaminas, esto puede compensarse mediante fortificación con estas sustancias.

Alguien hizo la aventurada sugerencia, que yo transmito a ustedes; de que quizá sería mejor dejar que los productores selectivos se desentendieran de los nutrientes. Nosotros estamos hablando siempre de nutrientes y, en vista de algunos de los problemas de plagas de insectos y roedores, pudiera a su vez haber alguien que considerara una ventaja reducir los nutrientes en algunos cultivos y volverlos a incorporar posteriormente cuando pudieran protegerse mediante el empaque adecuado.

Y como existe la posibilidad de una interacción entre el productor selectivo y el fortificador, confío en que en esta reunión adoptemos la tercera posición, que es el tratar de consolidar una estrategia conjunta para varias localidades críticas. Y, lo que es más importante, quizá seremos capaces de continuar el diálogo que hoy hemos iniciado.



## PRODUCCION DE LEGUMINOSAS – ESTADO ACTUAL Y POTENCIAL

P. H. van Schaik

Servicio de Investigaciones Agrícolas  
Departamento de Agricultura de E.U.A.

Las legumbres han sido cultivadas por el hombre desde probablemente el octavo milenio antes de nuestra era, cuando comenzó a pasar, de cazador y recolector de alimentos, a productor de alimento viviendo en pequeñas comunidades. Se han encontrado restos de cosechas, como guisantes o lentejas, en las excavaciones de Mesopotamia, en Asia, y de frijoles en cuevas mexicanas.

La familia Leguminosa ocupa el segundo lugar entre las plantas de semilla, conteniendo unos 600 géneros con 13,000 especies. Sólo un corto número son de importancia económica como legumbres alimenticias cuya semilla seca o verde se utiliza directamente para el consumo humano. Unas diez o doce especies de cultivo caen dentro de esta categoría, entre ellas algunas de importancia en el mundo desarrollado, como el frijol (*Phaseolus vulgaris*), el guisante (*Pisum spp.*), el frijol soya (*Glycine max*), y el maní o cacahuete (*Arachis hypogaea*) y algunas otras importantes únicamente en los países en desarrollo tropicales y subtropicales, como el garbanzo (*Cicer arietinum*), el guisante de paloma (*Cajanus cajan*), el frijol dorado (*Phaseolus aureus*), el frijol de Mungo (*Phaseolus mungo*), el guisante ojinegro (*Vigna subebsus*), la lenteja (*Lens culenta*), el haba (*Vicia faba*) y otras.

Las hortalizas, como fuente, proporcionan cerca del 71 por ciento de la proteína consumida por el hombre, de acuerdo con los cálculos de la FAO. De este porcentaje, las leguminosas, las semillas oleaginosas, y las nueces constituyen el 13 por ciento, los cereales forman el 50 por ciento.

La superficie total de cultivo mundial y la producción de las principales legumbres, incluyendo la soya y el maní, en comparación con el trigo y el arroz, son las siguientes:

	Area (000 hectáreas)	Producción (000 toneladas métricas)
Leguminosas de semilla	63,089	39,614
Soya	33,672	40,764
Maní	18,496	17,398
Total de legumbres	115,257	97,776
Trigo	221,900	298,000
Arroz (en cáscara)	128,800	275,900

(Datos tomados del Anuario de Producción 1968, FAO).

Las estadísticas muestran la importancia de la superficie dedicada al cultivo de legumbres, casi igual a la del arroz, pero su considerable retraso en cuanto a volu-

men de producción, debido principalmente a que los cultivos de leguminosas de semilla excepto la soya y el maní, se practican principalmente en países en desarrollo.

### **Necesidad de aumentar la producción**

En los países desarrollados, las legumbres forman ahora una parte casi insignificante de la dieta. No existen razones nutricionales para invertir esta tendencia.

En los países en desarrollo, con escasez de proteína, la situación es diferente. Las estadísticas y los cálculos muestran que, en gran parte del mundo en desarrollo, el consumo aproximado diario de legumbres per cápita es de treinta a setenta gramos. Pero, incluso en los países que disponen de este abastecimiento diario, los grupos de individuos que necesitan más la proteína, como los niños y las mujeres embarazadas y lactantes, generalmente reciben una cantidad mucho menor o nada.

Las estadísticas de suministros, calculadas sobre la base de la población y la producción estimada, no son más que eso, cifras que sólo son útiles dependiendo de la fuente de la que provienen. No toman en cuenta fluctuaciones en la disponibilidad a grupos dentro de la población, la calidad de la proteína, ni la contribución de la proteína de las legumbres al equilibrio nutritivo y de aminoácidos de la dieta.

En los países en donde las raíces y frutos amiláceos, como la mandioca, los ñames, la batata, boniato o camote, y los plátanos substituyen a los cereales como alimentos básicos, las legumbres adquieren mucho mayor importancia para proporcionar la proteína necesaria.

En general, no hay duda de que un aumento considerable en la producción de alimentos leguminosos puede ayudar a subsanar la necesidad de mayor cantidad de granos en general, así como a proporcionar un gran refuerzo del abastecimiento mundial de proteína.

### **Rendimiento de proteína de diferentes cultivos <sup>1</sup>**

Cultivo	Proteína, Kg. por hectárea
Arroz	42.3
Sorgo	33.0
Maíz	73.0
Boniato (camote)	36.5
Garbanzo	
Guisante ojinegro	88.8
Cacahuete (maní)	113.4

<sup>1</sup> Tomada de Brock, J. F., y Autret, M., "Kwashiorkor in Africa", Roma, FAO, 1952 (Mimeo). Las cifras están basadas en cosechas africanas 1946-48.

### **Ventajas de las legumbres como alimento**

- (1) Se desarrollan comúnmente, en todo el mundo.
- (2) Ricas en contenido total de proteína, 18-25 por ciento.

(3) Buen balance de aminoácidos esenciales. Contenido limitado de aminoácidos azufrados, metionina y cistina, pero ricas en lisina. Esto las hace particularmente valiosas como complemento de las dietas con cereales.

(4) Consumidas comúnmente a cualquier nivel económico. No hay problemas de aceptación de nuevos alimentos, de llegar a la gente pobre con productos procesados, o de tener que hacer frente a tabúes religiosos.

### **Estado actual**

A través de la historia, las legumbres no han gozado del prestigio de los cereales básicos. No han llamado la atención en programas de mejoramiento debido a que no se encuentran entre los cultivos que producen ingresos y su uso se ha limitado, por lo general, a la población rural cuyas necesidades no fueron tomadas muy en serio por los gobiernos nacionales o los dominios coloniales.

Ha habido muy escaso interés mundial en el mejoramiento de estos cultivos, incluso en años recientes. Sólo unas cuantas especies han sido de importancia en el mundo desarrollado, de donde generalmente proviene el ímpetu del desarrollo.

Además, son difíciles de cultivar bien por un granjero y difíciles de trabajar por un investigador debido a las numerosas contingencias con que se tropieza durante la temporada de crecimiento.

Hasta hace poco, sólo se habían efectuado escasos y aislados esfuerzos de investigación sobre estos productos en el mundo en desarrollo.

Sería totalmente erróneo y desorientador tomar demasiado en serio la comparación de treinta años de investigación sobre el trigo o el maíz con los informes inconexos sobre el mejoramiento de los cultivos de legumbres.

Sólo en años muy recientes han comenzado las legumbres a atraer alguna atención como eslabones importantes en la cadena mundial de la alimentación.

Hay muchas cosas que no conocemos acerca de estos productos. Nos es todavía imposible llevarle al granjero un conjunto de prácticas que le aseguren una buena cosecha.

Sin embargo, sabemos que es posible obtener un aumento sustancial en el rendimiento sobre lo que los cultivadores están ahora produciendo. Los ensayos efectuados en Irán, con selecciones provenientes de cultivadores locales pero con buen manejo de la irrigación, la fertilización, el control de plagas, y adecuadas poblaciones de plantas, ha dado rendimientos hasta 400 por ciento superiores a los rendimientos promedio de las granjas.

En años recientes se han reunido extensas colecciones de plasma germinal de las principales legumbres. Aunque se ha efectuado una selección inicial, necesitan evaluarse cuidadosamente según una gran variedad de características a fin de poder seleccionar los progenitores que van a utilizarse en las cruces de amplia diversidad genética para el desarrollo de variedades superiores. En general, la base genética de los programas de selección existentes en este tipo de cultivos ha sido demasiado estrecha. De estas colecciones se seleccionaron en Irán nueve variedades nuevas y mejoradas de frijol, guisante ojinegro, frijol de Mungo y garbanzo, y se recomendaron al Gobierno para ponerlas a disposición del público. En la India, la IARI logró una variedad de frijol de Mungo –Pusa Baisakhi– que puede producir unos 1000 kg por hectárea en un período de 70 a 75 días, de abril a junio, entre la cosecha del trigo y la siembra de los cultivos del monzón de verano, cuando normalmente no se producen cosechas.

Otras instituciones de investigación de la India, así como de varios otros países, están comenzando a hacer uso de estas colecciones.

Las legumbres son sumamente susceptibles a una gran variedad de enfermedades; en muchas de ellas no se ha logrado identificar el organismo causal, aun cuando se han hecho presentes durante muchos años. En otros casos se conocen las causas, pero no se han encontrado soluciones. En el garbanzo, por ejemplo, el tizón causado por un hongo, *Ascochyta rabiei*, ha limitado gravemente la producción en varios países de Asia, especialmente en la India y Pakistán. Hasta hace poco, la investigación de la resistencia se limitó únicamente a seleccionar tipos locales bajo condiciones nacionales, lo cual rindió pocos resultados. En los últimos años, hemos aprendido que hay varias razas de hongos implicadas y que se presenta buena resistencia genética. Esta resistencia se identificó en un tipo proveniente de Israel, el cual está siendo ahora utilizado por los investigadores como progenitor a fin de hacer cruzas para incorporar la resistencia a la enfermedad dentro de nuevas variedades más atractivas agrónomicamente. El solo control de esta enfermedad podría incrementar los rendimientos de los 3.5 a 4 millones de hectáreas de garbanzo, en el área del Punjab de la India, entre 5 y 50 por ciento.

Los insectos causan grandes daños a los cultivos de legumbres, particularmente durante la temporada caliente y húmeda en los trópicos. Aunque se dispone de medidas de control químico para combatir la mayoría de los insectos, la aplicación de insecticidas no resulta factible para el granjero en pequeño para quien el más sencillo rociador queda fuera de sus posibilidades económicas y resulta técnicamente muy complicado. Hay necesidad de encontrar resistencia al ataque de los insectos e incorporarla en nuevas variedades. Sólo se han dado los pasos iniciales en este trabajo, pero hay indicios de que puede encontrarse resistencia a varios insectos. Se han identificado líneas de garbanzo y de lenteja con resistencia a los brúquidos, un grupo de insectos barrenadores de vainas y semillas cuyo daño a diversos cultivos de legumbres se ha calculado hasta en un 40 por ciento. En los ensayos preliminares de campo se han encontrado líneas de guisante ojinegro con considerable tolerancia a diversos insectos devoradores de hojas, como pulgullas, minadores y jásidos.

Poco es lo que se sabe acerca de las interacciones bacterianas y de la competencia bajo condiciones naturales de campo en suelos tropicales. Se requiere gran cantidad de investigación microbiológica antes de poder aprovechar con éxito la capacidad de fijación de nitrógeno de las leguminosas como un factor para la fertilidad del suelo. Prácticamente no hay duda de que los cultivos de legumbres alimenticias responden a buenas prácticas agrícolas, como la adecuada preparación de la tierra, plantación en hileras, riego, control de hierbas dañinas, control de insectos, aplicación de fertilizantes, etc. La poca información que existe en la literatura al respecto muestra que la mejoría de las prácticas habituales puede constituir una buena contribución para lograr mejor producción.

Las leguminosas de semilla constituyen cultivos ricos en proteínas; generalmente son ricas en lisina (con excepción del maní) y pobres en aminoácidos azufrados. Poco se sabe de la posibilidad de mejorar las cualidades nutritivas. No se han efectuado selecciones sistemáticas en gran escala de plasma germinal para determinar la variación genética en proteína total o aminoácidos. La selección preliminar efectuada en la India de unas 1800 líneas de plasma germinal de "guisante de paloma", por lo que respecta al contenido de proteína, mostró una variación de 18 a 32 por ciento, lo cual parece indicar un considerable potencial de mejoramiento. Hasta donde yo sé, no se ha hecho ningún trabajo de mejoramiento de especies tendiente a aumentar la proteína total o los aminoácidos limitantes.

Los factores productores de flatos, toxinas y antimetabolitos son de considerable importancia en el caso de las legumbres como alimento, pero tampoco en este caso dis-

ponemos de suficiente información específica y no se han practicado programas de selección que proporcionen información necesaria para programas de mejoramiento.

### **Principales problemas**

(1) Encontrar soluciones a los numerosos problemas de producción, algunos de los cuales ya he puesto en consideración, debiendo efectuarse investigación para desarrollar nuevas variedades con gran potencial de rendimiento, resistencia a las enfermedades y a los insectos, buena respuesta a los fertilizantes, y otros factores de manejo y de insumos.

(2) Poner en práctica programas de extensión educativa para instruir a los granjeros acerca de cómo cultivar estos productos, con la misma atención y sobre las mismas bases que se hace ahora con los cereales; hay necesidad de sacar a las legumbres de su estado actual de cultivos de segunda importancia.

No existen serios problemas de adaptación, Actualmente se cultiva cuando menos un tipo de legumbres en cada gran área con deficiencia de proteína y prácticamente no hay necesidad de tratar de introducir nuevos cultivos en áreas donde esto podría representar serios problemas de adaptabilidad.

Se puede lograr mayor consumo aumentando simplemente la producción. Cualquier programa para aumentar el abastecimiento de legumbres debe depender, en primer lugar, no tanto de dedicar más tierras a su cultivo, sino de lograr mayores rendimientos. Se pueden requerir algunos esfuerzos por parte del gobierno para garantizarle al productor un precio aceptable y para equilibrar la demanda con el abastecimiento. En los países en los que las legumbres son aceptadas y consumidas comúnmente, como en la India, Pakistán, y otros países asiáticos y latinoamericanos, existe una demanda mucho mayor de la que puede satisfacer la producción actual.

### **Legumbres como agentes fortificantes**

Las legumbres, con excepción de la soya y el maní, no han sido empleadas en forma extensa como componentes de los alimentos fortificados. Hay informes de que se está utilizando garbanzo, "guisante de paloma", frijol de Mungo y otros en programas de investigación y en programas piloto de alimentación por instituciones de la India como el Instituto de la Nutrición en Hyderabad, la Escuela de Ciencias Domésticas en Coimbatore, y el Instituto Central de Investigación y Tecnología de los Alimentos en Mysore.

Si se añade 0.25 por ciento de lisina a la harina de trigo, se aumenta su proteína utilizable en una tercera parte. El garbanzo, el "guisante de paloma", el frijol de Mungo, el frijol y otras legumbres alimenticias, con contenido de lisina de entre 5 y 7 por ciento de su proteína, pueden lograr cuando menos iguales resultados.

Se ha informado que el maíz y el guisante ojinegro en relación 50-50 mejoran la PPE de 1.22 para el maíz al 100 por ciento a 1.84.

La soya y sus derivados se han empleado mucho en la fortificación, lo mismo que en los programas para el desarrollo de nuevos alimentos.

Se deben continuar e intensificar los esfuerzos por desarrollar productos alimenticios manufacturados a base de legumbres o para utilizarlas en programas de fortificación; pero como prioridad mucho más importante está la preparación de legumbres por los métodos caseros ordinarios. En esta forma, su empleo puede extenderse más fácilmente, en especial a las áreas rurales de los países en desarrollo donde son más necesarias.

## **Implicación de las variedades de legumbres de gran rendimiento sobre la producción selectiva y la fortificación de cereales**

En el futuro inmediato, realmente no parece haber gran conflicto entre las legumbres y los cereales. Los pueblos que comen predominantemente cereales continuarán haciéndolo y comerán legumbres como parte suplementaria y complementaria de su dieta. No es fácil que éstas se conviertan en el componente principal. Las legumbres son parte de la cadena alimenticia de granos y pasará bastante tiempo antes de alcanzar una producción de granos alimenticios completamente suficiente. El mejoramiento en la producción de legumbres no se deberá considerar como una posible competencia para los cereales. En la actualidad, en los países de mayor producción de legumbres de Asia, las variedades de cereales de gran rendimiento están produciendo una disminución de la superficie dedicada al cultivo de legumbres, lo cual ha traído una disminución en la producción per cápita y en la disponibilidad de esta fuente de proteína para millones de personas.

Es factible que las variedades de cereales y legumbres de alto rendimiento y de elevada calidad lleguen a hacer innecesaria la fortificación, pero este tiempo está aún muy lejano.

### **Conclusiones**

Las legumbres constituyen una parte esencial de las dietas tradicionales de la mayoría de los pueblos en los países en desarrollo. Son importantes debido a que son cultivos ricos en proteínas, con complementos bien balanceados de aminoácidos esenciales. Son también importantes porque, con frecuencia, proporcionan el único componente rico en proteínas de la dieta y, junto con el principal alimento en forma de cereal, proporcionan una dieta razonablemente equilibrada.

Se requiere una gran cantidad de investigación, básica y de adaptación, de la misma magnitud e intensidad de la que ha sido efectuada con el trigo, el maíz y el arroz durante los últimos veinte años, a fin de lograr un posible avance en la producción de estos cultivos tan importantes desde el punto de vista nutricional.

Recomiendo a la AID que continúe su interés en las legumbres y apoye las recomendaciones para la expansión y la aceleración de la investigación a fin de poder hacer más expedita la producción de legumbres recientemente propuesta por la Fundación Rockefeller a los directores de las agencias de ayuda internacional.

## SATISFACCION DE LOS REQUERIMIENTOS HUMANOS DE PROTEINAS Y AMINOACIDOS

Helen E. Clark  
Universidad Purdue

- A. 1. Los requerimientos de aminoácidos esenciales (AAE) establecidos por medio de la cristalización de aminoácidos, han sido consignados en miligramos por día:

AAE	Hombre <sup>1</sup>	Mujer <sup>2</sup>	Niño <sup>3</sup>	Infante <sup>4</sup>
Isoleucina	700	450	1000	280
Leucina	1100	620	1500	810
Lisina	800	500	1600	1350
Metionina	1100	350	800	770
Cistina	—	200	—	600
Fenilalanina	1100	220	800	810
Treonina	500	305	1000	540
Triptófano	250	157	120	200
Valina	800	650	900	850

<sup>1</sup> Rose, W. C. El mayor requerimiento observado.

<sup>2</sup> Laveron y col. Valor promedio; 900 mg de tirosina.

<sup>3</sup> Nakagawa y col. Japoneses, 9-12 años de edad.

<sup>4</sup> Calculado para infantes de 9 kg a partir de los datos de Snyderman.  
Los infantes necesitan también 280 mg de histidina.

### B. Individuos adultos

1. Requerimientos de lisina (Clark y col., J. Nutr. 71, 229, 1960)  
**Hombres**, peso promedio 75 kg: 400 a 1200 mg, promedio 750 mg y 900 mg resultan adecuados para cualquier persona que pese menos de 90 kg.  
**Mujeres**, peso promedio 61 kg: 300 a 750 mg, promedio 550 mg.  
Los requerimientos de lisina están directamente relacionados con el tamaño corporal y la creatinina urinaria.
2. Calorías: para la utilización eficaz de las proteínas, resulta indispensable una cantidad adecuada de calorías.
3. Proporciones relativas entre los AAE.

Se requiere poner atención a la combinación de aminoácidos esenciales, su cantidad y proporción, así como a los aminoácidos en forma individual. La retención de nitrógeno tiende a mejorar cuando la cantidad de aminoácidos esenciales aumenta en la misma proporción; pero la reducción en la cantidad de uno de los AAE reduce la eficiencia de utilización de toda la mezcla.

#### 4. Maíz *Opaque-2*

Cuando se le empleó como fuente principal de proteína, 300 g de maíz *Opaque-2* satisficieron los requerimientos mínimos para el mantenimiento del equilibrio de nitrógeno de personas normales que pesaban 70 kg o menos; mientras que 600 g de maíz ordinario fueron necesarios para el mismo propósito. Los 300 g de maíz *Opaque-2* contenían 1600 mg de lisina y 470 mg de triptófano. La suplementación de 200 g de maíz con lisina, triptófano o metionina no lo hizo equivalente a 250 g de maíz *O<sub>2</sub>*, aunque teóricamente así debía haber sido. (Clark y col., A. J. Clin. Nutr. 20, 825, 1967). El maíz *Floury-2* es también de considerable interés.

#### 5. Arroz

Los adultos normales mantuvieron un balance de nitrógeno positivo cuando consumieron 8.0 g de nitrógeno (48 g de proteínas) de 595 g de arroz de grano largo comercial, mientras que 6.0 g de nitrógeno (36 g de proteínas) de 450 g de arroz fueron adecuados para algunos, pero no para todos los hombres que pesaron cerca de 70 kg. La sustitución del 15 al 30 por ciento del nitrógeno del arroz por proteína animal (pollo) no modificó de manera importante la retención. Se calcula que 1600 mg de lisina, 600 mg de triptófano, y 1680 mg de treonina proporcionados por 520 g de arroz solo, subsanarían las necesidades mínimas del hombre.

Un maíz rico en proteínas, desarrollado por la Oficina de la Industria Vegetal de las Filipinas, conteniendo una cantidad casi doble de nitrógeno y cuando menos 50 por ciento más de lisina, triptófano y treonina que la variedad estándar, causó una clara mejoría en la retención de nitrógeno ya que 480 g produjeron balances de nitrógeno fuertemente positivos en todos los sujetos.

A continuación se ilustra el efecto de la modificación genética sobre ciertos aminoácidos esenciales en el maíz y el arroz:

Aminoácido	Mg de AAE por gramo de N				Mg de AAE/100 gramos de cereal			
	Maíz		Arroz <sup>1</sup>		Maíz		Arroz	
	Normal	O <sub>2</sub>	BB	BPI	Normal	O <sub>2</sub>	BB	BPI
Isoleucina	290	215	310	280	425	400	370	750
Leucina	810	580	660	615	1200	1080	1620	820
Lisina	180	290	190	235	265	540	470	310
Metionina	120	110	110	225	170	205	280	300
Cistina	80	90	110	140	120	170	270	180
Treonina	250	240	260	280	370	440	640	370
Triptófano	40	90	80	85	60	160	190	115

<sup>1</sup> Bluebonnet (BB) y BPI-76-1 crecieron en las Filipinas en 1969. BB 1.33% de N, BPI 2.44% N.

#### C. Niños preescolares

1. Los infantes y niños pequeños comprenden el 14 por ciento de la población mundial; los niños en edad escolar el 24 por ciento y las personas de más de quince años, el 62 por ciento. Los datos de que disponemos sobre los requerimientos proteínicos de los niños preescolares son limitados. Se han propuesto las siguientes tolerancias:

Fuente	Edad	Peso	Proteína		Kcal	Calcio	Hierro	Vit. A	Tia- mina	Ribo- flavina	Nia- cina
	Años	kg	g/kg	g/día		mg	mg	ui	mg	mg	mg
FAO('65)	1-3	12	.88±.16	11							
	4-6	18	.81±.16	18		400-500		(1000)	.7	.9	11.2
INRC('68)	3-4	16	1.9	30							
	4-6	19	1.6	30		800	10	2500	.8	.9	11.0
Fil.('70)	1-3	12	(2.2)	26	1300						
	4-6	17	(1.9)	32	1600	500	7	2500	.8	.8	11.0

<sup>1</sup> Para la proteína basada en la FAO, corregida para el 63 por ciento de NUP encontrado en la dieta en Filipinas; la energía de la proteína es del 6 al 7 por ciento para los niños de uno a nueve años, pero se consideró deseable un 8 por ciento.

Tomando en cuenta los requerimientos de proteínas y el contenido de estas sustancias en ciertos cereales, pueden hacerse los siguientes cálculos:

2. Cantidades de ciertas proteínas requeridas para suministrar 20 g de proteína<sup>1</sup> para un niño de 4-6 años de edad, y AAE presentes

Fuente	Proteína	Para 20 g de proteína	Lisi- na	Metio- nina	Cis- tina	Treo- nina	Triptó- fano <sup>1</sup>
	%	g	mg	mg	mg	mg	mg
Maíz, íntegro molido	9.2	200	530	350	240	730	110
Maíz, sin germen	7.9	240	545	350	240	760	110
Maíz, <i>Opaque-2</i>	11.6	160	860	330	270	700	250
Arroz, blanco	7.6	240	750	720	430	890	280
Arroz, rico en proteína <sup>2</sup>	14.5	125	600	360	350	810	240
Trigo, íntegro	13.3	146	530	300	430	560	240
Harina de trigo, blanca	10.5	173	410	240	360	520	230
Trigo, rico en lisina	10.2	190	780				
Huevo, fresco íntegro <sup>3</sup>	12.8	145	1200	590	440	930	300
Leche, descremada seca	35.6	53	1450	470	170	880	270

<sup>1</sup> El requerimiento de 14 g señalado por la FAO ha sido corregido para el 75 por ciento de digestibilidad.

<sup>2</sup> Arroz BPI-76-1 desarrollado en Filipinas en 1969.

<sup>3</sup> Sugeridos como proteínas de referencia por la FAO (1965).

3. La curva indicativa de los requerimientos mínimos para la proteína de referencia preparada por el Comité sobre Proteína de la FAO (Holt, 1960), disminuye desde 2.0 g/kg/día, al nacer, a 1.5 g al año de edad y a 1.0 g a los 3 años; después, gradualmente a 0.6 g a los 18 años y, finalmente, a menos de 0.5 g. Por lo tanto, debe prestarse especial atención a los infantes y niños en edad preescolar.
4. La Organización Panamericana de la Salud y el INCAP han sugerido que la eficacia de las proteínas para infantes y niños debe comprobarse con 2.0 y 1.0

g/kg/día. Con una ingestión de 2.0 g, suponiendo 100 Kcal/kg/día, las calorías de la proteína representarían 8 por ciento del total, que es el porcentaje mínimo generalmente aceptado para el lactante con alimentación artificial. La proteína de la leche humana rinde ligeramente más del 7 por ciento de calorías. Con la ingestión menor, 4 por ciento de calorías, todas las proteínas resultan inadecuadas para el crecimiento de los lactantes. (Graham y col. A. J. Clin. Nutr. 22, 577, 1969).

5. Bresani (Milner, Protein-enriched Foods, pág. 51), informó que los niños de las áreas rurales consumían, junto con las frutas y las verduras, las siguientes cantidades (g al día):

Alimento	Localidad		
	1	2	3
Maíz, tratado con cal	119	179	174
Frijol negro	10	20	10
Productos lácteos	47	5	13
Huevos	5	4	3
Carne	9	14	6
% de proteínas	12	12	12
% de grasas	8	5	7
% de H de C	67	73	69

Bresani consignó también la ingestión diaria, por los niños, de 281 g de maíz y 24 g de frijol en Guatemala. (Los adultos, de 375 a 400 g de maíz en los tres países).

6. Conveniencia del maíz Opaque-2 para niños

Bressani (Corn Conference, pág. 36) alimentó niños de 2 a 6 años de edad con 1.8 ó 1.5 g de proteína y 100 Kcal/kg/día, en forma de masa de maíz liofilizado como única fuente de proteína. El balance de nitrógeno fue ligeramente mayor con la masa de proteína de maíz *Opaque-2* que con la leche, y los niños aumentaron la misma cantidad cuando se proporcionó la mayor cantidad de proteína, pero, con la cantidad menor, el maíz resultó menos satisfactorio que la leche. El procesado del maíz en masa o tortilla no altera la calidad de su proteína.

## **MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL TRIGO MEDIANTE CULTIVO DE SELECCION**

**V. A. Johnson,\* P. J. Mattern,\*\* y J. W. Schmidt \*\***

**presentado por V. A. Johnson**

**\* Servicio de Investigaciones Agrícolas**

**Departamento de Agricultura de E.U.A.**

**\*\* Universidad de Nebraska**

El mejoramiento nutricional del trigo puede lograrse aumentando su contenido de proteína o desviando favorablemente la proporción de aminoácidos esenciales en la proteína. Para que tenga un valor máximo, el incremento de nivel de la proteína debe producirse sin que disminuya el rendimiento del grano o se produzcan desviaciones indeseables en los aminoácidos esenciales. De manera similar, el mejoramiento en la proporción de aminoácidos esenciales no debe acompañarse de depresión en el rendimiento del grano o en su contenido de proteína a fin de que su aplicación sea de utilidad.

El Servicio de Investigaciones Agrícolas y la Universidad de Nebraska, con ayuda económica de la Agencia para el Desarrollo Internacional, están efectuando investigaciones sobre el mejoramiento nutricional del trigo mediante producción selectiva. Mi disertación se referirá a nuestros hallazgos hasta la fecha y al estado que guarda nuestro esfuerzo de mejoramiento.

El contenido de proteína del grano es un carácter hereditario. Utilizando Atlas 66 como fuente genética de elevada proteína, hemos podido aumentar el nivel de proteína del grano hasta un 20 a 25 por ciento. En la práctica, esto significa que es posible obtener variedades con 15 por ciento de proteína en situaciones en las que las variedades ordinarias de trigo tienen sólo 12 por ciento.

Se ha logrado hacer avances simultáneos tanto en el rendimiento del grano como en el contenido de proteína del mismo. Nuestra evidencia experimental en este sentido proviene de las extensas pruebas en el Estado de Nebraska así como de una plantación internacional para el rendimiento del trigo de invierno (IWWPN).

Una línea experimental avanzada de Atlas 66-Comanche x Lancer produjo un rendimiento promedio de 51.725 hectolitros por hectárea en tres sitios de prueba de Nebraska en 1970, en comparación con 45.107 hectolitros por hectárea para la popular variedad Scout. El contenido de proteína del grano fue de 14.4 por ciento comparado con sólo el 11.8 por ciento para Scout. Esto constituye una mejoría del 23 por ciento en el contenido de proteína.

El contenido promedio de proteína del Atlas 66 x Comanche, NB 67730, en 16 sitios internacionales de prueba en 1969 fue de 16.4 por ciento, con un rendimiento promedio de grano de 45.282 hectolitros por hectárea. El Triumph, con un rendimiento comparable de grano, produjo sólo un 14.7 por ciento de contenido de proteína.

No es posible fijar el contenido de proteína del grano a un nivel específicamente alto mediante la producción selectiva. El medio en que se produce, en especial la fertilidad del suelo, tiene una fuerte influencia sobre el contenido de proteína así como sobre su rendimiento. Sin embargo, nuestros datos muestran que es de esperarse que las variedades ricas en proteínas logren mejores niveles en dicho contenido que otras variedades, en una gran diversidad de ambientes. Las variedades que poseen genes del Atlas 66 para elevada cantidad de proteína fueron siempre más ricas en proteína que otras variedades ensayadas en la IWWPN en 1969. En las pruebas de Nebraska, una variedad rica en proteína mantuvo su ventaja sobre la variedad Lancer en una gran diversidad de niveles de fertilidad del suelo.

¿Ejerce el carácter de elevada proteína en el trigo algún efecto indeseable sobre la relación de aminoácidos esenciales? Nuestra investigación al respecto ha proporcionado alentadora información. Los perfiles de aminoácidos obtenidos en nuestras líneas derivadas del Atlas 66 mostraron que varias fueron comparables en lisina, metionina y treonina a su progenitor bajo en proteína. Lo más importante es que hubo un aumento en la cantidad de cada uno de estos 3 aminoácidos por unidad de peso del grano. El significado de esta información es que es posible lograr un mejoramiento de la calidad nutricional del trigo mediante la producción selectiva para elevar el contenido de proteína.

Creo que es posible lograr aún mejores resultados en el contenido de proteína y que, hasta cierto grado, ello puede combinarse con un mejoramiento en la proporción de aminoácidos. Se han identificado nuevos trigos ricos en proteína que ya hemos cruzado con líneas derivadas del Atlas 66. De dichas cruzas pudieran resultar nuevos niveles de contenido de proteína en el grano. Uno de los trigos ricos en proteínas, el Nap Hal (P.I. 176217), es de particular interés porque también produce proteína con un contenido de lisina mayor que el normal.

Nuestro laboratorio ha investigado sistemáticamente la cantidad de proteína y las diferencias en lisina en los trigos comunes de todo el mundo. Estamos evaluando actualmente el trigo duro de nuestra colección mundial. El contenido de proteína de los trigos comunes varió entre 7.0 y 22.0 por ciento. Los límites para el contenido de lisina fueron de 2.2 a 4.2 por ciento. El componente genético de la variación de lisina es de aproximadamente 0.5 por ciento. En esta percepción la que puede ser útil para los objetivos de la selección de nuevas variedades.

El contenido de proteína y el nivel de lisina se encuentran negativamente correlacionados. Entre los trigos de la colección mundial, la relación lisina/proteína bajó de 3.2 a 2.7 por ciento a medida que la proteína aumentaba de 10 a 20 por ciento. Cuarenta por ciento de la variación en la lisina pudo atribuirse a la variación en proteína. En contraste, hubo una fuerte asociación positiva entre el contenido de proteína y la lisina/peso del grano seco. La relación lisina/peso del grano seco aumentó de 0.33 a 0.55 por ciento cuando el contenido de proteína aumentó del 10 al 20 por ciento.

Aunque la variación en la proteína inducida ambientalmente se encuentra correlacionada negativamente con el contenido de lisina de la proteína, de ello no se desprende necesariamente que el trigo genéticamente rico en proteína tenga menor cantidad de lisina que el trigo ordinario producido en el mismo ambiente. Nuestra experiencia derivada del análisis de aminoácidos de líneas ricas en proteínas derivadas del Atlas

66 indica que los trigos inherentemente ricos en proteínas pueden tener una relación lisina/proteína igual o superior que los trigos ordinarios desarrollados en el mismo ambiente.

Doce variedades experimentales ricas en proteína se encuentran ahora en el período inicial de multiplicación de semilla en Nebraska y Arizona. En estos trigos, la riqueza de proteína del grano se ha combinado con un gran rendimiento, resistencia a las enfermedades, y otras características agronómicas útiles.

Tenemos razón en creer que este grupo de trigos puede adaptarse bien al prolongado invierno seco del área de producción de trigo de Turquía central. Por ejemplo, el trigo de invierno desarrollado en Nebraska fue adquirido este año por Turquía para producción comercial bajo el nombre de Bolal.

Planeamos llevar semilla de 12 variedades ricas en proteína a Turquía el año próximo en cantidades suficientes para su ensayo extenso y su propagación. En la actualidad, nuestro laboratorio está efectuando perfiles de aminoácidos de los trigos para determinar cuál presenta la relación más favorable de aminoácidos esenciales.

Veintiséis líneas experimentales ricas en proteínas de nuestro programa fueron seleccionadas en 1970 como élite de germoplasma para el uso de los cultivadores de trigo en todo el mundo. Ya he recibido solicitudes de éste y otros germoplasmas de trigo nutricionalmente útiles de 44 investigadores y cultivadores en 16 Estados y 16 países extranjeros. J. C. Craddock, quien está a cargo de la colección mundial de trigo indudablemente ha recibido muchas más solicitudes. El impacto a largo plazo de un esfuerzo colectivo de esta magnitud sobre el mejoramiento de la calidad nutricional del trigo tiene que ser importante.

En Lincoln, Nebraska, se han combinado en cruza muchos trigos de diferente riqueza en proteína y diversa potencialidad por lo que hace a la cantidad de lisina. Varios miles de selecciones de plantas de la segunda y tercera generaciones de estas cruza están siendo analizados en nuestro laboratorio de proteínas y propagados en Nebraska y Arizona en 1971. Efectuaremos determinaciones de lisina en estos materiales en nuestro laboratorio lo más pronto que las instalaciones y el tiempo lo permitan. Es nuestro propósito hacer que las líneas con las mejores posibilidades nutricionales se encuentren a la disposición de los países en desarrollo para su valoración agronómica. La semilla de las líneas más prometedoras agronómicamente podrán ser enviadas a nuestro laboratorio para determinaciones completas de aminoácidos.

La identificación de variedades de trigo agronómicamente superiores para países en desarrollo ha sido auxiliada mediante el establecimiento de la IWWPN en 1969. Variedades como Bezostaia, Blueboy, y Sturdy han emergido como importantes genotipos para ser utilizados en el constante mejoramiento del trigo mediante la selección de nuevas variedades. Nosotros las estamos empleando mucho en nuestras investigaciones.

El desarrollo de las doce variedades de trigo de invierno ricas en proteína que están siendo propagadas para su posible uso como variedades comerciales en Nebraska y Turquía se calcula que han costado 250,000 dólares. Hay que comparar esto con el

costo calculado de 100,000 dólares por variedad para las últimas 10 variedades de trigo de invierno desarrolladas por la Estación de Experimentación Agrícola de Nebraska.

Estos trigos y otros que se producirán no resolverán el problema de la proteína de trigo. Creemos, sin embargo, que pueden constituir una importante contribución al respecto.

## MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL TRIGO MEDIANTE FORTIFICACION

**Daniel Rosenfield**  
Servicio de Desarrollo Económico del Exterior  
Departamento de Agricultura de E.U.A.

Enfocaré el tópico "fortificación del trigo" desde el punto de vista de un técnico en alimentos con conocimientos de nutrición y no como un nutricionista con conocimientos de tecnología alimentaria.

Hablaré primero de la fortificación de la harina de trigo con particular énfasis sobre el costo y después dedicaré cierto tiempo a la fortificación del grano de trigo. Hay la tendencia a usar el término "trigo" para abarcar tanto la harina de trigo como el grano de este cereal en las discusiones sobre fortificación y a veces esto ha dado lugar a cierta confusión. La tecnología de la fortificación de la harina de trigo es bastante clara; sin embargo hay ciertos problemas para fortificar el grano íntegro de trigo, a lo cual me referiré después.

### Fortificación de harina de trigo: nutrientes y costos

Las tablas I y II presentan los costos y niveles de tiamina, riboflavina, niacina, hierro, y vitamina A que se agregan a la harina de trigo enviada a países en desarrollo bajo los lineamientos del Título II de la P.L. 480. (No se añade vitamina A a la harina de trigo que se vende en los Estados Unidos.) He incluido en estas tablas datos sobre L-lisina. Los niveles de hierro y lisina que he presentado pueden cambiar a medida que aumente nuestro conocimiento sobre su eficacia y acerca de los requerimientos en el hombre. No obstante, las conclusiones que podemos hacer a partir de los datos señalados continúan siendo válidas.

En los Estados Unidos hemos estado agregando tiamina, riboflavina, niacina e hierro a nuestra harina de trigo desde principios de la década de 1940. Los métodos para la adición, los procedimientos de control y el equipo necesario se encuentran perfectamente resueltos.

TABLA I — NUTRIENTES PARA LA FORTIFICACION DE HARINA DE TRIGO

<i>Nutriente</i>	<i>Costo por kg (U.S. dólares)</i>
Tiamina	14.75
Riboflavina	32.00
Niacina	3.25
Vitamina A	5¢ el millón de UI
Hierro (Fosfato férrico)	1.10
L-lisina	2.20 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> El costo actual en los Estados Unidos para cantidades muy pequeñas es de aproximadamente 3.70 dólares por kg. Sin embargo, el precio de 2.20 dólares por kg es un costo realista cuando la producción es de 500-1000 toneladas al año; cuando la producción alcance 50,000 toneladas al año el costo será de alrededor de 1.50 dólares por kg.

TABLA II — FORTIFICACION DEL TRIGO: NIVELES DE NUTRIENTES Y COSTOS

<i>Nutriente</i>	<i>Cantidad por kg de harina</i>	<i>Costo por tonelada métrica de harina Dólares</i>
Tiamina	4.18 mg	.062
Riboflavina	2.52 mg	.081
Niacina	30.14 mg	.068
Hierro	26.40 mg	.029
Vitamina A	10,000 UI	.50
Subtotal		.74 <sup>1</sup>
L-lisina	2 g	4.40
TOTAL		5.14 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> El costo de premezclar la preparación aumentaría aproximadamente 25 centavos al costo de la fortificación por tonelada métrica.

Los costos de cualquier programa de control de calidad asociado con la fortificación son mínimos. El precio de los alimentadores para poder agregar los nutrientes a la harina es generalmente de unos mil dólares. El señor Clinton Brooke ha inventado un alimentador capaz de manejar volúmenes pequeños o grandes de alimentación con una precisión de más o menos 2 ó 3 por ciento. El costo probable de tal alimentador, que será muy útil en los países en desarrollo, será de alrededor de \$ 50.00.

Desde finales de la década de 1960, el gobierno de los E.U.A. ha estado agregando vitamina A seca a la harina de trigo que se envía al extranjero bajo la P.L. 480. La vitamina A se agrega en forma de microgotitas encapsuladas en gelatina. Esta cubierta protege a la vitamina y le imparte un alto grado de estabilidad. Estas partículas, conocidas a veces como "cuentecillas", pueden prepararse en un tamaño adecuado de partícula para mezclarse con la harina sin riesgo de que se separen durante su manejo o almacenamiento.

La tabla II muestra que el costo de añadir lisina a un premezclado de vitaminas y minerales es de aproximadamente 6 veces el costo de los demás nutrientes; cuando agregamos el costo de 25 centavos del premezclado de la preparación al costo de los ingredientes, la relación baja ligeramente hasta aproximadamente 5½. Si el costo final para fortificar una tonelada métrica de harina es de \$ 5.40 dólares, entonces el costo de la lisina constituye el 80 por ciento del total.

Si suponemos que una tonelada métrica de harina cuesta aproximadamente \$150.00 dólares y el costo para fortificarla con todos los ingredientes excepto lisina es de \$1 dólar, entonces el costo relativo es de aproximadamente 0.7 por ciento. Creo que estaremos todos de acuerdo en que es un bajo costo y que tendría poco sentido gastar tiempo y dinero en investigación y desarrollo para lograr que el trigo contuviera en forma natural estas vitaminas e hierro. Obviamente, en el caso de la lisina el caso es diferente; aquí, el costo para fortificar la harina de trigo es de aproximadamente el 3½ por ciento del costo del cereal. Yo me atrevería a decir que si lográramos mediante la producción selectiva de nuevas variedades aumentar la cantidad de lisina del trigo, esto sería costeable aun cuando significara un 5 por ciento del costo, por las siguientes razones. Con la fortificación tenemos que llevar el trigo al molino para poderle agregar los nu-

trientes adecuados. Con la selección de nuevas variedades no tenemos que preocuparnos de esta centralización. Por supuesto, subsiste la paradoja de que si logramos incorporar la lisina como carácter natural dentro del trigo a un costo razonable, perdura la necesidad de traer el cereal a los molinos para poder añadir los demás nutrientes vitales como la vitamina A, la tiamina y el hierro.

### Instalaciones para la producción de lisina

Con frecuencia se plantea la pregunta de cuál es el tamaño mínimo de una planta para producir lisina. Como sabemos, la lisina es producida por un proceso químico y por un procedimiento de fermentación. La mejor información de que dispongo al respecto es que el tamaño mínimo de una planta para la producción económica de lisina mediante un proceso químico es para cerca de 5 millones de kilogramos al año. El tamaño mínimo de una instalación para fermentación produciría cerca de un millón (?) de kilogramos al año. Puede calcularse que esta instalación mínima costaría de 3½ a 4 millones de dólares para equipo fundamental si no formara parte de una operación mayor de fermentación. Podría costar otro millón y medio de dólares la construcción de edificio, abastecimiento de fuerza, anexos, etc. Los costos de operación son difíciles de calcular sin conocer los detalles de las fuentes de hidratos de carbono y las condiciones locales. Un cálculo general sería de medio millón de dólares al año. El agua necesaria para una planta de fermentación sería de 7.5 millones de litros diarios. En vista del elevado requerimiento de capital y de los costos de operación, es más conveniente construir una unidad productora de lisina dentro de instalaciones de fermentación ya existentes. Por ejemplo, una planta que se encuentre produciendo GMS o antibióticos sería la mejor elección.

### Efecto de la lisina sobre el valor nutritivo de la harina de trigo

En la tabla III podemos ver como la adición de lisina a la harina de trigo aumenta la proteína utilizable. En nuestra oficina, hemos escogido hablar de adición de lisina que incrementa la proteína utilizable en vez de hablar en términos de incremento de la calidad de la proteína. Hemos encontrado que el término calidad de la proteína,

TABLA III  
EFECTO DE LA LISINA SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA DE TRIGO

<i>Alimento</i>	<i>Referencia</i>	<i>Proteína (mediante análisis químico)</i>	<i>Proteína utilizable</i>	<i>Aumento en la proteína utilizable por 100 g de ali- mento</i>
		<u>%</u>	<u>%</u>	<u>gms</u>
Harina blanca de trigo	1	13.75	3.20	2.14
Harina blanca de trigo + 0.2% de clorhidrato de lisina		13.94	5.34	
Pan de agua	2	15	7.3	2.7
Pan de agua + 0.3% de clorhidrato de lisina		15	10.0	

<sup>1</sup> Hegsted, D. M. en "Protein-Enriched Cereal Food for World Needs", pp. 38-48, publicado por la American Association of Cereal Chemists, 1969.

<sup>2</sup> Jansen, G. R. (1969) American J. Clin. Nutr. 22, 38-43.

aunque apropiado en sentido técnico, resulta con frecuencia engañoso para personas sin conocimientos de nutrición. Calidad es en realidad un término esotérico al cual es difícil aplicar números en cualquier análisis de costos-beneficio o de costos-eficacia. Sin embargo, el especialista en economía o en política de un gobierno puede comprender fácilmente el concepto de proteína biológicamente utilizable y puede cuantificar en términos económicos su aumento por medio de la adición de aminoácidos.

Los datos de Hegsted y Jansen, aunque difieren en el nivel de proteína utilizable, concuerdan en el aumento que puede lograrse al adicionar lisina. Ambos demuestran que la proteína utilizable en 100 gramos de trigo puede incrementarse en cerca de un gramo mediante la adición de 0.1 g de lisina. Si calculamos que la lisina grado humano puede comprarse por \$2.20 dólares el kilogramo, el costo del gramo adicional de proteína de trigo utilizable es de 0.022 centavos. Desde un punto de vista estrictamente matemático es difícil concebir una fuente más barata de proteína. Esto no quiere decir que la fortificación del trigo con lisina para incrementar la proteína disponible en la dieta sea la solución en todos los países bajo cualquier circunstancia. Obviamente si un país y no tiene trigo y tiene que importarlo, pero dispone de otras fuentes de proteína, entonces la fortificación de trigo puede no resultar costeable.

### **Fortificación del grano de trigo**

En los trabajos enviados previamente a esta reunión, hay una excelente discusión de los doctores Fred Senti y Jim Pence respecto a la fortificación de granos íntegros. Los investigadores de la Workers at the Western Utilization Research and Development Division (División Occidental para la Utilización de la Investigación y el Desarrollo) de Albany, California, han diseñado procedimientos para fortificar trigo entero y molido con materiales como proteína de soya para proporcionar productos finales para la mesa con contenido de proteína hasta de un 20 por ciento de los sólidos. De particular importancia para nuestro seminario es su trabajo sobre fortificación del trigo con 0.1 a 0.2 por ciento de monoclóhidrato de lisina. Encontraron que la forma más práctica de fortificar trigo entero con lisina es hacer penetrar el aminoácido en los granos de trigo hasta alcanzar un 10 por ciento y después mezclarlo con trigo sin tratar a la proporción de 1:99, obteniéndose así la adición de 0.1 por ciento de lisina deseada. Para ayudar la penetración del aminoácido, los investigadores escarificaron ligeramente el grano haciéndolo pasar a través de un molino descascarillador. El trigo escarificado, tras de inmersión durante 3 horas en monoclóhidrato de L-lisina al 35 por ciento a 41.1°C seguida de escurrimiento y una hora de enfriamiento antes del secado, captará de 10 a 12 por ciento de la sal de lisina. Se informó que el trigo así tratado se parecía bastante al trigo no tratado. Los granos no tratados son casi imposibles de reconocer cuando se les mezcla con trigo no tratado. Los investigadores del Departamento de Agricultura de E.U.A. (USDA) llegaron a la conclusión de que es tecnológicamente posible fortificar los granos de trigo con lisina en gran escala.

El bulgur en forma seca es entregado como trigo sancochado, blanqueado, y machacado. El gobierno de los Estados Unidos embarcó el año pasado aproximadamente 2.3 millones de kilogramos de bulgur fortificado con lisina al 0.1 por ciento. En el proceso industrial usado para fortificar el bulgur, todos los granos han sido tratados con una solución de lisina y no sólo el 10 por ciento. No se ha precisado el grado de pérdida de lisina durante el subsecuente enjuague y cocimiento del bulgur fortificado de esta manera. La WURDD ha usado una prueba modificada del enjuague, desarrollada para

enriquecer el arroz, para calcular la pérdida de lisina durante el enjuague. Se ha visto que aproximadamente el 25 por ciento de la lisina se deslava de los granos tratados si se les enjuaga. En la práctica, esto estaría determinado por la fuerza del enjuague. El Departamento de Agricultura ha recomendado extraoficialmente a la industria que agreguen un 25 por ciento adicional de lisina. En otras palabras, para hacer que el producto final contenga 0.1 por ciento de lisina, el Departamento sugeriría que el bulgur fortificado contuviera inmediatamente después del procesamiento 0.125 por ciento.

Uno de los problemas que he encontrado al discutir la fortificación del trigo entero es la falta de confianza en la precisión de los métodos de análisis para la lisina. Los investigadores del USDA en Albany han desarrollado un procedimiento para determinar la lisina en el trigo o el bulgur mediante cromatografía de intercambio de hierro. Este nuevo método no ha sido aún publicado. Los aspectos de la química analítica están fuera de los propósitos de esta charla. Baste decir que no hay un completo acuerdo entre los investigadores sobre la precisión y utilidad de los actuales métodos de análisis para la lisina. Este problema tendrá que solucionarse para que la fortificación de granos se vuelva una actividad importante.

### **Conclusiones**

He tratado de mostrar que la fortificación de la harina de trigo es un enfoque para mejorar la nutrición disponible en la actualidad para usarse en los países en desarrollo. Esto es especialmente cierto en el caso de las vitaminas y los minerales. Permítaseme preguntar en voz alta junto con Lyle Schertz por qué no se está haciendo algo más con las vitaminas y los minerales. Son baratos, y los métodos de adición y control en los molinos de harina requiere sólo escasa preparación técnica. El sentido común nos dice que con poco esfuerzo y bajo costo, la fortificación con vitaminas y minerales puede evitar o reducir las enfermedades como la ceguera por falta de vitamina A, el beri-beri, la pelagra y la anemia por carencia de hierro.

He indicado que la fortificación de la harina de trigo con lisina es la forma más barata de lograr proteína utilizable adicional para las personas que se alimentan con trigo. El principal obstáculo en los países en desarrollo es su disponibilidad de lisina y no su costo. Los países pobres no quieren usar sus escasos fondos para comprar lisina del exterior. La brecha en la producción de lisina en los países en desarrollo tendrá que abrirse en países grandes como Brasil. También puede intentarse en un país pequeño como parte de un pacto regional de comercio que comprendiera el intercambio de artículos por lisina y no por dinero.

La fortificación de los granos de trigo puede no ser factible o de importancia en la práctica. Si se va a moler el trigo en grandes cantidades, no tiene sentido fortificar los granos antes de la molienda. Y es casi imposible romper el sistema de distribución para fortificar los granos de trigo antes de que sean molidos en operaciones "primitivas" en los villorrios.

Es posible que los beneficios de la fortificación de la harina de trigo se hayan perdido en el aspecto emocional de la lisina. El emocionalismo que rodea a la lisina parece ser prácticamente idéntico al que rodea la adición de flúor al agua. Si tal es el caso, los verdaderos perdedores son la gente pobre que sufre de deficiencias de vitaminas, minerales y proteínas.



## **CULTIVO DE SELECCION DEL ARROZ PARA MEJORAR EL CONTENIDO DE PROTEINA Y SOLUCIONAR OTROS PROBLEMAS RELACIONADOS**

**H. M. Beachel**

**Instituto Internacional para Investigación del Arroz (IRRI)**

Las muestras de arroz provenientes de los campos de cultivo en las Filipinas han variado de 6.3 a 9.2 por ciento de proteína (arroz moreno). Esta variabilidad se presentó dentro de la variedad IR 8. Las siembras experimentales de IR 8, en las cuales se siguieron prácticas de cultivo mejoradas, han producido hasta 11.6 por ciento de proteína. Se utilizaron grandes proporciones de fertilizante nitrogenado (150 kg/ha) y el rendimiento de arroz en bruto fue de más de seis toneladas métricas por hectárea.

### **Efecto de la nueva tecnología sobre la proteína y el rendimiento**

Las nuevas variedades de plantas de elevado rendimiento, como la IR 8, pueden no ser genéticamente más ricas en contenido de proteína que las tradicionales variedades tropicales. Sin embargo, puesto que las nuevas variedades pueden utilizar mayores cantidades de fertilizante nitrogenado, podemos esperar cantidades superiores de proteína así como mejores rendimientos. A medida que los agricultores adquieran más experiencia para efectuar las nuevas prácticas de cultivo, estos logros se harán más evidentes. Se calcula que cerca del 6 por ciento del cultivo de arroz en Asia en 1969 se plantó con variedades mejoradas de esta planta.

Los factores ambientales que afectan el contenido de proteína comprenden la estación (de lluvias o seca), la fertilidad del suelo, y el momento y la cantidad en que se aplica el fertilizante nitrogenado.

Por lo general, el contenido de proteína es mayor y los rendimientos de grano son menores en la temporada de lluvias (época del monzón). Los mayores rendimientos logrados durante la estación seca se deben a la mayor intensidad luminosa que permite una mejor utilización del fertilizante nitrogenado.

En 1970, la temporada de lluvias fue una excepción debido a que el contenido de proteína fue menor que en la estación seca. Probablemente esto se debió a una intensidad luminosa menor que la normal durante el período desde la iniciación de la panícula hasta la maduración del cultivo de arroz. Los rendimientos de arroz en bruto también fueron inferiores a lo normal.

### **Calidad de la proteína**

Conforme a estudios cooperativos efectuados con el doctor R. Bressani, se obtuvieron valores menores de la PEP en el arroz rico en proteína en comparación con el arroz

pobre en ellas (5.7 a 14.3 por ciento). La disminución en la calidad de la proteína fue proporcionalmente menor que el aumento en el contenido de proteína.

El valor nutricional del arroz descascarillado aumenta con su contenido de proteína. (Contenido de proteína x valor nutricional relativo.) Esta es una consideración importante si se toma en cuenta el gran consumo diario de arroz.

El arroz rico en proteína muestra un porcentaje ligeramente menor de lisina, triptófano, y treonina.

No parece haber ningún efecto adverso de la cocción sobre el contenido elevado de proteína (hasta el 14 por ciento).

### **Selección y cultivo de nuevas variedades para elevar el contenido de proteína**

La BPI-76, una variedad alta con un rendimiento un poco mayor que la mayoría de las variedades tradicionales, es genéticamente más rica en proteína. Se han obtenido muestras de esta variedad con más de 14 por ciento de proteína cuando se utiliza la aplicación tardía de fertilizante nitrogenado.

La colección mundial de variedades de arroz del IRRI fue estudiada acerca de su contenido en proteína. Se seleccionaron así seis variedades para cruzarlas con el IR 8. Estos cruces se han efectuado a través de siete generaciones. El contenido de proteína de las plantas seleccionadas ha variado entre 5.8 a más de 15 por ciento. Cuando menos en algunos casos, se piensa que esta variabilidad es genética.

Las pruebas de rendimiento efectuadas en 1970 a partir de líneas seleccionadas de los cruces mencionados, dieron resultados del 8.2 al 14.4 por ciento.

No se han encontrado variedades de gran rendimiento con elevado contenido de proteína. Sin embargo, se han identificado líneas que muestran claramente un elevado contenido de proteína. Estas se ensayarán bajo una gran gama de prácticas de cultivo para determinar su máximo potencial de rendimiento. Estas líneas han producido rendimientos hasta de 5 toneladas métricas de arroz en bruto.

El BPI-76 está siendo usado como progenitor para lograr cantidades elevadas de proteína, pero las líneas seleccionadas a partir de estos cruces no se han evaluado totalmente.

Del programa regular de cultivo de selección se han escogido líneas que se supone tienen un mayor contenido de proteína. Una línea, la IR 480-5-9-3-3, del cruce de nahng Mon S4 x taichung nativo 1, está siendo sometida actualmente a prueba.

El siguiente paso en el programa será intercruzar líneas ricas en proteína de diverso origen con la esperanza de combinar diferentes genes para un mayor contenido de proteína.

Continuará también la búsqueda de otras variedades ricas en proteína.

Las nuevas variedades de elevado rendimiento que están siendo desarrolladas en Corea indican que pueden ser genéticamente más ricas en contenido de proteína que las variedades de japónica actualmente cultivadas. Las nuevas variedades se desarrollaron por cruces de japónica x índica y en un experimento efectuado en 1970 promediaron 10 por ciento de proteína en comparación con 8.7 por ciento para las variedades de japónica. Los rendimientos de arroz moreno fueron 5.3 toneladas métricas por hectárea para las nuevas cepas y 4.7 toneladas para las variedades de japónica.

Tabla I: Promedio de proteína y promedio de rendimiento de grano de los campos de cultivo, por variedad.  
Laguna, 1970. Epoca de lluvias. (Departamento de Estadística, IRRI.)

Variedad	Núm. de granjas <sup>1</sup>	Cantidad de fertilizante utilizada (kg/ha N)	Promedio de rendimiento de grano (kg/ha)	Promedio de contenido de proteína (%)
IR 8	19	18 - 61	4276	7.50
IR 5	5	36 - 54	3991	7.40
IR 20	4	36 - 51	3398	8.12
IR 22	2	50 - 54	3299	7.45
C4-63	3	36 - 61	4310	8.47
Malagkit	3	20 - 42	2965	8.50
<b>Total</b>	<b>36</b>			

<sup>1</sup> Se tomaron cuatro muestras de cada granja.

Tabla II: Promedio de proteína y promedio de rendimiento de grano de los campos de cultivo, para diferentes variedades.  
Laguna, 1970. Epoca de secas. (Departamento de Estadística, IRRI.)

Variedad	Núm. de granjas <sup>1</sup>	Cantidad de fertilizante utilizada (kg/ha N)	Promedio de rendimiento de grano (kg/ha)	Promedio de contenido de proteína (%)
IR 8	3	0	3612	7.3
	4	33 - 43	4669	8.0
	16	51 - 84	4527	8.2
IR 20	4	54 - 81	4517	8.9
Intan	3	63 - 99	6985	6.8
IR5	2	46 - 57	4853	7.7
C-4	2	40 - 97	3303	8.3

<sup>1</sup> Los datos son el promedio de 4 cortes de muestra por granja.

Tabla III: Comparaciones entre el rendimiento promedio y la proteína promedio entre una y otra estación, de granjas arroceras en Laguna, 1970. (Departamento de Estadística, IRRI.)

Granjero	Epoca de secas			Epoca de lluvias		
	Nivel de fertilizante	Proteína promedio %	Rendimiento promedio (Kg/ha)	Nivel de fertilizante	Proteína promedio %	Rendimiento promedio (kg/ha)
IR8						
1. Casubha	43.04	9.2	6932	27.39	8.0	5108
2. Nerváez	67.50	9.1	4787	40.50	7.9	5025
3. Consignado	63.00	8.7	5335	60.75	7.9	5149
4. Notario	36.00	8.0	4467	36.00	6.3	4945
5. Britiller	54.00	8.7	4240	18.00	8.4	4850
6. Calabit	52.50	7.4	2562	50.62	7.6	3499
7. Cabantot	33.75	6.8	4119	54.00	7.7	4790
8. de Guzmán	0	7.2	2182	36.00	7.7	3895
9. Rana	73.63	6.8	3618	55.23	7.6	3806
C4						
1. Brozas	97.20	9.1	3767	36.00	8.6	4547
IR20						
1. Taklan	70.87	8.6	3762	36.00	8.1	2685

Tabla IV: Contenido de proteína y rendimiento de grano de cuatro líneas, para la época de secas y de lluvia, con diferente espacio de plantado, IRRI, 1969.

Densidad de plantas	IR8		IR305-4-12-1-3		IR127-80-1-10		Peta	
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
Al voleo	6.1 (3572)	6.9 (5824)	6.1 (4250)	7.3 (4932)	6.0 (4934)	7.5 (4659)	7.8 (3207)	8.7 (2801)
20 x 20	6.4 (2864)	7.6 (6094)	6.2 (4159)	7.4 (5618)	6.4 (4328)	7.8 (4746)	6.2 (4336)	9.0 (2845)
30 x 30	6.7 (2840)	7.6 (6069)	7.3 (4823)	7.4 (5540)	7.5 (3554)	8.4 (4928)	6.7 (4571)	8.6 (3289)
40 x 40	6.6 (2764)	7.9 (5697)	5.9 (4028)	7.7 (5460)	8.6 (2950)	8.5 (4067)	5.9 (4100)	7.4 (3071)
50 x 50	7.0 (2456)	8.7 (5800)	7.0 (3918)	8.1 (5233)	9.3 (2728)	9.0 (3687)	7.1 (3534)	8.5 (3356)
100 x 100	9.0 (1300)	9.5 (2725)	7.5 (1463)	9.9 (2455)	10.9 (827)	11.3 (1286)	7.4 (1804)	8.6 (2706)

Los datos son el promedio de 3 ensayos. No se aplicó nitrógeno.  
 Datos tomados de: Experimento de población de plantas y respuesta de nitrógeno en arroz encharcado.  
 (Departamento de Agronomía, IRRI).

Tabla V: Relaciones entre el nitrógeno aplicado y los rendimientos por hectárea de arroz en bruto y de proteína en el arroz moreno (promedio de 6 densidades de plantado). (Departamento de Agronomía, IIRI).

	Rendimiento de proteína (kg/ha)			Rendimiento de arroz en bruto (kg/ha)		
	Nitrógeno aplicado (kg/ha)			Nitrógeno aplicado (kg/ha)		
Variedades	0	40	80	0	40	80
Epoca de lluvias 1969						
IR8	330	378	361	5374	5673	5614
IR305-4-12-1-3	319	370	394	4873	5364	5742
IR127-80-1-10	261	270	310	3895	4135	4460
Peta	189	199	188	3011	2448	2990
Epoca de secas 1970						
	Nitrógeno aplicado (kg/ha)			Nitrógeno aplicado (kg/ha)		
	0	75	150	0	75	150
IR8	246	385	473	4050	5843	6752
IR305-4-12-1-3	286	399	496	4620	6139	6888
IR127-80-1-10	163	253	317	2618	3892	4255
IR20	219	324	437	3518	5031	5986
IR22	195	330	400	3090	4689	5473
Peta	167	233	213	2958	3530	2952

Tabla VI: Rendimiento de arroz en bruto y de proteína en el arroz descascarillado, así como porcentaje de arroz pulido y de contenido de proteína (Bicol).

Variedades	Canti- dad de N kg/ha <sup>1</sup>	Arroz en bruto kg/ha <sup>2</sup>	Total arroz descas- carilla- do %	Arroz pulido %	Contenido de p proteína t <sup>3</sup>		Rendimiento de proteína en el arroz pulido kg/ha
					Arroz moreno	Arroz pulido	
IR8	0	5117	69	61	7.0	6.7	237
	60	5684	69	62	7.0	6.5	256
	120	6296	70	63	8.5	7.8	343
	150	6652	70	64	10:1	9.4	435
IR5	0	4532	67	55	7.1	6.6	201
	60	5953	67	56	7.9	7.0	281
	120	5575	68	61	9.7	7.9	300
	150	4744	69	62	10.6	10.1	328
IR20	0	4547	68	62	7.3	7.0	218
	60	5258	69	64	8.0	7.2	260
	120	6051	68	64	9.0	8.5	351
	150	5268	67	64	9.9	9.1	323
Peta	0	3815	68	55	7.1	6.5	168
	60	4146	63	46	8.4	8.0	210
	120	3150	68	58	9.0	8.7	187
	150	3062	68	60	10.4	9.2	191
BPI-76	0	4005	68	63	8.8	8.2	223
	60	4111	68	62	9.3	8.7	243
	120	4622	69	66	9.6	9.0	287
	150	4506	69	65	11.7	11.2	347
C4-63	0	3840	69	62	7.2	7.1	187
	60	4862	68	64	7.9	7.4	246
	120	5356	69	64	8.8	8.2	304
	150	5162	70	64	9.2	8.8	317

<sup>1</sup> Los tratamientos con 30-N y 90-N se omiten aquí pues de otro modo la tabla resultaría demasiado larga.

<sup>2</sup> Los datos citados son del Departamento de Agronomía del IRRI.

<sup>3</sup> Contenido de proteína a 12 por ciento de humedad.

Tabla VII: Rendimiento de arroz en bruto y de proteína en el arroz descascarillado, así como porcentaje de arroz pulido y de contenido de proteína (Maligaya).

Variedades	Canti- dad de N kg/ha <sup>1</sup>	Arroz en bruto kg/ha <sup>2</sup>	Total arroz descas- carilla- do %	Arroz pulido %	Contenido de proteína <sup>3</sup>		Rendimiento de proteína en el arroz pulido kg/ha
					Arroz moreno	Arroz pulido	
IR8	0	3737	69	49	7.3	6.3	163
	60	4642	69	55	7.8	6.8	218
	120	5948	71	58	8.0	7.3	306
	150	5264	71	58	9.9	8.5	318
IR5	0	3987	67	50	6.6	6.1	164
	60	5461	70	56	8.1	7.3	279
	120	5383	71	58	8.6	8.1	310
	150	5099	71	59	9.9	8.9	320
IR20	0	4010	71	58	6.9	6.1	173
	60	5797	71	61	8.3	7.6	312
	120	6144	71	64	8.7	7.6	332
	150	5914	71	65	9.4	8.5	356
Peta	0	4110	67	51	7.1	6.2	172
	60	4280	71	57	8.1	7.4	223
	120	4539	72	60	8.9	7.8	254
	150	4745	72	62	8.0	7.6	257
BPI-76 (M.5)	0	2697	69	58	7.9	7.1	133
	60	4133	70	57	9.6	8.8	253
	120	4258	70	57	10.9	9.9	293
	150	3648	69	59	11.2	9.4	237
C4-63	0	3682	70	59	7.6	6.4	164
	60	4813	70	59	8.2	7.4	250
	120	5365	70	61	8.6	8.0	302
	150	5071	71	61	8.8	7.9	283

<sup>1</sup> Los tratamientos con 30-N y 90-N se omiten aquí pues de otro modo la tabla resultaría demasiado larga.

<sup>2</sup> Los datos citados son del Departamento de Agronomía del IRRI.

<sup>3</sup> Contenido de proteína a 12 por ciento de humedad.

Tabla VIII: Contenido de proteína del arroz moreno de 4 variedades, según es afectado por la materia orgánica y el nitrógeno aplicado.\*

Variedad	80 kg N/ha		120 kg N/ha		160 kg N/ha		Var.
	No. Org.	Org.	No. Org.	Org.	No. Org.	Org.	Promedio
Jinheung	6.5	6.4	6.8	7.0	7.8	7.1	6.93
Kimmaze	6.3	6.5	7.3	6.4	7.5	7.1	6.35
IR-8	8.3	10.4	9.9	11.0	10.1	11.1	10.13
T(N)1	9.0	8.5	10.3	10.6	10.2	11.1	9.95
Promedio de N	7.53	7.59	8.58	8.75	8.9	9.1	8.46

\* Datos tomados del Journal of the Korean Society of Crop Science, Vol. 7: 79-84, 1969.

Tabla IX: Rendimiento de arroz en bruto y contenido de proteína de líneas IR667-98 cultivadas en dos niveles de nitrógeno, Oficina de Desarrollo Rural, Suwon, Corea (datos no publicados).

			Rendimiento de arroz moreno y contenido de proteína	
			150 kg N/ha	200 kg N/ha
IR667-98-1-2	(Suwon 213)	Arroz moreno T/ha	5.6	5.3
		Proteína (%)	9.0	9.6
IR667-98-1-3-10	(Suwon 214)	Arroz moreno	5.5	5.4
		Proteína	8.9	10.6
IR667-98-2-1-7	(Suwon 215)	Arroz moreno	5.2	5.2
		Proteína	9.8	10.8
IR667-98-2-1-20	(Suwon 217)	Arroz moreno	5.2	5.2
		Proteína	9.7	10.6
IR667-98-2-2-24	(Suwon 218)	Arroz moreno	5.4	5.4
		Proteína	9.6	11.0
Jinheung		Arroz moreno	4.6	5.0
		Proteína	8.7	8.6

Tabla X: Efectos del nivel de nitrógeno sobre el rendimiento de grano y el contenido de proteína del arroz moreno en tres estaciones BPI. Temporada de lluvias 1969.

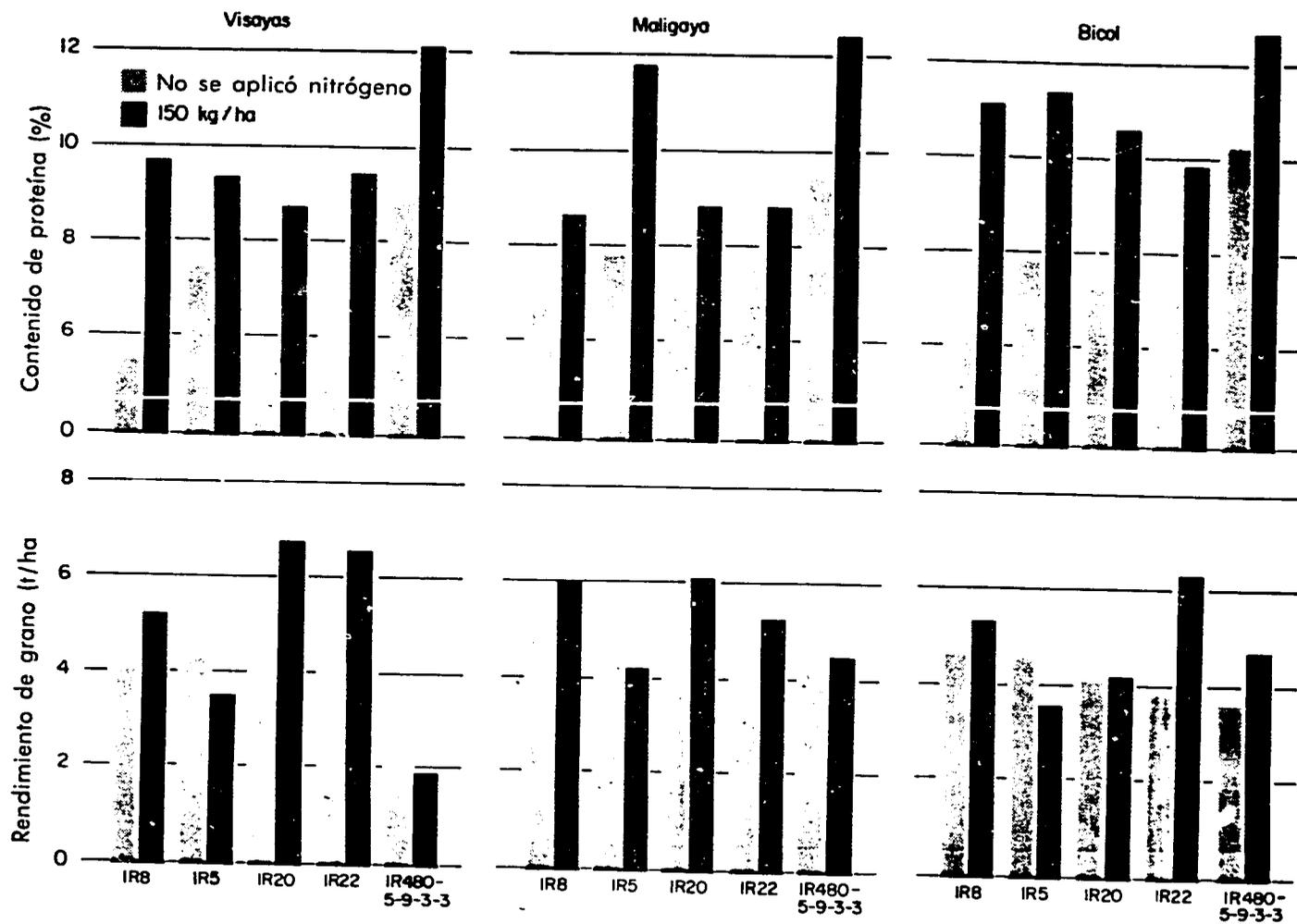


Tabla XI: Efectos del nivel de nitrógeno sobre el rendimiento de grano y el contenido de proteína del arroz moreno. IRR1, temporada de lluvias 1969.

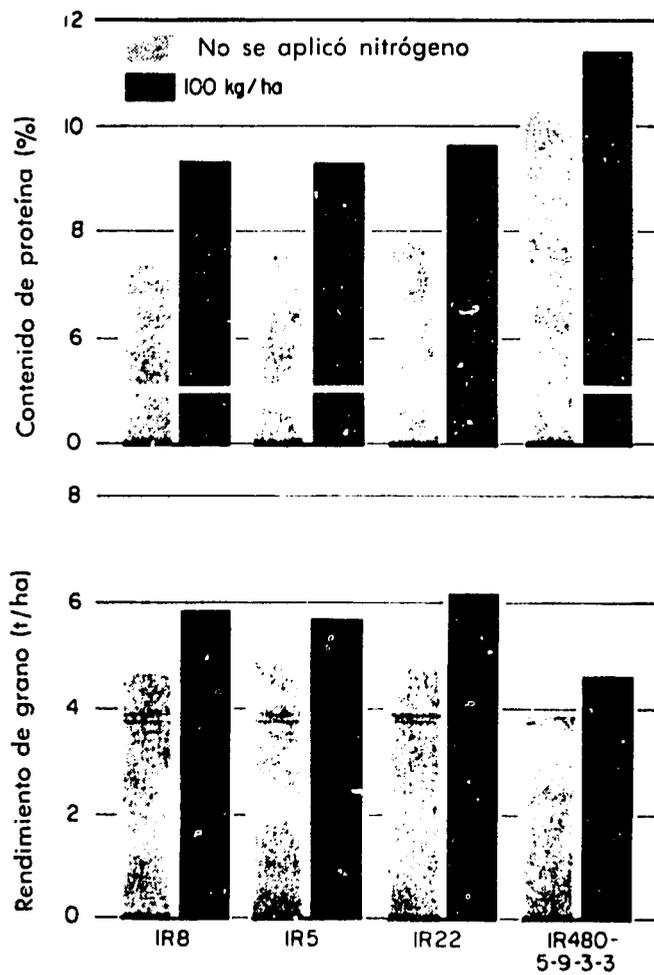


Tabla XII: Resumen de índices de calidad de proteína para cuatro muestras de arroz descascarillado y caseína. Estudios cooperativos entre IRRI y el doctor R. Bressani, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.

Fuente de proteína	Contenido de proteína (%)	0 a 5% — Dietas de proteína				Alta — Dietas de arroz		
		REP <sup>b</sup> (5% de proteína)	Relación de proteína neta	Índice de crecimiento con nitrógeno	Calidad relativa <sup>c</sup> quantity	REP <sup>b</sup> (90% de arroz)	Índice de crecimiento con nitrógeno	Calidad relativa <sup>c</sup> quantity
Intan	5.63	2.56	3.71	3.49	80.0	2.04	2.37	47.0
IR8	7.32	2.20	3.36	3.25	75.0	2.02	2.30	45.6
IR8	9.73	1.94	3.07	3.04	70.5	2.02	2.17	43.1
BPI-76-1 <sup>a</sup>	14.3	1.53	2.60	2.47	57.4	1.85	2.12	42.1
Caseína		2.20	3.36	3.23	75.0	- - -	3.78	75.0

<sup>a</sup> Corregida para diferencias en los valores de caseína de los dos experimentos.

<sup>b</sup> Relación de eficiencia de proteína.

<sup>c</sup> Basado en un valor de 75.0 para caseína.

Tabla XIII: Cuadros de puntuación en el catado de líneas y variedades de arroz que difieren en el contenido de proteína. Departamento de Química, IRRI en co-operación con la UPCA.

Selección o variedad	Proteína (%) <sup>a</sup>	Amilosa (%) <sup>a</sup>	Promedios de puntuación en catado <sup>b</sup>			
			Tierno	Cohesivo	Color	Lustre
IR1100-185-7-4	9.1	26.2	5.2	4.0	2.2	4.0
IR1100-89-2-6	11.1	23.1	4.5	3.2	2.2	4.0
IR1103-64-4-1	8.8	27.1	4.7	3.7	1.5	4.3
IR1103-15-8-5	11.6	25.2	3.5	2.0	2.2	3.7
IR1103-15-9-8	12.9	25.0	3.2	2.0	1.8	3.3
IR8	9.9	26.0	3.7	2.7	1.5	4.0
BPI-76-1	10.0	26.2	5.2	4.5	2.8	5.3
		LSD (5%)	1.6	1.4	1.3	1.3

<sup>a</sup> % a 12% de humedad.

<sup>b</sup> Por un grupo de seis catadores. Se asignó una puntuación numérica de 1 a 9, una puntuación de "1" representó la mínima expresión de la propiedad en cuestión y una puntuación de "9" su máxima expresión.

Tabla XIV: Aminograma del arroz descascarillado enviado al INCAP para estudios de RPE.<sup>a</sup>

Contenido de proteína (%) al 12% de humedad	5.68	7.32	9.73	14.3	NSD (0.05)
	Contenido de aminoácidos (g/16.8g N)				
	Intan	IR8	IR8	BPI-76	
Alamina	5.99	6.04	5.66	6.24	
Arginina	7.90	8.78	8.82	8.58	
Acido aspártico	9.59	9.97	9.46	10.4	
Cistina	1.81	1.81	1.45	1.42	0.27
Acido glutámico	18.3	19.1	18.7	21.1	1.06
Glicina	4.82	4.80	4.52	4.66	0.20
Histidina	2.45	2.45	2.48	2.48	
Isoleucina	4.89	5.10	4.78	5.34	
Leucina	7.84	8.32	8.20	9.64	0.92
Lisina	4.27	3.77	3.69	3.35	0.32
Metionina	3.45	3.02	2.44	1.80	0.36
Fenilalanina	5.55	5.74	5.66	6.25	0.41
Prolina	4.73	5.04	4.79	4.66	
Serina	6.31	5.68	6.27	6.92	
Treonina	4.10	4.10	3.78	3.75	0.20
Triptofán <sup>b</sup>	1.35	1.26	1.05	0.97	0.08
Tirosina	5.02	5.34	5.34	5.85	
Valina	6.24	6.55	6.51	7.30	
Amoniaco	3.70	2.98	2.86	2.28	0.46
<b>TOTAL</b>	<b>108.31</b>	<b>110.29</b>	<b>106.46</b>	<b>112.98</b>	
Nitrógeno recuperado	102.7	101.3	98.5	99.8	

<sup>a</sup> Los valores para la cistina, la isoleucina, la metionina, la serina, la treonina y la valina fueron corregidos usando los factores de Kohler y Palter (Cereal Chem. 44:512 (1967).)

<sup>b</sup> Prueba colorimétrica de digestión de Pronase por el reactivo de Opienska-Blauth (Anal. Biochem. 6:69 (1963).)

Tabla XV: Nivel de proteína del arroz moreno de cuatro plantíos de variedades seleccionadas.

Ac. Núm.	Nombre de la variedad	Temporada de lluvias 1966		Temp. secas 1966-67	Temporada de lluvias 1967	
		Planting material	Cosecha	Base de humedad (%)	Núm. N	120 kg/ha N
2169	Chok-jye-bi-chal <sup>+</sup>	15.1	15.0	15.4	15.5(310)	16.0(340)
2171	Chow-sung	15.3		14.6	15.4(83)	16.2(180)
3192	Crythroceros Korn	16.2	11.5	13.5	14.3(40)	15.4(55)
3165	Omirt 39 <sup>+</sup>	14.7	13.6	12.8	14.3(240)	14.8(425)
2714	Rikuto Norin 20 <sup>+</sup>	14.5	13.5	14.3	14.0(1255)	14.8(1115)
2251	Santo <sup>+</sup>	16.7	14.2	13.8	13.7(525)	13.6(815)

\* Clasificada como rica en proteína con 13.5% de contenido de proteína tanto en el material plantado como en el cosechado, temporada de lluvias 1966.

Tabla XVI: Rendimiento de arroz en bruto y contenido de proteína de líneas seleccionadas de ensayos repetidos del IIRI, temporadas de secas y de lluvias 1970.

IR Núm.		Secas			Lluvias		
		A	B	PROM.	A	B	PROM.
IR1100-78-3-3-3	Rendimiento	4595	4999	4597	2544	2744	2644
	Proteína	11.6	12.2	11.9	10.0	10.3	10.2
IR1100-82-3-3-1	Rendimiento	8938	8525	8732	3572	3518	3545
	Proteína	11.4	10.7	11.1	8.5	8.6	8.6
IR1100-89-2-6-3	Rendimiento	4277	3555	3916	2517	2949	2633
	Proteína	12.8	13.2	13.0	10.1	10.2	10.2
IR1101-18-3-4-2	Rendimiento	5967	5070	5518	2834	2443	2641
	Proteína	11.6	11.4	11.5	10.5	10.3	10.4
IR1102-25-3-2-4	Rendimiento	3962	2896	3429	2064	2518	2291
	Proteína	12.2	12.0	12.1	9.4	10.3	9.9
IR1102-27-2-3-1	Rendimiento	1859	2278	2068	1835	2126	1980
	Proteína	13.0	12.6	12.8	11.6	11.5	11.6
IR1103-1-3-5-1	Rendimiento	5341	4636	4988	1983	2326	2154
	Proteína	13.1	11.1	12.1	11.2	11.4	11.3
IR1103-15-8-6-3	Rendimiento	5203	4457	4830	2424	2817	2621
	Proteína	12.5	12.6	12.6	12.4	12.5	12.4
IR1103-15-9-4-4	Rendimiento	3411	3548	3480	1637	2055	1346
	Proteína	13.9	13.2	13.6	13.5	13.4	13.4
IR1103-15-10-2-3	Rendimiento	4954	4465	4710	2617	2995	2806
	Proteína	13.2	12.2	12.7	12.7	11.9	12.3
IR1103-66-4-2-4	Rendimiento	4471	3857	4164	3404	3986	3695
	Proteína	11.4	11.2	11.3	11.8	11.5	11.6
IR1103-66-4-3-3	Rendimiento	4052	4180	4116	2763	2899	2831
	Proteína	12.6	12.6	12.6	13.0	12.5	12.8
IR1105-12-2-3	Rendimiento	3767	3028	3398	1460	1549	1504
	Proteína	12.2	13.4	12.8	12.8	13.9	13.4
IR8	Rendimiento	6410	5817	6114	1445		
	Proteína	11.2	11.6	11.4	8.2		
BPI-76-1	Rendimiento	3733	3624	3678	1652	669	1161
	Proteína	11.8	12.8	12.3	10.8	11.9	11.4

## **MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL ARROZ MEDIANTE FORTIFICACION**

**Stanley Gershoff**  
**Universidad de Harvard**

Creo que todos estaremos de acuerdo en que la salud de la gente en los países en desarrollo no es lo que debiera ser, y creo que todos estaremos también de acuerdo en que tampoco es buena su nutrición. Estoy interesado en ver si los programas de nutrición pueden ser de alguna utilidad para mejorar la salud de estas personas. Y he tenido la oportunidad durante varios años de trabajar en Tailandia, que no es completamente típico de los países en desarrollo pero que constituye un buen laboratorio. Hay en Tailandia gran número de personas interesadas en nutrición y, en forma interesante, casi cada una de ellas tienen sus propias ideas sobre cuál tipo de programa de nutrición sería el mejor.

La fortificación ofrece teóricamente ciertas ventajas sobre alguno de los otros programas que he oído discutir una y otra vez en Tailandia. Creo que quizá una de las principales ventajas de la fortificación, se haga tratando de incrementar genéticamente los nutrientes del arroz (incidentalmente, el arroz constituye del 80 al 85 por ciento de las calorías de los habitantes en las zonas rurales de Tailandia) o se efectúe agregando cierta mezcla fortificadora al arroz, dicha fortificación no requiere una educación especial del pueblo. La gente continúa comiendo en la forma en que lo han hecho antes, sin necesidad de cambiar sus hábitos alimenticios, lo cual constituye una verdadera ventaja. Cuando se tiene un programa de fortificación que afecta algo tan básico como el arroz en un país como Tailandia, se está afectando a todas las comidas, en contraste a un programa de desayunos escolares con o sin suplementos especiales de proteína en el que se está dando a los niños una comida al día cinco días a la semana.

Nosotros tenemos también algunos problemas con la fortificación. El primero al que nos hemos enfrentado es el costo. No conozco con exactitud cuánto costará un programa de fortificación en Tailandia. Supongamos que con la adición de lisina y treonina el costo pueda ser de \$ 1.50 a \$ 2.00 dólares al año por persona. Esto no sería mucho dinero en un país como los Estados Unidos; sin embargo, en un país donde sólo se invierten 40 centavos de dólar al año y por persona en servicios sanitarios, un programa que requiera \$ 1.50 dólares es bastante oneroso. Existe también la pregunta de a quién estamos tratando de beneficiar. Si un programa de fortificación sólo beneficia a un pequeño segmento de la población, como los niños preescolares, y sin embargo se está alimentando a todo mundo, entonces el costo es aún mayor que \$ 1.50 dólares per cápita. Este tipo de preguntas se presentan siempre.

Hay otro problema que yo creo que está ocurriendo en los países en desarrollo, de Asia cuando menos, del cual me he dado cuenta estos últimos años en Tailandia. Se comienza a oír a la gente decir que los japoneses están logrando con sus vendedores lo que no pudieron lograr con su ejército. Y la fortificación, según lo ven muchas per-

sonas, constituye otra forma de quitarles dinero para enviarlo a Japón. Esto es algo que no podemos ignorar, pero es algo por lo que, afortunadamente, no tengo que preocuparme en este punto de mi trabajo.

Ahora, ¿qué es exactamente lo que estamos haciendo? Hemos iniciado un estudio, un estudio piloto, y el mes próximo un estudio completo de campo, para tratar de determinar cuáles pueden ser los beneficios de un programa de fortificación sobre la salud. Creo que existen buenas razones para hacer esto. No veo como se le pueda vender la fortificación a un primer ministro o ministros de salud a menos de que se les pueda presentar algún cálculo de lo que se les puede dar por su dinero. No creo que pueda estimarse en términos de balance de nitrógeno. No creo que esto pueda hacerse en términos de excreción urinaria o de niveles sanguíneos de vitaminas. Opino que esto tenga que hacerse en forma que todo mundo entienda con claridad. Esto es lo que esperamos poder hacer en Tailandia.

Existen ciertos problemas de metodología. Afortunadamente, hay en la actualidad dos tipos de mezclas para fortificación que podemos utilizar. Una es un grano artificial de arroz o grano de arroz para fortificación, al cual nos referiremos como GAF. Consiste en un grano sintético de arroz, al cual podemos darle el tamaño y forma que queramos. Sin embargo, no es perfecto. Tenemos con él problemas de textura y posiblemente problemas de sabor. Quizá el mayor problema con el GAF es la pérdida de nutrientes en la cocción y esto sería enorme si el tipo de grano artificial que empleamos fuera utilizado en Pakistán, en donde el arroz se cuece con grandes cantidades de agua. En donde estamos trabajando, el arroz se cuece al vapor y nuestros análisis indican que la pérdida es mínima. Existe otro problema en relación con el color de la mezcla de fortificación. La experiencia previa con la fortificación del arroz indica que si los granos de fortificación fueran claramente discernibles, la gente los seleccionaría y los desearía. Esto es un gran problema ya que quisiéramos poner riboflavina en nuestra mezcla y hasta ahora toda mezcla de fortificación con esta sustancia resulta de color amarillo. Hay algunas posibilidades de que en el futuro se pueda resolver este problema. También es concebible que una vez que se acepte la fortificación del arroz, el consumidor puede preferir un GAF de color para estar seguro de que su arroz está fortificado. De cualquier modo, en nuestros estudios no estamos agregando riboflavina. Afortunadamente, en el área en la que estamos trabajando la deficiencia de riboflavina no es tan notable como en otras partes de Tailandia. Sin embargo, su nivel dietético no es tan alto como debiera.

Para poder hacer un estudio de los efectos de la fortificación, tenemos que estar seguros de que la mezcla de fortificación está siendo consumida por todas las personas examinadas. Nosotros vamos a trabajar y hemos estado trabajando en villas donde todo el arroz es descascarillado en un solo molino. Hemos construido alimentadores de arroz acoplados a los molinos y que añaden el GAF al arroz después de que ha sido descascarillado. En Tailandia hay aproximadamente 23,000 molinos para el arroz. Creo que nunca será práctico instalar un alimentador en cada molino, suponiendo que el gobierno desee patrocinar la fortificación. Es posible que esto pueda hacerse en algunos de los grandes molinos. Por lo tanto, es necesario buscar otras formas de añadir las mezclas de fortificación al arroz. Algunas cosas se nos han ocurrido. Ajinomoto, en un corto período de intensa promoción del glutamato monosódico en Tailandia, ha elevado el consumo de esta sustancia a 200 g por persona al año. Me parece que ésta es una lección que puede ser útil para introducir la fortificación.

Al hacer estudios entre la gente de países en desarrollo, una de las quejas más frecuentes es que el investigador parece ser un individuo al que no le interesan las personas sino que se encuentra interesado principalmente en obtener los datos. Decidimos por lo tanto hacer ver desde el principio de nuestro estudio que nosotros sí estábamos interesados en la gente. Decidimos construir centros de atención diurna cuando menos en algunas de nuestras villas experimentales. Esto no sólo les daría a los aldeanos muestras de nuestro interés, sino que también estamos interesados en evaluar los centros de atención diurna como instituciones en el poblado que pudieran influir sobre la salud y el estado nutricional de los niños en edad preescolar. El estudio, como se lo describiré, está diseñado de modo que podamos separar el efecto del suplemento nutricional. Una de las cosas que el centro de atención diurna puede hacer por nosotros es que nos permite lograr ciertos datos de morbilidad que de otro modo serían extremadamente difíciles de obtener en otras circunstancias. Hemos estado llevando un registro de asistencia en dichos centros; si un niño no acude, investigamos si es porque está enfermo o por alguna otra causa.

Tendremos cinco diferentes tipos de poblaciones en nuestro estudio general de campo. Comprenderá 25 villas con una población total de aproximadamente 15,000 y con cerca de 2,700 niños preescolares. Veamos los tipos de villas que tendremos. Contaremos con cinco controles naturales; éstas serán villas en las que la única cosa que haremos será un examen físico. En ellas no introduciremos ni los centros de atención diurna ni los programas de alimentación. Habrá un grupo de villas en donde se instalarán centros de atención diurna y en donde se administrará un GAF de placebo. En otro grupo de villas habrá centros de atención diurna y se administrará un GAF que consista de vitamina A, vitamina B<sub>1</sub>, e hierro. Otro grupo tendrá los centros mencionados y recibirá un GAF con vitaminas y minerales y además lisina y treonina. Y, finalmente, habrá otro grupo de villas que recibirán la mezcla total de fortificación pero en los que no se instalarán centros de atención diurna.

En la mezcla de fortificación usaremos treonina y lisina. Tenemos que decidir si la treonina es importante o no en un programa de fortificación de arroz. En estudios efectuados en ratas, la evidencia es abrumadora en el sentido de que es necesario añadir treonina y lisina al arroz para elevar realmente el valor biológico de su proteína.

Permítanme indicarles algo acerca de lo que esperamos medir. En los estudios iniciales dependeremos mucho de una gran variedad de estudios antropométricos; datos como peso y estatura, pliegue cutáneo, radiografía de muñeca, etc. Se examinará a todos los niños preescolares de la villa, vayan o no al centro de atención diurna. Obviamente, si la madre no quiere realmente que se examine a su hijo, no la forzaríamos a ello. A los niños se les efectuará un examen físico similar al utilizado en las encuestas sobre nutrición en todo el mundo. Obtendremos así algunos datos sobre morbilidad. Los estudios de laboratorio que se están efectuando actualmente en niños preescolares son hemoglobina, y la relación urinaria/sanguínea de tiamina; está última principalmente para verificar que se está incorporando la mezcla de fortificación al abastecimiento de arroz.

Hacemos otras verificaciones. Cada villa será visitada todos los días, para asegurarnos de que el GAF está siendo añadido en forma adecuada. Además, tenemos regis-

tros de las cantidades de arroz descascarillado en cada molino y de la cantidad de GAF que se está empleando. Efectuaremos también determinaciones de la hemoglobina y el hematocrito en las mujeres en edad de procrear. Se llevarán registros de las defunciones y de los nacimientos en las villas. A medida que progrese, esperamos ser capaces de desarrollar una metodología para medir el desarrollo mental y motor. Esperamos que al concluir este trabajo estaremos en una posición mucho mejor para discutir los beneficios de la fortificación del arroz.

## **CULTIVO DE SELECCION DEL MAIZ**

**G. F. Sprague**

**Servicio de Investigaciones Agrícolas  
Departamento de Agricultura de E.U.A.**

La proteína de los granos de maíz corresponde a dos grupos totalmente distintos. La proteína del germen es esencialmente balanceado y tiene un valor biológico que se aproxima al de la leche descremada. La proteína del endospermo es deficiente en dos aminoácidos esenciales, lisina y triptófano. Los ensayos de alimentación con animales monogástricos indican que es poca la ganancia que se logra mediante la suplementación de aminoácidos a menos de que se proporcionen estos dos aminoácidos esenciales. La fracción soluble en alcohol, la zeína, contiene muy poca cantidad de estos aminoácidos y es esta fracción la que más se ve influida en la selección para mayores niveles de proteína.

En 1964, el Dr. Mertz y sus colaboradores de Purdue informaron que el opaque<sub>2</sub>, un mutante bien conocido del maíz, se caracterizaba por un perfil drásticamente alterado de aminoácidos. En fecha posterior, otro mutante, el floury<sub>2</sub> mostró poseer los mismos cambios generales en la composición de aminoácidos. Estos dos tipos de mutantes son conocidos comúnmente como de composición "rica en lisina". Esta terminología es quizá desafortunada puesto que el contenido de triptófano se modifica tan drásticamente como la lisina y varios otros aminoácidos se encuentran involucrados. Estos dos mutantes, opaque<sub>2</sub> y floury<sub>2</sub>, transforman los inconvenientes de la proteína del maíz normal en proteína con una eficiencia biológica sólo ligeramente inferior a la leche descremada. Varias de las personas que participaron en esta demostración se encuentran entre la audiencia y me gustaría referirme a ellas para que ampliaran el tópico de la calidad nutricional.

Al informarse de este nuevo hallazgo muchas personas comprendieron los beneficios potenciales del nuevo tipo de maíz tanto como alimento para el hombre como para los animales monogástricos. Como los dos genes habían sido ya previamente consignados como heredados recesivos simples, parecía que un sencillo procedimiento de cruzamiento retrógrado bastaría para transferir uno o ambos genes dentro de cualquier genotipo deseado. Las agencias públicas y diversas compañías privadas emprendieron extensos trabajos con estas líneas. El procedimiento habitual fue cruzar opaque<sub>2</sub> con una serie de líneas estándar; dichos trabajos avanzaron hasta la generación F<sub>2</sub> y de las mazorcas de ésta se obtuvieron semillas de opaque<sub>2</sub> que mostraban claramente la segregación. Dichos granos se utilizaron entonces como progenitores para el siguiente ciclo de cruzamiento retrógrado. Utilizando este proceso, se han obtenido versiones opaque<sub>2</sub> de un gran número de líneas estándar; cuando se han utilizado éstas para producir cruces sencillos comparándolas con su equivalente normal, los resultados de rendimiento en los Estados Unidos han sido desalentadores.

El trabajo de cultivo de selección se ha hecho avanzar lo más rápidamente posible utilizando dos generaciones al año. Al parecer se ha logrado mayor éxito en el programa de elevado contenido de lisina en Colombia, en donde se han logrado tres generaciones al año. No dispongo de rendimientos comparativos en Colombia pero en los Estados Unidos los mejores cruces sencillos de opaque<sub>2</sub> no han rendido más de 90-95 por ciento de sus equivalentes normales y la mayoría han rendido mucho menos. A menos de que se resuelva esta disparidad de rendimiento, los granjeros de los Estados Unidos no aceptarán los híbridos "ricos en lisina".

Diversos problemas se encuentran involucrados; todos relacionados con la textura harinosa del opaque<sub>2</sub>. La gravedad específica tiende a ser baja, dando un reducido peso por 100 granos. Los granos de tipo blando tienden a ser más susceptibles a las royas de las mazorcas que los tipos duros o extraduros. Son también más susceptibles a las plagas que atacan a los granos almacenados. Los granos de tipo harinoso también tienden a secarse más lentamente que sus equivalentes de tipo normal. En diverso grado, cada uno de estos factores ha contribuido al menor rendimiento o a la menor aceptabilidad de los híbridos hasta ahora evaluados.

En mi opinión, lo anterior no debe interpretarse como indicativo de que no es posible desarrollar híbridos con un contenido satisfactorio de lisina, sino que más bien es una indicación de lo inadecuado de los métodos utilizados.

El opaque<sub>2</sub>, como la mayoría de los caracteres de la herencia simple, está sujeto a cierto grado de modificación por genes menores. En el caso del opaque<sub>2</sub>, esta susceptibilidad a la modificación fue observada primero en estudios genéticos; algunos F<sub>2</sub> eran fáciles de clasificar, otros más difíciles. La influencia de los modificadores fue informada también por Alexander en la Conferencia sobre Contenido Elevado de Lisina. En algunos descendientes por cruce interna, los granos de opaque<sub>2</sub> pesaron sólo 60 por ciento de sus equivalentes normales en otras líneas la comparación fue de 90:100. La oportunidad de selección durante el cruzamiento retrógrado fue bastante limitada debido a la reintroducción en cada generación del genotipo recurrente constante del progenitor.

Hay algunas pruebas de que los factores modificantes también influyen el perfil de aminoácidos. Las líneas obtenidas pueden no mostrar el mismo balance útil de aminoácidos que el lote original de opaque<sub>2</sub>. No se ha aclarado si estas desviaciones representan dos sistemas modificadores independientes, pero cuando menos algunos de los segregantes de opaque<sub>2</sub> con densidad cercana a la normal tienen un contenido reducido de lisina y triptófano. Cuando la textura del endospermo desempeña un papel determinante de la aceptabilidad, se debe hacer menos énfasis en la clasificación fenotípica y confiar más en el análisis de la aminoácidos.

Se está continuando con el procedimiento de selección a corto plazo para la incorporación de opaque<sub>2</sub> o floury<sub>2</sub> en líneas endogámicas estándar, aunque no se haya tenido un éxito considerable hasta la fecha. Se están explorando varias alternativas a largo plazo. El primer paso, en cada caso, es la introducción de opaque<sub>2</sub> en amplias poblaciones. Los detalles subsecuentes de procedimiento varían y revisaré únicamente los caminos principales. En Illinois la presión de selección está siendo aplicada a la composición de lisina utilizando ensayos microbianos. El trabajo en Iowa se encuentra menos

avanzado pero se propone explorar varias posibilidades. La información actual sobre el procedimiento más eficiente para manejar diversas variables simultáneamente es bastante inadecuada. Las dos posibilidades evidentes son la selección secuencial o el uso de un índice de selección. La elección entre estas u otros procedimientos de selección depende de interrelaciones de importancia. De manera similar, los estudios paralelos comprenderán la conservación del rendimiento o la constante de porcentaje de proteína y la determinación de la velocidad relativa de progresos en el porcentaje de lisina.

Extensos estudios nutricionales con niños, efectuados tanto en Guatemala como en Colombia han demostrado ampliamente el valor biológico del maíz rico en lisina. En estas mismas áreas se ha demostrado también que el producto es localmente aceptable. Sin embargo, las ganancias nutricionales dependen de las prácticas locales de preparación de alimentos. Es de esperarse que todo el logro en proteínas se conserve bajo cualquier sistema de preparación de los alimentos que comprenda la utilización del grano completo, menos el pericarpio, ya sea que el producto se use como masa o tortillas. Sin embargo, con algunos otros métodos de preparación, puede perderse gran parte del mejoramiento en la calidad de la proteína. En partes de Nigeria y Malawi, el maíz se prepara para la alimentación mediante un burdo proceso que semeja el molido con agua, el cual comprende la eliminación del pericarpio y del germen, y el machacamiento con agua para reducir el tamaño de la partícula. En consecuencia, se pierde muy valiosa proteína y el producto final es casi puro almidón. Los estudios efectuados en Nigeria por algunos economistas han indicado que pequeños cambios en la manera de preparación resultan perfectamente factibles y ayudarían a retener gran parte de la proteína de calidad mejorada. Como la preparación del "Oge" es más un procedimiento que requiera un establecimiento y no una actividad casera, hay la esperanza de que se adopten métodos para mejorar su preparación.

En Nigeria del Sur, Uganda, y regiones ecológicas similares, una gran parte de la cosecha de maíz se come en la etapa verde o inmadura. Al ingerirse de esta manera, se obtendrá el mayor beneficio de la composición mejorada de aminoácidos. Sin embargo, parte de la cosecha se almacena y se utiliza el grano maduro. La necesidad de almacenamiento implica especiales problemas en las áreas tropicales bajas.

Los problemas especiales encontrados se ejemplifican por la experiencia con el opaque<sub>2</sub> blanco sintético recientemente logrado en Nigeria. En este caso, la característica opaque<sub>2</sub> fue introducida dentro de un sintético mediante el procedimiento habitual de cruzamiento retrógrado. En cada ciclo se hizo la selección de mazorcas F<sub>2</sub> que mostraran las características más evidentes de segregación. Después de tres generaciones de cruzamiento retrógrado, los granos opaque<sub>2</sub> fueron voluminosos y la propagación de estos granos constituyó el nuevo opaque<sub>2</sub> sintético. El rendimiento de este sintético fue igual o mejor que el tipo local Lagos White.

Sin embargo, la aceptación de este nuevo tipo ha sido menor a lo que se esperaba. Este sintético tiene menor resistencia a las plagas que el tipo promedio y por lo tanto es más atacado por gorgojos y polillas. Si no se cuenta con adecuadas condiciones de almacenamiento, la pérdida resultante después de dos o tres meses es bastante alta. A menos de que se pueda evitar esta desventaja ya sea a través de la selección o mediante mejores condiciones de almacenamiento, este sintético nunca logrará más que un uso limitado.

Esta discusión de los tipos de maíz ricos en lisina puede parecer bastante desalentadora. Es, sin embargo, realista. Dos puntos parecen estar bastante claros. Primero, las ventajas nutricionales que se derivan del uso de maíz rico en lisina son muy importantes y presentan gran potencial. Segundo, los problemas de selección son mucho mayores y más difíciles de solucionar de lo que sería de suponerse cuando sabemos que se trata de un carácter de herencia simple. La combinación de este carácter con todos los demás factores genéticos requeridos para lograr un rendimiento comparable y aceptación por el granjero representa un difícil problema para los investigadores. Sin embargo, el valor potencial de este cultivo es suficientemente grande como para que estos problemas sean eventualmente resueltos.

## **MAIZ RICO EN LISINA: PROBLEMAS DE UTILIZACION**

**H. C. Frost**

**Instituto de Tecnología de los Alimentos, CPC**

Dos hechos resaltan en cualquier consideración de los problemas ocasionados por la utilización de maíz rico en lisina:

1. Sólo hay una razón para tener en cuenta al maíz rico en lisina: la calidad de su proteína es significativamente mejor que la del maíz normal.
2. El mayor valor humanitario potencial del maíz rico en lisina reside en disminuir la abrumadora desnutrición entre los más pobres en las áreas urbanas y rurales de los países en donde esta gente consume elevadas cantidades de maíz per cápita.

A fin de precisar los problemas y las oportunidades y tratar de prever si el maíz rico en lisina puede lograr un papel de importancia en la lucha contra la desnutrición, es necesario considerar:

- a. Los aspectos económicos de los cultivos.
- b. Los problemas para lograr que los granjeros cultiven maíz rico en lisina.
- c. Los problemas de mercadeo y distribución.
- d. El posible impacto de la alimentación animal sobre la demanda de maíz rico en lisina.
- e. Los requerimientos de procesamiento y los problemas que acarrea.
- f. El empleo de maíz rico en lisina en los alimentos.
- g. Los verdaderos valores nutricionales del maíz rico en lisina y si se les pueden vender a aquellos que más lo necesitan.

### **Los aspectos económicos de los cultivos**

Existe un creciente cuerpo de información que demuestra que el maíz rico en lisina no presenta problemas especiales de plantado, cultivo y cosechado. Si se emplean semillas del primer cruce adecuadamente seleccionadas para cada área, conforme a ensayos de campo efectuados en los Estados Unidos, el rendimiento parece ser casi igual al maíz normal sobre la base de volumen pero la densidad del maíz rico en lisina es menor, lo cual origina una diferencia promedio general en peso del 6 al 8 por ciento. Esta es una desventaja de campo que el cultivo tiene que arrastrar hasta que los mejoramientos genéticos ahora en marcha puedan disminuir esta diferencia de rendimiento. Hay grandes variaciones de rendimiento de una a otra granja, pero lo mismo sucede con el maíz normal. En plantaciones en paralelo, los rendimientos del maíz normal y del maíz rico en lisina varían casi en el mismo grado de una a otra granja. Por supuesto, la amplia diferencia en rendimientos de país a país y de granja a granja

dentro de un país ocasionan grandes diferencias en el precio del maíz en los numerosos países en los que se cultiva.

### **Los problemas para lograr que los granjeros cultiven maíz rico en lisina**

En los países en desarrollo muchos granjeros son sumamente pobres. Rara vez tienen una verdadera educación formal. Su cultivo es con frecuencia su principal fuente de alimentos. Incluso si dichos granjeros tienen suficiente tierra para producir en exceso de sus necesidades, dependen en gran parte del maíz para su alimentación y como pequeña fuente de ingresos. Un cultivo nuevo y desconocido (para ellos) pone en peligro la misma existencia de su familia. No es de sorprender que estos granjeros resistan los esfuerzos para hacer que planten nuevos tipos de maíz. Incluso si aceptan plantar maíz rico en lisina en parte de su tierra, los granjeros tendrán que comprar semilla en vez de utilizar granos de su cosecha previa como simiente. Por lo tanto, con frecuencia es necesario garantizar un sobreprecio hasta del 15 al 20 por ciento sobre el maíz normal, para hacer que accedan a cultivar maíz rico en lisina. Esto aumenta su costo y ocasiona un precio de campo de 115 a 120 por ciento del maíz normal.

### **Problemas de mercadeo y distribución**

El maíz común se envía a través de adecuados sistemas de distribución cuya complejidad varía de un país a otro. El maíz normal no consumido en la granja puede ser llevado por el granjero al almacén de granos local. Se le traslada junto con otro maíz a depósitos más grandes en las ciudades y de ahí es comprado por los industriales o comerciales. Es esencialmente de un solo tipo que no necesita manejarse en forma especial. Un industrial que necesita maíz lo compra del almacenado en el depósito. Los costos de almacenamiento y manejo se reducen al mínimo. De manera contraria, el maíz rico en lisina tiene que ser separado del maíz normal de la granja, lo mismo en los depósitos locales y urbanos como en los sistemas de transporte. Esto puede aumentar el costo hasta por \$ 3.50 dólares por tonelada para cuatro meses de almacenamiento y \$ 0.50 por cada mes posterior. Suponiendo que el maíz normal tenga un precio de campo de \$ 80 dólares por tonelada, el precio comparable de campo para el maíz rico en lisina sería de \$ 92 dólares a \$ 96 dólares por tonelada y el precio para el industrial sería de \$ 110 dólares a \$ 115 dólares por tonelada contra \$ 95 por tonelada para el maíz normal, o sea un sobreprecio de 16 a 21 por ciento para el maíz rico en lisina. Evidentemente, esto constituye un problema para el industrial o el comerciante.

Pudiera argumentarse que sería mejor fortificar el maíz normal en vez de cultivar y procesar maíz rico en lisina. Resulta interesante comparar costos. Si se agregara lisina y triptófano al maíz normal para que estos aminoácidos alcanzaran el mismo nivel que en el maíz rico en lisina, y si se ajustaran las diferencias en el contenido de proteínas, se tendrían los siguientes costos:

	Costo para el industrial dólares/ton.	L-lisina <sup>1</sup> g requeridos	DL-triptófano <sup>1</sup> g requeridos	Costo del maíz fortificado <sup>5</sup>		
				Mercado <sup>2</sup>	Actual <sup>3</sup>	Proyectado <sup>4</sup>
Maíz normal	95	2205	525	152.90	127.60	114.15
Maíz rico en lisina	115	0	0	115.0	115.0	115.0

<sup>1</sup> Conforme a maíz normal con 9.4% de proteína y maíz rico en lisina con 10.5% de proteína. Maíz normal con 2.7 g de lisina/100 g de proteína y maíz rico en lisina con 4.8 g de lisina/100 g de proteína. El maíz normal con 0.7 g de triptófano/100 g de proteína y el maíz rico en lisina con 1.2 g de triptófano/100 g de proteína.

<sup>2</sup> L-lisina @ \$ 1.95/# en tambores de 100#; DL-triptófano @ \$ 90.00/kg en partidas de 100 kg tomado de Oil, Paint & Drug Reporter, noviembre 23 de 1970.

<sup>3</sup> L-lisina @ \$ 4.00/kg en partidas de 100 kg, DL-triptófano @ \$ 24.00/kg en partidas de 100 kg; de reciente cita de Ajinomoto Company of New York, Inc.

<sup>4</sup> Altschul, Aaron M., "Amino Acid Fortification of Foods", Tercera Conferencia Internacional de Ciencia y Tecnología, agosto 9-14, 1970, Tabla II, "Los precios calculados por libra de aminoácidos son los siguientes: L-lisina \$ 1; L-treonina \$ 8.50 y \$ 3; DL-triptófano \$ 5.90".

<sup>5</sup> Conforme a la cantidad de maíz requerida para proporcionar un contenido igual de proteína en el maíz normal y en el rico en lisina, así como cantidades iguales de lisina y triptófano. Costo por tonelada del maíz rico en lisina.

La posibilidad de lograr los costos proyectados para los aminoácidos sintéticos debe considerarse a la luz de las probables reducciones en el costo de maíz rico en lisina a medida que se logren los mejoramientos genéticos y aumente la confianza de los granjeros. Esto deja abierta la pregunta de los relativos méritos nutricionales de todos los aminoácidos naturales contra los aminoácidos en parte naturales y en parte sintéticos.

### Posible impacto de la alimentación animal sobre la demanda de maíz rico en lisina

Aparte de su valor en la alimentación humana, el maíz rico en lisina ofrece oportunidades para mejorar la nutrición de los animales. El ganado vacuno no obtendrá beneficios por comer maíz rico en lisina en comparación con el maíz normal. Los pollos pueden recibir mayores beneficios, pero estos no se han cuantificado comercialmente. Los cerdos se benefician con el maíz rico en lisina y esto ha sido cuantificado tanto en Colombia como en los Estados Unidos. En pruebas efectuadas por granjeros prácticos en más de 20 granjas de los Estados Unidos a principios de este año, el maíz rico en lisina disminuyó el costo de la cría de cerdos desde el destete hasta tenerlos listos para el mercado, obteniéndose una ganancia promedio de 2 ¢ de dólar por kilogramo de peso ganado, lo cual significa unos \$ 2.00 dólares de ganancia por cerdo para el granjero.

No estamos aquí para discutir alimentación animal pero éste puede ser un factor de importancia para convencer a los granjeros para que cultiven maíz rico en lisina y eventualmente para que baje su costo. Ambas contribuciones ayudarían a que más maíz rico en lisina estuviera disponible para aquellos que más lo necesitaran.

### Requerimientos de procesamiento y los problemas que acarrear

Nada es lo que se ganaría con el molido húmedo del maíz rico en lisina para producir ingredientes alimenticios. En efecto, es de esperarse que los rendimientos de este

procesamiento sean menos favorables aparte del mayor costo del maíz. El molido en seco sería un mejor método pero el carácter harinoso del endosperma del maíz rico en lisina hace que el producto tenga menor tamaño de partícula, con más harina y menos grumos. Esto disminuye su precio de venta; por lo tanto, un maíz de mayor precio nos da un producto que tiene menor precio de venta como ingrediente nutritivo.

Como se señaló inicialmente, la única razón para cultivar maíz rico en lisina es la elevada calidad de su proteína. La harina y los grumos de una molienda en seco contienen aproximadamente sólo la mitad de la proteína del grano. El resto se encuentra en el germen, la cascarilla, y demás partes dedicadas a la alimentación animal. Como el principal objetivo en el aprovechamiento de la proteína, pueden requerirse otros métodos aparte de la molienda en seco para mejorar los atractivos del maíz rico en lisina. Aún así, quedarían por resolver nuevos problemas como la economía de tales sistemas de procesamiento, el valor de la nueva mezcla producida, y la composición de los productos en relación con su aceptabilidad para necesidades alimenticias.

### **Empleo del maíz rico en lisina en los alimentos**

El maíz rico en lisina puede usarse en cualquier alimento en el que se emplee maíz común, teniendo en consideración las estructuras de grano más pequeño del endospermo. Si los granjeros cultivan maíz rico en lisina para su propio uso, no tendrán grandes problemas para usarlo como si fuera maíz normal. El mismo comentario puede hacerse para quienes viven en pequeñas poblaciones y áreas urbanas y quienes compran maíz y lo muelen para su propio uso. El problema es diferente para el industrial; si lanza al mercado alimentos de maíz rico en lisina duplicando los ya existentes en el mercado que están hechos con maíz normal, ofrece un producto mucho mejor para la nutrición pero el mayor costo de su materia prima lo obliga a poner un precio más alto a su producto, lo cual lo pone en desventaja con el precio de su competidor, siendo dudoso si se puede hacer que los grupos de escasos ingresos paguen mayores precios por motivos simplemente nutricionales. Esto hace que únicamente los productos nuevos tengan alguna oportunidad de competir. Esto significa un reto para la imaginación, gran habilidad para las ventas, y el costo extra de educar a los grupos de escasos ingresos para que compren los nuevos productos.

Podría argumentarse que la proteína del maíz rico en lisina es cara cuando se le compara con otras proteínas vegetales. Así es, si sólo se tiene en cuenta a la proteína. Al 10.5 por ciento de proteína y \$115 dólares por tonelada, la proteína cuesta \$1.085 dólares por kg, en comparación con la soya al 40 por ciento de proteína y \$175 dólares por tonelada o sean 43.6 ¢ por kg de proteína. Sin embargo, las grasas y los carbohidratos del maíz rico en lisina tienen valor como nutrientes. El aceite puede ser incluido en los productos o separarse del endospermo y rendir un buen precio cuando se vende como aceite refinado. Igualmente, el consumidor acepta por lo general mucho mejor el maíz que la soya. Por lo tanto, los dos productos en crudo tienen que compararse teniendo en consideración la aceptación del consumidor y todos los nutrientes que proporcionan, así como su valor por separado.

Si se pudiera procesar el maíz rico en lisina de manera que se recuperaran los tres nutrientes, y después controlar la relación de proteína y carbohidratos durante el procesamiento, se lograría un balance casi ideal de los tres nutrientes, proporcionando los niveles deseados de calorías y proteínas.

## **Los verdaderos valores nutricionales del maíz rico en lisina y la posibilidad de venderlos a aquellos que más lo necesitan**

El maíz rico en lisina tiene un contenido ligeramente mayor de proteína y de grasa y menor de carbohidratos. El contenido de minerales es casi igual y el de fibras es un poco más alto. La humedad, tanto en el campo como en el almacenamiento, tiende a ser un poco mayor. Su proteína tiene un perfil de aminoácidos más aproximado a los patrones deseados, como el Patrón Provisional de la FAO, el de la leche materna, y a los requerimientos señalados para los niños, como los establecidos por Holt y Snyderman en 1961. El Valor Biológico, la Utilización Neta de Proteína y la Digestibilidad de la proteína del maíz rico en lisina son mucho más altos que los del maíz normal. En realidad, se comparan favorablemente con los de la leche de vaca. Es un hecho que la proteína del maíz rico en lisina es de mayor calidad que cualquier otra proteína vegetal convencional.

Aunque se han obtenido resultados dramáticos con la proteína del maíz rico en lisina para combatir la desnutrición en los niños pequeños, y aunque se ha demostrado que las personas que consumen mucho maíz pueden contrarrestar la desnutrición cambiando simplemente el maíz normal de su dieta por maíz rico en lisina, queda sin embargo abierta la pregunta, "¿Puede venderse la mejor nutrición a los consumidores que pueden escoger libremente en el mercado productos de mayor precio pero sin otras ventajas evidentes?" Hay ciertas pruebas de que esto es posible, pero son tan escasas que no se pueden sacar conclusiones. Se requieren mucho más ejemplos antes de que las técnicas puedan conocerse lo suficientemente bien como para señalar con razonable certeza cómo lograr estas metas, cuánto sería su costo, y si realmente vale la pena la inversión.

### **Principales problemas y preguntas**

En conclusión, se citan los siguientes problemas y preguntas:

1. ¿Cómo se puede inducir a los granjeros a que cultiven maíz rico en lisina para cubrir las necesidades de su familia y para alimentar a sus cerdos?
2. ¿Cómo se pueden poner a disposición de los granjeros semillas a manera de incentivo?
3. ¿Cómo puede ponerse en distribución maíz rico en lisina en las tierras de pueblos y ciudades de modo que aquellos que dejen de cultivar sus granjas pero que continúen consumiendo grandes cantidades de maíz puedan beneficiarse con él?
4. ¿Cómo puede reducirse la sobrecarga del mayor costo del grano en bruto como un medio para hacer posible ofrecer más productos que contengan maíz rico en lisina a los habitantes de áreas urbanas?



## **MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DE MAIZ**

**Ricardo Bressani**  
**Instituto de Nutrición de**  
**Centroamérica y Panamá**

Un análisis de la información experimental disponible sobre la proteína de los granos de cereales y de su valor nutritivo indica que: 1) como una clase, las proteínas de los cereales son pobres en lisina y muchas son pobres también en uno o más de los otros aminoácidos esenciales; 2) la adición del o de los aminoácidos deficientes mejora la calidad de la proteína pero muy rara vez hasta alcanzar la calidad de las fuentes de proteína animal; 3) esto indica que el patrón de aminoácidos esenciales de las proteínas de cereales se aparta del patrón ideal, o sea, tienen, además de deficiencias, exceso de algunos aminoácidos esenciales lo cual disminuye la eficacia de su utilización biológica y 4) las proteínas de los cereales contienen menor cantidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales que las proteínas animales.

Con respecto a las proteínas de maíz, la deficiencia en lisina y triptófano fue señalada por primera vez hace unos 65 años, y la información obtenida desde entonces ha confirmado la existencia de tales deficiencias lo mismo que la presencia de desequilibrios, cuyo mejor ejemplo es el caso de la leucina.

La mayoría de las pruebas sobre las deficiencias de lisina y triptófano en las proteínas de maíz provienen de estudios en animales de experimentación. Sin embargo, hay cierta información proveniente del hombre, tanto de adultos como de niños. La figura 1 de este resumen presenta datos de niños alimentados con diversas cantidades de maíz como única fuente de proteína, con y sin suplementación de lisina y triptófano. El resultado es comparable a la respuesta obtenida de la alimentación con leche a niveles iguales de ingestión de proteína. Los resultados indican: 1) Que hay necesidad de comer 3 g de proteína por kg de peso al día, de maíz sin suplementos, para lograr un balance nitrogenado positivo; este nivel de proteína es equivalente a aproximadamente 38 g de maíz (8 por ciento de proteína) por kg de peso corporal al día. 2) La adición de lisina y triptófano mejoran la utilización de nitrógeno en un grado directamente relacionado con la ingestión de proteína. 3) Sólo con una elevada ingestión de proteína, la adición de los dos aminoácidos mejora la utilización de proteína hasta valores similares a los de la leche. 4) La figura también muestra la gran calidad de la proteína del maíz opaque-2, el cual incluso con una ingestión de 1.5 g de proteína/kg/día, da valores de retención de nitrógeno cercanos a los obtenidos con la leche. El nivel de ingestión de 1.5 g de proteína es equivalente a aproximadamente 14 g de maíz/kg/día. Estos datos muestran que la utilización de proteína aumenta de forma considerable por la adición de aminoácidos; sin embargo, la calidad obtenida no es la de la leche o de la proteína del maíz opaque-2. Las altas retenciones con maíz opaque-2 pueden interpretarse según sus mayores niveles de lisina y triptófano y sobre el mejor patrón de aminoácidos esenciales que el encontrado en el maíz común.

Tabla 1. Utilización de proteína en los niños alimentados con maíz, con y sin lisina y triptófano

	Edad (años) y peso (kilogramos)		
	2 años, 12.3 kg	6 años, 20.5 kg	10 años, 30.5 kg
Requerimiento diario de calorías (I)	1100	1600	2000
Maíz necesario para satisfacer (I) <sup>1</sup> (II)	310 g	451 g	563 g
Proteína derivada de (II) <sup>2</sup> (III)	24.8 g	36.1 g	45.0 g
Requerimiento mínimo de proteínas <sup>3</sup> (IV)	14.8 g	15.4 g	21.3 g
Proteína utilizable del maíz <sup>4</sup> (V)	7.9 g	11.5 g	14.4 g
Proteína utilizable del maíz fortificado con lisina y triptófano <sup>5</sup> (VI)	13.6 g	19.8 g	24.7 g

<sup>1</sup> Calorías en 100 g de maíz: 355

<sup>2</sup> Proteína en 100 g de maíz: 8

<sup>3</sup> Proteína con V.B. de 100%

<sup>4</sup> V.B. de maíz sin suplementos: 32%

<sup>5</sup> V.B. de maíz sin suplementos: 55%

Los datos sobre los niños se usaron para proyectar los hallazgos en términos prácticos. Dichos cálculos se presentan en la Tabla 1. Como las necesidades de energía sólo ocupan un segundo lugar en relación a las del agua, la tabla muestra como ejemplo la cantidad de maíz necesaria para satisfacer los requerimientos de calorías en niños

Tabla 2. Utilización de proteína en niños alimentados con maíz común y con maíz opaque-2

	Maíz común	Maíz común + lis. + trip.	Maíz opaque-2
Ingestión de maíz, g/día para niños de 5 años en Guatemala	130	130	130
Ingestión de proteína del maíz, g	10.4*	10.4*	13.4**
Req. mínimo de proteína, g ***	15.4	15.4	15.4
Valor biológico, %	32	55	69
Proteína utilizable, g	3.3	5.7	9.2

\* Contenido de proteína, 8%

\*\* Contenido de proteína, 10.3%

\*\*\* Valor biológico del 100%

de 2, 6 y 10 años de edad. En Centroamérica el maíz contiene aproximadamente 8 por ciento de proteína y sobre esta base la cantidad de maíz que satisface las necesidades de calorías proporciona 24.8, 36.1 y 45.0 g de proteína para los respectivos grupos de edad. A partir de los datos sobre balances de nitrógeno en los niños, se calculó el valor biológico del maíz con y sin suplementos en 55 y 32 por ciento respectivamente. Usando estas cifras, es posible calcular la proteína utilizable. Estos valores para el maíz no suplementado son de 7.9, 11.5 y 14.4 g para los niños de 2, 6 y 10 años, respectivamente, cifras que son menores a las necesidades de proteína para cada grupo. Por otra parte, el maíz suplementado con lisina y triptófano proporciona 13.6, 19.8 y 24.7 g de proteína utilizable. Aunque estos cálculos proyectan los datos en términos prácticos, debe señalarse que en primer lugar es casi imposible para un niño de 2, 6 ó 10 años consumir 310, 451, ó 563 g de maíz. Es posible, sin embargo, consumir aproximadamente la tercera parte de dichas cantidades. Esto significa un menor ingreso de nitrógeno y, por lo tanto un menor beneficio de la suplementación de aminoácidos. Encuestas nutricionales efectuadas en Guatemala muestran que un niño de 4 a 5 años de edad consume alrededor de 130 g de maíz. La tabla 2 presenta algunos cálculos sobre la proteína utilizable del maíz común fortificado con lisina y triptófano, y del maíz opaque-2. Los valores biológicos se calcularon conforme a los datos sobre los niños ya presentados. La adición de aminoácidos aumentó la utilización de proteína de 3.3 a 5.7 g. La mejor utilización se obtuvo con el maíz opaque-2. Esto se debió al mayor contenido de proteína y a su mejor calidad. Parecería, por lo tanto, que la utilización de la proteína del maíz aumentaría si su contenido total de nitrógeno fuera mayor.

La tabla 3 resume resultados representativos de los estudios practicados en ratas para encontrar una forma práctica de mejorar la calidad de la proteína en América Central. Estos datos muestran, como en el caso anterior, que los suplementos de aminoácidos, o un suplemento consistente de harina de soya y lisina, mejora la calidad de la proteína del maíz a juzgar por los mayores valores encontrados en las dietas de

Tabla 3. Suplementación del maíz tratado con cal sobre el valor nutritivo de la proteína

Proteína	Proteína, %	RPE	Valor nutritivo relativo % **	Proteína utilizable, %
Maíz *	7.9	1.26	33.7	2.66
Maíz * + 0.3% Lis + 0.1% Tri	8.0	2.78	74.5	5.96
Maíz * + Harina de soya + 0.1% Lis	9.7	2.43	65.1	6.31
Caseína	9.8	2.80	75.0	7.35
Maíz opaque-2 *	10.1	2.66	71.2	7.19

\* Tratado con cal

\*\* Valor nutritivo relativo a la caseína

**Tabla 4. Balance nitrogenado de perros adultos alimentados con una dieta de maíz y frijol con y sin suplementación de aminoácidos**

Tratamiento a la dieta basal	Balance nitrogenado mg/kg/día				
	Ingestión	Fecal	Orina	Absorbido	Retenido
Maíz común	375	121	155	254	99
Maíz común ** + Lis + Tri	374	116	118	258	140
Maíz común **	356	117	151	239	88
Maíz opaque-2 **	385	124	122	261	139

Promedio: 4 perros  
 \* Dieta basal: 82.8% de maíz + 10.5% de frijol + 6.7% de otros nutrientes  
 \*\* Maíz tratado con cal

maíz suplementado. Mejora también el valor nutritivo de la proteína en relación con el de la caseína, así como el porcentaje de proteína utilizable. Estos datos también parecen probar que el mayor contenido de proteína en el maíz, representado por el maíz suplementado con harina de soya y lisina, aumenta la proteína utilizable sobre la que se obtiene con la sola adición de aminoácidos. Mayor evidencia al respecto es la presentada por el maíz opaque-2, el cual, debido a su elevada calidad lo mismo que por su mayor contenido de proteína, da mayores porcentajes de proteína utilizable.

Muchos autores al parecer no se dan cuenta de que el maíz o cualquier otro cereal no se consumen solos. Debido a que los alimentos acompañantes por lo general proporcionan proteína y por lo tanto aminoácidos, es importante verificar los efectos de la suplementación de maíz u otros cereales en las dietas que consume la gente. En la tabla 4 se presentan los intentos de medir los beneficios del maíz suplementado en

**Tabla 5. Balances de nitrógeno de perros jóvenes alimentados con una dieta de maíz y frijol con y sin suplemento de aminoácidos**

Tratamiento a la dieta basal	Balance de nitrógeno Mg/kg/día				
	Ingestión	Fecal	Orina	Absorbido	Retenido
Maíz común **	399	152	206	247	41
Maíz común ** + Lis + Tri	374	156	143	218	75
Maíz común **	357***	157	165	200	35
Maíz opaque-2 **	407	165	127	242	115

Promedio: 6 perros  
 \* Dieta basal: 82.8% de maíz + 10.5% de frijol + 6.7% de otros nutrientes  
 \*\* Maíz tratado con cal  
 \*\*\* No se consumió toda la dieta

las dietas de maíz y frijol. En esta tabla representativa, se usaron perros adultos con elevados valores de retención nitrogenada con la dieta basal. La retención de nitrógeno mejoró con la adición de lisina y triptófano al maíz, o substituyendo el maíz común con maíz opaque-2. En la tabla 5 se presentan estudios similares efectuados en animales jóvenes. En este caso, la ingestión de proteína fue de 2.5 g/proteína/kg/día, y sobre la dieta basal, la retención de nitrógeno fue inferior a la del animal adulto, observada en la tabla anterior. La suplementación con lisina y triptófano mejoró la utilización de nitrógeno, pero se lograron valores mucho mejores con la dieta de frijol y maíz opaque-2.

Es de interés indicar que con la dieta común de maíz y frijol algunos de los animales no pudieron consumir el peso de la dieta equivalente a 2.5 g de proteína/kg/día, debido a su volumen así como a su escasa calidad.

TABLA 6  
BALANCES DE NITROGENO EN PERROS JOVENES ALIMENTADOS CON UNA  
DIETA CON Y SIN DIVERSOS SUPLEMENTOS

Tratamiento a la dieta basal	Ingestión de proteína, g/kg/día	Balance de nitrógeno Mg/kg/día					Retenido, % de la ingestión
		Ingestión	Fecal	Orina	Absorbido	Retenido	
Maíz común	2	311	137	146	174	28	9.0
+ Lis + Tri	2	321	138	107	183	76	23.7
+ N inespecífico	2+1	472	147	244	325	81	17.2
+ Lis + Tri + N ines.	2+1	475	141	196	334	138	29.0
+ Proteína	2+1	457	142	141	315	174	38.1

Promedio de 12 animales

Ambos estudios mostraron que el maíz suplementado es útil para mejorar la calidad de la dieta mixta, pero se logra mejor utilización de la proteína en los animales adultos que en los jóvenes. La razón probablemente radica en el hecho que los animales jóvenes requieren niveles más altos de proteína, los cuales son difíciles de satisfacer con la actual concentración de proteína en el maíz.

Para reforzar este punto se presentan los resultados de la tabla 6. La adición de lisina y triptófano al maíz común en la dieta de maíz y frijol mejoraron la utilización de nitrógeno en el nivel de ingestión de 2 g de proteína/kg de peso/día. El incremento fue de 28 a 76 mg de nitrógeno retenido.

Cuando la dieta basal de maíz común y frijoles se suplementó con una fuente de nitrógeno inespecífico para proporcionar en conjunto 3 g de proteínas/kg/día, la retención de nitrógeno fue prácticamente igual a la obtenida con la adición de lisina y triptófano al maíz usado en la mezcla alimenticia e ingerida en cantidad de 2 g de proteína/kg/día. Sin embargo, la utilización de proteína no fue tan elevada, como lo indica el porcentaje de retención de nitrógeno, que disminuyó de 23.7 a 17.2 por ciento.

Fue, sin embargo, cerca de dos veces mayor a la lograda con la dieta basal sola, ingerida en la proporción de 2 g de proteína al día. Se obtuvieron mejores resultados cuando los suplementos fueron lisina, triptófano, y nitrógeno inespecífico, lo cual aumentó la retención y la utilización de nitrógeno sobre los valores obtenidos con las dietas previas. Se logró un rendimiento aún mejor cuando el suplemento fue una proteína, como se aprecia en la última línea.

Estos resultados se interpretaron como indicativos, tal como se había pensado, de que la proteína de maíz de buena calidad puede proporcionar mayores beneficios si contiene mayores concentraciones de proteína. Por lo tanto, si se esperan beneficios prácticos de la fortificación de los granos de cereales con aminoácidos, es necesario encontrar el medio de incrementar la ingestión de proteína ya sea usando granos de cereal con mayor contenido de proteína o suplementos que proporcionen no sólo los aminoácidos deficientes sino también nitrógeno o proteína adicional.

Se deben también tener en cuenta otros nutrientes.

Para recalcar este punto, se presentan los resultados de la tabla 7, los cuales muestran que los beneficios de la lisina y el triptófano agregados al maíz se obtienen sólo cuando se agregan también otros nutrientes esenciales.

TABLA 7  
EFECTO DE DIVERSOS SUPLEMENTOS SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE UNA DIETA DE MAIZ Y FRIJOL

Dieta	Aumento de precio promedio, g **	RPE
Basal	26 $\pm$ 2.35	1.09 $\pm$ 0.07
Basal + Amin + Vit	26 $\pm$ 2.52	1.10 $\pm$ 0.08
Basal + Amin + Vit	54 $\pm$ 3.92	1.73 $\pm$ 0.08
Basal + Amin + Min	89 $\pm$ 3.35	2.37 $\pm$ 0.06
Basal + Amin + Min + Vit	107 $\pm$ 5.00	2.55 $\pm$ 0.06

\* Basal maíz-frijol: maíz, 72.4%; frijol, 8.1%; azúcar, 13.8%; raíces, 5.7% (Proteína 9.1%, 374 cal/100 g)

\*\* Promedio de peso inicial: 44 g

En el ejemplo presentado, la presencia de vitaminas y minerales resultó esencial para lograr una respuesta definida con la suplementación de lisina y triptófano. Estos datos confirman que la adición exclusiva de aminoácidos para mejorar la mala calidad de los cereales en las dietas, resulta insuficiente. Las mezclas de fortificación deben contener todos los nutrientes necesarios para la eficiente utilización de un patrón mejorado de aminoácidos. Esto, a su vez, demandará una ingestión mayor de otros nutrientes.

La fortificación con aminoácidos es un problema complejo con muchas implicaciones; sin embargo, no hay duda de que si se efectúa de manera adecuada, puede acarrear tremendos beneficios para la humanidad.

## FORTIFICACION DEL MAIZ – ACCIONES RECOMENDADAS

**Paul A. LaChance**  
Rutgers University

La agenda indica que hable sobre las acciones recomendadas en el campo de la fortificación del maíz.

Quisiera enfocar este problema a la luz del trabajo presentado por el Dr. Ricardo Bressani y en el contexto del problema en los países donde se consume principalmente el maíz. En el esquema total del desarrollo nacional en cualquier país, hay varias áreas claves que pueden afectar el desarrollo de recursos humanos. Puesto que se cuenta con gran número de datos totalmente válidos en el sentido de que estos recursos humanos se encuentran comprometidos por la presencia de desnutrición, en particular desnutrición calórico-proteica, y la cual se agrava por los problemas de salud pública, con elevada incidencia de mortalidad y morbilidad por infecciones y un concomitante rendimiento educacional bajo, un esquema nacional de desarrollo tiene tres áreas que es necesario recalcar: educación, salud pública y nutrición.

Los datos existentes demuestran con muy escasas reservas que los esfuerzos para promover la educación, o sea incrementar la cultura de un pueblo en desarrollo, pueden ser gravemente constreñidos por la apatía y la enfermedad y, en particular, por la desnutrición proteica durante el desarrollo "in utero" o en la infancia. Existen también datos en el sentido de que los esfuerzos para mejorar la calidad de la salud pública por medio de esquemas sanitarios y de vacunación, así como por otros procedimientos de medicina preventiva, no incrementan de manera invariable la *calidad* de los recursos humanos, aun cuando pueden en ocasiones prolongar la vida de dichos individuos e incluso disminuir la incidencia de enfermedades. En otras palabras, los procedimientos de salud pública disminuyen la incidencia de agresiones a los recursos humanos en cuestión; sin embargo, estos procedimientos hacen poco por la bioquímica de los recursos humanos *per se* y por tanto por su comportamiento y su rendimiento educacional. Además, sabemos que la intervención en la nutrición basada en la provisión de suplementos que no son parte de los hábitos dietéticos de la gente resultan de limitada utilidad en muchos aspectos. Por otra parte, las intervenciones nutricionales con suplementos con mucha frecuencia no alcanzan a los individuos que más lo necesitan, o sea, las mujeres durante el embarazo y el niño durante la lactancia e inmediatamente después del destete.

Ahora bien, si se considera a un país con alimentación a base de maíz, o sea, en el cual este cereal proporciona del 70-80% de la ingestión diaria de calorías y proteína, se comprende que es posible efectuar una importante intervención sobre la nutrición por medio de la manipulación de este importante alimento en la dieta, sin necesidad de ningún cambio en los hábitos dietéticos de la gente. El mejoramiento nutricional del maíz puede lograrse por dos medios principales:

- (1) El empleo de un maíz con mayores concentraciones de proteína de buena calidad, como las cepas de maíz ricas en lisina.

(2) Fortificación del maíz existente mediante la adición de proteína y de aminoácidos limitantes.

Ambas intervenciones nutricionales pueden aumentar la calidad de la dieta y la calidad de los recursos humanos. El uso de maíz híbrido mejorado requiere la existencia de una tecnología para la producción selectiva y la búsqueda de nuevas variedades en el país en cuestión, que se disponga de una cantidad adecuada de semilla y que el servicio de extensión sea suficiente para lograr el empleo extenso de este maíz, de modo que se reconozca como una ventaja el valor económico del maíz, a pesar de su posible bajo rendimiento o mayor precio.

En mi opinión existen puntos de investigación agrícola sobre la capacidad de las cepas mejoradas de maíz para satisfacer las necesidades en cuestión; sin embargo, la producción, procesamiento, mercadeo, actividades de extensión, y otras consideraciones asociadas con cepas de maíz nutricionalmente mejoradas requieren considerable tiempo y grandes inversiones en términos de personal adiestrado y dinero, las cuales la mayoría de los países en desarrollo simplemente no pueden erogar en este momento. Por lo tanto, nos parece útil considerar las posibilidades de fortificación de este producto, la cual puede lograrse a breve plazo y con una inversión mínima.

Los resultados de las investigaciones efectuadas por el doctor Bressani, en la Universidad Rutgers y en el INCAP, indican que la tecnología para la adición de lisina y triptófano al maíz y/o la adición de lisina y soya o leche como fuentes de triptófano para dicho cereal es técnicamente factible y particularmente adecuada en forma de gránulos o granos sintéticos. Más aún, este enfoque es compatible con los canales de distribución mercantil disponibles. La anterior información puede resumirse en la siguiente forma: (1) la calidad de la nutrición puede lograr un impacto muy importante sobre el desarrollo nacional; (2) el concepto nutricional de la fortificación del maíz es válido; y (3) la tecnología de la fortificación del maíz es factible.

Pueden señalarse las siguientes recomendaciones para la acción: si deseamos que la acción tenga gran impacto con un costo mínimo y en el menor tiempo posible, propongo que la *primera prioridad* debiera ser: (1) determinar la importancia de la fortificación del maíz como una intervención de la nutrición a nivel de las pequeñas poblaciones y (2) concomitantemente planear la expansión de esta intervención sobre la nutrición a otras villas, fincas, plantaciones, mercados urbanos y suburbanos, en cada subdivisión de cada país en toda América Central y en cada una de las áreas de América Latina y Africa donde se consume maíz.

Además, si deseamos también que la acción tenga un máximo impacto por un costo mínimo durante un período continuo, de duración no precisada, propongo que la *segunda prioridad* debería tratar al mismo tiempo de (1) desarrollar al máximo la investigación agrícola sobre agronomía del maíz y producción selectiva; (2) establecer programas de educación en ciencia de la alimentación que estén integrados y capitalicen, al mismo tiempo que mejoren, las capacidades existentes en la ciencia agrícola, incluyendo el desarrollo e inauguración de un programa para técnicos en tecnología; (3) desarrollar e implementar un programa de extensión agrícola y alimenticia; (4) desarrollar y utilizar un plan de manejo para integrar y vigilar las tres actividades mencionadas y, finalmente (5) establecer procedimientos para desarrollar, someter a prueba y poner en práctica "parámetros" confiables de desarrollo nacional que reflejen de manera sistemática el estado y la importancia del programa general de intervención sobre el desarrollo.

## SELECCION DE LINEAS DE SORGO PARA MEJORAR EL CONTENIDO DE PROTEINA, LA COMPOSICION DE AMINOACIDOS, EL RENDIMIENTO Y LA DIGESTIBILIDAD

R. C. Pickett  
Universidad Purdue

El sorgo se encuentra entre los principales cultivos del mundo pero se le ha colocado en una prioridad baja para adecuados programas de mejoramiento en la mayoría de países en donde su cultivo es importante. Se le puede usar en muchos otros países pero ha sido objeto de muy poca o ninguna atención. En la actualidad, la cantidad de investigación que se le dedica está intermedia entre mayor para el arroz, el maíz y el trigo y menor para el mijo, las legumbres, las cosechas de raíces y tubérculos, las verduras, y las semillas oleaginosas o sus derivados.

La "revolución verde" en el arroz, el trigo, y el maíz es de tremenda magnitud y bastante bien conocida. Ahora es el tiempo de reconocer que también se ha iniciado una revolución verde en el sorgo, tanto en términos de mayor superficie de cultivo como de mayor productividad por hectárea. Desde el período inicial de 1948-52 hasta el año de 1968 hubo un incremento del 20 por ciento en la superficie dedicada a su cultivo en Africa y de 18 por ciento en el rendimiento por hectárea. En Asia el área se incrementó en 17 por ciento y el rendimiento en aproximadamente el 39 por ciento. En América del Sur se aumentó desde un área muy pequeña hasta una superficie aproximadamente del 16 por ciento a la del Africa, lo cual significó un incremento de 1288 por ciento por lo que respecta a superficie, mientras que el rendimiento por hectárea aumentó en un 80 por ciento. En E.U.A. el área aumentó en un 83 por ciento y el rendimiento por hectárea en 163 por ciento. Los rendimientos de sorgo han aumentado casi con doble rapidez que los demás cereales importantes. Por lo que respecta al rendimiento bajo condiciones óptimas, se lograron casi 14,600 kg por hectárea en ensayos repetidos, primero en la Universidad Purdue en 1958 y diez años después en cultivos comerciales. Ahora estamos viendo rendimientos de 16,800 a 22,400 kg por hectárea en pruebas repetidas en Purdue y nos atrevemos a pronosticar que los mejores rendimientos comerciales alcanzarán estas cifras en los próximos 10 años. El período de impacto de los híbridos comenzó en 1956.

La selección de líneas endogámicas de las fuentes mundiales de plasma germinal de sorgo han logrado líneas que rinden aproximadamente 11,200 kg por hectárea e híbridos de ellas que ahora alcanzan rendimientos de 16,800 kg por ha o más. A partir de julio de 1966 la AID comenzó a financiar un proyecto de investigación denominada "Herencia y Mejoramiento de la Calidad y el Contenido de Proteína en *Sorghum bicolor* (L.) Moench" en la Universidad Purdue. El interés principal ha sido la cantidad de proteína y la composición de aminoácidos en el material, con rendimiento económico y digestibilidad. Durante este mismo período se han efectuado grandes esfuerzos para aumentar la cantidad de proteína en el arroz, el trigo y el maíz, y quisiera asegurar que sin estos esfuerzos el porcentaje de proteína y la calidad de la alimentación mundial

y de los granos para el ganado habría disminuido mucho más de lo que está actualmente. Como informó Bill Hoover, la proteína en realidad ha disminuido más del uno por ciento en el trigo de Kansas y en la mayor parte de los Estados Unidos. Este período de muy rápido aumento en el rendimiento es realmente el momento para tener un incremento en la proteína de los principales cultivos de cereales del mundo. El sorgo ha sido considerado ya una buena fuente de proteína puesto que es de 1 a 2 por ciento superior al maíz que es el cereal que más se le puede comparar. La variabilidad de la proteína ha sido considerable y parecería permitir una selección para un incremento del 50 al 100 por ciento en los niveles de rendimiento económico. Hay varias líneas de sorgo, incluyendo algunas de materiales resistentes a las aves que tienen una digestibilidad característicamente baja, lo cual constituye un problema muy importante para el programa de mejoramiento. Como se dispone de muchos tipos muy digestibles, es de esperarse que se pueda combinar la digestibilidad con el mejor rendimiento y la mayor cantidad y calidad de la proteína.

El sorgo se utiliza en la actualidad como el principal cultivo para alimentación humana en África y Asia. En estas áreas se le consume principalmente como grano íntegro y se le procesa en el hogar. A medida que los niveles de ingreso mejoran en estas áreas y en el resto del mundo, el sorgo se vuelve el principal grano disponible para alimentación animal, incluyendo los pollos como primera prioridad y después los cerdos, con los rumiantes muy por detrás en los países menos desarrollados.

Se ha encontrado que el sorgo es muy útil como cultivo de rotación después del arroz o como cultivo de corta duración para seguir al trigo en muchas de las áreas más secas del mundo. A fin de que los nuevos genotipos puedan ser eficazmente estudiados y subsecuentemente producidos, deben ser tratados como parte de un paquete de manejo coordinado con ingresos suficientes y con un programa de acuerdo con las condiciones ambientales disponibles.

Un antecedente importante para el presente trabajo fue la adquisición y distribución de la colección mundial de sorgo por la Fundación Rockefeller con colaboradores en todo el mundo. Esto fue esencial para proporcionar la variabilidad para el actual programa de mejoramiento. En la actualidad hay dos preocupaciones acerca de la colección. Una es si la misma representa adecuadamente toda la variabilidad que ocurre en la naturaleza. Los doctores Harland y de Wet han efectuado recolecciones anuales en las áreas de África que en la actualidad no se encuentran adecuadamente representadas. Además están recolectando los tipos agrestes y silvestres que casi no están representados en la colección mundial. Este año se adquirieron del Camerún 2,000 nuevas líneas diversas, cuya fuente fue perfectamente bien documentada y que representan una importante adición. Además, se están haciendo en la actualidad colecciones por investigadores locales en Mali, Etiopía y Corea, ya que su variabilidad disponible no se encontraba bien representada. El tipo Kaoliang, disponible principalmente en el noreste de Asia es en la actualidad el grupo más deficiente entre los tipos cultivados. La segunda preocupación es lo adecuado de las muestras de la colección, lo cual se encuentra actualmente bajo estudio. Resulta ya evidente que existe mucha variabilidad inusitada dentro del grupo de Guinea y en el grupo Kaoliang. Se espera poder muestrear muchos otros subgrupos en un futuro próximo. Las variaciones en la composición de proteína y de aminoácidos limitantes encontradas hasta el momento actual son las siguientes:

7 a 26 por ciento para la proteína

.34 a 4.51 para el triptófano (los niveles más bajos pueden significar destrucción, la metodología no está aún bien desarrollada)  
.98 a 4.62 para metionina/cistina (aminoácidos azufrados)  
3.26 a 5.51 para isoleucina  
9.5 a 17.1 para leucina  
.272 a .380 para la relación isoleucina/leucina (se requeriría un valor más alto)

En todos los tipos de grano se han encontrado altos niveles de proteína y de composición de aminoácidos. Los tipos farináceos escogidos por J. R. Quinby fueron analizados y se encontró una distribución más o menos normal en la composición de proteínas. En las primeras etapas de este estudio de la composición del grano de sorgo, se encontró que la variación era relativamente alta entre las plantas, los genotipos y los distintos años. El desarrollo de adecuados procedimientos de muestreo de diversas semillas polinizadas libremente nos ha llevado a una excelente repetibilidad de la composición entre los genotipos. Tenemos varias docenas de líneas con un nivel de lisina desde poco más de 2.5 hasta 13 por ciento de proteína que muestra una constante superioridad en composición, y rendimiento mejor en los híbridos verificados en diversos ambientes variables. Estamos buscando ahora interacciones específicas de localización. Como fue informado ya por el doctor Mertz, en algunos de nuestros informes previos de trabajo, los cambios en el endospermo del sorgo parecen ser de los mismos tipos que ocurren en el maíz. Aparentemente son gobernados por varios genes y no por uno solo como en el caso del maíz "opaque-2". Además de estas variaciones en el endospermo, el embrión también puede variar en forma importante. La composición del embrión es mucho más alta que la del endospermo de la misma semilla, con variaciones en la proteína entre 18 y 25 por ciento en semillas donde el endospermo es aproximadamente la mitad, y la lisina varía de 5.5 a 6.5 por ciento, lo cual es de dos a tres veces la cantidad encontrada en el endospermo respectivo. El contenido de aceite también presenta considerables variaciones de aproximadamente 1.2 a 6 por ciento.

Se ha desarrollado una red de colaboradores en aproximadamente 60 países alrededor del mundo, contándose en la actualidad con más de cien plantaciones en las cuales se está cultivando material para este programa. Se ha estructurado una lista de correo para informes de investigación de este proyecto, en la cual se cuenta ya con casi 600 nombres. A fin de efectuar pruebas preliminares sobre las posibles áreas amplias de adaptación, se ha muestreado extensamente aproximadamente el 50 por ciento de la colección mundial que es insensible a la duración del día, y se ha proporcionado material muy variado a los colaboradores. En 1970, se enviaron de 200 a 300 líneas endogámicas a 103 plantaciones de 53 países, y otras 100 líneas ricas en proteína y en lisina a otras 12 plantaciones. Una de las mayores contribuciones, hasta el momento, ha sido el proveer a estos programas de selección con un número máximo de diversas líneas con potencial de rendimiento, y elevada cantidad y calidad de proteína. Para el futuro inmediato, nos parece que es posible lograr tipos de rendimiento relativamente elevado que sean ricos en proteína. Para evaluarlos adecuadamente, estas nuevas variedades deben ser sometidas a adecuados sistemas de cultivo y de manejo. Parecen existir dramáticas variaciones en la composición de aminoácidos, las cuales pueden incorporarse en un futuro próximo en líneas de mejor rendimiento y más ricas en proteína. Se han hecho muchas selecciones en cada país con el material distribuido hasta la fecha. Generalmente, se les incorpora dentro de los programas de selección para recombinar el alto rendimiento y la cantidad y calidad de la proteína con la resistencia local y la adaptación. En varias localidades de América del Sur, las líneas seleccionadas

directamente de nuestro material han excedido el rendimiento de las mejores pruebas. Una variedad en Colombia fue llamada "Marupaanste" y está siendo sometida en la actualidad a posteriores comprobaciones para determinar su amplitud de adaptación y superioridad de rendimiento.

La única limitación grave para la amplitud de adaptación de este material ha sido en lo referente a la altitud de la zona. Estamos ahora en proceso de desarrollar un sistema a considerable altitud en el cual incorporar selecciones adaptadas en México con algunas nativas de Etiopía y otras localidades elevadas.

La comprobación biológica es una necesidad absoluta para medir el mejoramiento del valor nutricional mediante cambios en la composición. Hasta el momento, se han efectuado ensayos preliminares con pruebas *in vitro* utilizadas para predecir valores en pruebas de alimentación. Se han hecho algunas pruebas de alimentación en ratas y pollos. En el futuro inmediato, se requerirán pruebas biológicas adicionales para determinar el material proteico mejorado que haya sido incorporado en líneas adaptadas localmente en otros países.

Otro factor necesario es una mayor atención al intercambio de información sobre los programas de mejoramiento del sorgo mediante selección, que se llevan a cabo en el mundo. Se ha iniciado la ampliación de la actual lista de colaboradores, así como la distribución de análisis, investigación y material experimental. Necesitamos distribuir información de nuestra instalación, pero también de otras estaciones relacionadas entre investigadores dedicados al estudio del sorgo, y necesitamos también la distribución de estudios de metodología entre investigadores de otros cultivos de cereales. Un elemento crítico para llevar a cabo este trabajo se ha iniciado en muchos países del mundo, consistente en ayuda para la planeación y manejo de los cultivos por medio de visitas personales a los investigadores respectivos. Uno de los mayores acontecimientos hasta el momento ha sido el grado en el cual las autoridades han invertido en amplios programas de investigación.

Si bien el sorgo es principalmente un cultivo para consumo humano en gran parte de África y Asia, es primordialmente un cultivo para alimentar animales en el resto del mundo. Es probablemente el primer grano, en muchas áreas, que se elimina de la dieta humana para ser consumido por los animales. Sin embargo, en América del Sur es habitual encontrarlo mezclado con trigo y otros cereales en la dieta humana. Por lo tanto, es posible usarlo en la dieta humana en sitios o épocas de escasez y dejarlo para alimento de los animales en épocas de abundancia.

## SELECCION DE MIJO PERLA

Glenn W. Burton

Servicio de Investigaciones Agrícolas  
Departamento de Agricultura de E.U.A.

Los mijos (8 especies) ocupan más de 40.500,000 hectáreas y proporcionan del 80 al 90 por ciento de las calorías para 250.000,000 de las personas más pobres y necesitadas del mundo. También constituyen el alimento (forraje y granos) para millones de animales.

El mijo perla (*Pennisetum typhoides*) es, con mucho, el mijo más importante fuera de China, Manchuria y Rusia; se cultiva en 18.225,000 hectáreas, principalmente como grano para consumo humano. Es sumamente resistente a la sequía y el calor y produce grano en regiones demasiado calientes y secas para otros cereales. Aunque puede crecer en suelos arenosos pobres, tiene un gran potencial y responde bien a la fertilización y la irrigación. Los informes sobre rendimiento de grano en la India varían de 392 a 8,960 kilogramos por hectárea. El mijo perla produce forraje libre de HCN, de elevada calidad, lográndose con él, un aumento diario de peso en los novillos, de aproximadamente un kilogramo, y ganancias de peso vivo por hectárea de más de 560 kg.

Tiene menores problemas de plagas que otros cereales, pero a las aves les encanta su grano y son el mayor enemigo del mijo. Sus enfermedades más graves son el cornuelo, el oidio y el tizón.

El mijo perla es una robusta gramínea arracimada (de 1.80 a 4.50 m de alto), anual, con semillas dispuestas en espadaña (de 15 a 120 cm de largo). Puede producir hasta 30,000 semillas libres de cascabillo (de 4 a 8 mg) por planta. El mijo perla es un diploide ( $2n = 14$ ) que se reproduce sexualmente. En su mayor parte, se poliniza en forma cruzada debido principalmente a su hábito de floración protoginea.

El grano de mijo perla es más rico en proteína que la mayoría de los cereales. Las semillas de 180 líneas endogámicas de un plantío experimental moderadamente fertilizado en Tifton, Georgia, en 1966, variaron de 8.8 a 20.9 por ciento y promediaron 16.0 por ciento de proteína. El espectro de aminoácidos esenciales es similar al del sorgo. Un informe de adelantos del Instituto de Investigación Agrícola de la India indica que el contenido de proteína del grano cultivado cerca de Delhi, India, varió de 10.2 a 23.0 por ciento y el contenido de lisina en la proteína de 1.56 a 3.02 por ciento.

Los investigadores de la India informaron que el contenido de grasa varió entre 4.3 y 6.5 por ciento en las semillas de mijo perla. Encontramos un promedio de contenido de grasa de 4.5 por ciento con porcentajes de 20.1, 3.9, 25.6, 45.1 y 3.7 para los ácidos grasos palmítico, esteárico, oleico, linolénico, respectivamente.

Los granos de mijo perla son ricos en minerales, con buenos niveles de calcio, fósforo, magnesio y hierro.

Los informes de la India indican que el grano de mijo tiene elevado contenido de tiamina (0.33 mg), un contenido medio de riboflavina (0.16 mg), un contenido aceptable de ácido nicotínico (3.2 mg) y niveles relativamente elevados de vitamina A (200 U. I./100 g). La semilla de mijo amarillo contiene hasta 2.0 ppm de caroteno, o sea la mitad del maíz amarillo.

El Centro Técnico Moffett, de Argo, Ill., encontró que el grano de mijo perla Tiflate contenía 17.4 por ciento de proteína, 4.9 por ciento de grasa y 61.5 por ciento de almidón en peso seco. Esto fue más proteína y menos almidón que las muestras comerciales promedio de maíz o sorgo. Estos investigadores encontraron contenidos de almidón muy similares para los tres cereales.

Se ha efectuado mucho menos investigación con el mijo perla que con otros cereales. La variación morfológica en las especies iguala o excede la de muchos cereales como el maíz y el sorgo. Sólo se ha investigado una pequeña fracción del plasma germinal mundial de mijo perla para aquilatar la calidad del grano. Como el mijo perla, el sorgo y el maíz tienen muchos caracteres morfológicos similares, hay buenas razones para suponer que las propiedades químicas de sus granos también pueden ser paralelas.

El mijo perla es fácil de manipular en un programa de producción selectiva. Los patrones citoplásmicos machos estériles actualmente en amplio uso permiten la producción comercial de híbridos  $F_1$  que han rendido cerca de dos veces más grano que las variedades libremente polinizadas de la India. Hemos desarrollado excelentes caracteres tempranos y enanos de herencia simple, que pueden transferirse rápidamente a variedades buenas en otros aspectos. Tenemos técnicas sencillas que nos permiten producir, cuando menos, cuatro generaciones al año. Proporcionando adecuado apoyo, los investigadores pueden desarrollar rápidamente variedades superiores de mijo perla e híbridos que materialmente sobrepasarán en rendimiento, y quizás en calidad, a las variedades actualmente usadas por la mayoría de los pueblos que comen este cereal en el mundo.

### **Apoyo sugerido de la AID**

El mejoramiento de la calidad del mijo perla mediante cultivo de selección tiene sus ventajas. Gran parte del área en donde se cultiva y se consume mijo es bastante subdesarrollada. Con frecuencia se le "muele" en el hogar, muchas veces cada tercer día debido a la corta "vida media" de la semilla molida. En este caso, la fortificación parecería difícil de lograr. Los costos del cultivo de selección deben ser principalmente no repetitivos y resultar a largo plazo más baratos que la fortificación.

El apoyo en las siguientes cinco áreas podría acelerar materialmente el mejoramiento de la calidad del grano de mijo perla mediante el cultivo de selección.

1. Las colecciones de plasma germinal son los ladrillos del productor selectivo de plantas y en este caso confiamos que rindan las buscadas características de calidad. Las actuales colecciones, quizá con nuevas adiciones, deben aumentarse y estabilizarse poniendo parte de cada una en almacenamiento prolongado.
2. Alguien se tiene que encargar de analizar y catalogar el grano de colecciones estables de plasma germinal cultivado bajo adecuados ambientes uniformes con determinados rendimientos, tamaño de grano, etc.

3. Para facilitar la producción selectiva, los genetistas deben precisar el modo en que se heredan las cualidades importantes de los granos.
4. Alguien, quizá los agrónomos locales en cada gran área de producción, debe desarrollar un paquete de prácticas de producción y precisar sus efectos sobre la calidad del grano.
5. Los químicos deben desarrollar pruebas baratas rápidas, pero precisas y de bajo costo, para poder estudiar grandes poblaciones en busca de la calidad específicamente buscada.
6. Una vez desarrollados los métodos sugeridos, puede ser aconsejable usar radiaciones ionizantes o mutágenos químicos para mejorar la calidad.



## ¿POR QUE NO FORTIFICAMOS LA SAL?

F. James Levinson  
Universidad Cornell

### I

Hace varios años, el Dr. C. Gopalan, Director del Instituto Nacional de la Nutrición, en la India, sugirió que su país considerara la fortificación de la sal como un medio de hacer frente a deficiencias nutricionales, en particular de hierro y de calcio, en la dieta de la población. La sal estaba ya siendo yodada para combatir el bocio en muchos países, y sus ventajas como vehículo de otros nutrientes eran varias: <sup>1</sup>

- A diferencia de otros vehículos, la sal es consumida por cualquiera, independientemente de la edad, nivel de ingresos, región o cultura.
- Los niveles de suplementación son más fáciles de determinar dadas las cantidades relativamente constantes de sal que se consumen.
- La producción de sal está más centralizada que la producción o procesamiento de otros vehículos.
- Se pueden agregar hierro y calcio a niveles adecuados para satisfacer la mayoría de las deficiencias, y a un costo insignificante.

La fortificación de la sal pudo haber sido iniciada inmediatamente, excepto por unas cuantas cuestiones técnicas. Una de éstas fue la identificación o preparación de compuestos estables de hierro capaces de absorberse adecuadamente al ser introducidos con el medio salino. Otras fueron cuestiones meramente de ingeniería, relacionadas con la mecánica para la adición de nutrientes en gran escala con una pérdida mínima de material.

Reconociendo las importantes ventajas de este enfoque y, al mismo tiempo, apreciando las dificultades implicadas para llegar eficazmente a los grupos vulnerables en los países de escasos ingresos, uno hubiera esperado considerable respuesta de parte de la comunidad internacional interesada en la nutrición (centros de investigación, universidades, y agencias de asistencia internacional) para resolver estos problemas y ayudar a iniciar programas de fortificación en otros países. En un momento en que tantas de estas instituciones están buscando medidas inmediatas y de importancia, ¿qué podía ser más importante e inmediato? el hecho es que, excepto el Premio Nobel George Wald y unos cuantos científicos del Japón, casi no ha habido respuesta.

Esta falta de respuesta es sorprendente, ya que las instituciones de investigación y asistencia internacionales, y particularmente de los Estados Unidos, han respondido bastante bien a las innovaciones en los programas de desarrollo. Se están haciendo esfuer-

<sup>1</sup> Las ventajas y la tecnología de la fortificación de la sal en la India se tratan en el libro de Levinson, F. James, y Berg, Alan D. "With a Grain of Fortified Salt", *Food Technology*, septiembre 1969, págs. 70-72.

zos educacionales a través de redes escolares de televisión, facilitadas por los satélites de comunicación. La enseñanza y el aprendizaje programados se están comenzando a utilizar para hacer frente a la escasez de instructores adiestrados en estos países. Se ha emprendido la investigación intensiva, altamente original, para encontrar nuevos y mejores dispositivos anticonceptivos para el control de la población. Las técnicas de manipulación genética de las cepas representan una divergencia importante de la tradicional investigación agrícola. Y considerable trabajo se está efectuando en los E.U.A. y en otros países sobre la utilización de formas no convencionales de proteína. ¿Por qué entonces esta duda cuando resulta un medio atractivo y sencillo de combatir rápidamente importantes enfermedades profesionales?

La pregunta es importante y con ramificaciones que van más allá de la fortificación de la sal. Así, puede ser útil para examinar los componentes de esta resistencia y ver si es posible hacer algunas generalizaciones sobre su naturaleza y validez.

Las razones presentadas difieren ampliamente, pero caen dentro de cinco categorías:

1. *Se dispone de adecuados nutrientes de las fuentes alimenticias locales.* De acuerdo con este argumento, las deficiencias nutricionales continuarán hasta que logremos cambios en las dietas, los cuales pueden lograrse sólo a base de sostenidos esfuerzos educacionales. La fortificación de los alimentos sólo proporciona un paliativo temporal y disminuye la sensación de urgencia sobre la tarea principal. En realidad, puede complicar el proceso al proporcionar una falsa impresión, a la larga, de que uno puede satisfacer todos sus requerimientos por medio de uno o dos alimentos.

2. *El espectro del estado nutricional dentro de una población es demasiado amplio para prescribir soluciones de fortificación.* Las deficiencias varían considerablemente de región a región, entre las áreas rurales y urbanas, y entre los grupos culturales y religiosos. Es decir, no es posible una fortificación estándar para satisfacer las necesidades nutricionales.

3. *Ciertos grupos en la comunidad pueden no beneficiarse o incluso afectarse adversamente con la fortificación obligatoria de un producto de consumo como la sal.* El punto de vista, aquí, es que las deficiencias nutricionales son complejas patologías que requieren de un tratamiento cuidadosamente vigilado. Aumentar de manera importante la ingestión de un nutriente quizá no sea el mejor tratamiento en algunos casos; en otros puede tener efectos lesivos o dar como resultado una ingestión demasiado alta del nutriente.

4. *La suplementación que se intenta es innecesaria.* Quienes sostienen esta posición argumentan, ya sea que la deficiencia de un nutriente no existe o que se le puede manejar mejor por otros medios.

5. *Los nutrientes que se están agregando no se encuentran de manera natural en la sal.* Quienes sostienen esta posición hacen notar que cuando se ha instituido la fortificación en el pasado (v.g., fortificación de arroz y trigo con vitaminas del complejo B, productos lácteos con vitaminas A y D, y la fluoruración del agua y la yodificación de la sal), ha consistido en la adición de elementos presentes de manera natural en el vehículo, aunque en cantidades variables debido a factores locales o al proceso de elaboración. La reciente preocupación sobre los aditivos y preservativos en E.U.A. viene a apoyar la posición de mantener los alimentos "naturales".

6. Si hay necesidad de fortificar, otros vehículos más tradicionales son adecuados. De acuerdo con este argumento, la fortificación debe limitarse a los productos básicos de un país o región, los esfuerzos para hacer "proliferar" la suplementación de los alimentos conduciría a la explotación incontrolada y peligrosa de las preocupaciones nutricionales.

## II

Como argumentos generales, estas posiciones tienen considerable validez. La cuestión que hay que responder es si reflejan adecuadamente las necesidades primarias en los países de escasos ingresos o si quizá reflejan (como lo hace gran parte de nuestra intervención económica en el extranjero) cierta natural interpretación occidental. Esta inclinación, si existe, arranca del hecho de que, en la mayoría de las naciones industrializadas, la principal preocupación gubernamental en el área de la alimentación, las drogas y la nutrición ha sido primordialmente la reglamentación. Se ha puesto énfasis, con cierta justificación, sólo en el control de calidad y en la seguridad. Hasta que recientemente se encontraron pruebas de serios enclaves de desnutrición en estos países, había relativamente poca iniciativa gubernamental positiva, de naturaleza directa, dedicada a aliviar la desnutrición y a mejorar el estado nutricional. Los necesitados de tal ayuda siempre constituían minorías y rara vez tenían importancia política.

En los países de escasos ingresos la situación es generalmente inversa. Aquí la vasta mayoría, más que necesitar reglamentos o protección gubernamental, necesita acciones positivas. Aunque esto pudiera parecer perfectamente obvio, el consultor extranjero y el político de los países de escasos ingresos educado en el extranjero, la mayoría de las veces se preocupan más por la protección de pequeños segmentos económicamente fuertes de la sociedad. La pregunta aquí sería, y ya se ha formulado en otros sectores del desarrollo, si esta protección de las minorías vale la pena para negar los beneficios positivos a las mayorías de escasos ingresos y si ambas cosas son, por necesidad, mutuamente excluyentes.

Examinemos los argumentos más de cerca. El primero es indudablemente preciso en su planteamiento de que el mejoramiento nutricional en los países de escasos ingresos se lograría a largo plazo, principalmente como resultado de cambios en los patrones de consumo. Sin embargo, la historia de las naciones, tanto industrializadas como subdesarrolladas, nos indica hasta la fecha que el principal factor que influye en los patrones de consumo alimenticio es el ingreso. Por desgracia, el lograr aceptables niveles de ingresos es un proceso terriblemente largo y sumamente incierto para la mayoría de las personas situadas en posición desventajosa en estos países, incluso durante períodos de rápido cambio tecnológico.

Por lo tanto, aun cuando la respuesta a la desnutrición puede muy bien encontrarse, a la larga, en el cambio de los hábitos de alimentación resultantes de un mayor ingreso, o por alguna combinación de ingresos y educación, permanece palpable el hecho de que esto llevaría 30, 50, 100 años o más si atendemos a las cifras de crecimiento nacional y a sus efectos sobre el ingreso *per cápita* de los grupos de bajos ingresos. Si en un país como los Estados Unidos, que disfruta de un producto nacional bruto que se aproxima al billón de dólares, los estudios nutricionales revelan inaceptables ingestiones dietéticas de hierro en más del 40% de las personas de escasos ingresos, examinadas en algunos Estados, abruma la imaginación pensar cuánto podría tardar

el eliminar la anemia por deficiencia de hierro en la India. Claramente, el largo plazo es excesivo y no podemos de ningún modo ignorar el intermedio.

Resulta concebible que la fortificación bien difundida de un alimento pueda disminuir la sensación de urgencia de un gobierno para implantar otras medidas, pero es muy poco probable que esto redujera el consumo de alimentos "protectores" más nutritivos cuando su compra se volviera económicamente asequible. Esto se pone de manifiesto por la particular elasticidad en la demanda de ciertos productos, carnes, frutas y verduras, por los grupos de mejores ingresos; elasticidad que, con la posible excepción de la leche, son casi de manera invariable función de gustos y de connotaciones de nivel socioeconómico, más que de consideraciones nutricionales.

Igual que el primero, el segundo y el tercer puntos que citan las ventajas de un tratamiento vigilado y controlado, resultan irrefutables en abstracto y en lo que se refiere a la atención de la salud en las naciones occidentales. En los países industrializados es cierto que pueden hacerse mayores esfuerzos para un tratamiento más personalizado de los enfermos, por medio de un empleo más útil de nuestro potencial médico. La cuestión es nuevamente la importancia de esta posición en los países de escasos ingresos que pueden contar con sólo un médico para varios millares o decenas de millares de personas. A la larga, la respuesta pudiera ser un mayor número de personal e instalaciones médicas. Faltando estos, sólo le queda a uno adoptar soluciones impositivas de salud pública que abarquen a toda la sociedad, o bien no hacer nada por la mayoría de la población en un país de escasos ingresos y de mediano o gran tamaño.

La primera cuestión que debe plantearse sobre una solución de este tipo que abarque a toda la sociedad es su seguridad. Pero "seguridad" significa diferentes cosas para las personas. Nadie apoyaría una medida de salud pública que causara cáncer al 1 por ciento de sus "beneficiarios". Pero, ¿limitaríamos una medida de importantes beneficios para la salud pública si intensificara el acné en el 1 por ciento de quienes la recibieran?<sup>2</sup> El dilema es básicamente si habrá de beneficiarse a la mayoría o si se ha de velar por la conveniencia de unos cuantos.

Si estas soluciones son seguras, si su costo no es prohibitivo, y si se calcula que su eficacia general es elevada, la medida probablemente deberá adoptarse.<sup>3</sup> Incluso si tal medida ejerce sus beneficios en forma un tanto dispareja debido a variaciones en las deficiencias o a que no llega a algunos grupos, sus beneficios generales, ya sea que sólo alcancen un 50 por ciento o un 90 por ciento del grado óptimo, excederán con mucho la más frecuente alternativa de no hacer nada.

El cuarto argumento pone en duda si el calcio y el hierro, nutrientes que están siendo considerados para la fortificación de la sal, son necesarios y si su suplementación merece una atención independiente. Debido a la preocupación internacional sobre las proteínas durante la pasada década, ha habido cierta tendencia, en muchos países de escasos ingresos y entre las agencias de ayuda internacional, a relegar a un segundo plano otros elementos de la nutrición. Aunque el establecimiento de objetivos y priori-

<sup>2</sup> Podríamos suponer que no. Y sin embargo, debido en parte al acné de los adolescentes, sólo el 50% de sal producida en los E.U.A. para consumo humano está yodada.

<sup>3</sup> Los criterios que pudieran utilizarse para tal determinación se encuentran descritos por Levinson, F. James, y Call, David L., en "Nutrition Intervention in Low Income Countries: It's Economic Role and Alternative Strategies," Documento 1.13/1, del Grupo Consultivo sobre Proteína de la FAO/WHO/UNICEF, mayo 1970.

dades manejables y factibles resulta claramente esencial para planear la nutrición, como en cualquier otro campo, los enfoques "ciegos" de la nutrición han conducido probablemente a que se desperdicien oportunidades de hacer frente a otras deficiencias de igual o mayor importancia para ciertos grupos de población.

Quienes argumentan específicamente contra la suplementación con hierro, generalmente toman alguna de estas dos posiciones: (a) que la anemia por deficiencia de hierro en los países de bajos ingresos es principalmente un problema de uncinariasis o quizá de otros parásitos intestinales, o (b) que el hierro debe ingerirse en los alimentos naturales. Ambos planteamientos son complejos. Sin embargo, en defensa de la fortificación de la sal con hierro, debe hacerse notar que el grado de anemia por deficiencia de hierro a consecuencia de uncinariasis depende del equilibrio entre el número de parásitos en el intestino y los depósitos de hierro disponibles. Por lo tanto, para aliviar este estado carencial, tiene uno probablemente que escoger entre atender la parasitación o la desnutrición. Dados los factores de tiempo y costo, probablemente resulte más fácil atender la segunda.<sup>4</sup>

Respecto a la forma en que se debe ingerir el hierro, se reconoce ahora que este elemento se utiliza mejor cuando se ingiere como un compuesto de hierro, que cuando se suministra de fuentes naturales. Por ejemplo, los Recommended Dietary Allowances de la Academia Nacional de Ciencias, de 1968, señalan que el hierro del trigo sólo resulta de una quinta a una sexta parte aprovechable, en relación con el hierro de una sal ferrosa, para un individuo que sufra de carencia de este elemento.<sup>5</sup>

Ha habido considerable debate acerca de si se necesita calcio adicional para suplementar las dietas en los países de escasos ingresos, dada la aparente capacidad fisiológica para ajustarse bien a niveles bajos de ingestión. Lo que resulta menos claro es si el calcio adicional pudiera ayudar en la utilización de la proteína de hierro. En la India, el doctor Gopalan llegó a lo que parece ser una conclusión pragmática sobre este asunto, o sea que debido a estos beneficios potenciales indirectos, el calcio debe añadirse a la sal si el costo no es prohibitivo.

El quinto argumento es que los nutrientes agregados no se encuentran de manera natural en la sal. Técnicamente, lo que se está planteando aquí es el viejo debate de definiciones entre enriquecimiento y fortificación. El primero reincorpora lo que se ha quitado, el segundo añade lo que sea necesario, independientemente de los niveles iniciales.

También aquí la cuestión es el significado de este debate para los países de escasos ingresos. En el Occidente industrializado, el conocedor de nutrición generalmente favorece la reincorporación de nutrientes perdidos en el procesamiento. Además de esto, se prefiere estructurar la dieta alrededor de una combinación de alimentos que contengan, en total, algo que se aproxime o exceda los requerimientos nutricionales. Si la primera aproximación es baja en vitamina C, la segunda debe contener más naranjas, coles o tomates.

La gente pobre de los países de escasos ingresos generalmente no tienen oportunidad de combinar las dietas para compensar los nutrientes faltantes. En la India se en-

<sup>4</sup> Véase "Iron Deficiency Anemia Due to Hookworm Infection in Man," *Nutrition Review*, febrero 1968.

<sup>5</sup> *Op. cit.*, pág. 59.

contró que, para que pudiera consumir cada persona medio litro de leche al día, se requeriría la mitad del ingreso disponible de los habitantes con ingreso promedio.<sup>o</sup> El porcentaje de su ingreso necesario para satisfacer los requerimientos vitamínicos con frutas y verduras probablemente resultaría similar. Por lo tanto, lo único que queda es elegir entre agregar nutrientes a los alimentos, o no hacerlo.

Médicamente, la principal razón para "enriquecer" en vez de "fortificar" en los países occidentales, probablemente se relacione con un deseo de evitar la ingestión de nutrientes a niveles tóxicos. La validez de esta preocupación se demostró por la incidencia de hipercalcemia resultante de la sobresuplementación de los alimentos con vitamina D en la década de 1950. En los países de bajos ingresos también ha habido considerable discusión al respecto; casi toda a cargo de nutriólogos educados en el extranjero que encuentran esto más "in" que el modesto proceso de hacer frente a las deficiencias nutricionales. (Y resulta modesto si los premios Nobel y las recompensas científicas constituyen la medida.)

De cualquier modo, este problema de un exceso de nutrientes le preocupa a uno menos cuando camina por los villorios o los barrios miserables de Brasil o Nigeria. Un científico de la India logró poner esto en su justa perspectiva cuando afirmó que sería bendito el día en que la India tuviera que preocuparse por "un exceso de nutrición".

El argumento final presentado por quienes se preocupan ante la posibilidad de una incontenible proliferación de los esfuerzos de fortificación es que deberíamos limitar la suplementación a los cereales. El problema aquí parece ser simplemente de porcentajes. En la mayoría de los países de bajos ingresos, la molienda de cereales se encuentra dispersa en multitud de pequeñas unidades, y el porcentaje de la población que consume el producto de los grandes molinos (que pueden intervenir en la fortificación controlada) es pequeño. En la India, virtualmente no existe molienda en gran escala de granos crudos. El estilo hindú de cocer el arroz elimina la mayoría de los nutrientes que pudieran agregarse con las actuales tecnologías de fortificación. La fortificación del trigo es útil en las áreas urbanas, pero aun así sólo parte de los que la necesitan resultarán beneficiados con ella. El hecho es que ningún programa de suplementación en la India es capaz de aproximarse siquiera al 100% de alcance popular que permite la sal.

Pero en vez de considerarlos actividades independientes, mutuamente excluyentes, los programas de fortificación de alimentos, como los programas de nutrición en general, deben considerarse como una estrategia regional o nacional integrada. La estrategia debe tener en cuenta las deficiencias existentes, los alimentos consumidos, y el potencial de estos alimentos como vehículos. En esta forma, los vehículos disponibles pueden utilizarse de modo que subsanen en la forma más amplia posible las necesidades de los grupos vulnerables, mientras se mantiene la ingestión de otros grupos de población dentro de límites normales.

### III

Sobre todo, la conclusión parece ser doble: Primero, debido a las condiciones subyacentes y a las necesidades tan diferentes, los criterios con los cuales debemos exami-

<sup>o</sup> Abbot, John C., "Economic Factors Affecting the Distribution of World Food Protein Resources," en Milner, Max, Ed., *Protein Enriched Cereal Foods for World Needs*, Asociación Norteamericana de Químicos en Cereales, 1969.

nar las actividades propuestas también deben ser diferentes en los países industrializados y en los de escasos ingresos. La segunda conclusión, resultado de la primera, es que las necesidades nutricionales, como las agrícolas, educacionales y de control de población, en estos países son lo suficientemente graves como para justificar enfoques no convencionales. Debido a la magnitud y al carácter masivo de los problemas, debemos comenzar a resolverlos más allá de los experimentos, demostraciones o proyectos piloto, con nuevas soluciones en gran escala capaces de llegar rápidamente a un porcentaje importante de aquellos que lo necesitan.

Resulta casi imposible concebir que las capacidades tecnológicas de los E.U.A. y de otras naciones industrializadas sean inadecuadas para hacer frente a las dificultades técnicas que ahora impiden la iniciación de este programa en gran escala. Pero, de cualquier modo sería preferible abandonar la idea porque no podemos hacerlo y no porque no lo hayamos intentado.

Apéndice: ¿Qué puede hacer la AID?

La cuestión al canto no es si los conocimientos técnicos de los E.U.A. son inadecuados o no para resolver los problemas existentes, sino cómo la Agencia puede aprovechar ese talento para efectuar el trabajo.

Las siguientes medidas pudieran ser apropiadas:

1. La Agencia debe contratar un grupo de trabajo, coordinado por la Oficina de Nutrición, y asignarle la responsabilidad de resolver el problema. El grupo debe comprender dos funcionarios investigadores, de empresas norteamericanas, que estén efectuando actualmente pruebas sobre estabilidad y absorción de los compuestos de hierro, y dos ingenieros de procesos altamente experimentados del sector privado, más quizá una persona versada en la realidad de iniciar programas de nutrición en países de escasos ingresos.
2. El grupo de trabajo, después de ser bien instruido, viajará a la Isla Mauricio y a la India, los dos países que cuentan con alguna experiencia en la fortificación de la sal. Deberán permanecer ahí el tiempo suficiente para darse cuenta de las condiciones de la producción de sal en esos países y de todas las facetas de los esfuerzos para la fortificación de esta substancia llevados a cabo hasta el momento (tanto pruebas de laboratorio como de campo).
3. Deberán retornar después a Washington y, junto con la Oficina de Nutrición:
  - a) catalogar con suficiente detalle los problemas por resolver, y
  - b) hacer planteamientos sobre la mejor forma de resolverlos.
4. Bajo la constante dirección del grupo de trabajo, estos problemas deberán delegarse, bajo una base contractual si es necesario, a aquellos grupos de los Estados Unidos más capacitados para manejarlos.
5. Una vez resueltos estos problemas, el grupo de trabajo debe tomar la iniciativa para establecer un programa nacional para la fortificación de la sal, en un país de escasos ingresos, junto con funcionarios invitados de dicho país.
6. Finalmente, con base en esta experiencia, la Agencia podría poner dicha información a disposición de los países interesados.

## **ANEXOS**

- A. Programa del Seminario**
- B. Lista de participantes en el Seminario**
- C. Presidentes y reporteros de los grupos de trabajo**

## **ANEXO A**

### **AGENDA**

#### **SEMINARIO SOBRE PRODUCCION SELECTIVA Y FORTIFICACION**

##### **Primer día**

##### *Visión de conjunto*

##### **Presidente Harold Wilcke**

- 12:00 — Registro
- 12:30 — Almuerzo
- 1:45 — 2:15 — Observaciones preliminares — M. Forman, S. Butterfield, H. Wilcke
- 2:15 — 2:30 — Disponibilidad y demanda de proteínas en países subdesarrollados — L. Schertz
- 2:30 — 3:00 — Breve revisión de la producción selectiva — G. Sprague
- 3:00 — 3:30 — Breve revisión de la fortificación — A. Altschul
- 3:30 — 4:00 — Preguntas
- 4:00 — 4:15 — Pausa para tomar café
- Perspectivas de la producción selectiva y la fortificación en el contexto de otros enfoques sobre el problema de la nutrición
- 4:15 — 4:45 — Producción de legumbres — Estado actual y potencial — P. Van Schaik
- 4:45 — 5:05 — Discusión
- 5:05 — 5:35 — Eficacia de la producción selectiva y la fortificación como un medio de aliviar la desnutrición de niños y adultos — H. Clark
- 5:35 — 6:00 — Discusión
- 6:00 — 6:05 — Resumen y planes para el día siguiente — M. Forman

## Segundo día

### *Cultivos específicos*

El objetivo de la sesión de este día es presentar el estado que presenta cada cultivo tanto con respecto a la producción selectiva como a la fortificación y discutir las posibles recomendaciones para trabajos posteriores tanto en la práctica como en la investigación. Aunque el énfasis se centrará en aumentar la disponibilidad de proteína utilizable, es de esperarse que las presentaciones prestarán también cierta atención a los demás nutrientes. Se ha planeado que los ponentes hagan la presentación inicial en la primera parte de cada sesión y que en la segunda parte de la misma haya una participación general de los miembros del Seminario, especialmente con respecto al afinamiento de las recomendaciones.

#### *Sesión matutina — Presidente L. Reitz*

8:30 — 10:40 — Trigo

— Producción selectiva — V. Johnson, L. Reitz (La Revolución Verde)

— Fortificación — D. Rosenfield

10:40 — 10:55 — Pausa para tomar café

10:55 — 12:45 — Arroz

— Producción selectiva — H. Beachell

— Fortificación — S. Gershoff

12:45 — 1:45 — Almuerzo

#### *Sesión vespertina — Presidente E. E. Howe*

1:45 — 3:30 — Maíz

— Producción selectiva — G. Sprague, J. Frost (Utilización)

— Fortificación — P. LaChance, R. Bressani

3:30 — 4:15 — Sorgo

— Producción selectiva — R. Pickett

— (No hay programas de fortificación)

4:15 — 4:30 — Pausa para tomar café

- 4:30 — 5:15 — Mijo  
— Producción selectiva — G. Burton  
— (No hay programas de fortificación)
- 5:15 — 6:00 — Consideración de otros vehículos  
— Sal, té, instituciones — J. Levinson
- 6:00 — 6:05 — Resumen y planes para el día siguiente — A. Altschul

### **Tercer día**

#### *Desarrollo de las recomendaciones finales*

- 9:00 — 1:00 — El Seminario se dividirá en grupos de trabajo  
— Tres grupos presentará recomendaciones para actividades de la AID y para programas de investigación en: (1) trigo, (2) arroz, y (3) maíz, mijo y sorgo. (Además, un cuarto grupo tratará de formular algunos lineamientos generales respecto a las relaciones entre los programas de producción selectiva y los de fortificación.)
- 1:00 — 2:15 — Almuerzo
- 2:15 — 4:15 — Presentación y discusión de cada informe. (15 min. de presentación y 15 min. de discusión.)



## **ANEXO B**

### **PARTICIPANTES EN EL SEMINARIO**

Dr. Henry M. Beachell  
Mejorador de Plantas  
Jefe, Departamento de Mejoramiento de  
Variedades  
Instituto Internacional para la Investigación  
del Arroz, Filipinas

Sr. Alan Berg  
Miembro del  
Instituto Brookins

Dr. Ricardo Bressani,  
Jefe División de Ciencias Agrícolas  
y de la Alimentación  
Instituto de Nutrición, Centroamérica

Dr. Jodinger Chopra  
Consejero en Investigación sobre la Nutrición  
Organización Panamericana de la Salud

Dra. Helen Clark  
Profesora del Departamento de Alimentos  
y Nutrición  
Universidad Purdue

Dr. N. W. Flodin  
Ayudante de Personal  
Dupont Corporation

Sr. H. C. Frost  
Presidente  
Instituto CPC para la Tecnología  
de los Alimentos

Dr. Stanley Gershoff  
Profesor Adjunto de Nutrición  
Universidad Harvard

Dr. George Graham  
Profesor de Salud Internacional  
Universidad Johns Hopkins

Dr. D. D. Harpstead  
Presidente, Departamento de Servicios  
de Cultivos y Suelos  
Universidad del Estado de Michigan

Dr. Sterling B. Hendricks  
USDA, Servicio de Investigación Agrícola  
(Jubilado)

Sr. Peter Hendry  
Consejero en Información  
FAO

Dr. William Hoover  
Director, Instituto de Alimentos y Granos  
Universidad del Estado de Kansas

Dr. E. E. Howe  
Director de Biología Experimental  
Merck & Company

Dr. Richard Jansen, Jefe  
Departamento de Ciencia de la Alimentación  
y Nutrición  
Universidad del Estado de Colorado

Dr. Paul LaChance  
Profesor Adjunto de Fisiología Nutricional  
Universidad Rutgers

Dr. Earl Leng  
Subdirector del Programa Agrícola  
Internacional  
Universidad de Illinois

Sr. F. James Levinson  
Universidad Cornell  
Exjefe, Rama de Nutrición  
USAID, India

Dr. Max Milner  
Tecnólogo en Alimentos  
UNICEF

Dr. A. I. Nelson  
Profesor de Procesamiento de Alimentos  
Departamento de Ciencia de los Alimentos  
Universidad de Illinois

Dr. R. C. Pickett  
Profesor de Agronomía  
Universidad Purdue

Dr. Saul Rubin  
Director de Desarrollo de Productos  
Hoffman-LaRoche, Inc.

Sr. Samuel Butterfield  
Administrador Adjunto Asociado  
Oficina de Asistencia Técnica

Dr. Martin J. Forman  
Director de Nutrición  
Oficina de Asistencia Técnica

Dr. Irwin Hornstein  
Funcionario de Investigación en Nutrición  
Oficina de Asistencia Técnica

Dr. Omer J. Kelley  
Director de Agricultura y Pesquerías  
Oficina de Asistencia Técnica

Dr. Milo Cox  
Director Delegado de Agricultura  
y Pesquerías  
Oficina de Asistencia Técnica

Sr. Paul Strasburg  
Funcionario Auxiliar del Programa  
Fundación Ford

Dr. Basil Tsotsis  
DeKalb Agriculture Research, Inc.

Dr. Harold Wilcke  
Vicepresidente  
Ralston Purina Company

Dr. W. W. Williams  
Depto. de Bioquímica  
Universidad Clemson

Dr. D. R. Wood  
Profesor de Agronomía  
Universidad del Estado de Colorado

Sr. Robert Wooden  
Gerente de Planeamiento de Proyectos  
Compañía Pillsbury

Profesor Vernon R. Young  
Profesor Adjunto de Química Fisiológica  
Instituto Tecnológico de Massachusetts

## **AID**

Sr. Arthur L. Howard  
Director Delegado  
Coordinación de Asistencia Técnica  
Oficina de Africa

Dr. Herbert T. Dalmat  
Jefe Delegado, División de Programas  
de Población  
Desarrollo Cívico y de Población  
Oficina de América Latina

Sr. Boyd Whittle  
Funcionario de Desarrollo Rural Regional  
Recursos Humanos y Desarrollo Rural  
Oficina de América Latina

Mr. John Raber  
Asesor en Nutrición  
Apoyo Técnico  
Oficina del Cercano Oriente y Sur de Asia

Dr. Robert Muscat  
Jefe, División de Planeamiento  
Oficina del Cercano Oriente y Sur de Asia

## **USDA**

Dr. Lyle P. Schertz  
Administrador Delegado, FEDS

Dr. Aaron M. Altschul  
Asesor Especial del Secretario para  
Mejoramiento de la Nutrición

Dr. Daniel Rosenfield  
Director Delegado  
Grupo de Nutrición y Negocios Agrícolas,  
FEDW

Dr. Fredric R. Senti  
Administrador Delegado para Mercadeo  
y Nutrición, ARS

Dr. George F. Sprague  
Jefe de Investigación Sobre Maíz y Sorgo,  
ARS

Dr. Louis P. Reitz  
Jefe de Investigación sobre el Trigo, ARS

Dr. Virgil Johnson  
Profesor de Producción Selectiva  
e Investigación, ARS

Dr. Peter van Schaik  
Investigador Agrónomo, ARS

Dr. Glenn W. Burton  
Investigador Genetista, ARS

Dr. James Pence, Subdirector  
División de Investigación Occidental, ARS

Sr. Robert P. Weil, Jr., FEDS  
Secretario del Seminario

## **ANEXO C**

### **PRESIDENTES Y REPORTEROS DE LOS GRUPOS DE TRABAJO**

#### **Grupo general de trabajo**

Harold Wilcke, Presidente  
Aaron Altschul, Reportero

#### **Trigo**

Max Milner, Presidente  
Virgil Johnson, Reportero

#### **Arroz**

Robert Muscat, Presidente  
Stanley Gershoff, Reportero

#### **Maíz, sorgo y mijo**

George Sprague, Presidente  
Eugene Howe, Reportero

Esta obra se imprimió en Offset; se empleó papel Bond de 90 gramos  $\text{m}^2$ , para el interior y cartulina Bristol de 80 kg., para los forros. Se terminó el día 5 de agosto de 1974 en los Talleres de IMPRENTA ARANA, S.C.L. Av. del Taller 29, México 8, D. F. El tiraje fue de 3,300 ejemplares.