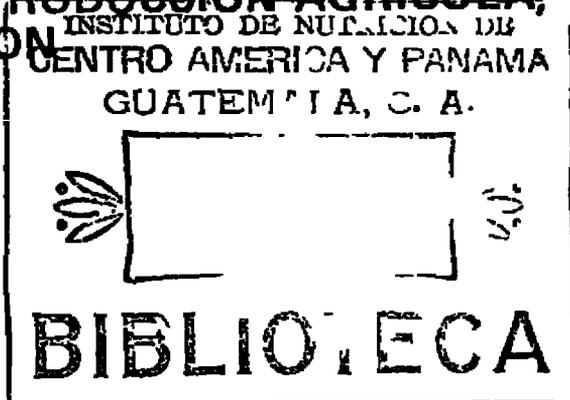


# INTEGRACION DE LA PRODUCCION AGRICOLA, TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Y NUTRICION



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

## Introducción

Hace 30 a 35 años aproximadamente que se inició la publicación de estudios técnicos y noticias de prensa sobre el problema de la desnutrición de grandes sectores poblacionales en los denominados hoy día "Países del Tercer Mundo". Al principio, la desnutrición fue considerada como un problema de índole médico, ya que las características carenciales diagnosticadas podían ser combatidas con los nutrientes deficientes en la dieta. No obstante, con el transcurrir del tiempo se hizo cada vez más evidente que, aun cuando las deficiencias eran de tipo nutricional, las causas que conducían y conducen a esa situación, sobre todo en los grupos poblacionales de mayor requerimientos, eran múltiples.

Pronto se identificó entre las causas la baja producción de alimentos y su disponibilidad a la población; el consumo de dietas con un alto contenido de alimentos de baja calidad nutricional; un incremento poblacional no compatible con el incremento en producción; el estado socioeconómico pobre, y los sistemas inadecuados en la distribución, así como el precio de los alimentos. Los efectos resultantes de las interacciones de estos factores, agravados por los problemas energéticos y sus consecuencias, juntamente con la afluencia económica de otros países, han sido y continuarán siendo importantes para las poblaciones de los países en desarrollo, en los que se seguirá consumiendo dietas deficientes, a menos que se adopten y apliquen acciones coordinadas entre los sectores que pueden contribuir a la solución del problema.

El propósito de esta presentación es señalar la necesidad de establecer una mayor interacción entre técnicos e instituciones de origen agrícola, ciencia y tecnología de alimentos y nutrición en pro de las poblaciones de los países del área centroamericana, así como de otras regiones del mundo. El análisis del problema de alimentos desde el punto de vista de su contenido de nutrientes, es una actividad relativamente reciente. En el pasado, y aun hoy día, el objetivo agrícola en muchos países no es el de producir la cantidad de alimentos necesarios para satisfacer las necesidades del hombre, sino más bien producir la cantidad y el producto que se puede vender con grandes ganancias. No fue sino hasta que se realizaron estudios tendientes a evaluar el valor nutritivo de las dietas de poblaciones no privilegiadas que el problema de alimentos fue

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

visto desde una perspectiva diferente, y no simple y exclusivamente como el de producir algo para venderlo con el mayor margen de ganancia posible.

En base a lo expuesto, esta presentación se inicia con la descripción de una dieta típica obtenida de encuestas dietéticas llevadas a cabo en el área rural de Guatemala (1). Ello servirá para el desarrollo de argumentos en favor de una integración de actividades multisectoriales, como una acción que ayude realmente a la solución de un problema de hecho multicausal.

### La Dieta Actual

Una dieta no es más que un conjunto de alimentos que, además de llenar los requisitos de palatabilidad y satisfacción, debe contribuir con los nutrientes requeridos por el hombre para que éste pueda cumplir sus funciones fisiológicas de crecimiento y desarrollo. Ejemplo de una dieta típica es la que se muestra en la Tabla 1. A pesar de que estos datos tienen muchas limitaciones, ya que son promedios, se nota la ingestión de 14 alimentos, de los cuales cuatro son cereales o sus derivados (1).

TABLA 1

Ingesta de alimentos por niños preescolares de áreas rurales de Guatemala\*

| Alimento        | Ingesta, g/día | o/o         |
|-----------------|----------------|-------------|
| Tortilla**      | 103.5          | 31.9        |
| Pan             | 19.5           | 6.0         |
| Arroz           | 16.1           | 4.9         |
| Frijol          | 47.9           | 14.7        |
| Azúcar          | 28.9           | 8.9         |
| Caldo de carne  | 26.4           | 8.2         |
| Carne           | 4.8            | 1.5         |
| Huevos          | 7.8            | 2.4         |
| Vegetales       | 21.2           | 6.5         |
| Frutas          | 29.4           | 9.1         |
| Papas           | 4.3            | 1.3         |
| Caldo de frijol | 12.5           | 3.8         |
| Café            | 2.6            | 0.8         |
|                 | <hr/> 324.9    | <hr/> 100.0 |

\* *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 24: 221, 1974.

\*\* Maíz tratado con cal.

Los cereales aportan el 42% del peso total, los alimentos farináceos el 19%, las leguminosas de grano el 15%, las verduras el 6.5%, los productos de ori-

gen animal alrededor del 40% y los restantes, la diferencia. De los 325 gramos ingeridos diariamente, 210 g son agua, y 115 g materia seca, aportando esta última 14 g de proteína, 2.9 g de grasa, 2.6 g de minerales y 455 Kcal. La dieta en cuestión tiene un valor biológico proteínico de 48%. Sobre estas bases, es limitante en calidad proteínica y en energía, y deficiente en vitaminas y minerales de acuerdo a experimentaciones realizadas en varias especies de animales de laboratorio. De los datos indicados, es obvio que los cereales en general, y el maíz en particular, así como los frijoles, son los alimentos de mayor importancia en aportar nutrientes a la dieta. Por consiguiente, siendo éstos los alimentos más importantes es en ellos donde se deben hacer los mayores esfuerzos en lo que a producción y disponibilidad, valor nutritivo y reducción de pérdidas se refiere. Ello no implica, sin embargo, que no se deba prestar atención también a los otros alimentos, ya que éstos suplen muchos nutrientes que son deficientes en los dos más importantes. Además, son estos otros alimentos los que en realidad dan sabor a la dieta y satisfacción al individuo.

### El Concepto de Productividad

La mayor atención que se ha prestado en años recientes a la intensificación de la producción de alimentos básicos, tanto por parte de los gobiernos, como de instituciones financieras y científicas, se debe a los resultados de los análisis de la situación futura de alimentos en el mundo. Y Centroamérica no es excepción. En esta zona la población está aumentando rápidamente; la producción *per capita* no concuerda con el aumento poblacional; la capacidad económica de los países desarrollados está induciendo presiones internas en los países en desarrollo en lo que a alimentos se refiere, y el incremento demográfico está induciendo el que tierras aptas para la agricultura, sean usadas para la industria o para cultivos de exportación.

El área de tierra *per capita* para producción de maíz o frijol, por consiguiente, se reduce cada vez más con respecto a tiempo, no siendo así posible mantener la ingestión de proteína y de calorías ahora provenientes del maíz. Esto se muestra en la Figura 1 en el caso de Guatemala (2, 3) y, según revelan los datos, la población está aumentando mientras que la producción de maíz *per capita* va en descenso, ajeno al hecho de que el área *per capita* es cada día menor. Como solución al problema se han adoptado varias medidas. Una es la importación de maíz, lo cual no es deseable ya que crea una dependencia sumamente dañina, sobre todo cuando lo que se importa es el alimento básico de la población. Otra es el incremento del área de cultivo, lo que tampoco es del todo deseable y, posiblemente en un futuro cercano, imposible. La verdadera solución, sin embargo, es aumentar el rendimiento unitario a través de la aplicación de la tecnología agrícola que haya sido desarrollada para la localidad. Esto se llama hoy día, productividad. Pero el concepto de productividad, usado en tal sentido no es un concepto completo, ya que no considera el objetivo del incremento en producción. Como lo ilustra la Tabla 2, el término debe incluir la eficiencia con la que los productos de la agricultura, sobre todo la de alimentos básicos, puede contribuir a mejorar o mantener un estado nutricional adecuado (4).

Para lograrlo, la productividad debe ser vista como la eficiencia con la que los nutrientes de un alimento, solo o combinado, satisfacen mejor las necesidades de

ALGUNOS DATOS DE POBLACION Y DISPONIBILIDAD DE AREA CULTIVABLE Y PRODUCCION DE MAIZ EN GUATEMALA

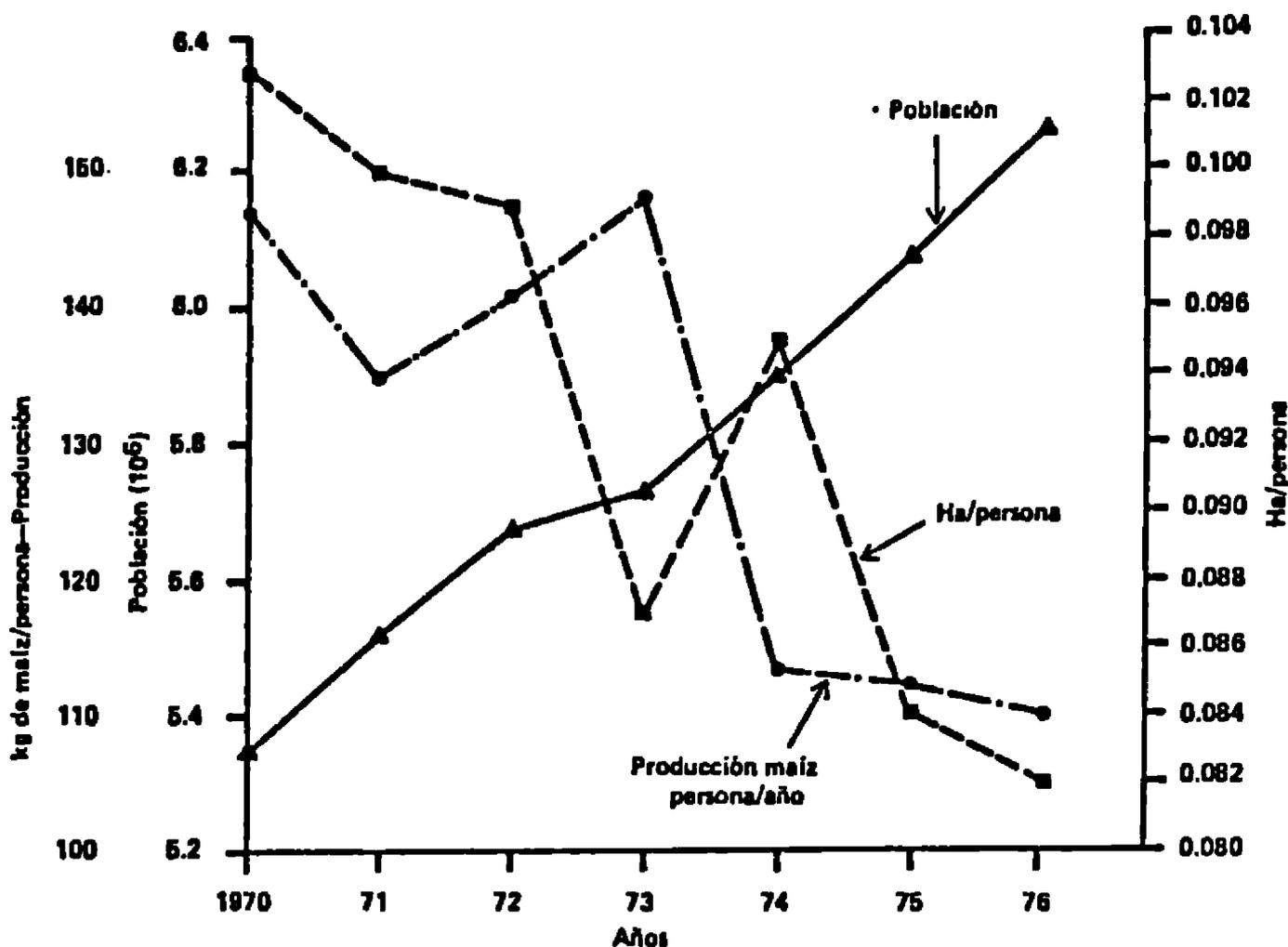


FIG. 1. — Algunos datos de población y disponibilidad de área cultivable y producción de maíz en Guatemala.

TABLA 2

Bases para la selección de cosechas alimenticias

Productividad = *Producto* (kg/ha) x *Valor nutritivo* x *Valor tecnológico*

Valor nutritivo del alimento mismo o como componente de la dieta. Expresado como proteína utilizable o en términos de porcentaje de proteína-calorías de las calorías totales.

Valor tecnológico (incluyendo todas las características funcionales). Expresado como porcentaje del estándar.

la población humana, en especial de aquélla con mayores necesidades nutricionales. C no se indicará más adelante, esto a su vez se traduce en una utilización más eficiente de la tierra y de otros insumos para la producción de alimentos. Además, el concepto

de productividad debe considerar también ciertas características deseables de procesamiento, ya que por lo general, los alimentos se ingieren procesados. Este componente del concepto de productividad toma en cuenta características tales como calidad de conservación, de procesamiento, de cocción y de consumo deseables para el consumidor o la industria, así como las características de funcionalidad. Asimismo, el componente de procesamiento en el concepto de productividad incluye el potencial del producto agrícola como materia prima en agroindustrias, aspecto que se comenta más adelante. Cabe indicar que el concepto de productividad señalado no incluye los factores económicos, ya que estos últimos son inherentes a cada componente en la fórmula.

### El Componente Nutricional en el Concepto de Productividad

El significado del componente nutricional en el concepto de productividad se observa en la Tabla 3, donde los cálculos presentados provienen de estudios con niños y adultos alimentados exclusivamente con maíz, opaco-2 en un caso, y maíz común en el otro (4). En el caso de los niños se encontró que con una ingestión de 188 g de maíz opaco-2 se obtiene un estado de equilibrio en lo que a deposición corporal de proteína se refiere. La cifra de maíz común para estos mismos propósitos es de 500 g. Estas cifras, convertidas en hectáreas de tierra por persona por año, indican que se requieren 0.013 en el caso del maíz opaco-2, y 0.035 en el del maíz común. Las cifras comparables para adultos son 0.018 y 0.040 para maíz opaco-2 y común, respectivamente.

**TABLA 3**

**Cantidad de proteína de maíz encontrada experimentalmente necesaria para obtener equilibrio de nitrógeno en niños y adultos**

|                       | Tipo de maíz |            |
|-----------------------|--------------|------------|
|                       | Maíz opaco-2 | Maíz común |
| <b>Niños</b>          |              |            |
| g proteína/nino/día   | 16.8         | 45.0       |
| g maíz/niño/día       | 188          | 500        |
| kg maíz/niño/año      | 69           | 182        |
| ha/persona/año        | 0.013        | 0.035      |
| <b>Adultos</b>        |              |            |
| g proteína/cabeza/día | 27.9         | 43.8       |
| g maíz/cabeza/día     | 250          | 547        |
| kg maíz/cabeza/año    | 91           | 200        |
| ha/persona/año        | 0.018        | 0.040      |

En base a una producción de 5,000 kg/ha.

Este cálculo demuestra, por consiguiente, la mayor eficiencia de utilización de recursos cuando el alimento —maíz en este caso— es de mejor calidad nutritiva. Ahora bien, el mismo efecto podría obtenerse con maíz común, si éste se consume con cantidades apropiadas de alimentos suplementarios como frijol, carne, leche y otros productos de origen animal. Una mejor calidad nutritiva a través de un maíz como el opaco-2 o ingerido con proteína suplementaria, tiene implicaciones económicas y de desarrollo poco apreciadas, las que deben ser objeto de análisis. Si éste se efectuara, demostraría que habría una economía en maíz que podría utilizarse en otras aplicaciones de mayor beneficio para el país y su población.

Es de interés comparar estas cifras con las de tierra cultivable en maíz, por persona, mostradas anteriormente. Para el año 1976, en Guatemala se usaba 0.082 ha/persona/año. El dato nutricional indicó que se requieren 0.040 ha/persona/año o sea que progresivamente habrá menos maíz disponible por persona.

Otro ejemplo, esta vez en lo que al frijol concierne, se ilustra en la Tabla 4, en cuyo caso se describe el significado de un incremento en la digestibilidad de esta leguminosa (4). Este alimento se caracteriza por su alto contenido proteínico, pero su proteína es de baja digestibilidad por razones todavía no del todo conocidas. Los datos descritos en dicha Tabla comparan el significado agronómico de un frijol dado cuya digestibilidad proteínica es de 64% determinada en el hombre, con una digestibilidad deseable de 84%. Debe entenderse por digestibilidad la cantidad de nutrientes que se absorbe de la cantidad ingerida; la diferencia se descarta en las materias fecales. Aplicando el factor de digestibilidad a cada caso, se nota que en el caso del primero, el equivalente a 300 g de frijol se pierde por las heces, y solo 160 g en el caso del frijol de alta digestibilidad. Estas cantidades indican que para el primer ejemplo 36% de la tierra se pierde mientras que la pérdida es de solo 16% en el segundo ejemplo, o sea cuando el frijol es de mayor digestibilidad. Así, es evidente que se deben realizar investigaciones que determinen las razones de la reducida digestibilidad de la proteína del frijol, investigación que debe realizarse juntamente con técnicos en agronomía, fitomejoramiento y bioquímicos. Los datos indican, por consiguiente, que la calidad nutritiva tiene mucha significancia en la agricultura. Otra manera de analizar la interacción entre agricultura y valor nutritivo de un cultivo es calcular la eficiencia agrícola en términos nutritivos de los insumos energéticos y de nitrógeno, requeridos para producir un cultivo, por ejemplo, maíz. Algunos datos a este particular se exponen en la Tabla 5, los que se han derivado de estimaciones de gastos y de balances energéticos y de nitrógeno modificados por valor nutritivo (4, 13). Para insumos nitrogenados, la eficiencia agrícola del grano de maíz se asumió igual para el maíz común y el opaco-2. La eficiencia nutricional de esta eficiencia agrícola es dos veces mayor para el maíz opaco-2 que para el maíz común, dada la calidad superior del primero. Para los insumos energéticos, incluyendo los utilizados de la energía solar, la eficiencia agrícola de nuevo se asume ser igual, pero la eficiencia nutritiva de los mismos energéticos es 1.5 mayor para el opaco-2 que para el maíz común. La calidad nutritiva, por consiguiente, influye significativamente en la eficiencia agrícola de los insumos energéticos y nitrogenados.

TABLA 4

Eficiencia de utilización de la tierra en términos de proteína digerible de frijol  
(*Phaseolus vulgaris*)

|                                    |    |     |     |    | Digestibilidad de<br>la proteína<br>64°/o | Digestibilidad de<br>la proteína<br>84°/o |     |     |    |  |
|------------------------------------|----|-----|-----|----|---|---|-----|-----|----|--|
| Producción de frijol/ha, kg        |    |     |     |    | 1,000                                     | 1,000                                     |     |     |    |  |
| Producción de proteína/ha, kg      |    |     |     |    | 230                                       | 230                                       |     |     |    |  |
| Proteína absorbida/ha, kg          |    |     |     |    | 147                                       | 193                                       |     |     |    |  |
| Proteína desechada/ha, kg          |    |     |     |    | 83  | 37  |     |     |    |  |
| Desechos como frijol/ha, kg        |    |     |     |    | 360                                       | 160                                       |     |     |    |  |
| °/o de tierra pobremente utilizada |    |     |     |    | 36  | 16  |     |     |    |  |
| -----                              |    |     |     |    |   |   |     |     |    |  |
| NI                                 | NF | NU  | NA  | NR | NI  | NF  | NU  | NA  | NR |  |
| 227                                | 81 | 109 | 146 | 37 | 227                                       | 36  | 109 | 191 | 82 |  |

NI = N ingerido.

NF = N fecal.

NU = N urinario.

NA = N absorbido.

NR = N retenido.

Esta calidad nutritiva superior se puede obtener a través de modificaciones genéticas, así como a través de suplementación natural o tecnológica.

#### El Componente de Procesamiento en el Concepto de Productividad

El término procesamiento se utiliza en esta presentación como todo aquello que se conoce como tecnología de post-cosecha e incluye, por consiguiente, almacenamiento, conversión y utilización en sistemas alimenticios. Incluye dos aspectos: uno es el de aceptabilidad del producto en base al sistema de utilización, y el segundo se relaciona al potencial que tiene de ser utilizado en agroindustrias.

Para describir el significado de este componente se presenta el ejemplo descrito en la Tabla 6, el cual muestra la cantidad de combustible necesaria para cocinar o ablandar 250 g de frijol almacenado apropiadamente, en comparación con la requerida por un frijol que se ha vuelto duro. Para el primer caso se requieren 2,640 g de madera de pino y tres horas de cocción, mientras que para el segundo —aun con 6,820 g de madera y seis horas de cocción— el frijol todavía no estaba apto para consumo. No existe duda alguna de que hoy más que nunca es nece-

TABLA 5

## Productividad agrícola de cereales de mejor valor nutritivo

| Parámetro  | Gasto/Insumo |              |
|--|--------------|--------------|
|  | Maíz común   | Maíz opaco-2 |
| <i>Para insumo de N en la producción de maíz</i>         |              |              |
| Eficiencia agrícola (grano)                              | 0.61         | 0.61         |
| Eficiencia nutricional                                   | 0.19         | 0.44         |
| <i>Para insumos energéticos en la producción de maíz</i> |              |              |
| Eficiencia agrícola (grano)                              | 2.82         | 2.82         |
| Eficiencia nutricional                                   | 0.87         | 1.35         |

TABLA 6

## Cantidad de leña requerida para cocinar frijol

| Parámetro             | Frijol           |            |
|-----------------------|------------------|------------|
|                       | Recién cosechado | Almacenado |
| Tiempo de cocción, hr | 3                | > 6        |
| Cantidad de leña, kg  | 2.6              | 6.8        |
| BTU (energía)         | 30,000           | 77,900     |

sario conservar energía, ya sea ésta la derivada del petróleo o de madera proveniente de bosques. La Figura 2 muestra diferencias macro en los dos granos, pudiéndose apreciar que el frijol recién cosechado se hidrató fácilmente, mientras que el duro presenta zonas cristalinas, zonas secas y poca hidratación. Estos datos originan las preguntas ¿por qué el frijol se pone duro?, ¿es éste un efecto varietal o ambiental, o un efecto de larga y mala conservación? Es probable también que el efecto sea causado por una interacción de los factores enumerados. La solución de un problema de esta naturaleza requiere, sin duda, el esfuerzo combinado de agrónomos, fitomejoradores y técnicos en ciencias y tecnología de alimentos.

Un ejemplo adicional se proporciona en la Tabla 7, que describe las características tecnológicas que se utilizan para seleccionar las variedades de arroz que prefiere la población (5, 6). Estas son la calidad de beneficiado, la calidad de cocción y la calidad de consumo. La calidad de beneficiado está relacionada a la dureza del endospermo, pero ésta está influenciada por condiciones ambientales como la humedad durante la cosecha, el acondicionamiento y deshidratación después de la cosecha, y el

# FRIJOL DE COSECHA

## RECIENTE

## ALMACENADO



## COCCION

3 hr

6 hr

2.6 Kg leña

6.8 kg Leña

FIG. 2.— *Diferencias macro entre el frijol recién cosechado y el almacenado en cuanto a tiempo de cocción.*

TABLA 7

Características de procesamiento y aceptabilidad para selección del arroz

---

Calidad de molienda  
Calidad de cocción  
Calidad de consumo

---

añejamiento durante el almacenaje. A diferencia del endospermo translúcido o duro, las porciones opacas en el arroz dan un grano suave que produce mayores pérdidas durante el beneficiado que el endospermo translúcido o duro.

La calidad de cocción determinada por el tiempo de cocción está afectada por la temperatura de gelatinización del almidón y de su contenido proteínico. La absorción de agua y el volumen de expansión durante la cocción dependen del contenido de amilosa. Finalmente, la calidad de consumo la determina la relación entre amilosa y amilopectina en el almidón. Todas éstas son características tecnológicas y organolépticas que de no llenarse en una variedad introducida en un país, se traducen en un arroz no aceptable, aun cuando el rendimiento de materia seca del grano sea excelente.

Ejemplo de algunas variedades cultivadas en Guatemala se presenta en la Tabla 8 (6). Las variedades de arroz como IR22, Flotante, IR8 y Star-Bonnet presentan buenas características de molinería ya que sólo tienen un centro blanco. No obstante, por su relación de temperatura de gelatinización, contenido de amilosa y consistencia de gel, no tienen buenas características culinarias ya que se vuelven masudas. Por el contrario, las variedades Fanny, Mudgo y Tetep son de buena calidad molinera dado que tienen más de un centro blanco. Otras variedades como ICA-10 y Colombia-1 presentan problemas culinarios por el contenido de amilosa, temperatura de gelatinización y consistencia de gel. El punto es que un alto rendimiento no es suficiente para describir productividad, debido a que no toma en cuenta la aceptabilidad del consumidor. Por otro lado, es importante mencionar que un valor nutricional alto —independientemente de rendimiento y de valor tecnológico— tampoco es válido, como tampoco lo es el pretender alimentar a una población sólo con maíz y frijol. La evaluación de calidad es aplicable también a otros cultivos. Por ejemplo, las raíces y tubérculos como las papas y camotes, son evaluados en base a los sistemas de utilización. La selección agronómica de genotipos de alto rendimiento y buenas características agronómicas toma de 3 a 5 años; los materiales seleccionados son entonces evaluados por su calidad culinaria y aceptabilidad por el consumidor. Los factores de calidad como base para su recomendación son: textura, contenido de carbohidratos como almidón, amilosa y azúcares, sabor, olor y apariencia, y presencia de compuestos tóxicos o antinutricionales (7).

TABLA 8

Evaluación tecnológica de algunas variedades de arroz

| Variedad    | Centro blanco | Longitud del grano | Amilosa | Consistencia de gel | T. gelat. | Rendim. t/ha |
|-------------|---------------|--------------------|---------|---------------------|-----------|--------------|
| Blue-Bonnet | 0.4           | L                  | I       | I                   | I         | 4.0          |
| Star-Bonnet | 0.2           | M                  | A       | B                   | I         | 4.0          |
| CICA-4      | 0.6           | L                  | A       | I                   | BIM       | 0.0          |
| CICA-6      | 0.8           | L                  | A       | A                   | BIM       | 5.7          |
| ICA-10      | 0.0           | M                  | B       | B                   | A         | 5.0          |
| IR-8        | 0.8           | M                  | A       | A                   | B         | 6.2          |
| IR-22       | 0.6           | L                  | A       | I                   | B         | 5.5          |
| Fanny       | 2.6           | M                  | A       | B                   | IMB       | 3.5          |
| Colombia-1  | 0.2           | M                  | B       | B                   | A         | 4.5          |
| Mudgo       | 2.8           | L                  | A       | B                   | IM        | 4.0          |
| Tetep       | 1.2           | M                  | A       | B                   | AIM       | —            |
| Flotante-1  | 1.0           | L                  | I       | B                   | IMB       | 6.0          |

L = Largo  
M = Mediano  
I = Intermedio  
A = Alto  
B = Bajo

Tomada de: Conde *et. al.*, 1. 75 (6).

Estos datos indican que el concepto de productividad propuesto es válido. Además, sugieren que para lograrlo es necesario emprender una investigación al respecto, la que debe estar integrada con actividades agrícolas de procesamiento y las pertinentes a la nutrición.

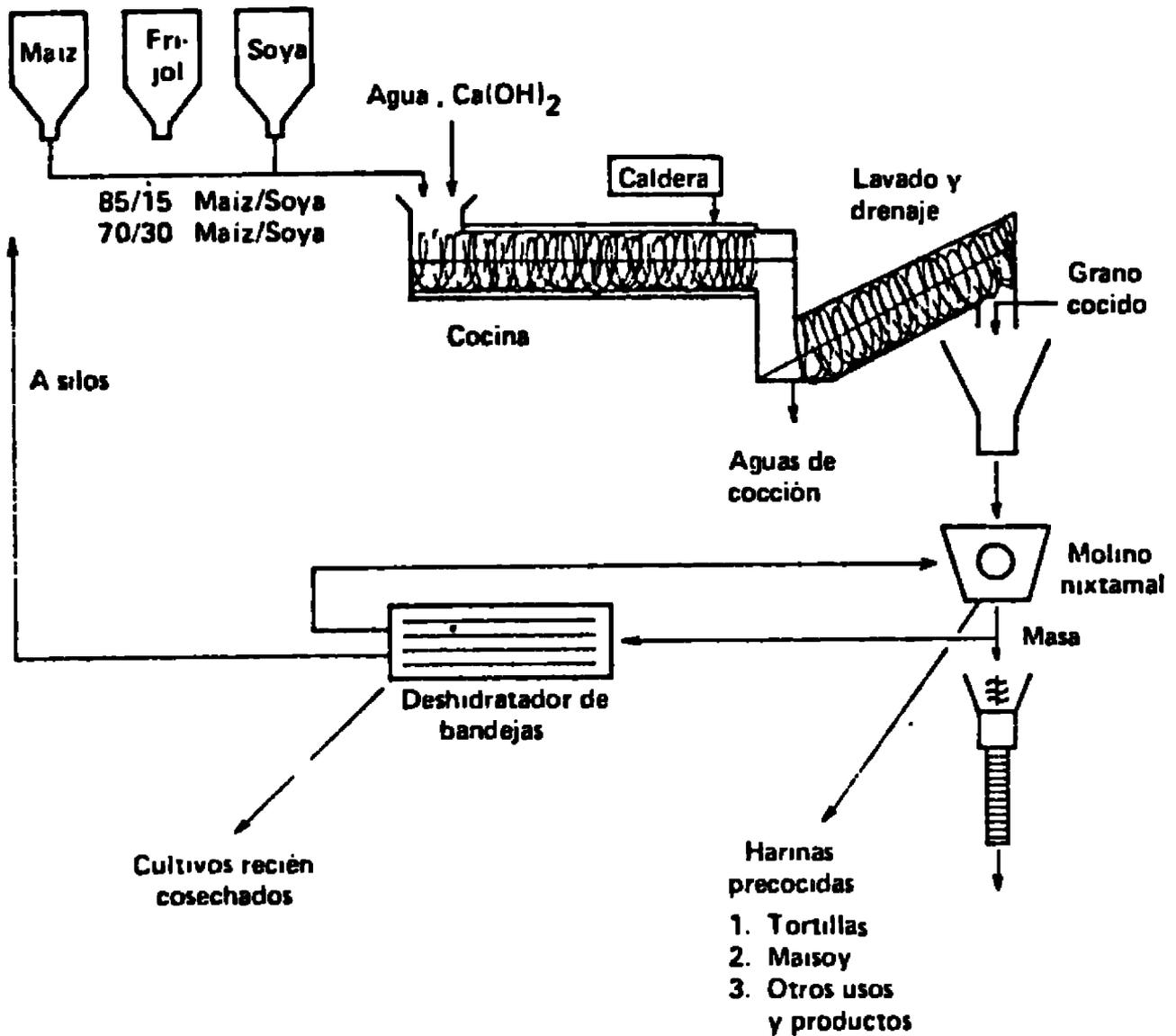
### Diversificación de Cultivos y de Usos como Medida para Resolver Problemas Económicos del País

Indudablemente, conforme un país y su población van desarrollándose surgen situaciones que pueden ser resueltas solamente si existe una acción conjunta entre los sectores de producción y aquellos de transformación y utilización, así como los de nutrición. Para demostrar el caso comentaremos dos ejemplos. El primero se refiere al cultivo del frijol soya. Como se indicara, la dieta de la población es deficitaria en energía así como en proteína, tanto en términos de cantidad como de calidad. La deficiencia energética se debe posiblemente más a la falta de una mayor densidad de energía, o sea más grasa en la dieta, que a la ausencia de fuentes energéticas, a diferencia de la proteína que se consume actualmente, la del maíz, que es sumamente deficiente en cantidad y aún más, en calidad. Dos son los aspectos relevantes de este hecho. Primero, la necesidad de incluir en la dieta una densidad energética mayor, como aceite, y el segundo el de mejorar la calidad de la proteína del maíz a través de un sistema suplementario. Por otro lado, en muchas regiones agrícolas se practica el monocultivo, sistema agrícola que conlleva grandes limitaciones y peligros como el deterioro de la fertilidad del suelo, continuidad en el ciclo de enfermedades e insectos y, por lo tanto, menores ingresos y sus consecuencias. Situaciones como ésta requieren ser resueltas, y una solución que podría plantearse a este respecto es la introducción de algún cultivo seleccionado en base a lo que podría ofrecer, de acuerdo a las necesidades de la población y del suelo en el que se cultivan. Asimismo, en esa selección podría también considerarse otras necesidades del país en general que —de cubrirse a través de la introducción del cultivo— también fuese una fuente de ingreso para el agricultor que practica el monocultivo. A partir de estas consideraciones, el cultivo del frijol soya ofrece perspectivas interesantes. En primer lugar, es una leguminosa que a través de su sistema simbiótico, fertiliza la tierra fijando nitrógeno. Además, la semilla contiene alrededor de 20% de grasa y 40% de proteína, que es un excelente suplemento para los cereales, incluyendo el maíz (4), según se describe en la Tabla 9. El examen de los datos presentados revela que la calidad de la proteína aumenta al doble

**TABLA 9**

**Efecto suplementario del frijol de soya al maíz procesado conjuntamente para producir tortillas**

| <b>Tortilla</b>                 | <b>Calidad proteínica<br/>PER</b> | <b>Proteína utilizable<br/>%</b> |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Sin suplemento (Testigo)</b> | <b>0.95</b>                       | <b>2.1</b>                       |
| <b>+ 15% de frijol soya</b>     | <b>1.98</b>                       | <b>7.1</b>                       |



Incap 76 752

FIG. 3.— Esquema de proceso y planta pequeña de producción para producir tortilla y Maisoy.

del valor de referencia, y que la cantidad de proteína utilizable aumenta 3.5 veces. Además, las tortillas preparadas con soya tienen más calorías y, no menos importante, las pruebas de aceptabilidad a que éstas se sometieron, fueron buenas. Basados en una serie de estudios se propuso hace algún tiempo, un sistema para procesar maíz solo o maíz y soya, el cual se muestra en la Figura 3. Esta describe una pequeña agroindustria que permite producir una tortilla fortificada con soya, ofreciendo así al consumidor mayor valor nutritivo en términos energéticos y proteínicos. Ajeno a ello, también puede servir para otros fines, ya que a través de un procesamiento adecuado de la soya, se puede extraer el aceite que contiene, el cual tiene demanda comercial. El residuo de esta extracción es rico en proteína y tiene gran demanda para uso en alimentación animal o en la industria de productos alimenticios para humanos. Por otro lado, siendo la soya un producto agrícola con demanda industrial, bien podría representar mayores ingresos para el agricultor (8). Aun cuando todo esto descrito aquí

brevemente, ha sido realmente objeto de muchos estudios, pero por falta de integración de las entidades responsables, los resultados obtenidos no pasan de ser datos que se publican en revistas científicas y, lo que es más común y penoso, quedan olvidados en los archivos de las instituciones.

El segundo ejemplo que se desea discutir es el del pan de trigo. Los países centroamericanos, con la excepción de Guatemala, deben importar grandes cantidades de trigo, ya que el consumo de este cereal va en aumento constante. Por este motivo, y debido a la fuga de divisas que representa, se han tomado acciones para diluir la harina de trigo con pequeñas cantidades de almidones. Existen, sin embargo, posibilidades más atractivas desde varios puntos de vista, y una de ellas es la de utilizar otro cereal que no interfiera con las características de aceptabilidad asociadas a ese alimento. Así, se han realizado estudios con el propósito de determinar la posibilidad de sustituir parte de la harina de trigo por harinas de tres tipos de maíz, uno del altiplano de Guatemala de grano duro, otro harinoso, y el maíz opaco-2 (9). Algunos de los datos provenientes de tales estudios se describen en la Tabla 10. Según se nota, el volumen y la aceptabilidad de pan —expresados en base a pan de trigo— son superiores cuando se utilizó maíz duro que cuando se usó maíz harinoso. Asimismo, el valor nutritivo aumentó, aunque más cuando el maíz utilizado fue el opaco-2. En efecto, los resultados demostraron que es factible sustituir hasta 30% de la harina de trigo por harina de maíz, sobre todo si ésta tiene un nivel alto de amilosa y de sedimentación de carbohidratos, ya que se encontró una regresión lineal altamente significativa entre estos parámetros y el volumen y la aceptabilidad del pan.

El punto en el que se desea hacer énfasis es que el uso de ese maíz, cultivado localmente, resuelve un problema económico al reducir la importación de trigo; asimismo, constituye un incentivo para la producción del maíz, con mejores retornos económicos para el agricultor. Por consiguiente, sería necesario examinar otras variedades de maíz con niveles mayores de amilosa y sedimentación de carbohidratos, a fin de seleccionar los mejores para los objetivos descritos. Esta actividad, de nuevo, requiere la integración de esfuerzos conjuntos entre técnicos del área agrícola y la de procesamiento de alimentos.

**TABLA 10**

**Volumen y valores de aceptabilidad del pan producido con harina de trigo y 30% de harinas de maíz\***

| Mezcla*     | Volumen % del estándar | Aceptabilidad | Calidad proteínica PER** |
|-------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| 70T + 30 MH | 69.30                  | 6.42          | —                        |
| 70T + 30 MO | 70.24                  | 6.43          | 2.51                     |
| 70T + 30 MD | 74.33                  | 6.91          | 1.95                     |

\* MH = Maíz harinoso; MO = maíz opaco-2; MD = Maíz duro.

\*\* Calidad proteínica de solo harina de trigo, 1.64.

## Las Agroindustrias y la Interacción entre Producción, Tecnología de Alimentos y Nutrición

Uno de los grandes problemas en nuestros países es, por un lado, la falta de diversificación de uso de los cultivos primarios, y por el otro, de los subproductos de esos cultivos, en particular en las áreas rurales. El maíz en Guatemala es típico a este respecto, como se muestra en la Tabla 11. De la producción total, 82.3% se usa para consumo humano, 0.35% en la industria; 6.1% en alimentación animal; 2.6% se utiliza como semilla; 2.5% no tiene un uso determinado, y 5.2% se pierde. Resalta de inmediato el hecho de que la mayor parte del maíz se utiliza como alimento para el hombre en forma de tortilla. Lo que tal vez no sea adecuado es que el productor del maíz es el propio consumidor, quien produce primero para satisfacer sus propias necesidades y, el remanente, para otros fines. Si el uso del maíz en los otros rubros se incrementara, por ejemplo en las industrias alimenticias para el hombre o el animal, o bien para otras industrias, habría más incentivos para incrementar la producción. También llama la atención que el porcentaje de pérdidas es similar al de su uso en la industria animal, hecho que sugiere la necesidad de mejorar los sistemas de manejo post-cosecha.

**TABLA 11**

### Usos del maíz en Guatemala (%o)

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Consumo humano          | 82.3 |
| Consumo animal          | 6.1  |
| Como semilla            | 2.6  |
| Industrias de alimentos | 0.35 |
| Pérdidas                | 5.2  |
| Otros usos              | 3.5  |

En la parte introductoria de esta presentación, se indicó que el concepto de productividad descrito, en su componente de procesamiento, tiene implícitos dos aspectos: uno, el de funcionalidad del alimento sólo en sistemas alimenticios, y el otro, como materia prima en agroindustrias. Estos son, en realidad, los mejores estímulos para incrementar la producción, sobre todo si se integran con ella, ya que para que la agroindustria prospere debe asegurar una producción amplia y continua de materia prima (10). Para lograr dicho propósito es necesario que exista una relación íntima entre productor y procesador, siendo este último el que introduzca adelantos tecnológicos y facilidades económicas al productor para asegurar la cantidad y calidad de materia prima requerida. El resultado de esta interacción se traduce en la serie de beneficios que se indica en la Tabla 12, como es la introducción de tecnología agropecuaria, el aumento de la producción, uso intensivo de mano de obra, la reducción en el fraccionamiento de la tierra, el mejoramiento del estado socioeconómico y nutricional de la población, la disminución de pérdidas post-cosecha, una mejor utilización

TABLA 12

## Beneficios que pueden aportar las agroindustrias al área rural

- 
1. Facilita la introducción de la tecnología agropecuaria.
  2. Aumenta la producción.
  3. Aumenta el empleo.
  4. Reduce el fraccionamiento de la tierra.
  5. Mejora el estado socioeconómico y nutricional de la población.
  6. Reduce las pérdidas post-cosecha.
  7. Mejora la utilización de los recursos naturales.
  8. Desarrolla la región promoviendo industrias de soporte.
- 

de recursos y, en general, la inducción del desarrollo económico de la región (11). ¿Cuál debe ser entonces el objetivo de nuestros esfuerzos? ¿Introducir tecnologías para asegurar una ingestión de 500 g de maíz, por persona, por día, o introducir tecnologías que aseguren una ingestión de 250 g de maíz, utilizando los otros 250 g en equivalentes de otros alimentos suplementarios, ya sea obtenidos a través del animal o de procesos agroindustriales? Este segundo enfoque al problema es más humano, pero requiere el esfuerzo integrado de los grupos que tienen parte de la solución del problema en sus manos. Finalmente, los alimentos procesados reducen los gastos energéticos en la preparación de alimentos. Por ejemplo, se ha estimado que el costo energético de una tortilla preparada en el hogar es de 250 BTU, mientras que el producto industrial requiere 80 BTU (14).

Hasta ahora, el énfasis ha sido hecho en los alimentos básicos; sin embargo, la dieta antes descrita indica que también se consumen otros alimentos y que se les debe dar una atención adecuada, al igual que a los cultivos industriales. En esta oportunidad no comentaremos esto último, pero se espera que las presentaciones que escucharemos en los próximos días, proporcionen un cuadro más completo de lo que hemos podido hacer nosotros.

#### Posible Mecanismo para Promover la Interacción entre Agricultura, Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición

La información presentada hasta ahora ha reforzado de una manera u otra el concepto de que es necesario promover una actividad coordinada entre aquellas instituciones que se dedican a incrementar la producción agrícola, al almacenamiento y transformación de esa producción en alimentos sanos y nutritivos, y a proporcionar mejores fuentes de nutrientes para beneficio de la población de un país. Se espera que lo indicado y lo que se expondrá durante los próximos días, cubra uno de los objetivos de esta Conferencia, que es el de ilustrar las ventajas que implica la colaboración entre científicos y técnicos en los campos de la agricultura, ciencia y tecnología de alimentos y nutrición, en la solución del problema nutricional.

El segundo objetivo es el de recomendar algún mecanismo o mecanismos que promuevan la interacción del trabajo sobre las necesidades nutricionales del país, entre las instituciones especializadas en agricultura, ciencia y tecnología de alimentos y nutrición. Por varias razones, este aspecto, aunque aceptado por todos, no es fácil de implementar. Entre ellas cabe citar la magnitud y complejidad de los problemas por resolver y las prioridades que deben dársele a éstos. En sí, ello exige la atención completa de los técnicos en cada institución, lo que reduce las oportunidades de interacción entre ellas. Un segundo problema lo constituye la escasez de técnicos disponibles en cada área, especialmente aquéllos entrenados en áreas de interfase que faciliten la comunicación. Luego se encuentra el problema económico institucional, que no permite la amplitud necesaria para cooperación. También se puede considerar como una limitación la prioridad o el objetivo de cada institución, sea este objetivo el pequeño o el gran agricultor o industrial, la población total o los malnutridos, así como la organización administrativa y financiera de cada institución. Además, es también probable que consideraciones estrictamente de tipo económico de los objetivos perseguidos por cada institución, hagan que la interacción entre agricultura, tecnología de alimentos y nutrición, sea compatible. Muchas veces hay programas nutricionales con implicaciones económicas de gran magnitud, y viceversa. Asimismo, los programas tecnológicos en materia de agricultura e industria pueden ser contradictorios a los programas nutricionales. Todas estas limitaciones y algunas más, son los factores que han impedido que la interacción institucional se promueva o que llegue a ser una realidad.

Por las limitaciones enumeradas, es difícil en realidad proponer un mecanismo que fomente la interacción deseada, aun cuando sí es factible proponer algunas posibilidades. Una de ellas sería la de tener contrapartes en cada institución, que comprendan el lenguaje individual y aprecien los problemas respectivos, lo que podría lograrse a través de estudios académicos, en el área complementaria a técnicos de otras disciplinas. Conjuntamente se podría, entonces, crear proyectos inter-institucionales establecidos o formulados de acuerdo a las necesidades del país.

Otra posibilidad sería la de programar una serie de conferencias anuales entre instituciones en las que se expusieran los programas, adelantos y problemas de cada institución, con el fin de promover un intercambio de ideas y el logro de soluciones.

Finalmente, a continuación se presenta otra posibilidad formulada en base a nuestra experiencia. Es necesario hacer notar, sin embargo, que también puede adolecer de muchas limitaciones.

El mecanismo que podría proponerse se describe en la Figura 4, en cuya parte superior se indica el concepto de productividad ya discutido. Este concepto es el reflejo de tres instituciones, una dedicada prioritariamente a la producción agrícola, otra a las actividades de post-cosecha en su sentido más amplio y, la tercera, una institución cuyo propósito es el estudio de la nutrición. Esta es la situación actual en muchos países y/o regiones. Debido a que, como lo señaláramos, cada una tiene una serie de prioridades y limitaciones, la interacción real (aunque no expresada o escrita) no existe y posiblemente no pueda existir. Para obviar este obstáculo, se postula la creación de una institución que abarque las tres actividades, pero no con los objetivos

ni prioridades individuales de las tres instituciones indicadas en la parte superior, sino más bien con el objetivo de resolver problemas cuya solución es necesaria para el país, como punto de partida a la formulación de políticas gubernamentales.

Ahora bien, ¿cómo podría operar? Tomaremos como ejemplo tres problemas. El primero es uno en el que la acción se inicia en el sector agricultura. Asumamos que este sector, de una manera u otra, encontró que el frijol de costa o caupí tiene un gran potencial productivo; no obstante, la población no lo conoce ni lo consume, a pesar de que existe una deficiencia en la disponibilidad de *Phaseolus* en el país.

POSIBLE SISTEMA DE INTEGRACION ENTRE ACTIVIDADES  
EN AGRICULTURA, CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
Y NUTRICION

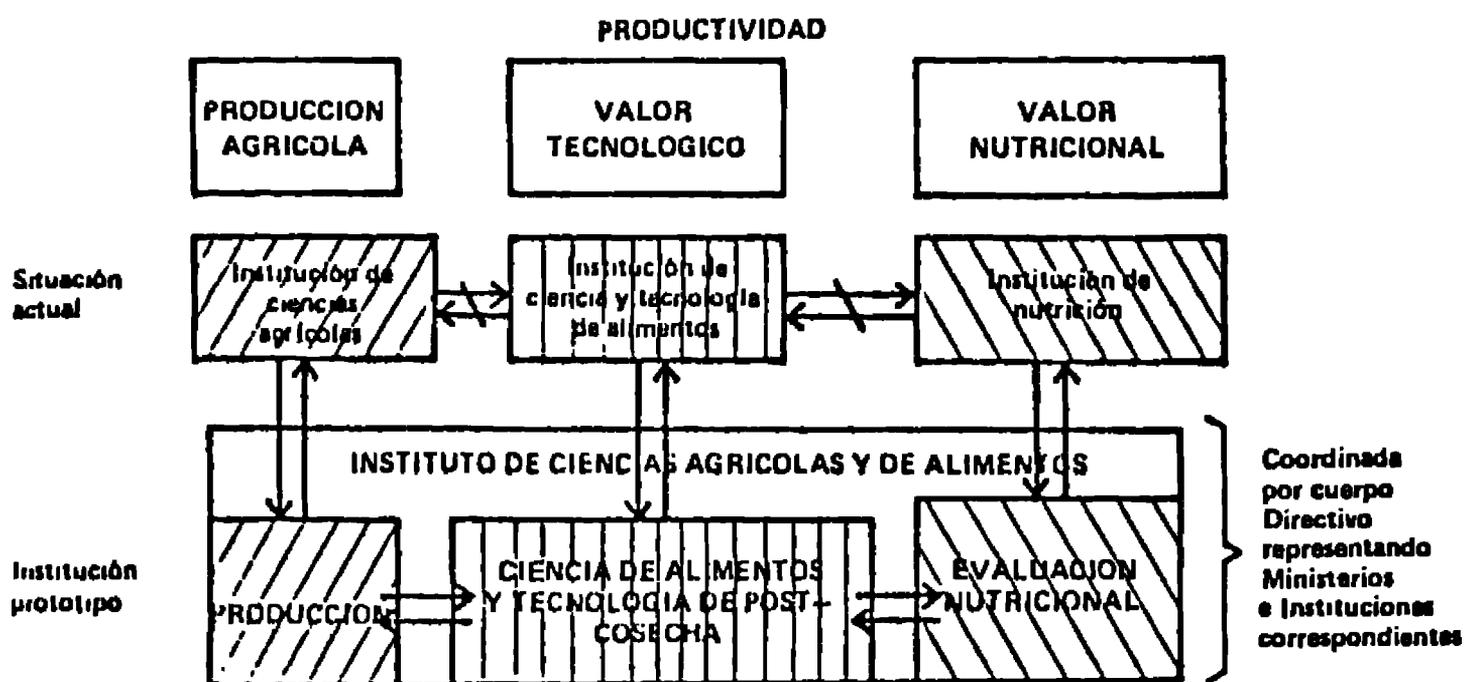


FIG. 4.— Posible sistema de integración entre actividades en agricultura, ciencia y tecnología de alimentos y nutrición.

El problema estriba en determinar la factibilidad de su uso, su aceptación por parte del consumidor y su valor nutricional, lo cual ya es, obviamente, responsabilidad de la nueva institución cuya creación se propone. Utilizando información de encuestas dietéticas originadas en la institución en nutrición, e información adicional de la entidad que labora en el campo de tecnología alimentaria, la institución propuesta puede encontrar soluciones. Este ejemplo es real y algunos datos que resumen todo ello se presentan en la Tabla 13. En efecto, el frijol de costa o caupí se ha procesado en iguales proporciones con el frijol común, dando un producto alimenticio en diferentes formas, más económico y de mayor valor nutritivo (12).

El segundo ejemplo describe una acción que se inicia en el sector tecnológico. La necesidad de buscar fuentes de aceite diferentes a las ya existentes ha determinado que un árbol conocido como "morro", tiene una semilla de alto contenido en aceite. Una vez se determine que este último es comestible, se elaborará el sistema industrial para comercializarlo. Sin embargo, para ello se requiere que la materia prima esté disponible, y este problema cae dentro del área del sector agrícola. Para poder pro-

TABLA 13

Valor nutritivo de mezclas de frijol de costa (*Vigna sinensis*)  
y frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

| Combinación |       | Calidad proteínica, PER |
|-------------|-------|-------------------------|
| Frijol      | Caupí |                         |
| 100         | 0     | 0.88                    |
| 50          | 50    | 1.38                    |
| 0           | 100   | 1.97                    |

Bressani *et. al.*, 1977 (12).

mover esta disponibilidad es necesario, pues, proporcionar más información y no tan sólo el hecho de que tiene potencial económico aceptable, para lo cual se requiere realizar investigaciones agrícolas preliminares antes de que el problema sea referido a la institución que se propone crear.

Por último, se presenta otro ejemplo donde la acción se inicia en el sector nutrición. Para esto se utilizará el caso de la soya, la cual podría ser propuesta como un cultivo que proporcionará a la dieta, proteína suplementaria y energía en forma de aceite. La interrogante aquí planteada, y que se trata de responder, es si tal producto podría ser incorporado a la tortilla, por ejemplo. La respuesta la proporciona el grupo dedicado a la ciencia y tecnología de alimentos, que demuestra su factibilidad, incluyendo el proceso por medio del cual podría incorporarse.

Habiendo resuelto esta incógnita favorablemente, se debe determinar si tal cultivo puede ser rentable. El sector agrícola de la institución propuesta examina el problema dando la respuesta sobre las posibilidades, y señalando cuál de las variedades es apta para los propósitos propuestos. Una vez demostrado que ésta llena todas las características deseables, el problema del cultivo de la soya es transferido a la institución especializada en el ramo agrícola para que pueda ser incorporada en los sistemas de producción.

Es importante señalar que aun habiendo pasado satisfactoriamente todas las etapas enumeradas, no se garantiza que las soluciones propuestas vayan a beneficiar al consumidor. Para tales fines sería necesario contar con el respaldo gubernamental a través de varios ministerios, así como de una institución financiera que iniciaría la primera acción de implementación en beneficio de la población.

La institución propuesta puede ser de índole regional o nacional, formar parte de un sistema universitario, o ser parte de las otras instituciones, y se considera de mucha importancia que tenga, a su vez, una función académica para la formación de técnicos que puedan aplicar los resultados obtenidos y fomentar la interacción entre instituciones. Posiblemente, su mejor ubicación sea con la institución dedicada a la agricultura, por lo menos hasta que el país alcance autosuficiencia en producción

agrícola. Finalmente, se considera de mucha importancia que la Universidad de las Naciones Unidas que —dentro de su Programa Mundial Contra el Hambre— contempla actividades de post-cosecha y fomenta la necesidad de interacción, considere la posibilidad del establecimiento de institutos del tipo propuesto. La tendencia hoy día es la de financiar por separado a instituciones especializadas en agricultura, tecnología de alimentos, y nutrición. Este sistema tiene como efecto final el de separar más bien que el de integrar las actividades de investigación, y mucho más las de implementación. Como consecuencia, cada grupo produce gran cantidad de tecnología que no llega a ser aplicada y en varias situaciones hasta es adversa a los intereses de los otros grupos. No puede haber resultados apropiados en tecnología de post-cosecha, por ejemplo, cuando el científico y tecnólogo en alimentos están tan alejados del agrónomo como éste del nutricionista. La integración comentada en el presente trabajo es necesaria, tanto a nivel de investigación como a nivel de implementación. En esta última actividad es posible que exista aún menos integración. Si la primera necesidad es producir alimentos sanos y nutritivos, la integración debe ser dirigida por el sector agrícola en relación estrecha con el tecnólogo de alimentos y nutrición. Las otras actividades deben ser de apoyo. A nuestro juicio, reunir técnicos de diferentes entrenamientos académicos, con el enfoque de investigación e implementación, en una institución de la naturaleza descrita, puede ser sumamente efectivo para la solución del problema alimentario mundial.

## Bibliografía

1. Murillo, B., M. T. Cabezas & R. Bressani. Influencia de la densidad calórica sobre la utilización de la proteína en dietas elaboradas a base de maíz y frijol. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 24: 223-241, 1974.
2. Dirección General de Estadística. *Estimaciones de Población por Sexo, Edad, Departamento y Area, 1950 - 2000*. Guatemala, enero 1978.
3. INDECA. Unidad de Programación y Estudio. INDECA, Guatemala.
4. Bressani, R. Productivity and improved nutritional value in basic food crops. En: *Improving the Nutrient Quality of Cereals*. Report of 2nd Workshop on Breeding and Fortification. H. L. Wilcke (Ed.). Washington, D. C., Agency for International Development, September 1976.
5. Baker, R. La experiencia asiática con las variedades de arroz de alto rendimiento: problemas y beneficios obtenidos. En: *Políticas Arroceras en América Latina, Octubre 10-14, 1971*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1972, p. 45.
6. Conde, A., R. Pazos, A. de Zamora, L. G. Elías & R. Bressani. Evaluación del contenido de nutrientes y características físicas y organolépticas de 12 variedades de arroz. En: *Informe Anual del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)*, Guatemala, Guatemala, C. A., 1975.
7. IITA. Root and tuber quality. Evaluation scheme. *IITA Letter No. 8, April, 1977*.
8. Bressani, R., L. G. Elías & M. R. Molina. Algunos ejemplos de la industrialización de productos agrícolas a través de tecnologías intermedias. *Interciencia*, 2: 218-287, 1977.
9. Molina, M. R. & R. Bressani. Lime as a bread-making improver using a whole maize (*Zea mays*) - wheat flour mixture. Inédito.
10. Parpia, H. A. B. Global interaction between agriculture and industry. Presentado en: *8th International TNO Conference, Rotterdam, The Netherlands, 27 and 28 February, 1975*.
11. Bressani, R. Oportunidades para el desarrollo de la industria alimentaria en las áreas rural y urbana de América Latina. *Tecnología de Alimentos (México)*, 9: 222-239, 1974.
12. Bressani, R., L. G. Elías, M. T. Huerdo & J. E. Braham. Estudios sobre la producción de harinas precocidas de frijol y caupí, solos y combinados mediante cocción-deshidratación. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 27: 247-260, 1977.