INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

INCAP

MEJORAMIENTO NUTRICIONAL DEL MAIZ

Mejoramiento Nutricional del Maíz

Mejoramiento Nutricional del Maíz

Publicación INCAP L-3

Guatemala, octubre de 1972

Editores:

Ricardo Bressani
J. Edgar Braham
Moisés Béhar

Memorias de una Conferencia de nivel internacional celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), ciudad de Guatemala, del 6 al 8 de marzo de 1972

Organizada por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, bajo el patrocinio de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) con sede en la ciudad de Washington, D. C., Estados Unidos de América

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), es un organismo técnico de los seis países que integran el Istmo Centroamericano. Sus funciones incluyen el desarrollo de investigaciones, la capacitación de personal, y asesoría a los Gobiemos de los seis países del área en materia de nutrición.

Por decisión de los Gobiernos Miembros, el INCAP funciona bajo la dirección administrativa de la Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud.

Los países que la terminología moderna ha dado en llamar "países emergentes", y dentro de los que se incluyen extensas regiones de El Africa, El Asia y gran parte de la América Latina, confrontan serios problemas en varios frentes: uno de ellos es el nutricional. Una y otra vez se ha denunciado la deficiencia de proteína de buena calidad como uno de los factores causales del subdesarrollo de las citadas áreas, y se han investigado numerosas posibilidades para la solución de este problema. A pesar de su efectividad, muchas de estas soluciones son demasiado sofisticadas y por completo ajenas a la realidad económica de las poblaciones enteras que subsisten, por necesidad, a base de dietas cuyo principal componente es un cereal.

Dentro del área centroamericana este cereal es el maíz. Todo el ancestro cultural, ya sea práctica laboral, expresión artística o resabio religioso, está encaminado - y muchas veces supeditado, al albo o dorado grano cuya maleable masa diera legendariamente a sus dioses el amasijo adecuado para forjar el primer hombre y que, en nuestros días, menos legendaria y más prácticamente, sigue siendo la base que sustenta biológicamente a sus descendientes.

Se ha dicho con razón, que los hábitos nutricionales son los más difíciles de cambiar. Esto es todavía más cierto cuando dicho hábito es no sólo el patrimonio ancestral de una población sino, necesariamente, el único que puede saciar el hambre dentro de un patrón económico cuya inflexibilidad cede muy lentamente al lamer de corrientes filosóficas o sociales. Si por razones de índole económica, social o antropológica el hábito no puede ser cambiado, ciertamente la ciencia moderna ha puesto a nuestro alcance las herramientas necesarias - investigación y tecnología - para mejorar el producto, si esto es lo que efectivamente ha de traducirse en beneficio para la población en general. Precisamente éste es el punto pivotal alrededor del cual gira la conferencia cuyos artículos se presentan en este volumen.

No es la primera vez que el maíz entra al tapete de discusión y, sin lugar a duda, tampoco será la última; si así fuera, ello significaría que hemos resuelto todos los problemas relativos a este cereal y que las preguntas que han motivado una conferencia de esta naturaleza han obtenido una respuesta adecuada. Esto pertenece al

dominio de la fantasia y no al de la realidad científica que, una y otra vez, tiene que hacer frente a interrogantes tales como: ¿es necesario mejorar el maíz a través de la suplementación con los aminoácidos en que es deficiente su proteína? ¿cuál es la manera más efectiva de suplementar el maíz? ¿son las mejoras genéticas la respuesta más adecuada para solucionar el problema? ¿debe darse prioridad a la producción en cantidad más bien que en calidad? ¿es necesario aumentar el consumo de maíz per cápita? y así hasta el infinito. Si son muchas las preguntas que necesitan respuesta es porque el problema en sí es polifacético. Estamos seguros que este convivio en el que se dan cita prominentes científicos de diversas partes del mundo, quienes han aceptado en sus laboratorios el desafío que para nosotros es el maíz, aunando esfuerzos y experiencias llegarán a trazar lineamientos y senderos que eventualmente, como es nuestra esperanza, conduzcan a hechos que incidan positivamente en el problema. Si la meta es ambiciosa, los que han aceptado ya este reto están más que capacitados para hacerle frente.

CONTENIDO

SESION No. 1

Inauguración de la Conferencia
Astolfo Fumagalli 3

La importancia del maíz en la nutrición humana, en América Latina y otros países
Ricardo Bressani 5

Producción de maíz en Colombia
Jesús Antonio Rivera 31

Situación del maíz Opaco en América Latina
Federico R. Poey 36

El maíz Opaco-2 en El Africa. Problemas y producción
Mathias Kojo Akposoe 46

SESION No. 2

La filosofía de la fortificación y nutrificación aplicada del maíz
Paul A. Lachance 53

Producción industrial, distribución y mercadeo de la harina para tortillas en México
Francisco R. del Valle 60

Presentación de trabajos realizados en México sobre enriquecimiento de la harina de maíz
Carlos Wild-Altamirano 87

Contribución a la tecnología de la harina de maíz
Alicia Cortéz y Carlos Wild-Altamirano 90

SESION No. 3

Producción industrial, mercadeo y distribución de harina de masa de maíz para la preparación de arepas, en Venezuela
Oscar Fernando Rodríguez 109

Calidad nutritiva de la proteína de la harina de arepa y su mejoramiento por medio de la fortificación en Venezuela
José Félix Chávez 115

Valor nutritivo de la proteína de la harina de arepa de maíz normal y del Opaco-2 y su mejoramiento a través de la fortificación en Colombia
Alberto Pradilla, D. D. Harpstead, F. A. Linares y Carmen E. González Diest 126

Propiedades funcionales de harina de maíz simple y fortificada para la preparación de arepas
Teresa Salazar de Buckle, Carlos A. Pardo, Ana Mercedes de Sandoval y Gloria Silva 134

Productos derivados del frijol de soya como ingredientes funcionales en alimentos
Joseph Rakosky, Jr. 149

SESION No. 4

Producción industrial, mercadeo y distribución de harina de tortilla en Centro América
Francisco Gámez Duch 165

Valor nutritivo de la proteína de la harina de tortilla y su mejoramiento por medio de fortificación en Centro América
Luiz G. Elías y Ricardo Bressani 172

Evaluación de la calidad proteínica del maíz común del maíz Opaco-2 y del maíz común suplementado con aminoácidos y otras fuentes de proteína
Fernando E. Viteri, Cristina Martínez y Ricardo Bressani 195

El valor nutritivo de productos de la molienda del maíz, de la suplementación con aminoácidos y de mezclas de maíz común y de Opaco-2
José E. Dutra de Oliveira y Nelson de Souza 209

SESION No. 5

La preparación de harina de maíz en Malawi y El Africa contemporánea
Nicholas Lungu 219

Valor nutricional de la harina de maíz y su mejoramiento por medio de la fortificación en El Africa
Thomas J. Ekpenyong 227

La tecnología de la fortificación del maíz en América Latina
Mario Molina, Luiz G. Elías, Roberto Gómez-Brenes, Paul Lachance y Ricardo Bressani 240

Mejoramiento de la calidad proteínica de dietas de bajo valor nutritivo a través del uso de maíz fortificado y del Opaco-2
Roberto Gómez-Brenes, Luiz G. Elías y Ricardo Bressani 261

Un modelo de fortificación del maíz con harina de soya, lisina y otros nutrimentos, en una comunidad rural de bajo nivel socioeconómico
Leonardo J. Mata, Juan J. Urrutia, Bertha García, Ricardo Bressani, Paul Lachance y Miguel A. Guzmán 278

Perspectivas para otros alimentos
Ricardo Bressani 297

Resumen de la Conferencia
Aaron M. Altschul 318

Resumen de la Conferencia
Moisés Béhar 323

Inauguración de la Conferencia
Astolfo Fumagalli 3

La importancia del maíz en la nutrición humana, en América Latina y otros países
Ricardo Bressani 5

Producción de maíz en Colombia
Jesús Antonio Rivera 31

Situación del maíz Opaco en América Latina
Federico R. Poey 36

El maíz Opaco-2 en El Africa. Problemas y producción
Mathias Kojo Akposoe 46

INAUGURACION DE LA CONFERENCIA

Ing. Astolfo Fumagalli, en representación del Excelentísimo Señor Ministro de Agricultura de Guatemala

Señores Miembros de la Comisión Organizadora, Señores Delegados, señoras y señores.

Constituye para nuestro país un singular privilegio brindar hospitalidad a los dignos representantes de varias partes del mundo que asisten a esta **Primera Conferencia sobre el Mejoramiento Nutricional del Maíz.**

Es de particular significación que este importante evento se realice aquí en Guatemala considerado como uno de los centros de origen - si no el centro de origen - de esta importante gramínea que constituye la base de la dieta alimentaria no solo de Centro América sino de muchos países del mundo en desarrollo.

Una gran mayoría de esta población obtiene de los cereales aproximadamente el 70% de su ingestión de proteína. Desafortunadamente la proteína vegetal es deficiente en uno o más de los aminoácidos esenciales en especial lisina y triptofano. Como consecuencia de esta situación se estima que 10,000 personas mueren cada día en el mundo de hambre o de los efectos de la mala nutrición.

Esta dramática situación pone de manifiesto, con un sentido de urgencia, la necesidad que tenemos de utilizar todos los recursos a nuestro alcance para acrecentar la disponibilidad de alimentos a nivel nacional y mejorar las cualidades nutritivas de los componentes básicos en la dieta de nuestros pueblos.

Guatemala no es una excepción pues nuestra población sufre una serie de problemas nutricionales severos, entre los cuales sobresale la deficiencia de proteínas como el problema internacional más importante.

Esta desnutrición proteínico-calórica conjuntamente con las deficiencias de vitamina A, riboflavina, hierro y otros nutrimentos de que adolece la dieta de una gran mayoría de la población, y especialmente la de los niños, probablemente contribuyen al retardo en el crecimiento y el desarrollo físico y mental de un gran sector de la población.

El descubrimiento de los genes Opaco-2 y Harinoso-2 y su incorporación a las variedades o híbridos para que puedan ser utilizados directamente por el consumidor, el desarrollo de nuevas estrategias para el mejoramiento de la proteína en los cereales de bajo valor biológico y la pesquisa de nuevas técnicas que hagan posible el aprovechamiento industrial de fuentes adecuadas de uso no convencional, son algunas de las posibilidades que se ofrecen por el momento.

Abrigamos la esperanza de que esta situación que constituye un desafío a los hombres de ciencia, a los educadores, a los dirigentes gubernamentales, a la industria privada y en muchos aspectos a la población del área será cuidadosamente analizada en el seno de esta reunión a la luz de las experiencias acumuladas en los últimos años y que de este análisis surjan directrices pragmáticas que orienten la acción a seguir por los gobiernos que estamos verdaderamente interesados en resolver este problema.

El hecho de ser ésta una sesión inaugural me impide hacer una exposición exhaustiva de las trascendentales proyecciones que esta reunión tiene para nuestros pueblos. Sin embargo, quiero reconocer con satisfacción evidente y sincera complacencia los esfuerzos que la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), han efectuado para hacer posible esta reunión.

Extiendo a los Señores Delegados mi más calurosa bienvenida, invitándolos a que se sientan como en su propia casa a la vez que hago fervientes votos porque sus deliberaciones culminen en el mayor de los éxitos. Por tanto y en nombre del Gobierno de la República declaro inaugurada esta Primera Conferencia sobre el Mejoramiento Nutricional del Maíz.

LA IMPORTANCIA DEL MAIZ EN LA NUTRICION HUMANA EN AMERICA LATINA Y OTROS PAISES

Dr. Ricardo Bressani
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, C. A.

Introducción

El maíz es el alimento básico en la mayor parte de las Américas. Debido a la gran cantidad de razas y variedades logradas durante muchos años en que dicho cereal ha sido cultivado, representa uno de los más grandes recursos naturales del Hemisferio Americano. De este gran número de razas, es posible seleccionar y desarrollar aquéllas que mejor sirven los objetivos que se desea lograr.

Muchos investigadores a través de los años, han estudiado el valor nutritivo del maíz, haciendo accesible sus experiencias por medio de sus publicaciones. Al profundizar en estos estudios, uno se pregunta ¿Cómo civilizaciones tan extraordinarias como la de los Mayas pudieron desarrollarse dependiendo tanto del maíz, como su alimento básico? Esta pregunta todavía no ha podido ser contestada. Podría pensarse que la causa de la decadencia de los Mayas haya sido el haber dependido tanto del maíz. También podría pensarse que otros alimentos, consumidos por ellos juntamente con el maíz, les hayan resultado más difíciles de obtener, por lo que al no consumirlos, no recibieron el beneficio de la suplementación, que estos alimentos pudieran haber proporcionado. Esto fue posiblemente el principio del estado nutricional observado al presente en estos países.

Cualquiera que sea el caso, se sabe que el maíz fue bien conocido por los Mayas y otros habitantes primitivos de la América Latina y que éste formó parte esencial de su religión y cultura (2). Se sabe que ellos preparaban varios tipos de alimentos del maíz, pero uno que atrajo mucha atención y ha sido tema de muchas investigaciones es el que se conoce como "tortilla". Desde el punto de vista de su forma, la tortilla no tiene mucho interés, y se usa principalmente como instrumento para llevar el alimento a la boca. Lo que es importante de ella es el proceso a que se somete el maíz para elaborarla. No se sabe si a través de tanteo, experiencia o por cualquier otra razón, los Mayas prepararon sus tortillas por medio de un proceso de cocimiento alcalino. Este proceso dio como resultado un producto, que si se preparara con un simple cocimiento con agua, conduciría al desarrollo de pelagra o de una deficiencia de niacina, como ha ocurrido en el Sur de los Estados Unidos y en algunos países de Europa y en Egipto. Esta deficiencia, según se ha informado, parece no presentarse comúnmente en los países de la América Latina que consumen maíz procesado por cocimiento alcalino.

La cocción alcalina reduce también el contenido de fibra cruda del maíz, haciendo de la tortilla un alimento con una textura más suave. Debido a que la cocción del maíz se lleva a cabo con hidróxido de calcio la tortilla fue, para los Mayas, una buena fuente de calcio en su dieta.

A pesar de que el proceso alcalino de cocción es ventajoso en muchos aspectos, no mejora la cantidad y calidad de la proteína del maíz, la cual de no corregirse conduce a un estado nutricional pobre, a todos los animales, incluyendo al hombre. El proceso ha evolucionado en tamaño, del nivel casero a escala industrial; pero nada se ha hecho para mejorar la calidad nutricional de este alimento preparado del maíz.

Esta presentación tratará de definir qué posibilidades y hechos bien conocidos están disponibles hoy día para alcanzar lo que los dioses mayas deseaban pero no llegaron a obtener, que es el crear del maíz blanco y amarillo, el músculo y el vigor del hombre, como se describió en el Popol Vuh, libro sagrado de los Maya-Quichés (2).

En este trabajo se hará una revisión general de la importancia nutricional del maíz, en aquellos países consumidores de este cereal, en términos de niveles de ingesta, composición química, valor nutritivo y formas en que se consume.

Consumo y Contribución de Calorías y Proteína a las Dietas Humanas

El 5 de noviembre de 1492, hace unos cuatrocientos ochenta años, cuando Colón descubrió Cuba, el mundo recibió del Continente Latinoamericano, el cereal llamado "maíz". Los españoles al encontrarlo lo describieron como "una especie de grano, que los nativos llaman maíz, de sabor agradable, cocido y seco, y hecho en forma de harina", por lo tanto, no es sorprendente ver que con unas pocas excepciones, la mayoría de los países latinoamericanos consumen relativamente altas cantidades de maíz.

Datos de la FAO de 1962 (18) demostraron que de las dietas de 64 países, en base de promedio por país, 50 tenían una ingestión de maíz de menos de 100 g por persona, por día, y 14 presentaban ingestiones diarias tan altas como 350 g, por persona. La ingestión en estos 14 países se presenta en el Cuadro No. 1, el cual también muestra la contribución de calorías y proteína que el maíz proporciona, por persona, diariamente. Las cifras indican que el maíz es un alimento básico en algunos países de la América Latina, sobre todo en México y Centro América, así como en algunos países de Africa. Es obvio que si la ingestión es alta, el maíz también proveerá cantidades significativas de calorías y de proteína a la ingestión diaria de las personas de estos países.

Refiriéndonos ahora a la importancia que tiene el maíz en América Central, se encuentran algunos aspectos importantes de señalar. El Cuadro No. 2 resume el consumo de maíz en los 6 países de Centro América, para la población rural y urbana (23). Dos puntos son muy claros, primero que el consumo de maíz disminuye de Guatemala a Panamá, y segundo que la ingestión de maíz es mayor en las áreas rurales que en el sector urbano. En Guatemala, El Salvador, y Honduras, el maíz constituye la mayor proporción de los alimentos ingeridos en el sector rural, siendo por lo tanto, el más importante proveedor de nutrientes a la dieta. Esto se observa en el Cuadro No. 3, el que muestra la cantidad de calorías y proteína que el maíz proporciona a la

CUADRO No. 1

Ingestión de maíz y su contribución de proteínas y calorías a la dieta diaria

País	Maíz		
	ingestión	calorías	proteína
	g/día/persona		
Afganistan	112	402	10.4
Bolivia	119	429	11.1
Brasil	100	360	9.3
Colombia	122	437	11.5
El Salvador	245	871	23.3
Guatemala	349	1242	33.2
Honduras	228	813	21.7
México	272	978	25.2
Nicaragua	131	472	11.1
Portugal	100	357	8.3
Rumania	192	694	16.1
Africa del Sur	308	1096	29.3
Arabia	166	597	15.4
Venezuela	108	393	8.7

FAO. Food Balance Sheets 1960-62 (18).

CUADRO No. 2

Ingestión de maíz en el área rural y urbana de los países de Centro América*

País	Consumo de maíz, g/día	
	rural	urbano
Guatemala	318	102
El Salvador	352	166
Honduras	225	135
Nicaragua	131	56
Costa Rica	41	14
Panamá	4	4

* Encuestas Dietéticas de Centro América y Panamá (23).

ingestión total por día de estos dos nutrientes. El maíz provee hasta un 59% y un 45% de la ingestión diaria de calorías y proteína respectivamente. Las cantidades son mayores especialmente en la población indígena, en donde es común encontrar consumos de maíz de 2 lbs por persona por día. Un análisis más a fondo del consumo de maíz en áreas rurales de Guatemala se presenta en el Cuadro No. 4, en el cual la ingestión de maíz se relaciona con la edad (19). Estos datos indican que la ingestión principia a edad temprana con 64 gramos por día, siendo mayor conforme aumenta la edad del individuo, alcanzando un promedio nacional

de 318 gramos por día. La importancia del maíz aumenta con la edad. Entre 1 y 2 años el maíz aporta el 27% de la ingestión de proteína y el 33% de calorías. En los adultos el maíz contribuye con el 45% de la proteína y el 57% de las calorías. Sin embargo, la calidad nutritiva del maíz es más importante para el joven que para el adulto.

CUADRO No. 3

Contribución del maíz a la ingestión diaria de calorías y de proteína en el área rural de los países de Centro América*

País	Calorías/día		g proteína/día	
	maíz	total	maíz	total
Guatemala	1148	1994	27.0	60
El Salvador	1271	2146	29.9	68
Honduras	812	1832	19.1	58
Nicaragua	472	1986	11.1	64
Costa Rica	148	1894	3.5	54
Panamá	14	2089	0.3	60

* Encuestas Dietéticas de Centro América y Panamá (23).

CUADRO No. 4

Relación entre la edad, el consumo de maíz y su contribución a la ingestión diaria de calorías y proteínas *

Edad años	Consumo maíz g/día	Ingestión de proteína			Ingestión de calorías		
		Maíz g/día	Total g/día	%	Maíz por día	Total por día	%
1 - 2	64	5.4	20.0	27	231	699	33
2 - 3	86	7.3	21.7	34	310	787	39
3 - 4	120	10.2	27.9	36	433	981	44
4 - 5	89	7.6	23.3	33	321	819	39
Adultos	318	27.0	60.4	45	1148	1994	57

* Area rural de Guatemala. Datos Lic. M. Flores (19).

Esta información indica que la proteína del maíz, en términos de cantidad y calidad, es de gran significado nutricional.

Composición Química y Contenido de Aminoácidos

En 1939, Mangelsdorf y Reeves (29) mientras escribían acerca del orígen del "maíz indio" y sus derivados, indicaron que el maíz crece de los 58° latitud Norte, en Rusia y Canadá, hasta

los 40° latitud Sur en Australia. Igualmente se desarrolla en los valles del Caspio, que está bajo el nivel del mar, hasta en los Andes peruanos, a una altura de 3660 metros. Se cultiva en áreas con una precipitación pluvial de 25 cm, así como también en regiones donde la precipitación pluvial alcanza hasta 508 cm. Crece asimismo, en lugares de veranos cortos, como Canadá, o en aquéllos de trópicos perpetuos, como los de Colombia.

Esta amplia capacidad de adaptabilidad puede explicar la gran cantidad de análisis químicos disponibles sobre el maíz, así como sobre el contenido de aminoácidos de su proteína.

Los resultados analíticos representativos de dos tipos de maíz de Guatemala (8), se muestran en el Cuadro No. 5. En general los valores indican que el maíz es un alimento de bajo contenido de proteína total; pero alto en carbohidratos, característica que le coloca, como a otros cereales, entre las fuentes excelentes de energía. El contenido de proteína varía no sólo debido a las diferentes razas y variedades de maíz, sino también existen varios informes que demuestran que los factores ambientales tienen una influencia definitiva sobre el nivel de proteína del grano. Los fertilizantes nitrogenados y la selección genética pueden originar variedades con una concentración proteínica total más alta que la normal.

CUADRO No. 5

Composición química-proximal promedio del maíz

	Blanco	Amarillo
Materia seca	84.1	87.8
Extracto etéreo	4.83	3.53
Nitrógeno	1.29	1.34
Proteína	8.06	8.37
Fibra cruda	1.58	1.33
Ceniza	1.28	1.08
Carbohidratos	70.04	73.86
Carotenos, mg %	--	0.30
Calorías/100 g	356	370

Tomado de: Bressani R. *et al.* (8).

El contenido de aminoácidos de la proteína del maíz normal es más o menos constante. Valores representativos (10) se muestran en el Cuadro No. 6. Todos los resultados presentan la misma característica, es decir la baja concentración de dos aminoácidos esenciales, lisina y triptofano, en comparación con los valores de la leche. Pueden notarse también valores altos como los de la leucina. El teosinte, un posible precursos del maíz, muestra una composición similar a la del maíz. Como en el caso de la proteína, la concentración de aminoácidos se ha encontrado que también es variable, dependiendo de la variedad y medio

CUADRO No. 6

Composición de aminoácidos esenciales de varias muestras de maíz, mg/g N

Aminoácido	Muestra de Maíz									Leche
	Cuyuta	US4251	SSD	TGY	142-48	H.O.	H5	H.P.	Teosinte	
Nitrógeno, %	1.28	1.31	1.37	1.57	1.83	1.99	2.24	2.91	3.81	4.09
Arginina	273	298	263	261	158	231	161	134	76	233
Histidina	164	214	146	140	115	115	89	76	50	168
Isoleucina	203	252	197	216	164	176	165	137	123	407
Leucina	820	931	876	777	732	342	607	522	441	626
Lisina	219	221	153	166	126	161	94	69	34	496
Aminoácidos azufrados	210	244	189	153	142	135	130	86	60	213
Fenilalanina	344	343	336	280	245	146	237	196	150	309
Treonina	242	252	212	197	164	161	138	113	79	294
Triptofano	49	37	34	32	24	28	19	15	10	90
Valina	320	351	299	274	218	105	192	158	126	438
Zeina, % (endospermo)	41.2	43.8	50.6	45.7	52.1	48.5	55.4	59.7	55.5	-

Tomado de: Bressani, R. & E. T. Mertz (10).

ambiental de cultivo (8, 9, 10). Esta variación es pequeña y desaparece, hasta cierto punto, cuando se expresan los valores de aminoácidos en base a una cantidad igual de proteína. Los resultados consignados en este Cuadro demuestran también que conforme la cantidad de proteína aumenta, paralelamente se produce un alza en el contenido de zeína, y una disminución en lisina y triptofano. La variabilidad que se observa, muy a menudo, en el contenido de aminoácidos sugirió la posibilidad de encontrar variedades con niveles más altos de los aminoácidos limitantes; pero no fue sino hasta 1964 que Mertz, Bates y Nelson (25), encontraron una mutación en el maíz, con las características químicas y nutricionales deseadas. Dicho hallazgo abrió nuevos horizontes y esperanzas de un nuevo grano de maíz, con valor proteínico superior. Este maíz es ahora conocido como Opaco-2.

Desde el descubrimiento del maíz Opaco-2, se han realizado muchos estudios, demostrando una y otra vez sus excelentes cualidades nutritivas en ratas (4, 28, 31), pollos (1, 20, 21, 24), cerdos (28, 32), y en seres humanos, niños (5) y adultos (15, 36). Las razones del valor proteínico superior del maíz opaco-2 en comparación con el maíz común se resumen en el Cuadro No. 7. En este Cuadro se presentan datos químicos que, bajo el punto de vista nutricional, explican las diferencias entre los dos tipos de maíz. En primer término, el contenido de proteína - aunque es en general un poco más alto para el maíz Opaco-2 que para el maíz común - no explica la diferencia en la calidad de la proteína entre los dos, ya que el maíz común puede contener mayor concentración proteínica, pero la calidad es inferior como ha sido demostrado (16). Las diferencias, sin embargo, principian a notarse al comparar la distribución de la proteína del endospermo (30). Puede observarse que el maíz Opaco-2 contiene menor cantidad de zeína (Cuadro No. 7) que el maíz común, y más proteína soluble en hidróxido de sodio. Puesto que si la zeína es una proteína deficiente en lisina, carente de triptofano, y las proteínas solubles en solución alcalina y ácida son mejores fuentes de estos aminoácidos, es evidente que el grano Opaco-2 debe contener más de estos dos aminoácidos, lo cual ya ha sido probado (30). Aun cuando estas son las diferencias más notables, existen otras que han sido poco apreciadas. Por ejemplo, el maíz común contiene lo que podría llamarse un exceso de leucina, proveniente de la zeína, así como de tirosina y fenilalanina. El maíz Opaco-2 además de contener mayor cantidad de lisina y triptofano que el maíz común, presenta un mejor balance de los otros aminoácidos esenciales.

Comparación de la Calidad Proteínica del Maíz en Relación a la Calidad Proteínica de Otros Cereales Importantes

La cantidad total de proteína en los cereales es baja, siendo el arroz el de menor contenido. El maíz, por otra parte, contiene cantidades un poco menores que el trigo. Este es un hecho de mucha importancia, ya que el valor nutritivo de la proteína en los alimentos, depende tanto de la calidad como de la cantidad de ésta. Sin embargo, debido a que la diferencia en el contenido de proteína total en los cereales es relativamente baja, el factor calidad es el de más importancia. El Cuadro No. 8 resume los valores de calidad proteínica de varios cereales, obtenidos en

CUADRO No. 7

Algunas diferencias entre el maíz Opaco-2 y el maíz común

Fracción proteínica	Opaco-2	Común
Nitrógeno, %	1.69	1.68
Soluble en ácido, %	35	34
Soluble en alcohol, %	26	37
Soluble en solución alcalina, %	39	29
Aminoácido		
Lisina	4.7	2.8
Triptofano	1.5*	0.62*
Histidina	3.0	3.0
Arginina	6.5	4.8
Acido aspártico	10.6	6.7
Acido glutámico	17.9	20.8
Treonina	3.9	3.6
Serina	4.9	4.8
Prolina	8.1	10.0
Glicina	4.8	3.8
Alanina	6.9	7.9
Valina	5.5	5.0
Cistina	1.4	1.2
Metionina	1.9	2.0
Isoleucina	3.8	4.0
Leucina	9.8	13.9
Tirosina	3.6	4.0
Fenilalanina	4.8	5.2

* Datos del mismo maíz, pero de diferente laboratorio.

animales de experimentación. Este Cuadro también muestra el valor nutritivo de la proteína de los cereales, expresado como proteína utilizable. Esta cifra es el producto de la cantidad, por la calidad. Como se indica en el Cuadro, la calidad proteínica, así como la proteína utilizable en el maíz y en el sorgo, es la más baja entre los cereales. Estos resultados también sugieren que una proteína utilizable más alta, podría ser obtenida del maíz, si éste tuviera más proteína que las variedades presentes, aun cuando mayor proteína significaría también un menor valor en la calidad de la misma. Esto necesita mayor atención, ya que no se han efectuado suficientes estudios para determinar las pérdidas en la calidad proteínica presente en el maíz, en relación al aumento en su contenido proteínico total. En un estudio llevado a cabo en cerdos (16), se utilizaron maíces de alto y bajo contenido de proteína, incluyéndolos a una dieta básica que proporcionara 8% de proteína. Los resultados se muestran en el Cuadro No. 9. El maíz con 14.9% de proteína indujo el mejor crecimiento. La digestibilidad aparente fue un poco menor en el grano con más proteína. El valor biológico aparente era más bajo para los maíces de más alto contenido proteínico que para el maíz normal. Sin embargo, la proteína utilizable, el producto del contenido proteínico y el valor biológico, fueron superiores para el maíz

alto en proteína, que para el normal. El valor biológico más bajo del maíz con alto contenido de proteína es debido a un aumento en la fracción proteínica zeína, la cual se encuentra en una concentración mayor en el maíz de alto contenido proteínico que en el normal.

CUADRO No. 8

Calidad proteínica de algunos cereales

Cereal	PER* (rata)	Valor biológico (perro)	Proteína utilizable, %
Maíz	0.87	50.5	2.41
Arroz	2.15	85.0	4.01
Trigo	1.05	56.0	4.26
Avena	1.60	58.5	8.22
Sorgo	0.88	--	2.23
Caseína	2.71	--	8.02

* PER = Indice de eficiencia proteínica.

CUADRO No. 9

Calidad proteínica del maíz de contenido normal y alto en proteína evaluado en cerdos jóvenes

	M a í z			
	Normal 10.1% prot.	Alto en prot. 11.4% prot.	Normal 10.6% prot.	Alto en prot. 14.9% prot.
Ganancia diaria, lb	0.62	0.64	0.62	0.80
Nitrógeno digerible aparente, %	72.5	74.0	69.3	73.5
Valor biológico aparente, %	31.8	30.1	37.2	27.9
Proteína utilizable, %	3.2	3.4	3.9	4.2

Tomado de: Eggert *et al.* (16).

Los datos sobre la calidad proteínica de varios cereales, determinada en niños (6), se presentan en el Cuadro No. 10. Los valores fueron obtenidos con una ingestión de nitrógeno similar entre los cereales. Los datos indican de nuevo, que la proteína del maíz es la de más baja calidad, siendo la del arroz la de mejor calidad. Esta diferencia se debe al patrón de aminoácidos esenciales. Todos los cereales que se incluyen en este Cuadro, son deficientes en lisina; sin embargo, esta deficiencia es mayor en el maíz. Más aún, la proteína del maíz también es deficiente

en triptofano en un grado tan alto como la lisina. Este hecho es de mucha importancia en cualquier programa cuyo objetivo sea el de mejorar la calidad proteínica del maíz.

CUADRO No. 10

Balance de nitrógeno de niños alimentados con varios niveles de proteína de maíz, trigo y arroz

Cereal	Balance de Nitrógeno				
	Ingestión	Fecal	Urinario	Absorbido	Retenido
	mg/kg/día				
Maíz	473	134	328	339	+ 11
	326	71	268	255	- 13
	238	58	140	180	- 10
Trigo	483	62	418	421	+ 3
	328	43	261	285	+ 24
Arroz	320	67	193	253	+ 60
	235	36	157	197	+ 40

Tomado de: Bressani, R. (6).

Comparación entre el Valor Proteínico del Maíz Común y el Maíz Opaco-2

Desde 1964, se han llevado a cabo muchos ensayos biológicos con diferentes especies, cuyo propósito ha sido el de determinar la calidad de la proteína del maíz común y la del Opaco-2. El Cuadro No. 11 resume alguna información respecto a la rata (4, 28, 31), el cerdo (28, 32) y el hombre (5, 15, 36). En todas las especies la proteína del maíz Opaco-2 resulta ser de superior calidad que la del maíz común. En la rata joven el maíz Opaco-2 produce un crecimiento de 3 a 4 veces mayor que el maíz común y un incremento en calidad proteínica, medida por el índice de eficiencia proteínica (PER), de 2 a 2.5. En cerdos se observa también un aumento aproximadamente de 2 a 3.3 veces más en los alimentados con Opaco-2 que con maíz común. Finalmente, en el hombre, aun cuando no existen comparaciones entre los dos tipos de maíz en el mismo estudio, los datos de que se dispone indican una digestibilidad de la proteína mayor para el maíz Opaco-2, así como un valor biológico superior que para la proteína del maíz común. En este sentido, es de interés indicar que Clark *et al.* (15) encontraron que en humanos adultos, el equilibrio nitrogenado se obtenía con una ingestión de 230 g de maíz Opaco-2 por día, mientras que Kies, Williams y Fox (25) determinaron que con maíz común (degerminado), tal equilibrio se alcanzaba con una ingestión de 610 g de maíz por día. Esta cifra - que podría ser un poco alta porque el maíz usado no tenía el germen - no es muy diferente a la indicada por Truswell y Brock (34, 35), quienes señalaron que ingestiones entre 500 y 600 gramos inducían un balance ligeramente positivo.

CUADRO No. 11

Resumen de algunos datos comparativos de la calidad proteínica del maíz común y del Opaco-2 en la rata, el cerdo y el hombre

Clase de maíz	Rata	
	Aumento en peso promedio g	PER *
Común - E.U.	27	1.60
Opaco-2 - E.U.	97	2.80
Común - Guatemala	25	1.49
Opaco-2 - E.U.	130	2.79
Común - Colombia	12**	1.40
Opaco-2 - Colombia	53**	3.30

	Cerdos	
	Aumento en peso, g/día	Edad fisiológica
Común - E.U.	120	crecimiento
Opaco-2 - E.U.	432	crecimiento
Común - E.U.	690	terminado
Opaco-2 - E.U.	1044	terminado
Común - Colombia	91	crecimiento
Opaco-2 - Colombia	310	crecimiento

	Humanos		
	Digestibilidad, %	Valor biológico	Edad fisiológica
Común - Africa	82	45	adultos
Opaco-2 - Colombia	92	79	adultos
Opaco-2 - E.U.	71***	72	niños
Común - Guatemala		32	niños

* PER = Indice de eficiencia proteínica.
** 17 días.
*** Digestibilidad aparente.

Fuentes de referencia: (4,28, 31); (28, 32); (5, 15, 36).

Formas de Consumo

En los países consumidores de maíz de la América Latina, el maíz es procesado en diferentes formas para su consumo, siendo la tortilla la forma más importante y común en aquellos países localizados en la parte norte, y la arepa, la más usada en aquéllos del sur (17).

Hay dos diferencias básicas en estas formas de procesamiento, las cuales serán descritas con mayor detalle en presentaciones posteriores. La primera diferencia es que en los países del norte el maíz se cuece en soluciones alcalinas, usando el maíz entero (11, 12). Esta forma de cocimiento alcalino ayuda a desprender el pericarpio del grano, quedando juntos el endospermo y el germen, que se consumen en forma de tortilla.

En los países del sur, el grano es separado en endospermo y germen, más pericarpio. El endospermo se consume, mientras que el germen se desecha.

El método tradicional de procesamiento del maíz en Guatemala (11, 12) se muestra en la Figura No. 1. Este consiste en cocer el maíz durante una hora, usando una solución de hidróxido

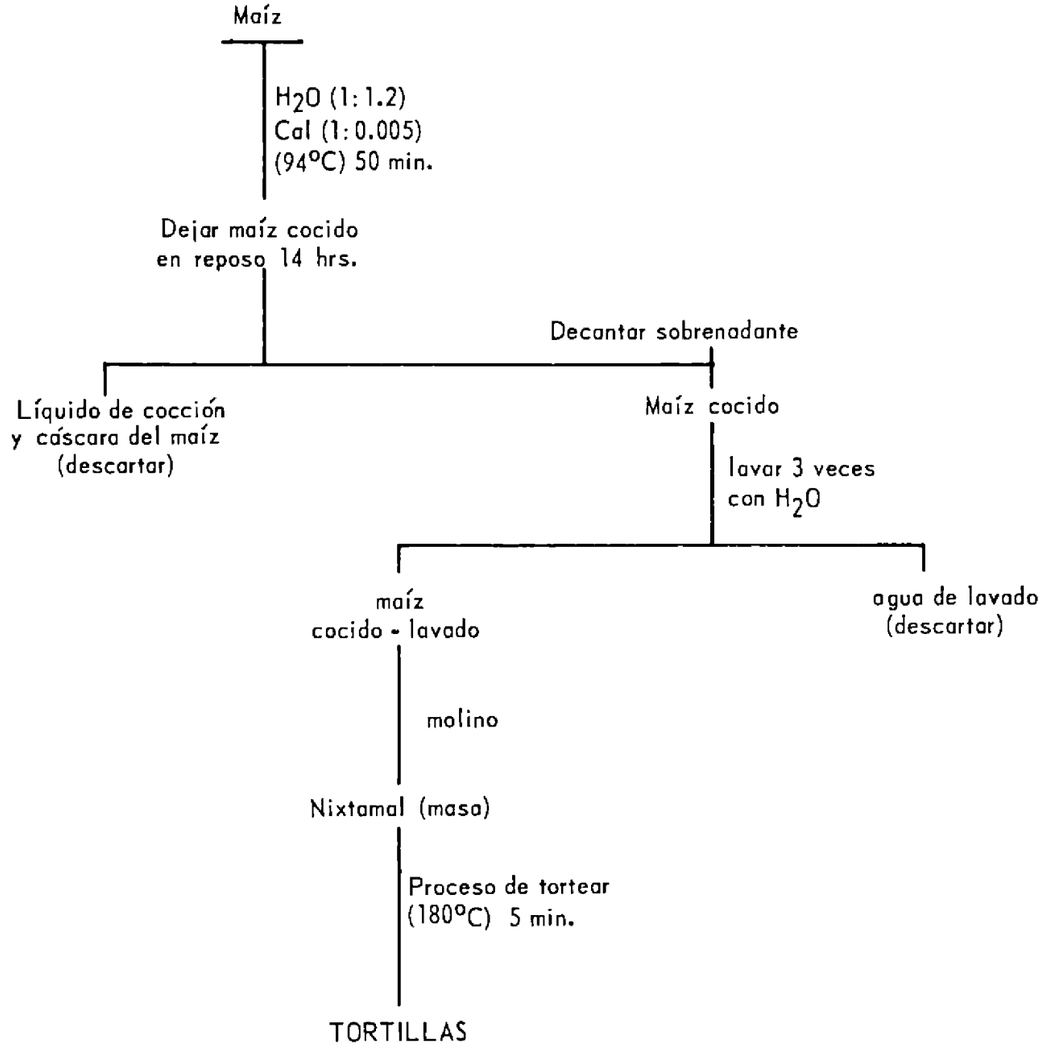


FIGURA No. 1

Método de preparación de la tortilla en Guatemala

de calcio. Después de cocido y enfriado, el maíz es lavado con agua, operación que ayuda a desprender la cáscara y elimina el exceso de hidróxido de calcio. El maíz así cocido se llama "nixtamal". Luego el grano es molido, operación que se hace con una piedra de moler. Después de estas operaciones, cierta cantidad de la masa de maíz se moldea en porciones planas y se cuece, aproximadamente por 5 minutos en un plato plano de barro llamado "comal", el cual llega a una temperatura que varía entre los 180 y 250°C. Esta forma de tortilla, es hasta ahora la manera más popular en que se consume este cereal, por lo menos en Guatemala. Otras formas en las que se usa la masa es en atoles y tamales. Hoy día, la piedra de moler ya no es tan usada, excepto para refinar la masa de maíz ya cocida, que ha sido molida en un molino de maíz más moderno, que se muestra en la Figura No. 2. Además de la tortilla, atoles y tamalas, existen varias otras formas de consumir el maíz. Estas, usualmente se hacen con el maíz crudo que ha sido tostado previamente, y finalmente molido y teñido, pero el uso de estos productos es limitado. Estas formas de consumo del maíz, tienen nombres especiales a los cuales se les han atribuido ciertas características relacionadas a la salud. Se consumen como atoles, pero su calidad nutricional es bastante baja. El Cuadro No. 12 presenta algunos resultados de la calidad nutritiva de estos alimentos derivados del maíz. Como se ha indicado la calidad de estos productos es muy pobre, no sólo porque el material crudo es ya de por si de baja calidad, sino por el procesamiento al cual se somete el grano, usualmente tostación, que lo hace aún más bajo en calidad.

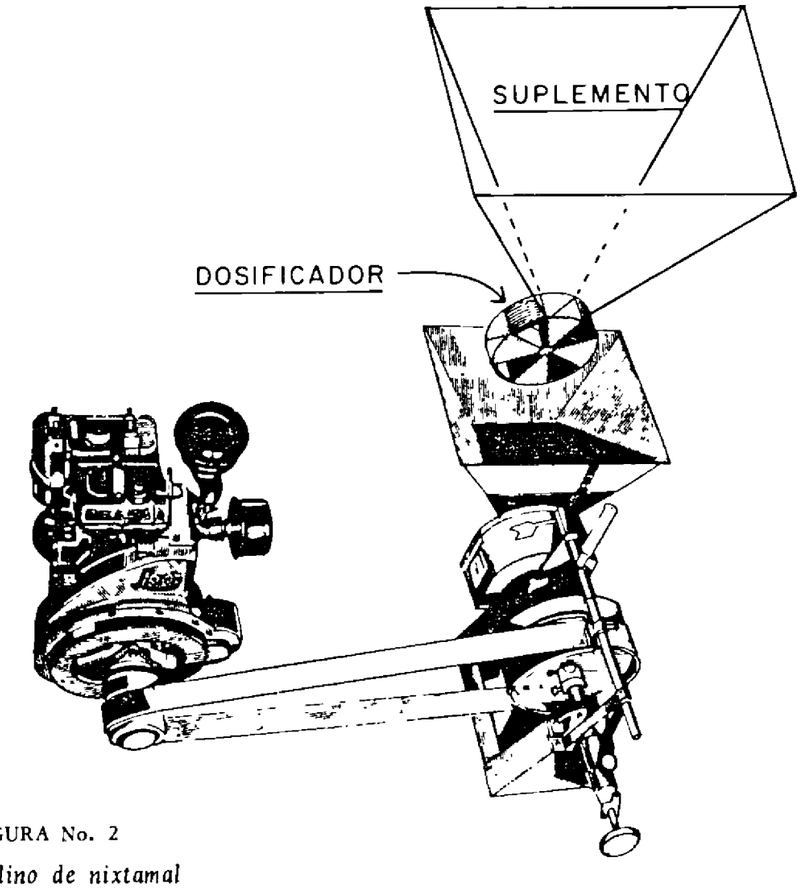


FIGURA No. 2

Molino de nixtamal

Como puede observarse, el contenido total de proteína es también muy bajo, debido a los ingredientes agregados. Estos alimentos de maíz se encuentran en el mercado a un alto precio de venta, siendo éste hasta de 30 centavos de quetzal (igual a U.S.$ 0.30) por libra.

CUADRO No. 12

Calidad proteínica de varias preparaciones de maíz consumidas en Guatemala

Producto de maíz	Proteína %	Peso promedio ganado, g	PER*
Pinol	7.8	4	0.34
Tiste	0.9	3	0.25
Macho	6.6	4	0.27

* PER = Indice de eficiencia proteínica.

Composición Química y Valor Nutritivo del Maíz y de las Tortillas

Los cambios químicos en el contenido de nutrientes del maíz al transformarlo en tortilla por el proceso alcalino de cocción, han sido estudiados y algunos resultados se muestran en el Cuadro No. 13 (11, 12). Las pérdidas de tiamina, riboflavina, y niacina, así como el aumento en el contenido de calcio son datos muy significativos. Estos cambios son debidos a las condiciones alcalinas de cocción y al lavado que recibe el grano ya cocido. Los cambios en otros componentes son de menor importancia, excepto en fibra cruda la cual representa la pérdida de la cáscara que recubre el grano. Respecto a los cambios en calidad proteínica entre el maíz y la tortilla, se ha encontrado que éstos son mínimos, a pesar de que parece existir una tendencia hacia una mejor calidad para la tortilla (7).

CUADRO No. 13

Cambios en la concentración de algunos nutrientes en el maíz al convertirlos en tortilla

Nutriente	Maíz crudo	Tortilla	Cambio %
Tiamina mcg/g	3.84	1.55	- 59.6
Riboflavina mcg/g	1.14	0.55	- 51.8
Niacina mcg/g	20.00	13.54	- 32.3
Caroteno* mcg/g	3.03	2.38	- 21.5
Calcio mg/100 g	4.00	198.00	+495.0

* Maíz amarillo.

Fuente: Véase referencias (11, 12).

Los datos de algunos estudios que se muestran en el Cuadro No. 14, sugieren que la proteína de la tortilla es de mejor calidad que aquélla del maíz, aun después de haber sido suplementada y a pesar de que las deficiencias en lisina y triptofano todavía existen. Las razones de esto todavía no son muy claras; sin embargo, ha sido de interés encontrar que la solubilidad de las proteínas en la tortilla, es diferente que en el maíz. La zeína es la fracción más afectada por el proceso. La solubilidad de esta fracción en 70% de alcohol etílico es reducida significativamente en la tortilla. Toda esta información se ha usado en nuestros laboratorios para interpretar el efecto ya conocido del maíz, como responsable de la pelagra.

CUADRO No. 14

Calidad proteínica del maíz y de la tortilla

Material	Peso promedio ganado, g	PER*
Maíz	26	1.13
Tortilla	32	1.21
Maíz + 0.41% L-lisina HCl 0.05% DL-triptofano	66	2.25
Tortilla + 0.41% L-lisina HCl 0.05% DL-triptofano	79	2.42

* PER = Indice de eficiencia proteínica.

Desde el punto de vista nutricional, el aumento en el contenido de calcio es de mucho interés. Las comunidades rurales consumen muy poca leche, o nada de ella; sin embargo, estas personas no muestran signos de deficiencia de calcio. El Cuadro No. 15 describe los resultados obtenidos al medir la capacidad de utilización del calcio de las tortillas (3). Los datos demuestran que la absorción del calcio de la tortilla es tan alta como aquélla de la leche, especialmente cuando la calidad de la proteína ha sido mejorada. Desde este punto de vista, el proceso de cocimiento con cal, es muy importante.

La retención del germen en el proceso para elaborar las tortillas, también es de importancia desde el punto de vista nutricional. El germen constituye aproximadamente el 12% del peso del grano y es una fracción con un alto contenido de grasa y proteína. La proteína del germen es de muy alta calidad nutritiva, y parece que es el suplemento proteínico natural para el endosperma del maíz.

CUADRO No. 15

Utilización del calcio de la tortilla (ratas)

Alimento	Calcio	
	Ingestión mg	Absorción %
Maíz*	61.45	78.6
Tortilla	68.48	85.4
Tortilla + AA	53.28	96.9
Leche	79.85	97.0

* Dieta suplementada con: 0.215% Ca $(OH)_2$

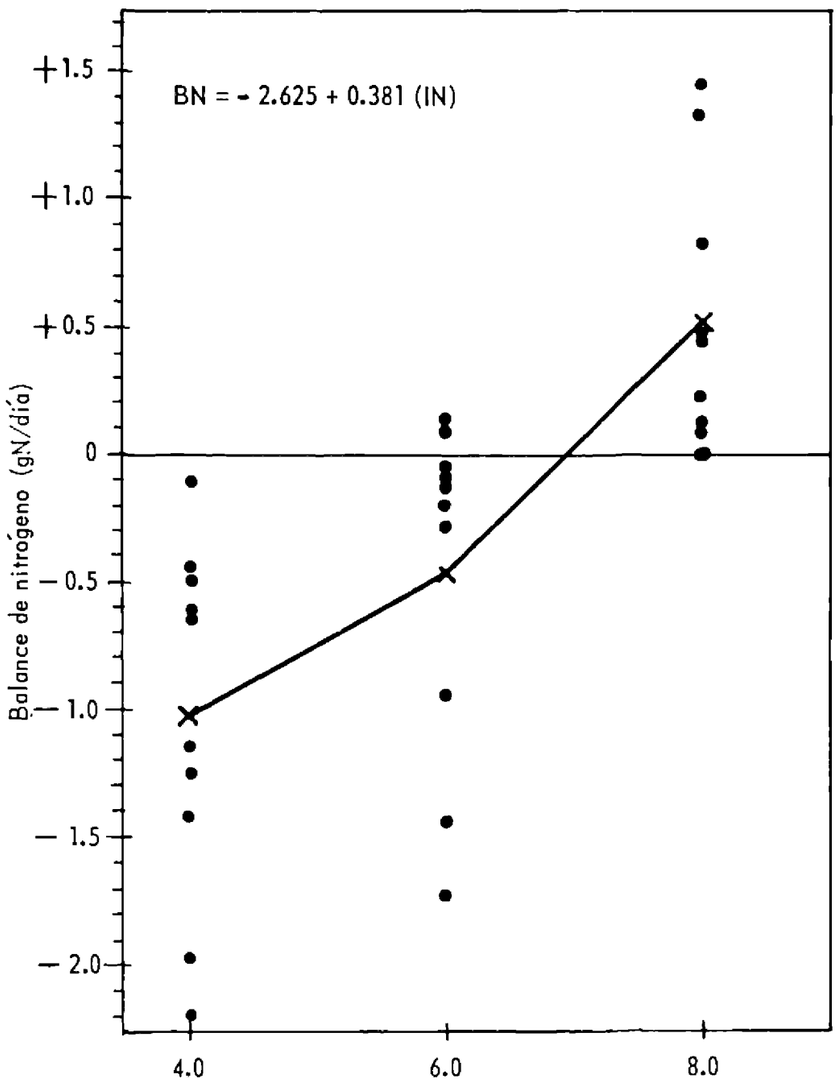
Fuente: Véase referencia (3).

Valor Nutritivo en Humanos

Adultos

Aun cuando la ingestión de maíz en los países consumidores de este cereal es alta, el número de estudios llevados a cabo para determinar la calidad de su proteína y sus aminoácidos limitantes, en humanos, es muy limitado. Los resultados obtenidos sin embargo, coinciden bastante bien con la evidencia obtenida con animales de experimentación. Esto demuestra que las proteínas del maíz son de un valor biológico bajo, debido a la deficiencia en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano. Los trabajos de Kies, Williams y Fox (25) han proporcionado información, de mucho interés. En un estudio, 10 individuos fueron alimentados con maíz degerminado para proveer ingestas de nitrógeno de maíz de 4.0, 6.0 y 8.0 gramos, por día. Los resultados se muestran en la Gráfica No. 1, indicando claramente que cuando el maíz degerminado proporcionó 4 y 6 g de nitrógeno, el balance nitrogenado promedio fue negativo. Los resultados muestran que cuando la ingestión aumentó a 8 g de nitrógeno, por día, el balance de nitrógeno resultó positivo. De los datos consignados en la mencionada Figura, se calculó la regresión entre nitrógeno ingerido a nitrógeno retenido. La ecuación de regresión se muestra en la Gráfica No. 1. De la ecuación se calculó que 7 g de nitrógeno de maíz degerminado son necesarios para producir equilibrio de nitrógeno. El coeficiente de regresión multiplicado por 100 y dividido por la digestibilidad de la proteína, da el valor biológico de la misma. En el presente caso, este valor es de 46.5%.

En base de 8 g de proteína por 100 gramos de maíz degerminado, una ingestión de 7 g de nitrógeno es equivalente a 547 gramos de maíz. Esta ingestión es alrededor de 1.6 veces más alta que el consumo promedio *per cápita* de maíz, en Guatemala. Hay dos factores en el caso de Guatemala, sin embargo, que mejoran un poco la situación. Uno de estos factores es que en Guatemala el maíz consumido incluye el germen. La calidad proteínica del germen de maíz es bastante buena y esta fracción del grano es el suplemento proteínico natural del endospermo. El segundo factor



Tomado de Kies et al. (14) Incap 72-578

GRAFICA No. 1

Relación entre la ingestión de nitrógeno de maíz degerminado y el balance de nitrógeno en adultos

es que el maíz no se consume solo, sino que usualmente se acompaña con una cantidad equivalente de 50 a 60 g de frijol, lo que proporciona cierta cantidad de proteína y de lisina adicionales a la dieta de maíz y frijol.

En base a lo anterior, podría esperarse que el equilibrio de nitrógeno en adultos se alcanzaría a un nivel de ingesta de nitrógeno de alrededor de 5 g por día.

Truswell y Brock (34, 35) también evaluaron el valor biológico del maíz entero, en adultos consumidores de maíz. Los resultados de uno de sus estudios se muestran en el Cuadro No. 16. Los individuos en este caso recibieron el 90% de la ingestión de nitrógeno del maíz, y 10% de otros alimentos. Los resultados indican que se obtuvo balance positivo de nitrógeno cuando la

ingestión de nitrógeno fue de más de 7 g por día, aun cuando se encontró mucha variabilidad como en el caso anterior. Estos investigadores calcularon el valor biológico utilizando estimaciones de nitrógeno endógeno y metabólico. Al nivel alto de ingestión el valor biológico presentó un promedio de 45%, mientras que a niveles menores, el valor fue de 57%. Debido a que todos los individuos presentaron balance positivo de nitrógeno cuando la ingestión era alta, ellos concluyeron que el valor biológico del maíz es cerca del 57%. La cifra de 45% señalada por estos investigadores, cuando la ingestión de nitrógeno fue alta, es similar a la notificada por investigadores anteriores que fue calculada en 46.5%. Es interesante hacer notar que el valor biológico de las proteínas del maíz ha sido estimado muchas veces en la rata, desde 1924. Usando niveles promedio de 12 informes publicados desde esa fecha, la relación entre el valor biológico y la ingestión de proteína se ha calculado como se muestra en la Gráfica No. 2. Los cálculos del valor biológico, del maíz de la ecuación de regresión, dieron cifras de alrededor de 58%, cuando la proteína en la dieta es de 9%. Este valor es casi el mismo que para el maíz, en humanos, según Truswell y Brock (34, 35).

CUADRO No. 16

Valor biológico de la harina de maíz

Sujeto	Nitrógeno		Valor biológico* promedio
	Ingestión g/día	Balance	
P.N.	7.414	+ 0.487	42
M.P.	9.238	+ 0.697	43
K.S.	9.500	+ 0.015	34
P.N.	4.046	- 0.137	54
M.P.	5.092	- 0.081	55
I.A.	3.812	+ 0.014	63

* Fueron usadas estimaciones indirectas de nitrógeno endógeno y metabólico.

Fuente: Véase referencia (34).

Los factores nutritivos limitantes en la proteína del maíz, para humanos adultos, han sido estudiados por lo menos por dos grupos de investigadores. Truswell y Brock (34) informaron sobre el efecto de la suplementación, con aminoácidos, de la proteína de maíz completo. Esto se llevó a cabo alimentando 8 hombres acostumbrados a comer grandes cantidades de maíz. Los resultados se presentan en el Cuadro No. 17. Ellos demuestran que los principales aminoácidos limitantes en el maíz son la lisina, el triptofano y la isoleucina, en ese orden de importancia, aun cuando la ingesta de nitrógeno de maíz era alta. Más adelante indican que no pueden recomendar la lisina sola como suplemento aminoacídico al maíz. Asimismo, señalan que el suplemento prác-

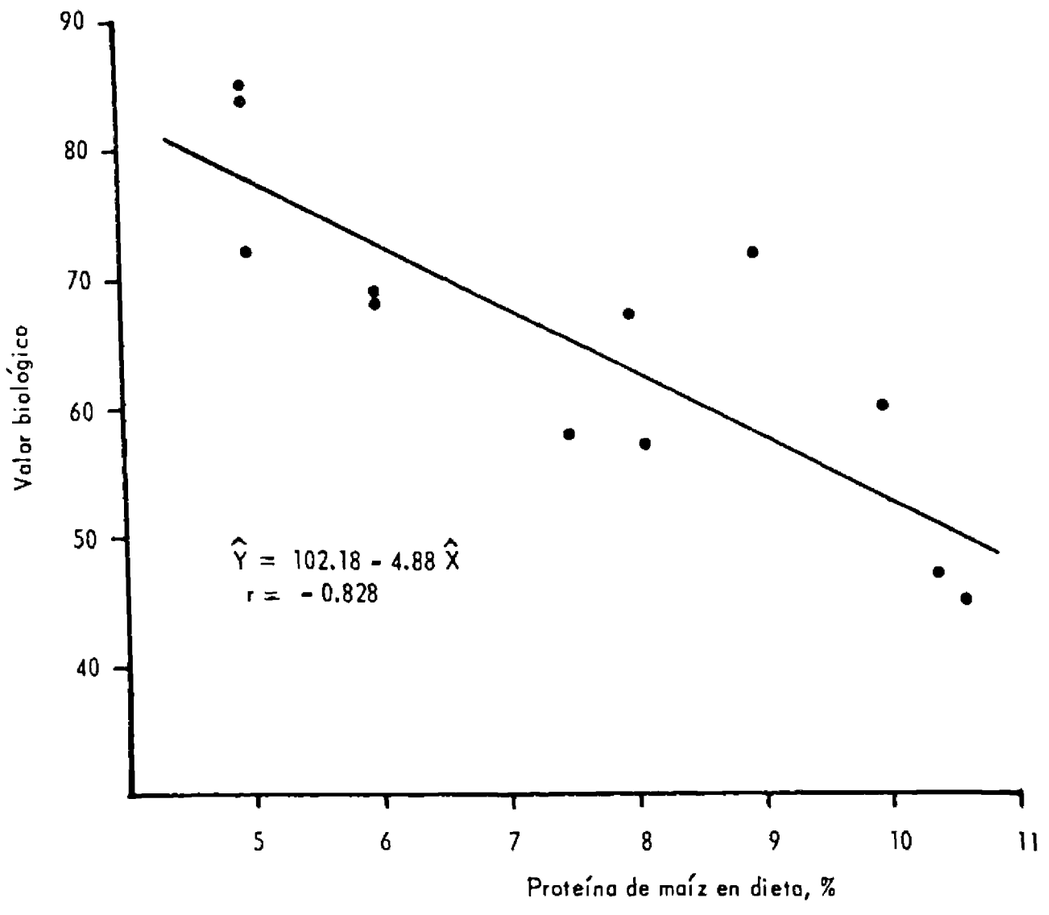
tico mínimo del maíz debe también proporcionar triptofano, no sólo por ser este un aminoácido limitante en la proteína del maíz, sino por la relación que tiene con la niacina, la cual se considera que es poco disponible biológicamente en los cereales.

CUADRO No. 17

Efecto en humanos de la suplementación con aminoácidos sobre la calidad de la proteína del maíz

Tratamiento	Balance de nitrógeno g/día	Diferencia
Maíz solo	+ 0.475	+ 0.478
Maíz + Lis + Tri + Isoleu	+ 0.953	
Maíz solo	+ 0.538	+ 0.496
Maíz + Lis + Tri	+ 1.035	

Fuente: Véase referencia (25).



GRAFICA No. 2

Valor biológico de la proteína del maíz a diferente nivel de ingestión

El trabajo de Kies, Williams y Fox (25) también llegó a la misma conclusión, es decir que la lisina es el primer aminoácido limitante en la proteína de maíz degerminado. En el Cuadro No. 18, se presentan los resultados obtenidos en diez individuos alimentados con 6 g de nitrógeno de maíz degerminado, por día, con los suplementos que se muestran, en cantidades equivalentes a 2 g de nitrógeno de proteína de maíz. Cuando la ingestión de nitrógeno fue de 6 g por día, el balance promedio fue negativo aun cuando aumentó al ser elevada la ingestión de 6 a 8 g de nitrógeno, por día.

CUADRO No. 18

Suplementación del maíz degerminado con varias fuentes de nitrógeno esencial y no-esencial

Nivel de ingestión de nitrógeno, g/día		Fuentes	Nitrógeno ingerido g/día	Balance de nitrógeno
de maíz	de otras fuentes			
6	0	-	6	- 0.50
8	0	-	8	+ 0.50
6	2	Lis	8	+ 0.52
6	2	Tri	8	+ 0.57
6	2	Lis-Tri	8	+ 0.74
6	2	NNE*	8	+ 0.69

* Nitrógeno no esencial (NNE).

Fuente: Véase referencia (25).

La adición de lisina y triptofano independientemente no cambió el promedio de retención de nitrógeno, sin embargo, cuando ambos aminoácidos fueron agregados simultáneamente, la retención aumentó. Esto no fue debido necesariamente al hecho de que se estaba suministrando mayor cantidad de nitrógeno con la adición de estos dos aminoácidos, posibilidad que queda descartada por la respuesta obtenida a la adición de nitrógeno no específico. De nuevo, una respuesta positiva a los aminoácidos fue obtenida a niveles altos de ingestión de nitrógeno de maíz. Resultados similares fueron informados por estos investigadores en otros estudios (26). Kies, Fox y Williams (27) en otro estudio, informaron sobre el mejoramiento de la calidad de la proteína del maíz degerminado por medio de adiciones constantes de varios alimentos de alta calidad proteínica. Los resultados se muestran en el Cuadro No. 19. En este caso los individuos fueron alimentados con 2 g de nitrógeno de maíz degerminado, durante un período de depleción de 3 días, seguido por un período de reajuste en el cual fueron alimentados con 6 g de nitrógeno de maíz degerminado y 2 ó 6 g de nitrógeno derivado de otras fuentes. El período de reajuste fue seguido por balances periódicos de cinco días, con el mismo tratamiento dietético. Es una lástima que no hayan contado con el control apropiado, es decir un grupo testigo en el cual el maíz degerminado proporcionara toda la ingesta

de nitrógeno. Los resultados sin embargo, dentro de un mismo nivel de ingestión de nitrógeno total, muestran que las proteínas de mejor calidad como la leche y la soya, indujeron mayor retención de nitrógeno. Estas dos fuentes de proteína contienen suficientes cantidades de lisina y triptofano, los aminoácidos limitantes en la proteína del maíz.

CUADRO No. 19

Balance de nitrógeno promedio de humanos alimentados con maíz degerminado suplementado con 2 niveles de nitrógeno proteínico

Fuente de proteína	Ingestión de nitrógeno del suplemento alimentado con 6 g N de maíz	Balance de nitrógeno g/día	Ingestión de nitrógeno del suplemento alimentado con 6 g N de maíz	Balance de nitrógeno g/día
Leche	2	1.11	6	3.22
Gelatina	2	0.63	6	2.14
Soya	2	0.83	6	3.21
Zeína	2	0.54	6	2.00
NNE*	2	0.25	6	1.15

* NNE = glicina + citrato de diamonio.

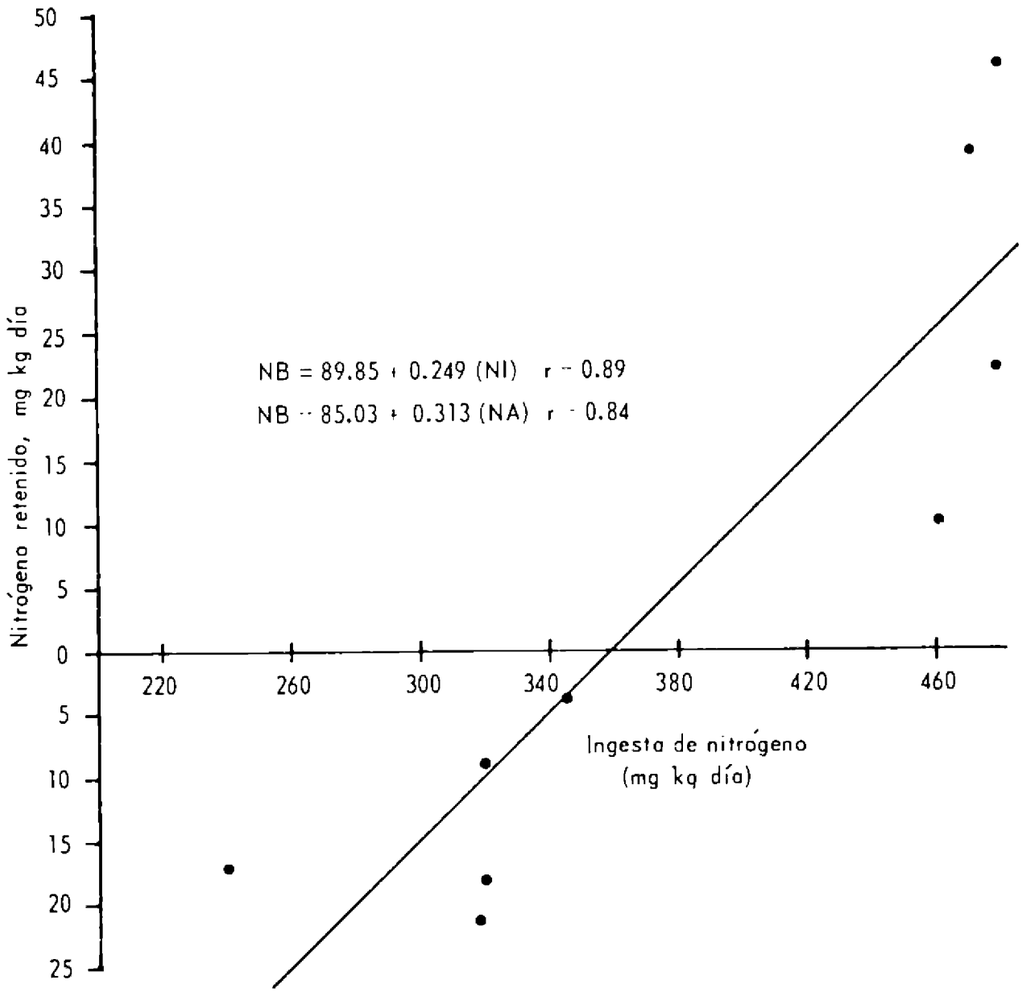
Fuente: Véase referencia (27).

Niños

Datos sobre la evaluación de la calidad de la proteína del maíz en niños son mucho más difíciles de obtener que aquéllos en humanos adultos. Sin embargo, por la importancia nutricional del maíz en la América Central, el INCAP ha llevado a cabo varios estudios sobre este problema (13, 14, 33). La Gráfica No. 3 muestra datos de balance de nitrógeno obtenidos de varios estudios llevados a cabo, en niños alimentados con proteínas de maíz como única fuente de proteína en la dieta. En dicha Gráfica, la ingesta de nitrógeno está relacionada al balance de nitrógeno; asimismo, muestra la ecuación de regresión de nitrógeno ingerido a balance de nitrógeno o nitrógeno retenido y la ecuación de regresión de nitrógeno absorbido a nitrógeno retenido. Ambos coeficientes son inferiores a los señalados por los investigadores mencionados previamente, lo cual es de esperarse, ya que el valor biológico es mayor para el adulto que para el joven, sea éste animal o humano. Estos datos demuestran de nuevo la baja calidad de la proteína del maíz. El valor biológico calculado de estos datos fue de 32%.

Los resultados demuestran que alrededor de 360 mg de nitrógeno de maíz por kg de peso por día, son necesarios para obtener equilibrio de nitrógeno. Esta ingestión es equivalente a aproximadamente 27 g de maíz por kg por día, o sea alrededor de 270 g para un niño de 10 kg de peso. Para obtener balance nitrogenado positivo fue necesario aumentar la ingestión hasta 470 mg de nitrógeno de maíz/kg/día, que es alrededor de 338 g de maíz por niño, por día. Este nivel de ingestión es lo que un humano adulto consume en Guatemala, y es muy difícil que un niño pueda ingerir esta cantidad aun bajo condiciones experimentales o cuidado médico. Hansen (22) también ha informado sobre el balance de nitrógeno en niños alimentados con proteína de maíz. En

estos estudios una ingestión de 341 mg N/kg/día de proteína de maíz, resultó en una retención de 33 mg N/kg/día (9% de retención). Con leche a una ingestión de 321 mg N/kg/día se obtuvo una retención de 120 mg, o sea 38% de retención. Hansen indicó que el valor biológico de la proteína de maíz en los niños fue de 34%.



GRAFICA No. 3

Balance de nitrógeno de niños alimentados con varios niveles de proteína de maíz

También se han llevado a cabo estudios para investigar el efecto de la adición de aminoácidos esenciales ya conocidos como deficientes en el maíz, con el propósito de determinar si se podía obtener un mejoramiento en su calidad proteínica. Un resumen de estos resultados se muestra en el Cuadro No. 20.

En el mismo Cuadro No. 20, pueden observarse los efectos de los aminoácidos agregados a varias ingestiones de nitrógeno de maíz. A un nivel de ingestión alta de nitrógeno se obtiene un

mejoramiento definitivo cuando la lisina y el triptofano se agregan simultáneamente. El balance nitrogenado fue de 83 mg por kg por día. Aun cuando no se muestra en el Cuadro, la adición de isoleucina aumentó la retención un poco más, hasta un valor de 108 mg, mientras que la metionina disminuyó el balance de nitrógeno a 90 mg. Es de interés hacer notar que las adiciones de lisina y triptofano aumentaron el balance de nitrógeno a valores obtenidos con ingestiones similares de nitrógeno de leche. En las dos columnas del centro los mismos tratamientos dietéticos fueron estudiados, obteniéndose la misma respuesta anterior, sin embargo, las mejoras en estos niveles de ingestión de nitrógeno no fueron tan altas como aquellas obtenidas cuando el nivel de ingestión de nitrógeno era mayor. Datos similares fueron también informados por Hansen (22) quien indicó que la adición de lisina y triptofano, al maíz, mostraba una respuesta estadísticamente significativa cuando la ingestión de proteína era más alta que 2.5 g/kg/día. Hansen también indicó que es necesario aumentar la ingestión de proteína del maíz para obtener resultados constantes de balance positivo, y esto es sólo posible por medio de la suplementación con alimentos de mayor contenido proteínico.

CUADRO No. 20.

Efecto de la adición de aminoácidos al maíz sobre el balance nitrogenado en niños

Tratamiento	Balance de Nitrógeno					
	NI*	NR**	NI*	NR**	NI*	NR**
	mg/kg/día		mg/kg/día		mg/kg/día	
Maíz (M)	469	14	326	- 5	238	-10
M + Tri	465	33	327	-17	-	-
M + Lis	482	38	335	24	239	- 4
M + Lis + Tri	461	83	328	36	239	30
Leche	458	70	364	73	-	-

* NI = Nitrógeno ingerido
** NR = Nitrógeno retenido

Fuente: Véase referencia (6).

Estos datos demuestran por lo tanto, que las proteínas del maíz son deficientes en lisina y triptofano como se ha demostrado varias veces en animales de experimentación. Pero lo que es aún más importante, de acuerdo con nuestra interpretación, es que los efectos de los aminoácidos adicionados no son realmente notables a menos que la ingestión de nitrógeno de maíz sea alta. En nuestra opinión, este es un punto de gran importancia y debería ser tomado en cuenta si es que se desea mejorar el valor nutritivo de la proteína del maíz con la aplicación de métodos de fortificación.

Resumen

La información presentada puede resumirse en los siguientes puntos: 1) que el maíz contribuye con cantidades significativas de calorías y proteína en aquellas poblaciones, tanto jóvenes como adultas que consumen maíz; 2) el contenido de proteína en el maíz es bajo y la calidad de la misma es pobre debido a deficiencias en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano; 3) la calidad de esta proteína es la más baja entre los cereales tanto para los animales como para el hombre; 4) en varios países consumidores de maíz, el grano se consume procesado en forma de tortilla, que incluye el endospermo y el germen, mientras que en otros se consume sólo el endospermo; 5) el proceso alcalino de cocción destruye cantidades significativas de tiamina, riboflavina y niacina, sin embargo, aumenta el contenido de calcio; 6) la calidad de la proteína del maíz ha sido evaluada tanto en animales de experimentación como en humanos adultos y jóvenes, siendo similares todos los valores obtenidos; 7) finalmente, la calidad puede mejorarse a través de la adición de los aminoácidos deficientes, lisina y triptofano; así como por medio del uso de alimentos proteínicos, fuentes ricas en esos dos aminoácidos, o por el uso de maíces genéticamente mejorados en lo que se refiere a calidad proteínica.

Es de importancia señalar que es necesario impulsar el mejoramiento de la calidad de la proteína de maíz, ya sea a través de variedades como el maíz Opaco-2, por medio de la fortificación o por el uso de alimentos proteínicos suplementarios. Se espera que de esta Conferencia salga alguna recomendación para una u otra de estas soluciones o para todas las diferentes posibilidades.

Referencias

1. Adams, R L. and J C. Rogler. A composition of opaque-2 and normal corn in a finishing ration for turkeys. *Poultry Sci.*, 49: 114-116, 1970.

2. Béhar, M. Food and nutrition of the Maya before the conquest and at the present time Biomedical Challenges Presented by the American Indian. Publication of the Pan American Health Organization, 1968.

3. Braham, J. E , y R. Bressani. Utilización del calcio del maíz tratado con cal *Nut. Bromatol. Toxicol.*, 5:14-19, 1966.

4. Bressani, R. La calidad proteica del maíz con gen opaco-2. *Turrialba*, 18:8-13, 1968.

5. Bressani, R., J. Alvarado y F Viteri. Evaluación en niños de la calidad de la proteína del maíz opaco-2. *Arch. Latino Amer. Nut.*, 19:129-140, 1969.

6. Bressani, R. Amino acid supplementation of cereal grain flours tested in children. In: *Amino Acid Fortification of Protein Foods.* (N. S. Scrimshaw and A. M. Altschul, eds). The MIT Press, Cambridge, Mass., pp. 184-204, 1969.

7. Bressani, R., L. G Elías y J. E. Braham. Suplementación con aminoácidos del maíz y de la tortilla. *Arch. Latino Amer. Nut.*, 18:123-134, 1968.

8. Bressani, R., L. G Elías, M. Santos, D. Navarrete y N. S. Scrimshaw El contenido de nitrógeno y de aminoácidos esenciales de diversas selecciones de maíz. *Arch. Venez. Nut.*, 10:85-100, 1960.

9. Bressani, R., L. G. Elías, N. S. Scrimshaw and M. A. Guzmán. Nutritive value of Central American corn. VI. Varietal and environmental influence on the nitrogen, essential amino acid, and fat content of ten varieties *Cereal Chem.*, 39:59-67, 1962

10. Bressani, R. and E. T. Mertz. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties *Cereal Chem.*, 35:227-235, 1958.

11. Bressani, R., R Paz y Paz and N. S Scrimshaw. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. *Agr. & Food Chem.*, 6:770-774, 1958.

12. Bressani, R and N. S Scrimshaw Effect of lime-treatment on *in vitro* availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *Agr. & Food Chem.*, 6:774-778, 1958.

13. Bressani, R., N. S Scrimshaw, M. Béhar and F. Viteri. Supplementation of cereal proteins with amino acids II. Effect of amino acid supplementation of corn masa at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. *J. Nut.*, 66:485-499, 1958.

14 Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar and N. S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acids. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan and isoleucine on the nitroten retention of young children *J. Nut.*, 80:80-84, 1963

15. Clark, H. E., P. R. Allen, S. M Meyers, S E. Tuckett and Y. Yamamura. Nitrogen balances of adults consuming opaque-2 maize protein. *Am. J. Clin. Nut.*, 20:825-833, 1967.

16. Eggert, R. G., M J. Brinegar and C. R. Anderson The quality of protein of normal and high protein corn for growing swine. *J. Animal Sci.*, 12:282-290, 1953.

17. FAO. El maíz en la alimentación. Estudio sobre su valor nutritivo. FAO Estudios Sobre Nutrición No. 9. Marzo, 1954, Roma, Italia.

18. FAO Food Balance Sheets, 1962.

19. Flores, M. Datos no publicados. INCAP, Guatemala.

20. Fonseca, J. B., J. C Rogler, W. R Featherston and T. R. Cline. Further studies on the nutritive value of opaque-2 corn for the chick. *Poultry Sci.*, 50:1518-1525, 1971.

21 Fonseca, J B., W. R. Featherston, J. C. Rogler, and T. R. Cline. A comparison of the nutritive value of opaque-2 corn and normal corn for the laying hen. *Poultry Sci.*, 49: 532-537, 1970.

22. Hansen, J. D. L. The effects of various forms of supplementation on the nutritive value of maize for children. In: *Meeting Protein Needs of Infants and Children.* Washington, D. C., National Research Council, 1961, p 89 NAS - NRC Pub. 843.

23. INCAP. Evaluación nutricional de la población de Centro América y Panamá. Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. INCAP V-25, 26, 27, 28, 30, 1969.

24. Jarquín, R , C Albertazzi, and R Bressani. Value of opaque-2 corn for chicks. *Agr. & Food Chem.*, 18:268-272, 1970.

25. Kies, C., E. Williams and H. M. Fox. Determination of first limiting nitrogenous factor in corn protein for nitrogen retention in human adults. *J. Nut.*, 86:350-356, 1965.

26. Kies, C., H. M. Fox and E. R. Williams. Effect of non-specific nitrogen supplementation on minimum corn protein requirement and first limiting amino acid for adult men. *J. Nut.*, 92:377-383, 1967.

27. Kies, C., H. M. Fox and E. R. Williams. Time, stress, quality and quantity as factors in the non-specific nitrogen supplementation of corn protein for adult men. *J. Nut.*, 93: 377-385, 1967.

28. Manner, J. H., W. G. Pond, J. T. Gallo, A. Henao, R. Portela and F. Linares. Performance of rats and swine fed Colombian Floury-2, Colombian Opaque-2 or normal corn. *J. Anim. Sci.*, 33:791-796, 1971.

29. Mangelsdorf, P. C. and R. G. Reeves. The origin of Indian corn and its relatives. Texas Agric. Exp. Station Bull, No. 574 (Monograph). May, 1939.

30. Mertz, E. T., L. S. Bates, and O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964.

31. Mertz, E. T., O. A. Veron, L. J. Bates and O. E. Nelson. Growth of rats fed on opaque-2 maize. *Science*, 148:1741-1742, 1965.

32. Pickett, R. A. Opaque-2 corn in swine nutrition. pp. 19-22, 1966. In: *Proceedings of High Lysine Corn Conference*. Publication Corn Ind. Res. Foundation Corn Refiners Assoc. Inc. 1001 Connecticut Ave., N. W. Washington, D.C. 20036.

33. Scrimshaw, N. S , R. Bressani, M. Béhar and F. Viteri. Supplementation of cereal proteins with amino acids. I. Effect of amino acid supplementation of corn masa at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. J. Nut., 66: 485-499, 1958.

34. Truswell, A. S. and J. F. Brock. Effects of amino acid supplements on the nutritive value of maize protein for human adults. *Amer. J. Clin. Nut.*, 9:715-728, 1961.

35. Truswell, A. S. and J. F. Brock. The nutritive value of maize protein for man. *Amer. J. Clin. Nut.*, 10:142-152, 1962.

36. Young, V. R., I. Ozalp, B. V. Cholakos and N. S Scrimshaw. Protein value of Colombian opaque-2 corn for young adult men. J. Nut., 101:1475-1482, 1971.

PRODUCCION DE MAIZ EN COLOMBIA

Dr. Jesús Antonio Rivera
Instituto Colombiano Agropecuario
Bogotá, Colombia

El maíz es uno de los principales productos básicos de consumo popular en Colombia, el cual es también empleado como materia prima en la industria y alimentación animal. No obstante que el consumo humano ha disminuído en los últimos años, el maíz es parte indispensable de la dieta diaria, especialmente de los campesinos, siendo el consumo *per capita* de 41.8 kg. Es además el cultivo agrícola más difundido en todo el territorio nacional, dado que se cultiva en todos los pisos términos y suelos, desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 2,600 metros.

Después del café, el maíz ocupa el segundo lugar en importancia en relación a la superficie cultivada.

El tipo de maíz consumido dentro de las diferentes zonas es variable debido principalmente al hábito de cultivo de las variedades nativas y a las diferentes formas de consumo. Así, los agricultores de las tierras altas, tienen predilección por maíces de grano redondo grande, dando preferencia en muchas ocasiones a los de tipo harinoso. En estas zonas el consumo en "choclo" es de gran importancia.

En las zonas bajas por el contrario, los maíces duros y semiduros son los más comúnmente utilizados.

Superficie Cultivada - Producción y Rendimientos

Durante los años de 1962 a 1971, hubo variaciones fundamentales en cuanto a la superficie cultivada, producción y rendimiento promedio nacional por hectárea.

Las variaciones en cuanto a superficie sembrada son debidas a diferentes causas como: Fluctuaciones del mercado, variaciones en los precios de sustentación, apertura de nuevas áreas en zonas de colonización, condiciones ambientales especialmente por concepto de lluvias del año inmediatamente anterior, estímulos transitorios como han sido determinadas campañas de parte del Ministerio de Agricultura, etc.

Como puede apreciarse en el Cuadro No. 1, el rendimiento promedio nacional por hectaría es bajo, pudiéndose citar como causas de ello, entre otras las siguientes:

1. Deficiente empleo de la tecnología y poca utilización de las semillas mejoradas debido principalmente al desconocimiento de éstas por parte del agricultor.

2. Localización del cultivo en más de 50% en zona montañosa y en tierras de minifundio.

3. Falta de zonificación de la producción.

4. Elevados costos de producción, debido al alto valor de los insumos. La producción de una hectárea de maíz tecnificada, cuesta según el "Grupo Programa Maíz" Minagricultura, $3,900 (aproximadamente 180 dólares). Para el mismo año 1971, el precio de sustentación del producto por parte del Ministerio de Agricultura fue de $1,600 por tonelada y el precio de compra por parte de los comerciantes de $1,895.

5. Bajo porcentaje de cultivo con asistencia técnica.

6. Variación en el número de hectáreas cultivadas debido a las fluctuaciones de los mercados de un año a otro.

7. Problemas de mercadeo y transporte.

8. Crédito inoportuno y deficitario.

CUADRO No. 1

Superficie cultivada, producción total y rendimiento por hectárea de maíz en Colombia, durante los años de 1962 a 1971

Años	Superficie hectáreas	Producción toneladas	Rendimiento tonelada/hect.
1962	696,900	753,913	1,088
1963	688,800	781,593	1,134
1964	771,604	968,060	1,255
1965	868,867	870,755	1,255
1966	845,400	850,000	1,005
1967	790,000	850,000	1,076
1968	788,500	886,572	1,075
1969	680,700	880,015	1,293
1970	658,000	825,653	1,255
1971*	686,500	865,000	1,260

* Estimativos de la Oficina de Planeación del IDEMA en septiembre de 1971.

Fuente: IDEMA - MINAGRICULTURA.

Localización de las Areas Productoras de Maíz y Distribución del Consumo

De acuerdo a la ubicación y tamaño de los predios dedicados al cultivo del maíz, se puede clasificar el grado de tecnificación y labores de cultivo en 4 categorías:

1. Zona maicera de tierras de ladera y minufundio, en donde la mecanización, transporte y consecución oportuna de insumos se hace difícil y en ocasiones imposible. En estas áreas las prácticas son rudimentarias, no es posible la mecanización, la utilización de fertilizantes y semillas mejoradas casi no se conocen.

Puede incluirse en este grupo, los cultivos de subsistencia de las tierras planas bajas, donde la práctica más frecuente de cultivo es la quema del rastrojo y siembra a chuzo de la semilla.

2. Zonas de montaña, de suelo ondulado, en las que se hace uso parcial de la mecanización, de semillas mejoradas y de fertilización, en las cuales el maíz siendo cultivo de subsistencia, se siembra intercalado con otros cultivos como: habas, papa, frijol, etc.

3. Zonas totalmente mecanizadas, con técnicas avanzadas de manejo, fertilización, uso de semillas mejoradas, etc. Estos tipos de explotación se encuentran en los valles de los grandes ríos y la costa atlántica.

4. Finalmente, existen las zonas dedicadas al cultivo del maíz, pero donde éste se utiliza como planta civilizadoras de tierras o como primer paso para la implantación de potreros.

La forma como se distribuye la producción de maíz en el país puede apreciarse en el Cuadro No. 2.

La información sobre el consumo presentado en el Cuadro No. 3, es claro indicativo de la gran importancia de este producto como fuente de alimentación para la población Colombiana.

CUADRO No. 2

Distribución de las zonas productoras de maíz en Colombia y rendimiento promedio para cada una en 1970

Zonas productoras	Porcentaje		Rendimientos medios por hectárea en kg
	Area	Producción	
1. De ladera	49.0	40.0	1,153
2. Planicies	45.3	55.2	1,434
2.1 Costa atlántica	24.7	25.2	1,223
2.2 Valle del Cauca	12.0	21.5	2,250
2.3 Resto Departamentos Interior	5.5	6.4	1,387
2.4 Llanos Orientales	3.1	2.1	874
3. Territorios Nacionales	5.7	4.8	1,054
Totales	100.0	100.0	1,214

Programa de Fomento de la Producción de Maíz 1972 - 1975. Ministerio de Agricultura.

Aun siendo Colombia un país de tradición maicera por varios años desde 1959, ha habido necesidad de importar este producto para abastecer las necesidades. La mayor importación fue

en 1971, la cual ascendió a 47,050 toneladas. Solamente en los años, 1967, 1969 y 1970 no hubo necesidad de importar y la producción dio para pequeñas exportaciones (28,000 toneladas) en total principalmente de semillas.

CUADRO No. 3

Distribución del consumo de maíz en Colombia en los años 1970 y 1971

Concepto	Unidades de medida	1970	1971	Variación porcentual
Consumo aparente	Toneladas	825,653	911,030	+ 10.3
Consumo per capita	Kilogramos	31.1	41.8	+ 2.7
Consumo humano	Kilogramos	390,600	403,200	+ 3.2
Consumo industrial	Toneladas	380,390	405,130	+ 6.5
Proporción consumo industrial	Porcentaje	46.1	44.5	= 1.6

Fuente: IDEMA, Minagricultura y Empresas Industriales.
Programa de Fomento de la Producción de Maíz 1972-1975. Ministerio de Agricultura.

Investigación y Desarrollo

La tecnología se inició en Colombia con organismos como el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), hace más de 25 años.

Durante este tiempo, el programa de maíz ha obtenido y distribuído a los agricultores más de 45 maíces mejorados, adaptados a los diferentes pisos términos del país. En la actualidad, se distribuye 22 de ellos, incluyendo híbridos, variedades, 2 híbridos de maíz opaco-2 y 2 maíces de compañías particulares.

En zonas tecnificadas se obtienen en la actualidad en forma comercial rendimientos desde 3 hasta 5 toneladas, en cambio en zonas montañosas y de ladera estos rendimientos son muy bajos.

Se estima que solamente el 20% de la superficie sembrada con maíz utiliza maíces mejorados.

Con el fin de hacer más funcional la investigación, mejorar la producción y productividad, el ICA ha iniciado la reestructuración de la investigación mediante la denominación de Centros Pilotos, en clima caliente, medio y frío, para concentrar allí la investigación básica o aplicada y acelerar los procesos con economía de recursos humanos y físicos. Se han estructurado también Centros Satélites para prueba de progenies y materiales producidos en los Centros Pilotos y Centros de Demostración donde se harán demostraciones a escala comercial de los mejores materiales de los Centros Satélites, estableciéndose en esta forma un puente entre la investigación y la producción.

En el campo de la producción, el Ministerio de Agricultura ha creado un grupo de trabajo para maíz y sorgo, en el cual están representadas todas las entidades del sector agropecuario formando un "paquete tecnológico" donde están involucradas tanto

la investigación, extensión y asistencia técnica, como la producción de semillas, crédito, mercadeo y exportación.

En el presente año de 1972 se ha empezado a notar el impacto del trabajo en equipo con un aumento considerable en las superficies sembradas y se espera un incremento bastante notorio de la producción.

Referencias

1. Instituto Colombiano Agropecuario. 1971. Reestructuración de la Investigación, Minagricultura, Programa de Fomento de la Producción de Maíz (1972-1975), 1971.

SITUACION DEL MAIZ OPACO EN AMERICA LATINA

Ing. Federico R. Poey
Semillas Poey, S. A.
México D. F., México

Introducción

Un equipo de investigadores de la Universidad de Purdue descubrió, a fines de 1963, que el gen recesivo llamado opaco-2 ocasionaba fuertes cambios en el balance de aminoácidos del endospermo en el grano de maíz (1). Poco después, este mismo equipo descubrió que otro gen llamado harinoso-2 ocasionaba efectos similares al opaco-2 (2). A los maíces con estos genes se les refiere en forma general como maíz opaco.

Asociado a sus efectos bioquímicos, estos genes modifican también la estructura del almidón del endospermo, resultando en un tipo de grano totalmente harinoso. Esta apariencia es diferente a la del maíz utilizado comúnmente en Latinoamérica, con la excepción de los valles altos de Ecuador, Perú y Bolivia, que utilizan maíces harinosos comparables al maíz opaco en textura, aunque no en su calidad proteínica.

El cambio resultante en la proteína del endospermo de maíces opaco parece ser consecuencia de una inhibición en la síntesis de zeína (proteína de muy baja calidad), y un aumento en las proteínas de mejor calidad como glutelinas, albúminas y globulinas. Ante estos cambios, el balance de los aminoácidos se modifica favorablemente (3). En el Cuadro No. 1 se detallan los análisis de grano enteros obtenidos de un maíz tropical normal comparado con el mismo maíz con el gen opaco-2 incorporado. Teóricamente, los cambios observados en estas muestras son consecuencia exclusiva del efecto del gen en la proteína ya que los otros efectos genéticos y ambientales fueron los mismos para ambos maíces. Se puede apreciar que, además de los incrementos en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano en el maíz opaco, hubo otros aumentos considerables en arginina y ácido aspártico y disminución en leucina y ácido glutámico.

Evaluación Nutricional

El alto valor biológico del maíz opaco ha sido demostrado numerosas veces. En el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) en Guatemala (4), y en la Universidad del Valle en Cali, Colombia (5) se hicieron los primeros estudios con niños en 1966 y 1967 respectivamente. La investigación del INCAP concluyó que el valor biológico de la proteína del maíz opaco-2 fue solamente 10% menos eficiente que la proteína de la leche. Este estudio se llevó a cabo en cuatro niños de dos a seis años de edad utilizando el balance de nitrógeno de cada niño como parámetro de eficiencia.

En la Universidad del Valle demostraron que dos niños, de cinco y seis años de edad respectivamente, se recuperaron de desnutrición avanzada con una dieta en la cual el 80% de la proteína ingerida provenía de maíz opaco-2. El balance metabólico de nitrógeno fue utilizado como criterio de evaluación.

En cerdos, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Colombia (6, 7), y el Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP), en México (8) confirmaron los resultados obtenidos con anterioridad en los Estados Unidos.

CUADRO No. 1

Contenido de aminoácidos y proteína en grano entero de un maíz cristalino cubano normal y con gen opaco-2

Aminoácidos	% en proteína	
	Normal	Opaco-2
Lisina	2.71	4.01
Histidina	2.33	2.79
Arginina	3.61	5.50
Acido aspártico	6.83	10.27
Treonina	3.33	3.70
Serina	4.86	4.51
Acido glutámico	18.97	15.94
Prolina	9.07	8.52
Glicina	3.54	4.53
Alanina	7.17	5.79
Cistina	0.97	0.96
Valina	3.67	4.46
Metionina	1.52	1.39
Isoleucina	2.68	2.67
Leucina	11.95	7.80
Tirosina	3.84	3.06
Fenilalanina	5.12	4.04
Triptofano	0.54	0.96
% proteína	10.06	10.06

En el ICA compararon dietas de maíz normal y opaco-2 al nivel de 12% de proteina en cerdos en crecimiento (de 25 a 50 kg), demostrando una tasa de ganancia (kg) y eficiencia de alimentación (alimento/ganancia) de 0.36 y 4.08 para maíz común y 0.64 y 2.94 para el opaco (6). Cerdos de engorde (de 56 a 88 kg) alimentados solamente con maíz opaco-2, aumentaron a un ritmo similar al obtenido a base de una dieta de maíz y torta de soya al 17% de proteína total (7).

En México, el trabajo del INIP demostró que cerdos, a los cuales se les cambió la dieta de maíz común a opaco-2 y viceversa, produjeron un patrón de ganancia significativamente superior en las dietas de maíz opaco (8).

En pollos, la eficiencia de la proteína del maíz opaco fue más difícil de demostrar, principalmente por el alto requerimiento de aminoácidos esenciales en las primeras etapas de desarrollo de estos animales. Sin embargo, en el INCAP en Guatemala (9) y en el INIP en México (10), se lograron, con maíz opaco, eficiencias muy superiores a las obtenidas con maíz corriente en

que ambas dietas fueron a base de maíz solamente o suplementadas con otras fuentes de proteína deficientes en lisina.

En el INCAP demostraron mejor respuesta para las dietas de maíz opaco-2 con niveles de proteína inferiores al 15-16%. Al nivel de proteína del maíz opaco-2, la eficiencia fue mejor que la semilla de algodón, la harina de soya, la proteína de sorgo y el maíz común, con o sin suplementación de aminoácidos.

En el INIP, en México, se obtuvieron mejores eficiencias (altamente significativas) con ganancias, a las cuatro semanas, de 253 contra 192 g por animal en las dietas de maíz opaco contra maíz normal respectivamente.

Introducción Agronómica y Comercial

El primer maíz opaco-2 producido en cierto volumen fue originado en la zona maicera de los E.U., y no pudo ser introducido inmediatamente a las latitudes tropicales de la América Latina donde se pudiera multiplicar fácilmente por ser el maíz un cultivo altamente sensitivo a cambios de condiciones ecológicas. Para poder ser aprovechado en forma eficiente, fue necesario realizar un minucioso proceso de incorporación del gen opaco a las variedades adaptadas de cada país de la región. Este proceso requiere de cruces controlados entre maíces locales y el maíz opaco introducido y posteriores estudios de sus progenies para lograr, después de 5 a 7 generaciones, una semilla que produzca plantas adaptadas con rendimientos similares a los obtenidos con las variedades comerciales. Aún después de este largo proceso, la característica de endospermo harinoso asociada al gen opaco-2 persiste, lo cual representa el mayor obstáculo a una más rápida aceptación de este maíz en la mayor parte del área maicera de Latinoamérica.

En un estudio realizado en el Colegio de Postgraduados en Chapinga, México, en 1970 se evaluaron los cambios en peso, volumen y densidad ocasionados por el efecto del gen opaco-2 y harinoso-2 en maíces tropicales. En el Cuadro No. 2 se detallan estos resultados (11). Puede apreciarse, en el caso del gen opaco-2, una disminución promedio de 13.13% en el peso de igual número de granos. Para maíces harinoso-2, esta pérdida fue de 9.04%.

Las primeras pruebas de rendimiento en campo demostraron en las variedades opaco, rendimientos menores que los obtenidos con las mejores variedades e híbridos adaptados, aun cuando en muchos casos los rendimientos logrados eran superiores a variedades criollas locales no mejoradas. Algunos resultados de pruebas controladas de rendimiento publicados en México, Colombia y Brasil señalan disminuciones entre 10 y 30% con respecto a las variedades mejoradas usadas como testigos (12-14).

En el Cuadro No. 3 se resumen algunos datos de interés sobre la situación actual del maíz opaco en algunos países de la América Latina.

CUADRO No. 2

Promedios de peso, volumen y densidad de 100 semillas segregantes opaco-2 y harinoso-2, y sus respectivos normales de 50 mazorcas de materiales tropicales para cada gen*

	Peso		Volumen		Densidad	
	grs	% normal	grs	% normal	grs	% normal
Normal	27.81		21.66		1.28	
Opaco-2	24.16	86.87**	21.43	98.94	1.13	88.28**
Normal	24.44		18.72		1.30	
Harinoso-2	22.23	90.96**	19.39	103.58**	1.14	87.69**

* Poey, 1970.
** Diferencia significativa al 1% de probabilidad.

Colombia fue el primer país de la América Latina en iniciar, en 1964, un programa intensivo para incorporar el gen Opaco-2 a los híbridos recomendados. Este programa fue auspiciado en su origen por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Fundación Rockefeller y más recientemente por el ICA y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Este programa recibió apoyo de otras entidades oficiales y privadas y con un esfuerzo de colaboración, digno de ser imitado por otros países, lograron distribuir semilla comercial de maíz opaco en 1968. En la actualidad, Colombia cuenta con más de 10,000 hectáreas sembradas de maíz opaco con un mercado parcialmente garantizado por la industria alimenticia privada y con un precio de compra oficial superior al del maíz común. Además, y dentro del proyecto cooperativo, diferentes institutos y universidades realizan estudios de evaluación y utilización industrial de gran importancia. Actualmente colaboran en forma intensiva en este proyecto además del ICA y CIAT, el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT), y la Universidad del Valle, la empresa Maizena, S.A., Quaker, S.A. y otras instituciones.

El principal destino del maíz opaco cosechado en Colombia es para consumo humano en forma directa o a través de alimentos industrializados.

En Brasil, los trabajos de incorporación del gen Opaco-2 a variedades locales se empezaron en 1965 y la distribución de semilla en forma comercial se inició en 1970. El trabajo de adaptación del maíz opaco se vio favorecido por la circunstancia de que la empresa productora de semillas Agroceres, S.A. logró identificar, entre sus líneas adaptadas, dos mutantes para el mismo gen opaco-2 (14). Esto les permitió adelantarse varias generaciones aprovechando la gran ventaja que significa para la formación de híbridos, el cruzar materiales de diferente origen genético. En la actualidad, la semilla distribuida alcanza para más de 15,000 hectáreas de siembra, cuya producción está principalmente dirigida a la alimentación de cerdos. Conviene aclarar que en Brasil, solamente del 10-20% del maíz producido es para consumo humano.

CUADRO No. 3

Datos sobre producción de maíz opaco en algunos países de Latino América

	Area total maíz sembrado hectáreas	Consumo principal de maíz	Año de comienzo de incorporación Opaco-2	Año de distribución de semilla Opaco-2	Semilla maíz opaco producida 1971 kgs	Tipo de Semilla
Colombia	900,000	Humano	1964	1968	250,000	Híbrido
Brasil	10,000,000	Animal	1965	1970	400,000	Híbrido
Venezuela	600,000	Animal	1965	1971	4,000	Variedad
Nicaragua	250,000	Humano	1967	1970	3,000	Variedad
México	8,000,000	Humano	1965	1970	500	Variedad e híbrido
Perú	370,000	Animal	1967	Todavía	---	---
Ecuador	210,000	Humano	1968	Todavía	---	---
Chile	90,000	Animal	1967	Todavía	---	---
Argentina	4,500,000	Exportación	1966	Todavía	---	---
Panamá	112,000	Animal	1969	Todavía	---	---

En varias Universidades, Instituciones y Empresas Privadas de Brasil, se están realizando estudios de evaluación nutricional en humanos, principalmente en niños. Puede mencionarse entre otras, la Facultad de Medicina de Ribeirao Preto, la Universidad Federal de Vicosa, el Instituto de Tecnología de Alimentos en Campinhas y la Compañía de Alimentos Quaker, S. A.

En México se está realizando investigación básica de gran importancia en relación con el mejoramiento genético de la proteína del maíz. Destaca principalmente el Centro Internacional de Maíz y Trigo, CIMMYT, que cuenta con un equipo de genetistas y bioquímicos especialmente dedicados a este esfuerzo. El trabajo del CIMMYT incluye el adiestramiento de personal especializado, y además la orientación y coordinación de los esfuerzos que en toda América Latina se están realizando, especialmente en Centro América, Colombia, Ecuador y Perú. Para este programa el CIMMYT, además de sus fondos propios, utiliza una donación especial de las Naciones Unidas.

En el Colegio de Postgraduados, de la Escuela Nacional de Agricultura, en Chapingo, México, varios estudiantes realizan sus tesis de Maestría y Doctorado en investigación genética sobre el mejoramiento de la proteína en el maíz.

Tanto en México, como en países de Centro América y otros de Suramérica los programas de incorporación del gen Opaco-2 se encuentran lo suficientemente adelantados como para recomendar su producción comercial. Sin embargo, en estos países se considera que la estructura harinosa característica del maíz opaco es un obstáculo todavía muy serio para poder hacer recomendaciones oficiales. Las ventajas nutricionales del nuevo maíz sobradamente compensan sus defectos en apariencia, pero esto no alcanza a ser reconocido, entre otras razones por el bajo nivel cultural de los consumidores y resistencia tradicional a cambios.

Mejoramiento Genético del Maíz Opaco

Afortunadamente, hay evidencias de que la estructura harinosa puede ser modificada genéticamente hacia una apariencia córnea, a la vez que se mantiene el alto contenido de los aminoácidos esenciales logrados con el gen Opaco-2 (15, 16). Este importante logro ha sido obtenido ya en forma experimental por investigadores de Colombia y México (17, 18). Las líneas obtenidas hasta la fecha, mediante selección de granos con textura de endospermo modificado durante varias generaciones sucesivas, han permitido fijar tipos de granos con más de 75% del endospermo de estructura córnea. Estos granos son, a la vista, casi iguales en apariencia a los de maíz duro comúnmente utilizado en la región. Lógicamente, se espera que su mayor densidad eliminará o reducirá las desventajas de rendimiento y aceptación actualmente asociadas a los maíces opacos.

Los primeros análisis del CIMMYT en opacos modificados indican que este cambio ocasiona un aumento en el contenido de proteína total del endospermo cuando es comparado con endospermo harinoso de las mismas líneas. Aparentemente, este aumento diluye el contenido de triptofano en la proteína. Sin embargo, el con-

tenido total de este aminoácido en la muestra es alto y comparable a los niveles obtenidos en maíces opaco de tipo harinoso. En el Cuadro No. 4 se detallan valores de proteína y triptofano encontrados en granos harinosos y modificados de 30 mazorcas segregantes, donde se aprecia este efecto (18).

CUADRO No. 4

Promedios de contenido de proteína y triptofano en endospermo de 30 mazorcas Opaco-2 que segregaron granos harinosos y modificados*

Tipo de grano	% proteína	% Triptofano	
		En proteína	En muestra
Harinoso	8.86	0.92	0.080
Modificado	10.02	0.80	0.078

* Poey y Villegas, 1970.

En el Cuadro No. 5 se aprecia nuevamente la tendencia a subir del contenido de proteína total en la porción de endospermo duro comparado con la porción de endospermo suave de los mismos granos de dos líneas diferentes

o sin gen Opaco-2. Cabe destacar los logros obtenidos por el CIMMYT en la elaboración de un método rápido colorimétrico para determinar triptofano (21), y las investigaciones que al presente lleva a cabo el INCAP para evaluar biológicamente las proteínas por medio de análisis de sangre en ratas alimentadas con el maíz que interesa.

CUADRO No. 5

Contenido de proteína y triptofano en fracciones de endospermo duro y harinoso de granos con endospermo modificado y totalmente harinosos de las mismas mazorcas Opaco-2

Mazorca No.	Tipo de endospermo	% proteína	% Triptofano	
			En proteína	En muestra
P-1079-3	Fracción harinosa	7.25	0.93	0.068
	Fracción dura	9.81	0.76	0.075
	Todo harinoso	9.00	0.85	0.077
P-1083-1	Fracción harinosa	9.81	0.90	0.080
	Fracción dura	10.75	0.84	0.090
	Todo harinoso	9.81	0.87	0.085

Otros Proyectos

Algunos proyectos de investigación que se están realizando en Latino América merecen ser mencionados:

1. *Búsqueda de nuevas fuentes genéticas de modificadores de la proteína*

Maíces de todas partes del mundo han sido analizados por el CIMMYT, aun cuando hasta la fecha no se ha encontrado ninguno realmente superior al maíz opaco. En Bolivia, sin embargo, parecen haber sido identificadas dos fuentes locales portadoras del gen Opaco-2 en maíces de valles andinos. En una de estas fuentes se pudo apreciar fenotipo modificado del endospermo (19). Ya se informó que en Brasil se encontró otra fuente de gen Opaco-2, que es utilizado actualmente en forma comercial (14).

2. *Mejoramiento integral del maíz*

En el Colegio de Postgraduados en Chapingo, México y en estrecha colaboración con el CIMMYT, se están elaborando y comprobando algunas hipótesis encaminadas a lograr el mejoramiento conjunto de rendimiento de grano así como de calidad y cantidad de proteína (20).

3. *Desarrollo de nueva metodología para evaluar progreso genético, bioquímico y nutricional en los programas de mejoramiento*

La evaluación bioquímica y biológica de la proteína constituye actualmente la limitación más importante en los programas de mejoramiento de proteína en los maíces adaptados con

Resumen

En 1964 se informó que el gen recesivo Opaco-2 ocasiona cambios significativos en la proteína del endospermo de maíz que resulta en un excelente balance de los aminoácidos esenciales. La calidad nutritiva del maíz con gen Opaco-2, comúnmente referido como maíz opaco, se evaluó en dietas controladas en niños, estableciéndosele una eficiencia de 90% con respecto a leche. Asociado a este efecto bioquímico, el gen opaco-2 modifica también la estructura del almidón del endospermo, produciendo un tipo de grano totalmente harinoso, diferente al del maíz generalmente utilizado en Latino América. En las tierras altas de Ecuador, Perú y Bolivia, sin embargo, se utiliza un tipo de maíz harinoso comparable en textura al maíz opaco aunque no en su calidad proteínica. La mayoría de los países de la región emprendieron la incorporación genética del gen Opaco-2 a sus variedades locales y adaptadas entre 1965 y 1967. Colombia fue el primer país de Latino América en distribuir comercialmente semilla de maíz opaco en 1968, seguidos por Brasil en 1970. En la actualidad las siembras sobrepasan las 10,000 hectáreas en cada país. Esta producción está destinada principalmente para consumo humano en Colombia y para cerdos en Brasil. La textura harinosa del maíz opaco, parece ser la razón por la cual no se ha introducido en forma más significativa en otros países, a pesar de que en general los programas de adaptación de variedades opacas se encuentran muy avanzados. Estudios de evaluación nutricional e industrial de mucha importancia se están realizando en México, Guatemala, Colombia y Brasil. El problema de la estructura harinosa del maíz opaco parece haberse solucionado, al menos experimental-

mente, con el descubrimiento de genes que recuperan parcialmente la estructura córnea del endospermo a la vez que mantiene el alto nivel de la calidad proteínica. El CIMMYT desde México, realiza investigación básica y coordina trabajos relacionados en toda la región con especial atención a Centro América, Colombia, Ecuador y Perú. Aparte de sus fondos propios, el CIMMYT utiliza una donación especial de las Naciones Unidas para financiar estas actividades. Algunos proyectos interesantes que se realizan en la región incluyen: mejoramiento de rendimiento de campo simultáneamente con mejoramiento de la calidad y cantidad de proteína; búsqueda y utilización de nuevas fuentes genéticas de modificadores de la proteína; desarrollo de nueva metodología para evaluar progreso genético, bioquímico y nutricional; y utilización de maíz opaco en la industria alimenticia.

Referencias

1 Mertz, E. T., L S Bates and O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, (U.S.), 145:279-280, 1964.

2. Nelson, O. E., E. T. Mertz and L. S. Bates. Second mutant gene affecting the aminoacid pattern of maize endosperm proteins. *Science*, (U.S.), 150:1469. 1965.

3. Mertz, E. T. High lysine corn. *Agricultural Science Review*, (U.S.), 6, No. 3, 1-6, 1968.

4. Bressani, R. La calidad proteica del maíz con el gene opaco-2. *VIII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios.* San José, Costa Rica 13, 17-19. 1967.

5 Pradilla, A., D. Harpstead, F. Linares, D. Sarria y K Tripathy. Ensayos analíticos y biológicas de la proteína del maíz modificada por el gene Opaco-2. *Antioquía Médica* (Colombia), 19, No. 3, 201-211. 1969.

6. Gallo, J. T., M. Corzo, and J. H Manner. Mimeo. Nutritive value of Opaque-2 corn for pigs. *World Congress of Animal Production.* 1968.

7. Gallo, J. T., M. Corzo and J. H. Manner. Value of Opaque-2 corn for the finishing pig. *Journal of Animal Science*, 27, 1152 (1968) Abstract.

8. Martínez, L y A. S. Shimada. Valor alimenticio de una variedad mexicana de maíz Opaco-2 para el cerdo en crecimiento. *Técnica Pecuaria en México.* México, 18. 1971.

9. Jarquín, R., C. Albertazzi and R. Bressani. Value of Opaque-2 corn protein for chicks. Agricultural and Food Chemistry (U.S.), 18, No. 2, 268-272, 1970.

10. Pro, A., O. Neri y M. Cuca. Estudio comparativo del maíz Opaco-2 y maíz normal y el efecto de la suplementación de lisina en dietas para pollos en iniciación. *Técnica Pecuaria en México* (México), 15-16, 1971.

11. Poey, F. R. Comparación de los efectos de los genes Opaco-2 y Harinoso-2 en el peso, volumen y densidad en grano de maíces tropicales. *Agrociencia* (México), 4 No. 1: 47-65, 1970.

12. Angeles, H. H. y J. Ortíz C. Mejoramiento genético del maíz por calidad de proteína en el INIA de México. *Resúmenes VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia* (Colombia), 175, 1970.

13. Peristrys-Andersen, P. La factibilidad de introducir maíz Opaco-2 para el consumo humano en Colombia. *Folleto Técnico No. 1*, CIAT (Colombia) 1971.

14. Drummond, G. A. Producao de hibrido de milho Opaco-2. *Resúmenes, VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia.* (Colombia), 211. 1970.

15. Paez, A. V., J. L. Helm, and M. S. Zuber. Lysine content of Opaque-2 maize kernels having different phenotypes. *Crop Science* (U.S.), 9, 251-252, 1969.

16. Bauman, L. R. and H. Aycock. Selection for modifier genes to improve perfomance of Opaque-2 genotypes. Prod. Conf. of Am. Seed P. Ass., (U.S.), 139-143, 1970.

17. Harpstead, D., A. Pradilla, and F. Linares. Improving acceptability of Opaque-2 maize. *X International Nutr. Congr.* (Prague). In press.

18. Poey, F. R. y E. Villegas. Variaciones en el fenotipo de maíz Opaco-2. *Resúmenes, VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia*, (Colombia), 179. 1970.

19. Avila, G. Presenza di "opaque" in popolazioni boliviane di mais. *Genetica Agraria* (Italia), 25. 1971.

20. Poey, F. R. Orientaciones para la aplicación de valores de proteína en el mejoramiento integral del maíz. *IV Reunión Andina del Maíz*, (Colombia), Nov. 1971.

21. Villegas, E., and E. T. Mertz. Chemical Screening methods for maize protein quality at CIMMYT. *Research Bulletin No. 20* CIMMYT (México), 1971.

EL MAIZ OPACO-2 EN EL AFRICA. PROBLEMAS Y PRODUCCION

Dr. Mathias Kojo Akposoe
Crops Research Institute
Kumasi, Ghana, Africa

Introducción

El maíz es uno de los productos alimenticios más importantes en muchos de los países de el Africa. Un testimonio de esto es la vasta área de tierra destinada a su cultivo en aquellos lugares en los que forma parte principal de la alimentación. A este respecto, el papel que juega el maíz en la vida de los africanos no debe ser subestimado.

Varios tipos de alimento se preparan con maíz y se consumen sin tomar en cuenta su valor nutritivo. La baja calidad de la proteína del maíz debida a su bajo contenido de lisina y triptofano está bien documentada. En Africa, el maíz es el principal alimento que se consume directamente y en la mayoría de los casos sin suplemento proteínico adecuado. El efecto de esta situación se refleja en la incidencia de las varias enfermedades de tipo nutricional, como la pelagra infantil y el kwashiorkor. Los problemas ocasionados por esta situación han preocupado a nutricionistas, expertos médicos y estadistas de todo el continente.

No es de extrañar pues que los programas diseñados para la incorporación del gen Opaco-2 en todas las variedades han despertado la atención de los cultivadores de maíz de casi todos los programas nutricionales del Africa.

Revisión de la Literatura

El descubrimiento de Miller *et al.*, 1952 (1), de que la proteína del maíz puede ser mejorada por medio de la selección de aquellas variedades con altos contenidos de niacina, lisina y triptofano, abrió la brecha que vino a revolucionar la tecnología del mejoramiento de este cereal.

La estrategia para mejorar la proteína del maíz por medio de la reducción proporcional de zeína fue desarrollada por Mertz y Bressani en 1958 (2), al seleccionar variedades de Estados Unidos y Guatemala. Cuando Mertz *et al.*, en 1964 (3) encontraron que el gen Opaco-2 afecta el contenido de aminoácidos de la proteína del endospermo del maíz, se estableció una base sólida para el control genético de la síntesis de la lisina y triptofano. Los cultivadores de esta planta no escatimaron esfuerzos en aplicar estos conocimientos para desarrollar métodos que mejorarían rápidamente la calidad nutricional del maíz. Se advirtió entonces que los problemas nutricionales, en aquellas áreas del mundo en donde se consume maíz extensamente, podrían ser reducidos si todo el maíz producido en los países en desarrollo pudiera convertirse rápidamente en variedades de Opaco-2.

Algunas partes de Africa Occidental, en donde se han llevado a cabo análisis bioquímicos de la proteína del maíz (Ekpenyong) *et al.*, inédito), confirmaron que las variedades con componentes

altos en zeína son deficientes tanto en lisina como en triptofano. También se demostró que las variedades con un alto contenido de lisina y triptofano podrían posiblemente ser aisladas de las variedades locales ya existentes.

Una parte pertinente de este estudio se reproduce en el Cuadro No. 1.

CUADRO No. 1

Valores de triptofano y lisina en la proteína del maíz (Ekpenyong *et al.*, inédito)

Variedad*	Proteína cruda %	Triptofano en proteína %	Lisina en proteína %
NS_1	13.30	0.59	2.81
Ogbomosho	13.51	0.67	3.16
Lagos White	13.83	0.63	3.01
Western White-O_2	13.57	0.76	3.54
Illinois-O_2	12.39	0.71	3.33

* Las variedades NS_1, Ogbomosho y Lagos White son variedades locales sin deliberada incorporación de Opaco-2. El Western White-O_2, es una variedad local a la cual se ha incorporado el gen Opaco-2. El Illinois-O_2 contiene el gen Opaco-2.

Papel que Juega el Opaco-2 en la Nutrición de el Africa

En el informe anual de 1968 del programa de maíz en Kenya (4), los niveles estimados de consumo de este cereal en ese país corresponden a la cantidad que sería adecuada si el maíz contuviera suficiente lisina y triptofano. Ya que una libra de maíz de alto contenido de lisina consumida por día, satisface los requerimientos nutricionales del ser humano, y si ésta es la cantidad realmente consumida, la importancia de la introducción del gen Opaco-2 en variedades recomendadas viene a ser una necesidad primordial, si no una obligación.

La variedad recomendada en Nigeria es el NS_1 Este es un maíz de endospermo blanco y suave, de contextura plana que ha sido mejorado con respecto a su rendimiento y características agronómicas. Un derivado de esta variedad llamado NS_1-O_2, fue puesto a la disposición por los cultivadores de maíz en 1969 (5). Debido a que la calidad del alimento obtenido del maíz depende en gran parte del tipo del grano, ambas versiones de conversión, el opaco y el parcialmente Opaco-2, deben mantenerse separadas para satisfacer la demanda de las varias preparaciones alimenticias.

Programas de Opaco-2 en el Africa

El cultivo estándar del maíz híbrido requiere que las líneas seleccionadas sean primero convertidas en Opaco-2 por medio de la técnica que retrocruce. Esto significa que cuando una línea relevante se hace accesible, el proceso debe ser repetido para poder usar el gen Opaco-2.

En la mayoría de los programas de el Africa, los compuestos y sintéticos son los materiales que usualmente son convertidos en variedades de alto contenido de lisina. En Kenya como en Ghana, el plan ha sido el de transformar estas poblaciones en Opaco-2, manteniendo la variabilidad genética de la población-objetivo. Es posible por lo tanto, que después de la conversión se mejoren estas variedades por cualquiera de las técnicas de mejoramiento de poblaciones. Se espera que todas las líneas, cruces compuestos, o compuestos mejorados de estos programas mantengan la integridad del Opaco-2 y, por lo tanto, no requieran conversiones adicionales en el futuro.

Es así como en Kenya el Embu H511 ha sido la variedad-objetivo para el programa de maduración media y el compuesto B la variedad básica para las áreas de altura (4). Las variedades Andin Ghana, Diacol H153, Mexican 17, Composite-2 y Composite-4 han sido seleccionadas como materiales básicos para el programa de conversión de Opaco-2. En caso de una incorporación exitosa, éstos serán tratados en varias formas incluyendo la obtención de nuevos compuestos, mientras que los materiales relevantes serán simultáneamente puestos a la disposición de los interesados.

Problemas Asociados con el Maíz Opaco-2 en Algunos Países de el Africa

Las posibilidades del gran alcance del maíz Opaco-2 son bien conocidas, y sus ventajas sobre el endospermo normal han sido el punto de investigaciones recientes de cultivadores de maíz y genetistas. Otros problemas asociados a la conversión con el gen Opaco-2, también han recibido mucha atención en el Africa. En Ghana, por ejemplo, se observó que en cualquier campo de cultivo de distintas variedades, el Opaco-2 es el primero en ser atacado por el gusano barrenador (comedor de tallo) cuando las condiciones para la infestación por estos gusanos son favorables. A decir verdad, lotes enteros de Opaco-2 podrían ser devastados bajo esas condiciones. Los hongos que atacan los granos también parecen tener preferencia por el maíz Opaco-2. Los granos son susceptibles a ser atacados desde el estado harinoso de desarrollo hasta su madurez agronómica. Por lo tanto, enormes proporciones de granos descompuestos se encuentran asociados con el maíz Opaco-2. Los efectos económicos de dichas pérdidas todavía no han sido estudiados, pero las observaciones visuales indican que este problema es muy serio.

Muchas teorías se han postulado para explicar esta observación. La más frecuente es que el material básico juega un papel muy importante en la conducta agronómica del Opaco-2. Por esta razón, esta sugerencia se está poniendo a prueba actualmente en una serie de experimentos llevados a cabo en Ghana para establecer los hechos y así buscar soluciones al problema.

Otros investigadores también han observado que tardan más en secarse en el campo las variedades de Opaco-2 que las corrientes. Comparado con el problema del gusano barrenador y la infestación con hongos, esto no parece ser un problema serio en Ghana.

Un impedimento más grave del maíz Opaco-2 lo constituyen las pérdidas de lisina y triptofano durante la preparación de ciertos alimentos. En Nigeria, por ejemplo, (Ekpenyong, *et al.*, inédito) en donde el maíz se consume extensamente en la forma de "ogi" para la alimentación infantil, se ha observado que la ventaja nutricional del Opaco-2 se pierde durante el proceso de preparación. Para preparar el "ogi" el grano seco se fermenta primeramente y se descarta el agua. Luego, tanto el pericarpio como el germen son removidos y descartados. El maíz entonces es pasado por un molino para obtener una masa húmeda la cual debe someterse a una serie de sedimentaciones y lavados.

Con cada operación se descarta el sobrenadante. Se ha postulado (Ekpenyong *et al.*, inédito) que este proceso es lo suficientemente drástico como para eliminar toda la lisina y el triptofano a tal grado que el Opaco-2 queda reducido al nivel del maíz normal. Es de suponer que métodos similares, pero menos drásticos, de preparar alimentos con el maíz Opaco-2, disminuyen en varias proporciones el valor alimenticio del maíz Opaco-2. Por ser los hábitos alimenticios difíciles de erradicar, parece que el problema persistirá hasta que los métodos de preparación del alimento se estandaricen, posiblemente bajo el control de entidades comerciales que se interesan en el problema. Aun cuando esto tomaría varios años de investigación y educación, el éxito de estos programas traduciría los esfuerzos del cultivador de maíz en resultados tangibles para beneficio del consumidor. Las pérdidas de peso asociadas con el maíz Opaco-2 representan un problema económico en aquellos lugares donde el maíz se vende por medidas estandarizadas. En la mayoría de los países africanos en donde el maíz es el producto principal, la unidad de cantidad es "the bag-full", el peso de la cual oscila entre 200 y 240 lb de grano seco. El problema de pérdida de peso es a la fecha de poca importancia, aunque el tipo del grano deseado sea en su totalidad Opaco-2. Sin embargo, en todos los programas nacionales que incluyen el gen Opaco-2 se tiene conciencia de sus posibilidades futuras. Se están tomando, por lo tanto, las medidas pertinentes para hacerle frente a las necesidades del futuro, utilizando varios genes modificados y en algunos casos el Harinoso-2 para obtener mutantes dobles. Aun cuando el problema puede posponerse indefinidamente, los requerimientos de las varias formas de preparación de alimentos a base de maíz demanda que el tipo de grano duro Opaco-2, debe estar a disposición del consumidor en cualquier momento.

Resumen

El maíz, alimento importante en Africa, se cultiva en un área proporcionalmente vasta de tierra. En vista de la deficiencia proteínica del maíz normal, el descubrimiento del gen Opaco-2, el cual controla la síntesis de lisina y triptofano fue un hallazgo muy oportuno. El grado en el cual el maíz se

consume directamente por seres humanos en el continente sin la proteína suplementaria adecuada, constituye un serio problema para los planificadores y nutricionistas. Por lo tanto, los programas nacionales de todo el continente han estado utilizando el gen Opaco-2 para mejorar la proteína del maíz. La evidencia experimental ha demostrado que los tipos con alto contenido de lisina y triptofano pueden ser aislados de las variedades locales existentes. La existencia de dicha base es una indicación excelente de que la incorporación de programas de maíz Opaco-2 será exitosa, ya que casi todos los programas nacionales del continente se concentran en las variedades compuestas, el objetivo ha sido el de convertir éstas en tipos de Opaco-2. Asociados con las conversiones de Opaco-2, se encuentran los problemas de pre y post cosecha. Los problemas de pre-cosechamiento parecen depender del material básico. Se han encontrado también problemas de almacenamiento que deberán ser estudiados con detenimiento. Para llenar los requerimientos de los múltiples alimentos preparados a base de maíz, ambos tipos de Opaco-2, de endospermo suave y duro, deberán ser desarrollados en todos los programas.

Referencias

1. Miller, P. A., T. L. Hurst and B. Brimhall. Relationship of lysine and niacin with the crude protein and certain protein components in corn grain. *Agronomy J.*, 44:343-345, 1952.

2. Bressani, R. and E. T. Mertz. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. *Cereal Chemistry*, 35:227-235, 1958.

3 Mertz, E. T., L. S. Bates and O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964.

4. Fifth Annual Report. Maize improvement Kitali, Kenya, 1968.

5. Wiggin, H. C. Western white 1-A high lysine maize cultivar for Nigeria. *Tropical Agriculture*, 47(3): 257-260, 1970.

SESION No. 2

La filosofía de la fortificación y nutrificación aplicada al maíz
Paul A. Lachance 53

Producción industrial, distribución y mercadeo de la harina para tortillas en México
Francisco R. del Valle 60

Presentación de trabajos realizados en México sobre enriquecimiento de la harina de maíz
Carlos Wild-Altamirano 87

Contribución a la tecnología de la harina de maíz
Alicia Cortéz
Carlos Wild-Altamirano 90

LA FILOSOFIA DE LA FORTIFICACION Y NUTRIFICACION APLICADA AL MAIZ

Dr. Paul A. Lachance
Universidad de Rutgers
New Brunswick, New Jersey, E.U.A.

La fortificación de alimentos ha sido definida como el mejomiento nutritivo de alimentos ampliamente consumidos por medio del agregado de nutrientes, tales como vitaminas, minerales y aminoácidos (u otros suplementos proteínicos) sin producir ningún cambio detectable en la apariencia, el sabor y las propiedades tecnológicas de esos alimentos. Sin embargo, el término fortificación se utiliza cada vez más para referirse en forma exclusiva al mejoramiento del contenido proteínico mediante el agregado de aminoácidos y/o suplementos proteínicos. Esto distingue el término de otros como mejoramiento y enriquecimiento que son formas particulares de agregar nutrientes. El agregado de micronutrientes claves o limitantes para balancear una dieta adecuada en proteína, puede ser llamado "nutrificación" (1). El objetivo de la fortificación y/o nutrificación es ayudar a combatir la desnutrición de la comunidad.

Es necesario distinguir entre el mejoramiento de la dieta en lo que respecta a proteína utilizable (fortificación) y a micronutrientes (nutrificación) debido a que cuando existe desnutrición proteínica, es muy poco probable que el agregado de micronutrientes por si solo (aun cuando sea necesario) tenga consecuencias importantes. Sin embargo, si se dispone de un nivel adecuado de proteína (cuantitativa y cualitativamente), la utilización de ésta puede ser mejorada agregando micronutrientes. Es, por lo tanto, una cuestión de prioridades. Es muy probable que cuando existen deficiencias proteínicas, la nutrificación con micronutrientes no tenga mayor significado a largo plazo para la salud pública. En cambio, si se utiliza la nutrificación como complemento de la fortificación, es probable que produzca un efecto sinérgico.

La justificación y razón de ser de la fortificación reside en su potencial para beneficiar, en el menor tiempo, a la mayor parte de la poblacion que padece desnutrición proteínica, por medio del mejoramiento de la calidad del alimento o alimentos que contribuyen la mayor parte de proteína a la dieta.

A diferencia de los suplementos proteínicos y de alimentos especiales, la fortificación no requiere el desarrollo de nuevos hábitos alimentarios. La fortificación está dirigida al principal alimento básico de la dieta y brinda la oportunidad de aumentar la proteína utilizable sin cambiar los hábitos de alimentación. En este sentido, tampoco requiere la cooperación de la madre debido a que sus hábitos de preparación de los alimentos no son alterados.

Si se fortifica el principal alimento básico de la dieta, existen mayores posibilidades de que las cantidades necesarias de proteína de calidad mejorada sean ingeridas, debido a que no se depende de la aceptación del producto ni de la motivación de los que lo reciben.

Posibilidades de la Fortificación del Maíz. Estudios en Animales

La evidencia sobre la deficiencia de lisina y triptofano en la proteína del maíz se obtuvo de estudios analíticos y de investigaciones en animales de experimentación. El efecto beneficioso de raciones fortificadas, sólo de maíz o de éste con frijol, en ratas o perros, ha sido demostrado repetidamente en estudios por Bressani (2) y por otros (3).

Posibilidades de la Fortificación del Maíz. Estudios en Humanos

Los primeros trabajos sobre mezclas vegetales que condujeron a la producción de INCAPARINA demostraron, sin lugar a dudas, el aumento de proteína utilizable cuando la fortificación por medio de proteínas suplementarias fue practicada y evaluada en niños (4-6). Posteriormente el incremento de la proteína utilizable, mediante el agregado del aminoácido lisina a la INCAPARINA, fue demostrado y en consecuencia incorporado en la especificación del producto. La tecnología para la fortificación de un suplemento dietético basado en maíz fue demostrado en la INCAPARINA; pero la tecnología para la fortificación de un alimento básico, a nivel de población, ha sido demostrada hasta hace muy poco y se informará sobre la misma durante estas reuniones.

Conveniencia de la Fortificación del Maíz

La demostración en el campo, de la conveniencia de fortificar el maíz, es una actividad que actualmente se está llevando a cabo en el INCAP; como tal, complementa las demostraciones de campo que sobre fortificación de trigo y arroz (7), son practicadas en Tunez y Tailandia, respectivamente.

La conveniencia de la fortificación será determinada en última instancia, por el significado que tenga para el desarrollo de recursos humanos. Para esto es necesario demostrar el efecto de la fortificación sobre aquellas variables que dependen de nutrientes limitantes (en este caso la proteína) tales como peso al nacer, mortalidad infantil, crecimiento y desarrollo, resistencia a la infección, capacidad mental y de aprendizaje, y posiblemente longevidad.

Aspecto Económico de la Fortificación

Hasta la fecha solamente se han discutido las posibilidades económicas de la fortificación en relación a otras alternativas para incrementar la proteína utilizable en el mismo período de tiempo (8). La conveniencia económica de la fortificación será definida cuando se relacione su significado económico con el desarrollo de recursos humanos. Solamente entonces se podrán comparar los beneficios económicos con los costos reales de tal práctica en un período de tiempo determinado. Es importante reconocer que es posible que la fortificación sea una práctica transitoria que podría ser reemplazada por la introducción de nuevos alimentos mejorados más efectivos tales como maíz con alto contenido de lisina, asociada con nuevas prácticas agronómicas

que produzcan al mismo tiempo, mayores beneficios económicos. En otras palabras, la producción de mejores fuentes de proteína tanto en cantidad como en calidad, por medio de prácticas nuevas o mejores, y la fortificación, no se excluyen mutuamente (9).

Hábitos alimentarios, cambios en prácticas agronómicas tradicionales, programas de mejoramiento genético, recursos para la investigación, utilización de recursos humanos y tiempo, deben compararse y sopesarse en relación al mantenimiento de los hábitos alimentarios y prácticas agronómicas tradicionales, disponibilidad de fuentes de aminoácidos/proteína para mezclas fortificadas y costos de manejo y distribución de la mezcla fortificada. Al hacer tal comparación debe reconocerse que la disponibilidad y el adiestramiento de nutricionistas que trabajen en programas de salud pública es más compatible con el establecimiento de un programa de fortificación, que el adiestramiento requerido para la extensión agronómica y agrícola de nuevas variedades de cultivo. Sin embargo, este último personal es más compatible con la necesidad de mejorar la cantidad y la calidad y la diversificación de cultivos durante un largo período de tiempo.

Alternativas en Perspectiva

La información existente sugiere, con muy poca duda, que los esfuerzos para promover la educación, es decir aumentar el grado de instrucción de la población de países subdesarrollados, puede ser severamente obstaculizada por la apatía y la enfermedad y en particular, por la desnutrición proteínica en el útero materno o durante la infancia (10). Uno también puede poner en tela de juicio si los esfuerzos para mejorar la salud pública por medio de programas de saneamiento y de vacunaciones u otros procedimientos de medicina preventiva, invariablemente aumentan la calidad del recurso humano aun cuando puedan incrementar el período de vida de los individuos y disminuir la incidencia de las enfermedades. En otras palabras, los procedimientos de salud pública disminuyen la incidencia de los daños que sufre la población, aun cuando estos procedimientos hagan muy poco por la bioquímica de esta población y por consiguiente, por su comportamiento y capacidad educacional.

La experiencia ha demostrado que la intervención de la nutrición basada en proveer suplememento que no son parte de los hábitos alimentarios de las personas son de uso potencial muy limitado. Además, las intervenciones nutricionales con suplementos, frecuentemente no alcanzan a los individuos en mayor peligro, es decir, las madres durante el embarazo y el niño en período de lactancia e inmediatamente después del destete.

Ahora bien, si se considera un país en el cual la dieta está compuesta principalmente de maíz hasta el punto en que provee del 70-80% de las calorías y proteínas diarias, es fácil concluir que una intervención nutricional significativa podría llevarse a cabo a través de la manipulación de este alimento básico de la dieta, sin producir probablemente ningún cambio en los hábitos alimentarios. Existen dos procedimientos disponibles para el mejoramiento nutricional del país:

1. Uso de maíz que tenga una mayor concentración de proteína de alta calidad tal como las variedades con alto contenido de lisina.

2. Fortificación de las variedades de maíz existentes mediante la adición de proteína suplementaria y de los aminoácidos limitantes.

Ambos procedimientos pueden mejorar la calidad de la dieta y del recurso humano. El uso de maíz híbrido mejorado requiere (Figura No. 1) de la existencia de técnica de mejoramiento genético en el país en donde se está realizando el trabajo; que haya suficiente cantidad de semilla disponible y que exista un adecuado servicio de extensión para divulgar en forma efectiva el uso de este maíz, de tal manera que el valor económico del cereal sea reconocido y signifique un verdadero mejoramiento a pesar de los posibles bajos rendimientos o altos precios.

Figura No. 1

De acuerdo a mi criterio, los resultados de la investigación agrícola existentes hasta la fecha, indican que las variedades mejoradas de maíz poseen el potencial necesario para llenar tales exigencias. Sin embargo, la misma información indica también, que la producción, procesamiento, mercadeo, actividades de extensión y otras consideraciones asociadas con las variedades de maíz con mejor valor nutritivo, requieren un tiempo considerable y grandes inversiones en términos de dinero y personal adiestrado, que la mayoría de los países en desarrollo simplemento no tienen en este momento. Parece esencial por lo tanto, considerar seriamente las posibilidades de fortificación de este alimento, que pueda hacerse en un período corto y con una inversión mínima.

La metodología para la adición de lisina y triptofano o de lisina y soya como una fuente de triptofano al maíz es técnicamente posible y conveniente.

Asumiendo que: a) la calidad de la nutrición puede producir un impacto muy significativo en el desarrollo nacional, b) el concepto nutricional de la fortificación del maíz es válido, y c) la tecnología de la fortificación del maíz es posible, se pueden proponer las siguientes recomendaciones para tomar medidas al respecto. Si deseamos realizar una acción que tenga un impacto máximo a un costo mínimo en el período más corto posible, debe principiarse por determinar el significado de la fortificación de maíz, como una intervención nutricional, a nivel de una población. Al mismo tiempo debe planificarse la expansión de esta intervención nutricional a otras poblaciones, fincas, plantaciones, mercados urbanos y suburbanos en cada subdivisión de los países de Centro América y en todas las áreas donde se consume maíz por parte de la población humana de Latino América y Africa. La fase inicial de esta acción primordial, se está desarrollando actualmente por el INCAP.

Además, si deseamos también realizar una acción que tenga un impacto máximo a un costo mínimo en un lapso de tiempo continuo pero no específico, propongo que la segunda prioridad sea también concomitante (Figura No. 1): a) desarrollar hasta llegar a un punto óptimo, la investigación sobre prácticas agrícolas y de mejoramiento genético del maíz; b) establecer programas educacionales en ciencias de alimentos integrados que capitalicen, y lleven al punto óptimo, las capacidades ya existentes en las ciencias agrícolas; c) desarrollar y llevar a la práctica un programa de extensión agrícola de alimentación; d) desarrollar y utilizar un plan de acción para integrar y supervisar las tres actividades antes mencionadas, y finalmente, e) establecer procedimientos para desarrollar, evaluar y poner en práctica parámetros eficaces del desarrollo nacional por medio de los cuales se puedan evaluar los programas.

La Responsabilidad de los que Tienen que Tomar Decisiones

Haciendo un análisis final, se puede decir que se está llegando rápidamente a un período en donde las personas que tienen que tomar decisiones necesitarán reconsiderar la asignación de recursos necesarios en las áreas del mundo que se encuentran en desarrollo y en donde la desnutrición es un fenómeno muy

diseminado (11, 12). Los problemas que deben resolverse constituyen un desafío a las prioridades de inversión establecidas o aceptadas en la actualidad. Si la calidad del recurso humano puede ser mejorada en forma significativa por la fortificación, entonces debe darse prioridad a este desarrollo de recursos humanos. Esto significa que los que trazan la política tendrán que considerar tales cosas, como, a) posponer programas educacionales que haban énfasis en el aumento del número de estudiantes matriculados, en favor de programas nutricionales por medio de fortificación que permitan que más niños desarrollen todo su potencial y se beneficien de la educación formal; b) posponer programas de salud tales como construcciones adicionales de hospitales en favor de programas nutricionales que promuevan la salud y el desarrollo normal y como consecuencia, menos necesidad de atención médica y cuidado hospitalario durante el tiempo de vida de las personas; c) posponer algunos proyectos industriales que estén basados en la necesidad de personal industrial adiestrado y de alto rendimiento, y que podría ser beneficiado por una intervención nutricional en una sola generación.

Tal desafío no es de pequeña magnitud, particularmente en el aspecto político. Espero que esta conferencia estimule una acción concentrada, sistemática y coordinada para reconocer y establecer la fortificación del maíz como una intervención nutricional significativa con amplias proyecciones en el desarrollo de los recursos.

Referencias

1. Lachance, P. A. Nutritification: A concept for assuring nutritional quality by primary interventions in feeding systems. *J. Agr. Food Chem.*, (in press) c.f. *Food Tech.*, 24 (6): 100, 1970.

2. Bressani, R. Formulation and testing of weaning and supplementary foods containing oilseed proteins. In: *Protein-Enriched Cereal Foods for World Needs.* Ed. by M. Milner. St. Paul, Minn., Am. Assoc. of Cereal Chemist, 1969, p. 49-66.

3. Howe, E. E., G. R. Jansen and M. L. Anson. An approach toward the solution of the world food problem with special emphasis on protein supply. *Am. J. Clin. Nutr.*, 20: 1134-1147, 1967.

4. Scrimshaw, N. S , R. Bressani, M. Béhar and F. Viteri. Supplementation of cereal proteins with amino acids. I. Effect of amino acid supplementation of corn masa at high levels of protein intakes on the nitrogen retention of young children. *J. Nutr.*, 66: 485-499, 1958.

5. Scrimshaw, N. S., M. Béhar, D. Wilson, F. Viteri, G. Arroyave and R. Bressani. All vegetable protein mixtures for human feeding. *Am. J. Clin. Nutr.*, 9:196-205, 1961.

6. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar, and N. S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acids. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan and isoleucine on the nitrogen retention of young children. *J. Nutr.*, 80: 80-84, 1963.

7. Altschul, Aaron. Amino acid fortification of foods. In: *Proceedings of the Third International Congress of Food Science and Technology.* Washington, D. C., August 1970.

8. Rosenfield, D , S. Gershoff and L. Schertz. *Possibilities for cereal fortification: East Pakistan.* USDA, Foreign Economic Development Service, March 1970.

9. Report of General Task Group. In: *Improving the Nutrient Quality of Cereals.* AID, Washington, D. C. June 1971.

10. Scrimshaw, N. S. and A. M. Altschul (Eds.) Amino acid fortification of protein foods. MIT. Press, Cambridge, Mass., 1971.

11. Childers, V. E. Infant nutrition: Priority for development. International Development Review, June 1969, p. 13-15.

12. Berg, A. and R. Muscat. Nutrition and development: The view of the planner. *Am. J. Clin. Nutr.*, 25: 186-209, 1972.

PRODUCCION INDUSTRIAL, DISTRIBUCION Y MERCADEO DE LA HARINA PARA TORTILLAS EN MEXICO

Dr. Francisco R. del Valle
Mexicana de Jugos y Sabores, S. A.
Monterrey, Nuevo Leon, Mexico

Introducción

La industria de la harina de maíz en México tuvo su origen a principios de la década de los cincuentas. De principios humildes y venciendo múltiples obstáculos, esta industria se ha convertido en un gigante pequeño cuyas ventas totales ascienden, en la actualidad, a varios cientos de millones de pesos mexicanos por año.

México, al presente, es el principal país productor de harina de maíz nixtamalizada en el mundo. Esto sin embargo, no es de extrañar, dada la preponderancia de la tortilla en la dieta nacional.

A pesar de la magnitud de la industria de la harina de maíz en México, la penetración de este producto en la dieta popular aún es muy pequeña. Esto se hace evidente si se considera que el consumo de maíz para tortillas en México es del orden de 6,000,000 de toneladas por año, mientras que el consumo de harina para tortillas en el año de 1971 ascendió a escasas 300,000 toneladas, o sea solamente el 5% del total. Esto indica que la industria de la harina de maíz aún tiene mucho campo que recorrer.

Los Productores de Harina de Maíz en México

Las empresas que producen harina de maíz nixtamalizada en México, en la actualidad, son cuatro: Molinos Azteca, S. A., Maíz Industrializado, S. A., Empresas Longoria, S. A. y Molinera del Bajío, S. A. El Cuadro No. 1 muestra las capacidades instaladas de estas empresas e incluye información sobre la ubicación de las fábricas y los nombres comerciales de sus productos.

Puede apreciarse en el Cuadro No. 1 que Molinos Azteca, S. A. es la más grande en el ramo. Esta empresa es además la más antigua y la pionera en el campo de la harina de maíz para tortillas. El Cuadro No. 2 indica que Molinos Azteca, S. A. abarca el 54% de la capacidad instalada total. Esta es una empresa privada que cuenta con 6 plantas situadas en diversas partes del país, como lo muestra el Cuadro No. 1 (Figura No. 1). Cada planta tiene un promedio de dos unidades de fabricación de harina. El concepto de unidades de fabricación de harina de maíz será discutido posteriormente.

La segunda empresa productora de harina de maíz en México es Maíz Industrializado, S. A. Esta empresa pertenece al Gobierno Mexicano, siendo filial de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares, S. A. (CONASUPO), organismo descentralizado cuya función principal es la de compra-venta de artículos de primera necesidad (maíz, frijol, trigo. arroz, etc.) con el fin

CUADRO No. 1

Datos sobre los fabricantes de harina de maíz en México

Nombre de la Empresa	No. de plantas	No. de unidades por planta	Capacidad total instalada, toneladas por año	Ubicación	Marcas
Molinos Azteca, S.A.	6	Promedio de 2	225,000	1) Monterrey, N. L. 2) Río Bravo, Tamps. 3) Chihuahua, Chih. 4) Acaponeta, Nay. 5) Cd. Obregón, Son. 6) Zamora, Mich.	"MASECA"
Empresas Longoria, S.A.	1	3	72,000	Monterrey, N. L	"ELSAMASA" "ELSARINA"
Maíz Industrializado, S.A.	1	12	108,000	Tlalneplantla, Edo. de México	"MINSA" "TAMALARINA"
Molinera del Bajío, S.A.	1	1	9,000	Celaya, Gto.	"NIXARINA"

CUADRO No. 2

Fabricantes de harina de maíz en México

Fabricantes	Capacidad instalada, toneladas por año	Porciento de la capacidad instalada, toneladas por año
Molinos Azteca, S. A.	225,000	54%
Empresas Longoria, S. A.	72,000	17%
Maíz Industrializado, S. A.	108,000	26%
Molinera del Bajío, S. A.	9,000	3%
Total	414,000	100%

de evitar acaparamientos de estos artículos y especulación con los precios de los mismos. Como lo indica el Cuadro No. 1 (Figura No. 1), Maíz Industrializado, S. A. tiene una planta muy grande ubicada en Tlalnepantla, Estado de México, muy cerca de México, D. F. Esta planta cuenta con 12 unidades de producción de harina con una capacidad instalada total de 108,000 toneladas por año. Maíz Industrializado, S. A. abarca el 26% de la capacidad instalada total de producción de harina de maíz en México (Cuadro No. 2).

La tercera empresa productora de harina de maíz es Empresas Longoria, S. A. Esta empresa ingresó hace solamente 2 años al campo de la harina de maíz; posee operaciones en otros campos tales como aceites y mantecas vegetales, harina de trigo, alimentos balanceados y algodón. Empresas Longoria, S. A. tiene una fábrica de harina de maíz situada en Monterrey, Nuevo

León. La capacidad instalada de esta fábrica es de 72,000 toneladas por año, correspondiente al 17% de la capacidad instalada total.

La cuarta y última empresa de harina de maíz en México es también la más pequeña: Molinera del Bajío, S. A., situada en Celaya, Guanajuato. Esta empresa tiene una sola planta con capacidad instalada de 9,000 toneladas por año, lo que le otorga un 3% de la capacidad instalada total.

Con respecto a la producción total de harina de maíz en México, el Cuadro No. 3 presenta las cifras para los años 1954, 1963 y 1971. Puede apreciarse que en el período comprendido entre 1954 y 1963 la producción de harina escasamente se duplicó, mientras que en el período de 1963 a 1971 ésta se incrementó por un factor de 8. El crecimiento tan extraordinario de la producción de harina de maíz en los últimos 10 años muestra una forma casi exponencial a la curva de producción total versus tiempo, como la muestra la Gráfica No. 1. Las causas de este incremento tan notable de producción son múltiples e incluyen: 1) aumento de la población del país; 2) aumento del poder adquisitivo de la población; 3) aumento de la aceptación de la harina por razones de conveniencia y vencimiento de prejuicios en contra de ella.

CUADRO No. 3

Producción de harina de maíz en México

Año	Producción total, toneladas
1954	22,000
1963	40,000
1971	301,000

Fuente: Banco de México, 1966. *Proyecciones de la Oferta y la Demanda de Productos Agropecuarios en México a 1965, 1970 y 1975.*

Volviendo al tema de las empresas productoras de harina de maíz, la Figura No. 1 muestra el mapa de la República Mexicana con las ubicaciones de las plantas productoras de harina de cada una de las empresas.

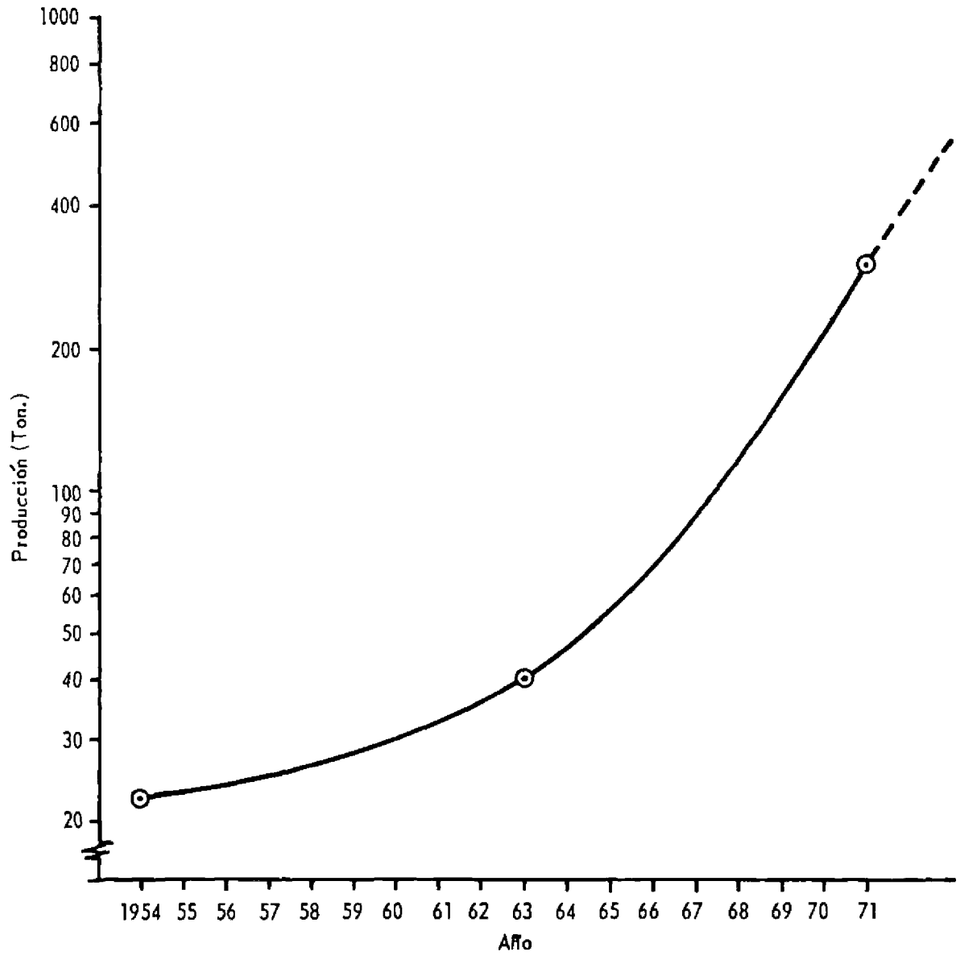
El Maíz

Antes de continuar con el tema de la harina de maíz, se considera de interés hacer un pequeño resumen de la situación del maíz en México, especialmente en lo que respecta a su uso en la harina para tortillas.

Las principales regiones productoras de maíz en México pueden apreciarse en la Figura No. 2, la cual muestra en la parte inferior la producción por estado durante el quinquenio 1965-1969. Estas son el Estado de Jalisco, con el 28% del total; el Estado de Veracruz, con el 12%; el Estado de México, con el 8%; los Estados de Chiapas, Guanajuato, Michoacán y Tamaulipas con

el 4.5% cada uno y el Estado de Oaxaca con el 3%. El Cuadro No. 4 muestras los datos sobre la superficie cultivada, el rendimiento promedio y la producción total para cada una de estas regiones.

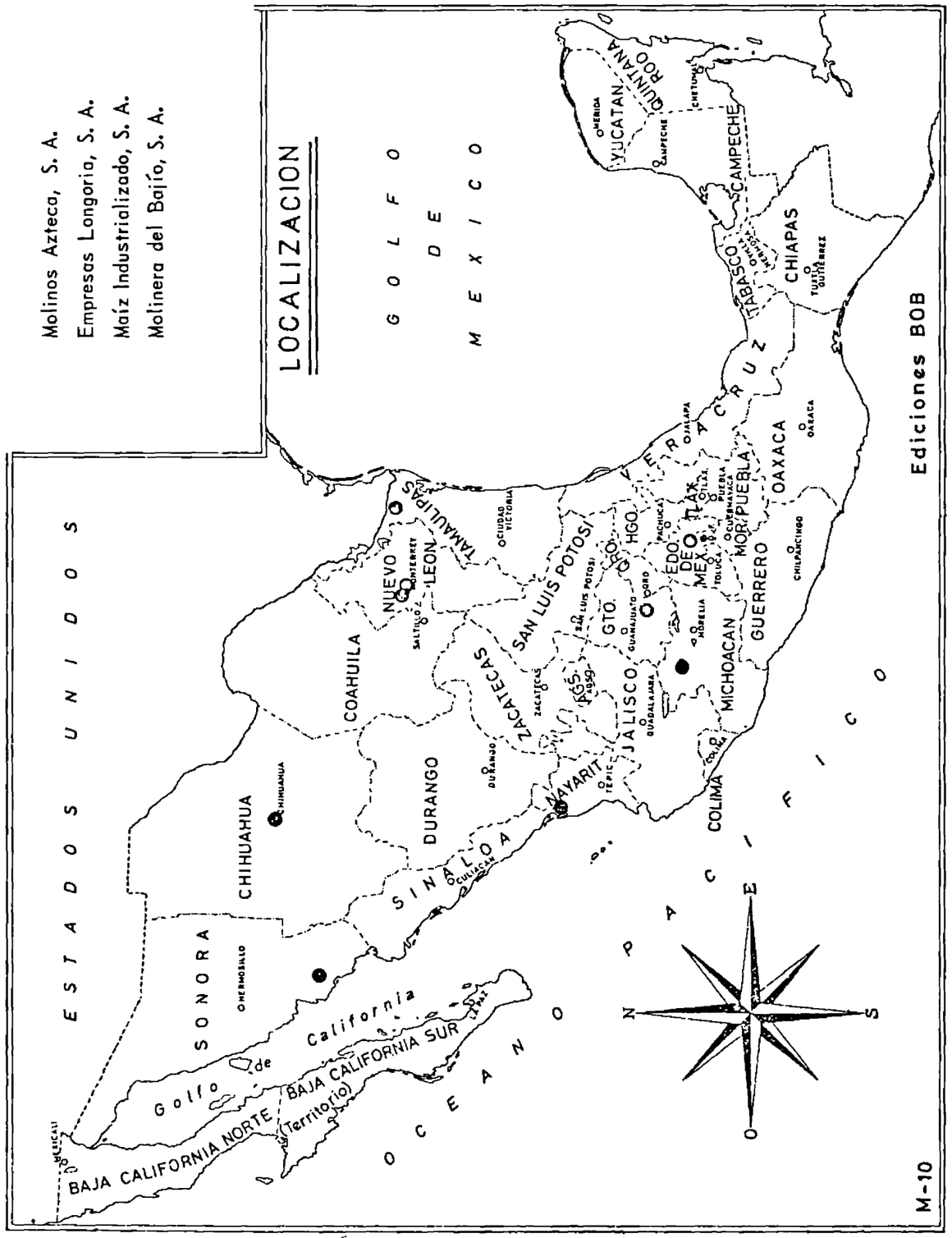
Como se indicó anteriormente, el Gobierno de México, a través de la CONASUPO compra y vende artículos de primera necesidad, incluyendo el maíz, con el fin de evitar acaparamientos y especulaciones de precios con estos artículos. Esto lo hace para proteger a los productores y consumidores, especialmente los de los segmentos más pobres de la población. La CONASUPO compra y vende en todo el país a un precio fijo conocido como "precio de garantía". Con este sistema, cualquier productor está asegurado de vender sus productos al menos al precio de garantía, mientras que cualquier consumidor está asegurado de comprar sus artículos de primera necesidad cuando mucho al precio de garantía. Los precios de garantía CONASUPO varían de un año a otro dependiendo principalmente de la abundancia de la cosecha y otras consideraciones de índole nacional. El Cuadro No. 5 muestra los precios de garantía del maíz en los años recientes. Cabe hacer notar que estos precios son para el maíz de cultivo temporal, que es el más abundante en México. El maíz de irrigación tiene un precio de garantía menor, del orden de 800 a 850 pesos (USA $64 a $68) por tonelada.



GRAFICA No. 1

Producción de harina de maíz en México

Molinos Azteca, S. A.
Empresas Longoria, S. A.
Maíz Industrializado, S. A.
Molinera del Bajío, S. A.



CUADRO No. 4

Datos preliminares de maíz. Superficie, rendimiento y producción total, año de 1970

Zonas estadísticas y entidades	Superficie hectáreas	Rendimiento kilogramos/ hectárea	Produccion toneladas
Estados Unidos Mexicanos	7,419,387	1,219	9,040,558
Norte	1,566,562	973	1,524,996
Coahuila	36,714	913	33,512
Chihuahua	134,325	800	107,460
Durango	238,228	779	185,509
Nuevo León	98,000	800	78,400
San Luis Potosí	168,564	678	114,286
Tamaulipas	303,770	2,627	798,026
Zacatecas	586,961	354	207,803
Golfo	910,239	1,266	1,151,932
Campeche	61,150	1,063	65,000
Quintana Roo, T.	24,000	708	17,000
Tabasco	65,089	1,351	87,932
Veracruz	650,000	1,369	890,000
Yucatán	110,000	836	92,000
Pacífico Norte	322,451	1,635	527,219
Baja California	2,000	600	1,200
Baja California, T.	1,485	2,933	4,335
Nayarit	200,000	1,580	316,000
Sinaloa	94,850	1,283	121,700
Sonora	24,116	3,482	83,964
Pacífico Sur	1,185,097	987	1,170,093
Colima	48,800	1,400	68,320
Chiapas	405,000	1,235	500,000
Guerrero	311,297	854	265,773
Oaxaca	420,000	800	336,000
Centro	3,435,038	1,358	4,666,318
Aguascalientes	73,000	700	51,100
Distrito Federal	3,500	1,400	4,900
Guanajuato	514,209	1,250	642,583
Hidalgo	190,500	816	155,542
Jalisco	1,090,749	2,042	2,227,441
México	590,000	1,200	708,000
Michoacán	427,580	998	426,552
Morelos	53,500	1,131	60,500
Puebla	265,000	980	259,700
Querétaro	117,000	547	64,000
Tlaxcala	110,000	600	66,000

Boletín Mensual de la Dirección General de Economía Agrícola

Con base en los datos de producción del quinquenio 1965-1969, ocho entidades federativas aportaron el 70.41% del abastecimiento del país. Destaca en primer lugar Jalisco con el 27.71%, en segundo lugar se sitúa Veracruz con el 12.43% y el tercero lo ocupa el Estado de México con el 8.25%. Siguen en orden de importancia: Chiapas, Guanajuato, Michoacán, Tamaulipas y Oaxaca; el resto de las entidades contribuye con el 29.59%.

De los estados mencionados, Jalisco, Mexico, Guanajuato y Michoacán, forman parte de la Zona Centro que en el ciclo 1969, contribuyó con cerca de la mitad de la producción nacional.

Entidades	Sup. Cos. hectáreas	Rendimiento kgs x ha.	Producción toneladas	Relativos
Estados Unidos Mex.	7,671,962	1,155	8,864,446	100.00
Jalisco	1,185,600	2,072	2,456,496	27.71
Veracruz	766,436	1,437	1,101,466	12.43
México	583,525	1,253	731,224	8.25
Chiapas	402,172	1,095	440,404	4.97
Guanajuato	528,110	810	427,910	4.83
Michoacán	435,051	925	402,580	4.54
Tamaulipas	219,519	1,697	372,466	4.20
Oaxaca	399,338	773	308,711	3.48
Suma:	4,519,751	1,381	6,241,257	70.41
Otros Estados	3,152,211	832	2,623,189	29.59

FIGURA No. 2

Principales entidades productoras, quinquenio 1965-1969

CUADRO No. 5

Algunos datos sobre el cultivo de maíz en México

Año	Superficie cosechada, hectáreas	Rendimiento kg/ hectárea	Produccion total toneladas	Precio medio rural por kg Pesos	Dls.	Valor total Pesos	Dls.
1965	7,718,371	1158	8,936,381	960	76.80	8,567,286	685,000
1966	8,286,935	1119	9,271,485	920	73.60	8,508,360	682,000
1967	7,610,736	1130	8,597,038	940	75.20	8,081,216	648,000
1968	7,727,997	1167	9,021,042	940	75.20	8,479,779	680,000
1969	7,015,769	1211	8,496,283	940	75.20	7,986,506	640,000
1970*	7,500,000	1200	9,000,000	940	75.20	8,460,000	679,000
Promedio	7,671,962	1155	8,864,446				

* Datos estimados.

Un dato más de interés con respecto al maíz, es el de la distribución del consumo de este producto en México, según lo muestra el Cuadro No. 6. Se puede apreciar que en términos generales, el 70% de la producción nacional es destinada a la alimentación humana, el 2% a semillas, el 20% a forrajes y el 8% a usos industriales incluyendo la obtención de aceites, almidón, dextrinas, etc.

CUADRO No. 6

Distribución del consumo de maíz en México

Año	Producción total	Alimenticio Total	%	Semilla Total	%	Forrajes Total	%	Industrial Total	%	Interno Total	%
1960	6,194	4,370	72	116	2	1,149	19	441	7	6,076	100
1965	8,936	4,844	69	129	2	1,466	21	568	8	7,007	100
1970	9,000	5,491	66	157	2	1,883	23	736	9	8,267	100

* Los consumos están reportados en miles de toneladas

Regresando al tema de la harina para tortillas, la mayor parte del maíz empleado en la fabricación de este producto es comprado por las empresas a la CONASUPO al precio de garantía. En algunos casos las empresas particulares adquieren el maíz directamente de los agricultores, a precios igual o menor que los de garantía. Esto se hace cuando es difícil obtener maíz de la CONASUPO o cuando se puede obtener el grano a un precio menor que el de garantía. Cuando esto sucede, el maíz en normalmente comprado en la región productora más cercana a la planta, aún cuando éste no es siempre el caso.

El consumo total de maíz por parte de la industria de harina para tortillas, es actualmente del orden de 350,000 toneladas por año.

En México se emplea casi exclusivamente el maíz blanco para fabricar la harina para tortillas. La razón de esto es que el gusto general del país favorece a este tipo de grano, y se supone que mientras más blancas son las tortillas es mejor su calidad. El maíz amarillo es usado esporádicamente por la industria harinera de maíz cuando el maíz blanco es escaso. En tales situaciones el maíz amarillo es mezclado con el blanco con el objeto de obtener una harina de color intermedio, es decir ni amarilla ni muy blanca. Cabe indicar aquí que el maíz amarillo es favorecido por la industria de botanas o "snacks". Además, en ciertas regiones del país las tortillas de maíces amarillos y morados son las preferidas. En México el precio del maíz amarillo es menor que el del maíz blanco.

En lo que respecta a la calidad del maíz empleado en la fabricación de harina para tortillas, todas las empresas seleccionan el grano que compran con el fin de usar maíz de óptima calidad, cuando esto es posible. Todas aplican castigos a los proveedores del maíz por defectos de calidad tales como maíz quebrado, contaminado con hongos, picado, etc. El maíz comprado es almacenado en las fábricas, tanto en bodegas horizontales como en silos verticales. Debe indicarse aquí que el costo inicial de las bodegas es apreciablemente menor que el de los silos,

pero el costo del manejo y cuidado del grano en los silos es menor que en bodegas. Todas las empresas ejercen las precauciones elementales en el cuidado de su maíz almacenado - fumigación periódica, aeración, etc.

El Proceso de Fabricación de Harina de Maíz

El Cuadro No. 7 presenta una breve descripción del proceso empleado en México para la fabricación de harina de maíz nixtamalizada. El maíz es recibido e inmediatamente después es seleccionado y limpiado. La selección es hecha, previa inspección y muestreo, por la persona encargada de la recepción del maíz, de acuerdo a la calidad del grano. En este paso se rechazan los lotes que contienen un alto porcentaje de maíz defectuoso y se aplican multas a aquellos que sean aceptables, de acuerdo al contenido de defectos del maíz. El maíz es también seleccionado de acuerdo a su contenido de humedad ya que, si el grano es muy húmedo habrá problemas en su almacenamiento. En el paso de la limpieza, las impurezas de tipo olote, tierra, hojas de elote, etc. son eliminadas. El maíz seleccionado y limpio es enviado al almacenamiento en los silos o las bodegas como se indicó anteriormente.

CUADRO No. 7

Descripción general del proceso de producción industrial de harina de maíz para tortillas

1) Recepción limpieza y almacenamiento del grano.
2) Preparación del nixtamal mediante el cocimiento controlado del maíz en agua en la presencia de cal.
3) Molienda del nixtamal.
4) Secado del nixtamal molido.
5) Cernido del nixtamal molido y seco. Las partículas gruesas retornan a los molinos para su remolienda. El conjunto de partículas finas constituye el producto terminado.
6) Envasado del producto terminado.

De las bodegas o silos, el maíz es enviado al proceso de nixtamalización. En este paso el maíz es cocido en agua-cal para convertirlo en nixtamal. Posteriormente al cocimiento el nixtamal es molido para ser convertido en masa. La masa molida pasa a un secador, donde es transformado en harina. La harina bruta, que consiste de partículas de todos tamaños es enviada a un cernedor, en el cual las partículas gruesas son separadas de las finas. Las partículos gruesas retornan a los molinos para su remolienda, mientras que las partículas finas, que constituyen el producto final, pasan al empaque. La harina es empacada en bolsas dobles de papel.

En este punto es importante mencionar el tema de la unidad de producción de la harina de maíz. Una unidad se puede considerar como completa cuando consiste en las siguientes operaciones: nixtamalización, molinos, secador y cernedor de capacidad de producción de 30 a 80 toneladas diarias de harina. La unidad es a la vez la planta mínima y máxima que puede ser instalada; para aumentar su capacidad de producción de harina, una empresa debe instalar varias unidades en paralelo. El uso de las unidades es una costumbre más que una necesidad técnica, ya que sería perfectamente posible diseñar plantas de capacidades menores de 30 y mayores de 80 toneladas diarias. Por otra parte, el concepto de las unidades tiene cierta base en la economía del proceso, ya que las plantas demasiado grandes o demasiado pequeñas no serían prácticas.

Un punto de más interés con respecto al proceso de fabricación de harina de maíz es el del rendimiento en la conversión de maíz en harina; éste fluctúa entre el 86 y el 95%, de acuerdo al tipo de maíz empleado, las condiciones de nixtamalización y otros factores. Es decir, por cada tonelada de maíz se obtiene como promedio 905 kilos de harina.

El Producto

La harina de maíz para tortillas es un polvo fino, seco, de color blanco o blanco-amarillento, con un olor característico de masa de maíz. Este polvo mezclado con agua produce una masa adecuada para hacer tortillas, tamales, atoles, etc.

La harina de maíz hecha en México debe ajustarse a la Norma Oficial de Calidad F-46-1965 "Harina de Maíz Nixtamalizada" de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio del Gobierno Mexicano. El Cuadro No. 8 presenta las especificaciones físicas y químicas de esta norma. Caba indicar que todos los productores de harina de maíz en México cumplen ampliamente con las especificaciones de esta norma.

Otros aspectos de la calidad de la harina que no son cubiertos en la norma anterior son los de los rendimientos de masa y tortillas, es decir, los kilos de masa y tortillas obtenidos por kilo de harina. El Cuadro No. 9 muestra los valores típicos de estas características. Puede apreciarse que el rendimiento de masa varía de 2,200 a 2,250 g, mientras que el rendimiento de tortillas es del orden de 1,750 g. Este último factor es el importante en la caracterización de la harina de maíz, pues es el que determina la economía del uso de la harina en la fabricación de tortillas. En este renglón es importante señalar que en el proceso tradicional de nixtamalización, el rendimiento de tortillas es del orden de 1.450 kilos de tortillas por kilo de maíz. Esto indica que la harina rinde más tortillas que el maíz tratado por el método tradicional.

El Cuadro No. 9 muestra otros datos interesantes con respecto a la harina. Por ejemplo, que ésta es vendida en México en dos presentaciones básicas: paquetes de 1 kilo, en ventas al menudeo para el consumo doméstico, y sacos de 20 y 40 kilos en ventas al mayoreo o granel. El material de empaque empleado,

tanto en los paquetes de 1 kilo como en los sacos de 20 y 40 kilos, es el papel en forma de doble envase. Una tercera presentación es la de los paquetes consistentes de 10 a 20 unidades de 1 kilo.

CUADRO No. 8

Norma del Gobierno de México para la harina de maíz nixtamalizada

Especificaciones Químicas

Humedad máxima	10% (al envasarse)
Cenizas	2%
Proteínas mínimas	7.5%
Fibra cruda máxima	3%
Extracto etéreo	5%
Lignina	Reacción negativa

Especificaciones Físicas

1) Las tortillas deberán resistir la prueba del doblado; es decir, al doblarse no deberán formar grietas.

2) La finura de la harina será tal que el 85% como mínimo pasará a través de Malla No. 60 (abertura de 250 micrones).

Cuando la harina tiene un contenido de humedad del 10 al 12%, ésta es estable contra la descomposición microbiológica. Si la humedad sube sobre el 12% la harina está sujeta a descomposición por hongos y posiblemente por levaduras. El problema del ataque bacteriano de la harina es casi inexistente, ya que el contenido mínimo de humedad requerido para el crecimiento de estos organismos es tan alto que al tenerlo la harina ya habría sido transformada en masa. Otro problema relacionado con la estabilidad de la harina es el de la rancidez. Esta normalmente no se presenta salvo si la harina es empacada a altas temperaturas. El Cuadro No. 9 indica que la duración de la harina antes de descomponerse es de 4 a 6 meses, en invierno, y de 3 meses, en verano. Por otra parte, el mismo Cuadro muestra que ello no es problema, ya que la duración promedio de la harina en los anaqueles, al detalle, es de 15 días, mientras que el tiempo máximo de duración de la misma harina en los anaqueles, antes de perder su calidad es de un mes.

Con respecto a las marcas de la harina, el Cuadro No. 9, indica que el producto de Molinos Azteca es denominado "Maseca", el de Maíz Industrializado es "Minsa" y "Tamalarina", el de Empresas Longoria es "Elsarina" o "Elsa masa" y el de Molinera del Bajío es "Nixarina".

Pasando finalmente a los usos de la harina de maíz nixtamalizada, en México éstos son varios: tortillas, tamales, atoles, galletas y "gorditas". Las tortillas, desde luego, constituyen

CUADRO No. 9

Características sobresalientes de las principales marcas de harina de maíz en México

Marca característica	MASECA	MINSA	ELSAMASA
Presentación al público	Paquete de 1 kg. Paquete de 10 sacos de 20 kg.	Paquete de 1 kg. Paquete de 10 y de 20 unidades. Sacos de 40 kg.	Paquete de 1 kg. Paquete de 10 unidades. Sacos de 20 kg.
Material de empaque empleado	Papel (doble envase)	Papel (doble envase)	Papel (doble envase)
Rendimiento de masa por kg de harina	1.00 kg de harina 2.05 kg de masa 1.70 kg de tortilla	1.00 kg de harina 2.250 kg de masa 1.650 kg de tortilla	
Humedad	10%	10%	10%
Duración antes de descomponerse	4 a 6 meses (en invierno), 3 meses en verano	4 a 6 meses	4 a 6 meses
Duración normal en anaqueles al detalle	15 días	15 días	15 días
Tiempo máximo en anaqueles antes de perder calidad	1 mes	1 mes	1 mes

Maza y Asociados.

el uso preponderante de la harina. Los tamales siguen en importancia, aunque apreciablemente menor a las tortillas. Los otros usos son esporádicos.

En relación a las tortillas de harina de maíz, éstas pueden ser de fabricación doméstica o en tortillerías. Debe señalarse en este punto que la harina de maíz ha venido a representar una gran ventaja para las tortillerías ya que, al usar este producto se elimina todo el proceso de la nixtamalización del maíz. La harina es mezclada con agua y batida en una batidora hasta obtener una masa de consistencia adecuada para hacer tortillas. Las tortillas son hechas de esta masa en máquinas tortilladoras cuyas capacidades varían de 30 a 120 tortillas por minuto.

Costos

El Cuadro No. 10 indica los precios de venta de la harina de maíz al último consumidor, ya sea el ama de casa o la tortillería. Puede apreciarse que el precio de la harina para tortillerías es menor que el de la harina para consumo doméstico. Esto es completamente lógico, ya que el primer producto es de mayoreo mientras que el segundo es de menudeo. Por otra parte, el precio por kilo de la harina vendida en paquetes de 5, 10 y 20 unidades de 1 kilo es menor que el precio por kilo de las unidades vendidas individualmente.

CUADRO No. 10

Precios de la harina de maíz en México al menudeo y al mayoreo (encuesta directa)

Marca	Fabricante	Precio paquete de 1 kilo	Precio paquete de 5, 10 y 20 unidades, por kilo	Precio harina a granel, por kilo
MASECA	Molinos Azteca, S.A.	1.80-1.95 Pesos 0.14-0.16 Dls.	1.75 Pesos 0.14 Dls.	1.45 Pesos 0.12 Dls.
ELSAMASA	Empresas Longoria, S.A.	1.70-1.85 Pesos 0.13-0.15 Dls.	1.65 Pesos 0.13 Dls.	1.45 Pesos 0.12 Dls.
MINSA	Maíz Industrializado, S.A.	1.80 Pesos 0.15 Dls.	1.70 Pesos 0.13 Dls.	1.45 Pesos 0.12 Dls.

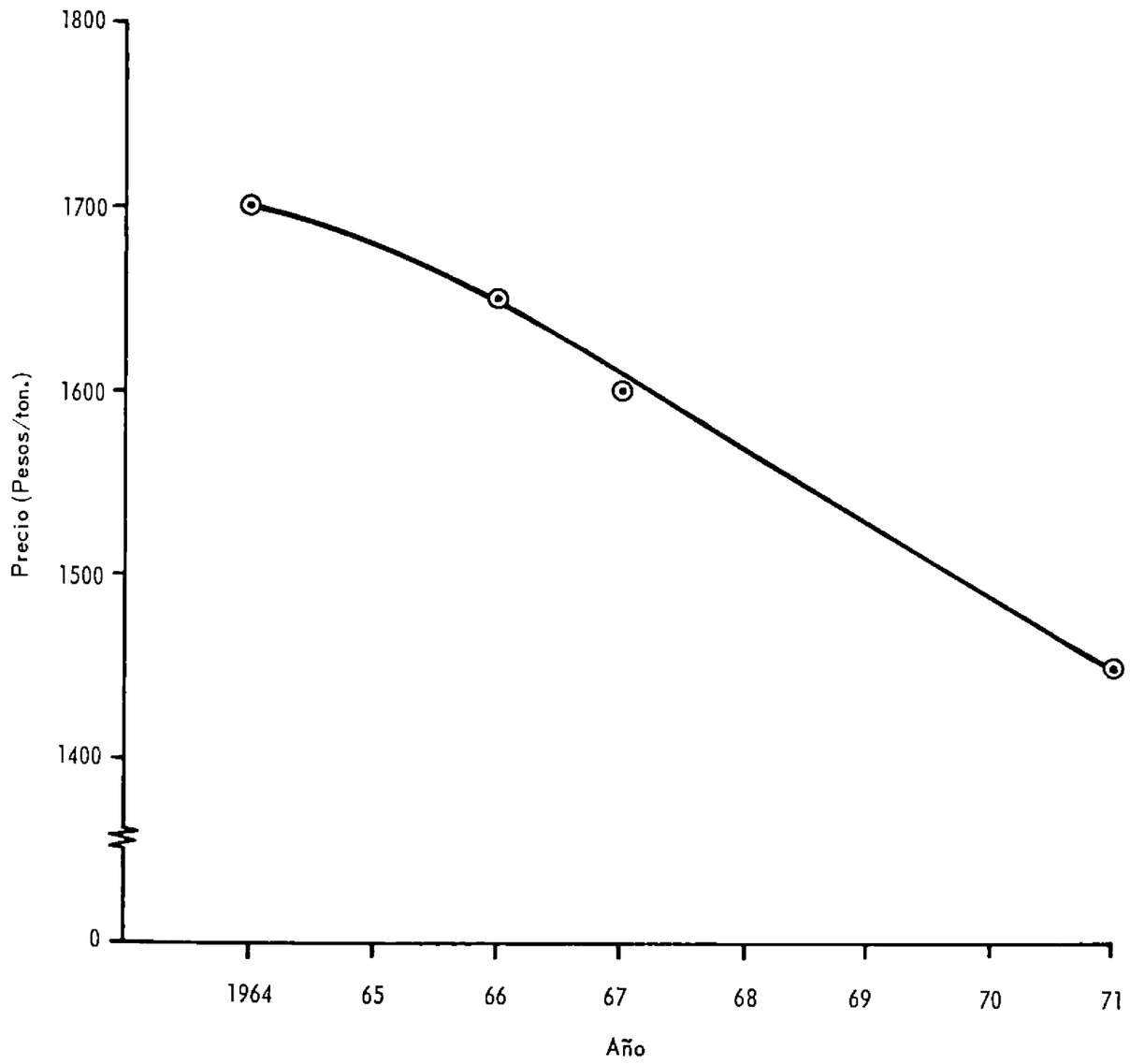
El Cuadro No. 11 y la Gráfica No. 2 muestran un fenómeno muy interesante: el precio de la harina de maíz vendida a granel ha ido decreciendo en México. Esto se ha debido a tres factores: 1) La producción de harina en el país ha aumentado, y a mayor producción corresponden menores costos; 2) la eficiencia de producción en las plantas ha aumentado; 3) el Gobierno ha ejercido cierto control sobre los precios de la harina. Con respecto al tercer punto, debe mencionarse que a fines de 1970 el Gobierno bajó en 15 centavos de peso mexicano, por kilo, el precio de la harina de maíz. Esto se hizo con el fin de contrarrestar la tendencia a subir los precios de ciertos artículos

de primera necesidad. El Gobierno normalmente ejerce un control de los precios de la harina de maíz a través de la empresa Maíz Industrializado. Esto lo hace ajustando los precios de este producto según sea necesario.

CUADRO No. 11

Tendencia de los precios de la harina de maíz en México

Año	Precio de la harina a granel por tonelada	
	Pesos	Dólares
1964	1,700	136
1966	1,650	132
1967	1,600	128
1971	1,450	116



GRAFICA No. 2

Precios de harina de maíz en México

Con respecto a los costos de producción, administración, de ventas y financieros de la harina de maíz, el Cuadro No. 12 presenta valores típicos señalados por Maíz Industrializado, S. A. Puede apreciarse que el renglón más fuerte en el precio de ventas es el del costo de producción. Los otros costos son pequeños en comparación con éste. Por otra parte, dentro del costo de producción el costo de la materia prima es el que juega el papel principal.

CUADRO No. 12

Costos de producción de la harina de maíz

1)	Porciento del costo de ventas sobre el precio de venta	89.2%
2)	Porciento de los gastos de administración sobre el precio de ventas	3.3%
3)	Porciento de los gastos de venta sobre precio de ventas	4.5%
4)	Porciento de los gastos financieros sobre precio de ventas	0.5%

Fuente: Maíz Industrializado, S. A.

Organización de Ventas

A continuación se presentan algunos datos generales sobre la organización de ventas de las distintas empresas productoras de harina de maíz.

Maíz Industrializado, S. A. tiene, como se indicó anteriormente, una sola planta localizada en Tlalnepantla, Estados de México. La Gerencia de Ventas de la compañía atiende directamente a sus clientes que son fundamentalmente la CONASUPO; la Compañía Distribuidora de Subsistencias Populares, S. A. (CODISUPO) y mayoristas. La CODISUPO es filial de la CONASUPO y su función, como su nombre lo indica, es la de la distribución de los productos de la CONASUPO por todo el país. El personal de ventas de Maíz Industrializado consiste del Gerente de Ventas, una secretaria y agentes de ventas. El sistema de remuneración empleado con los agentes de ventas es el de un sueldo fijo más comisión. La compañía sigue la siguiente política de precios: un precio fijo con escala de bonificaciones en especie según el nivel de compra.

Molinos Azteca, S. A. tiene 6 plantas distribuidas por toda la república. Cada planta cuenta con su propio personal de ventas que depende del gerente local. Los clientes principales de la compañía son mayoristas, distribuidores y detallistas. En los principales centros urbanos los detallistas incluyen los supermercados.

Empresas Longoria, S. A. tiene una sola planta localizada en Monterrey, Nuevo León. La compañía tiene un Departamento de Ventas que maneja no solamente la harina de maíz sino los otros productos elaborados por la planta, principalmente harina de trigo. Se cuenta con un Gerente de Ventas y varios vendedores. Las ventas de la compañía son a mayoristas o distribuidores, detallistas, que consumen volúmenes importantes, y supermercados.

Los precios de la harina de maíz fueron discutidos anteriormente.

Canales de Distribución

La Figura No. 3 esquematiza los diferentes canales de distribuición usados por las distintas empresas.

Los primeros canales son empleados por todas las empresas; como la indica la Figura, éstos son:

1) Fabricante-Detallista-Ultimo Consumidor

2) Fabricante-Mayorista-Detallista-Ultimo Consumidor

3) Fabricante-Agente de Ventas-Mayorista-Detallista-Ultimo Consumidor

Los supermercados han sido incluidos dentro del primer canal de distribución porque éstos son detallistas de volúmenes importantes. Debe hacerse la aclaración que en los canales 1) y 2) las ventas se hacen directamente por el Gerente de Ventas de la empresa.

Los canales 4) y 5) son específicos para Maíz Industrializado, S. A., que vende a la CONASUPO y ésta a su vez a la CODISUPO, o bien la CONASUPO vende directamente al último consumidor a través de sus tiendas en toda la república. Como se indicó anteriormente, esta compañía también utiliza los primeros tres canales. De estos, el segundo (Fabricante-Mayorista-Detallista-Ultimo Consumidor) es el más importante y es también aplicable cuando intervienen la CONASUPO y la CODISUPO.

El Mercado

A finales de 1971 México tenía una población de 52,000,000 de habitantes y la tasa media de crecimiento de la población era de 3.6%. Aproximadamente el 60% de la población total era urbana y el 40% era rural.

El ingreso medio en México en 1963 se determinó en $225 (US $18) mensuales. El 73% de la población ganaba $1500 (US $120) o menos y sólo el 5% lograba ingresos superiores a $4500 (US $360) por mes.

En lo que respecta al consumo del maíz y sus derivados, el Cuadro No. 13 que presenta los datos para el mismo año de 1963 indica que existía una notable diferencia en el consumo por

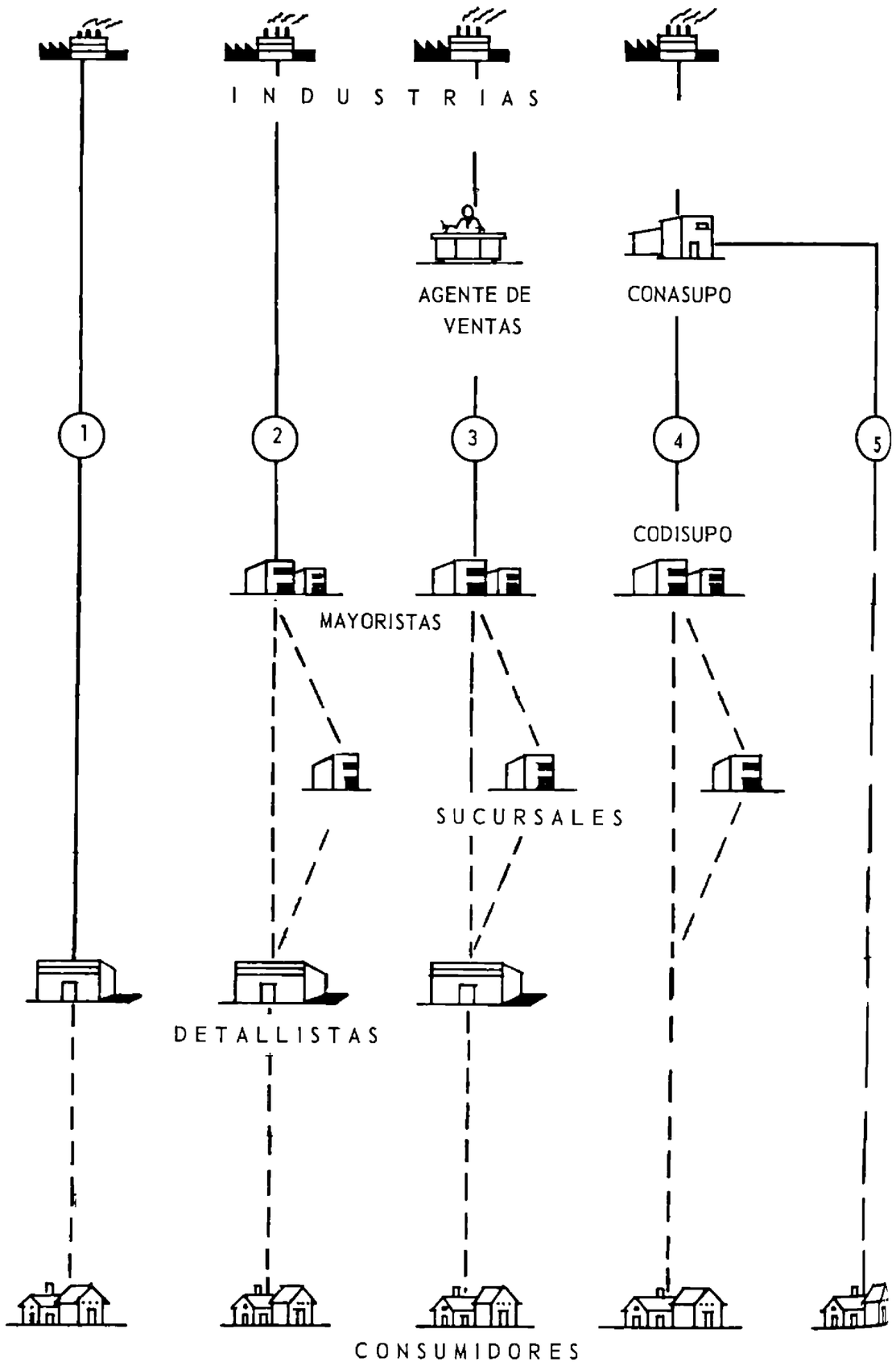


FIGURA No. 3

Canales de distribución para harina de maíz

persona, dependiendo del ingreso familiar. Es indudable que esta tendencia siempre ha existido y seguirá existiendo; al aumentar el nivel socioeconómico de una familia ésta tienda a substituir las tortillas por el pan. El Cuadro No. 14 que muestra la variación, con el tiempo, del consumo anual promedio de maíz *per capita* indica que éste ha tenido relativamente poca variación en los años recientes.

CUADRO No. 13

Consumo mensual de maíz por persona en México según estratos de ingreso familiar, 1963

Ingreso familiar mensual		Consumo mensual por persona, kg de maíz	
Pesos Mexicanos	Dólares	Rural	Urbano
0- 300	0- 24	15.04	9.77
301- 600	25- 48	14.00	9.21
601-1000	49- 80	12.81	7.40
1001-1500	81-120	12.97	6.66
1501-3000	121-240	10.74	6.21
3001-4500	241-360	10.70	6.98
4501-6000	361-480	8.76	5.59
6001 o más	481 o más	5.76	3.89
Promedio		13.82	8.73

CUADRO No. 14

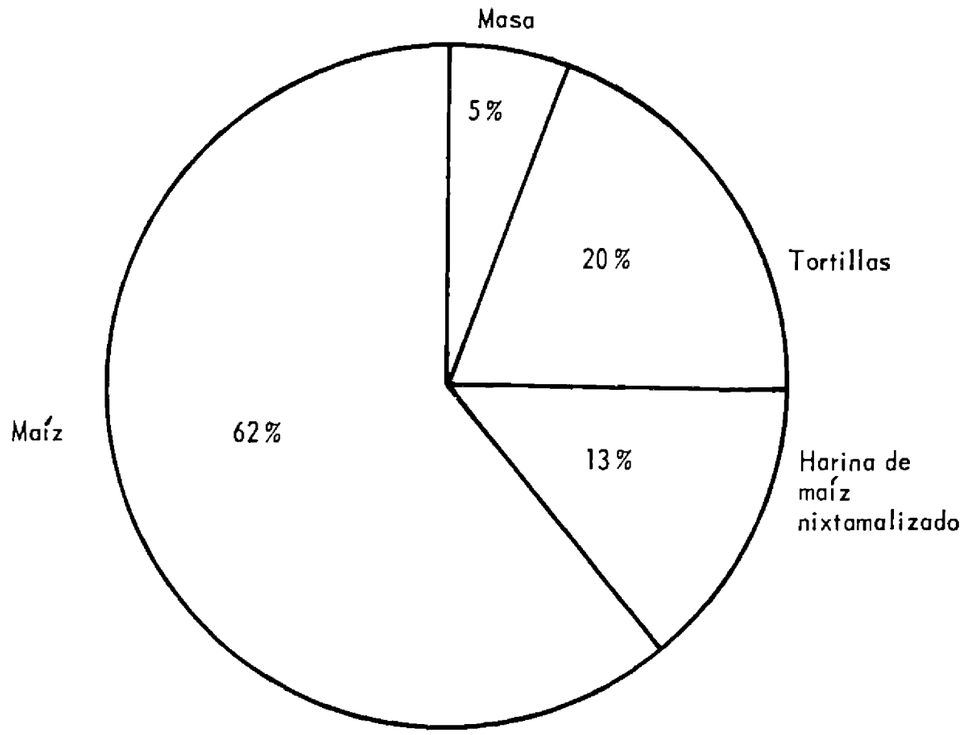
Consumo total aparente *per capita* de maíz, 1939-1961

Año	Consumo anual *per capita*, kilos
Promedio 1939-1941	149.16
Promedio 1944-1946	161.96
1949	175.46
1951	185.35
1953	184.69
1955	181.42
1957	188.62
1959	161.15
1961	167.85
1963	165.84

Durante 1965 se llevó a cabo una investigación directa del mercado de la harina de maíz nixtamalizada en Linares, Nuevo León, que es una ciudad del Norte de la República Mexicana de 60,000 habitantes de población, cercana a Monterrey. Los resultados de dicha investigación, aún cuando no pueden aplicarse íntegramente a todo el país, sí reflejan en términos generales el comportamiento del mercado de la harina de maíz en muchas de las entidades del país. De la investigación directa se obtuvo una

serie de datos que son presentados en la siguiente serie de gráficas.

La Gráfica No. 3 muestra el tipo de materia prima empleada para hacer tortillas. Puede observarse que el maíz fue el producto más utilizado para este fin, alcanzando 62%. Dato interesante resulta ser, que un segmento apreciable de la población (20%) compraba tortillas elaboradas, mientras que un segmento ligeramente menor (13%) las hacía de harina de maíz. Muy pocas personas (5%) compraban la masa para hacer tortillas.

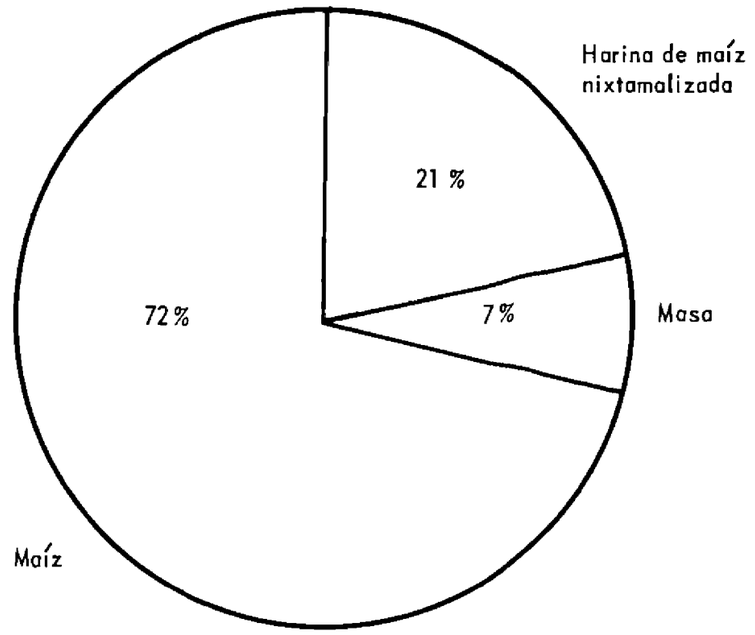


GRAFICA No. 3

Consumo de los distintos productos en un día

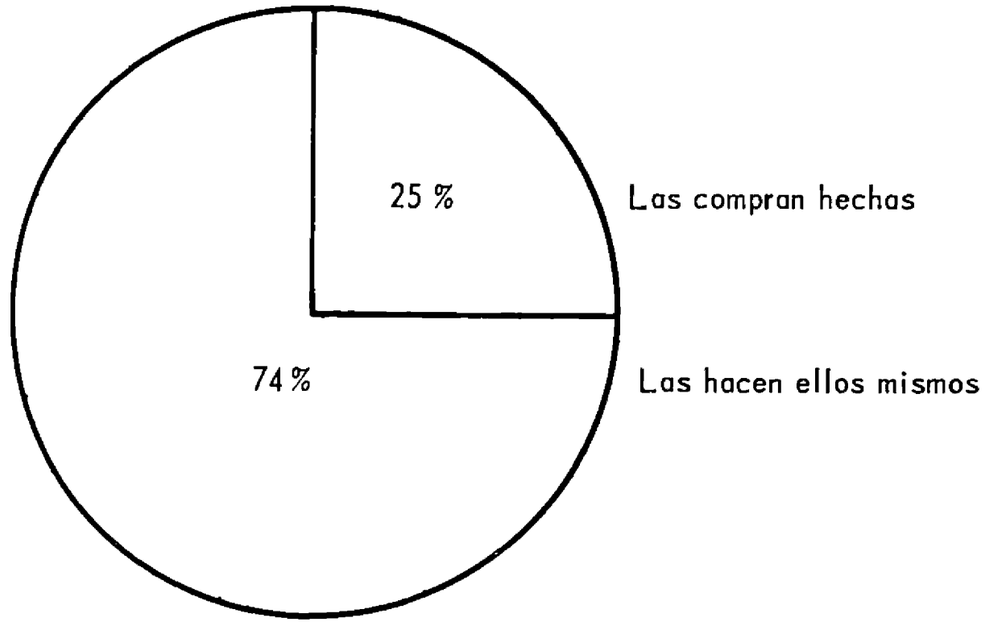
Con relación a los hábitos de consumo de las tortillas la Gráfica 4 indica que un 25% de las personas entrevistadas compraban las tortillas ya preparadas, mientras que un 75% elaboraba las tortillas ellas mismas. Del 75% que elaboraba las tortillas, la Gráfica No. 5 indica que un 72% empleaba maíz para hacerlas, un 21% las preparaba de harina de maíz nixtamalizada y sólo un 7% las hacía de masa.

De los datos que se obtuvieron con relación al lugar de compra de los productos (maíz, masa, tortillas y harina), la Gráfica No. 6 muestra que un 56% de las personas acudía al detallista para hacer sus compras, un 5% al mayorista, un 22% a las tortillerías y solamente un 1% compraba en supermercado. De lo anterior se desprende la gran importancia que tiene el detallista en la venta de estos productos. El porciento restante para alcanzar el 100% (el 16%) lo ocupaba la adquisición del producto - por lo general el maíz - en rancherías, es decir en lugares fuera de la ciudad.



GRAFICA No. 4

Costumbres de uso de las tortillas



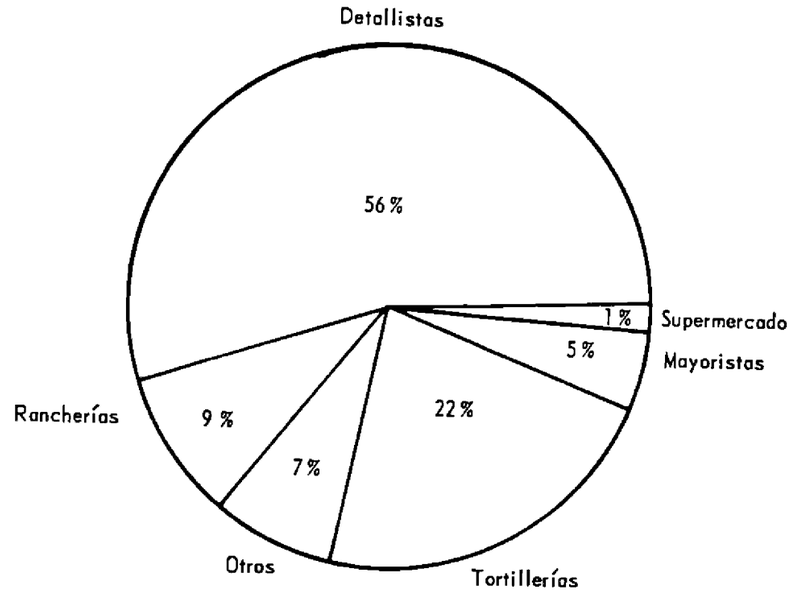
GRAFICA No. 5

Utilización de los productos cuando se tiene la costumbre de hacer las tortillas ellos mismos

En lo que respecta específicamente a los hábitos de compra de la harina de maíz, la Gráfica No. 7 indica que el lugar de compra preferido era el detallista con un 76%, seguido por el mayorista con un 20% y los supermercados con un 4%.

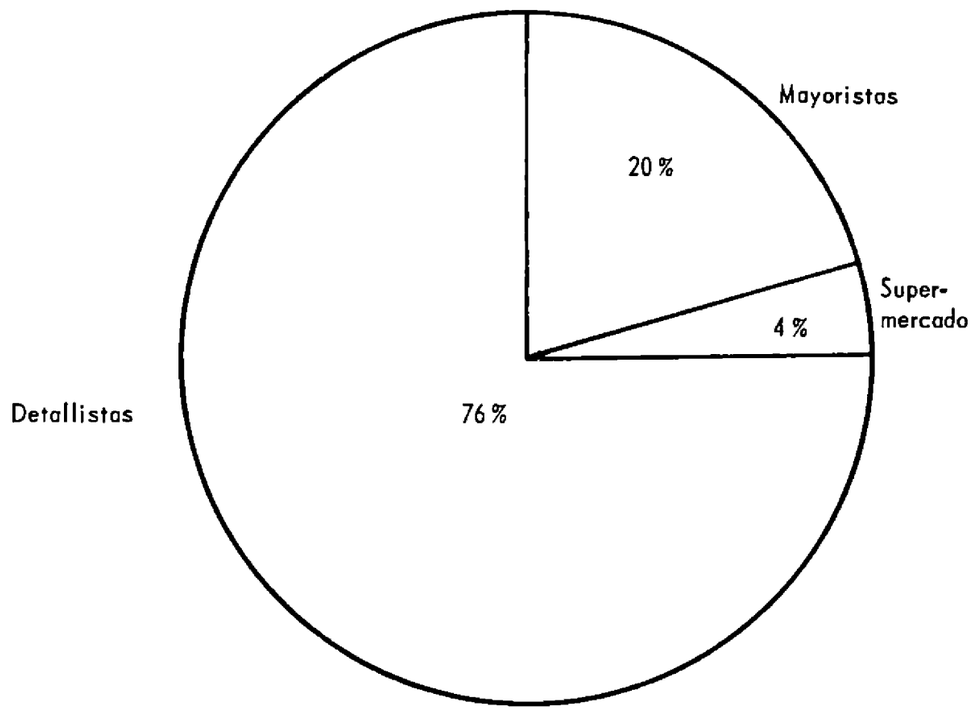
Con relación a las personas que utilizaban la harina de maíz, la Gráfica No. 8 indica que el 34% pertenecían a la clase

alta y el 66% a la clase media. En otro aspecto, la Gráfica No. 9 indica que el 43% era de un nivel educacional alto y el 57% de un nivel educacional medio.



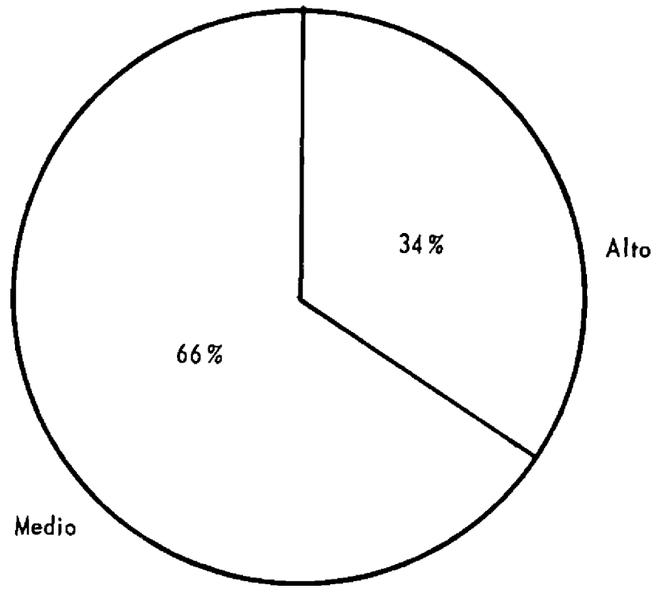
GRAFICA No. 6

Lugar de compra de los productos (maíz, tortillas hechas, harina de maíz nixtamalizado, masa para tortillas)



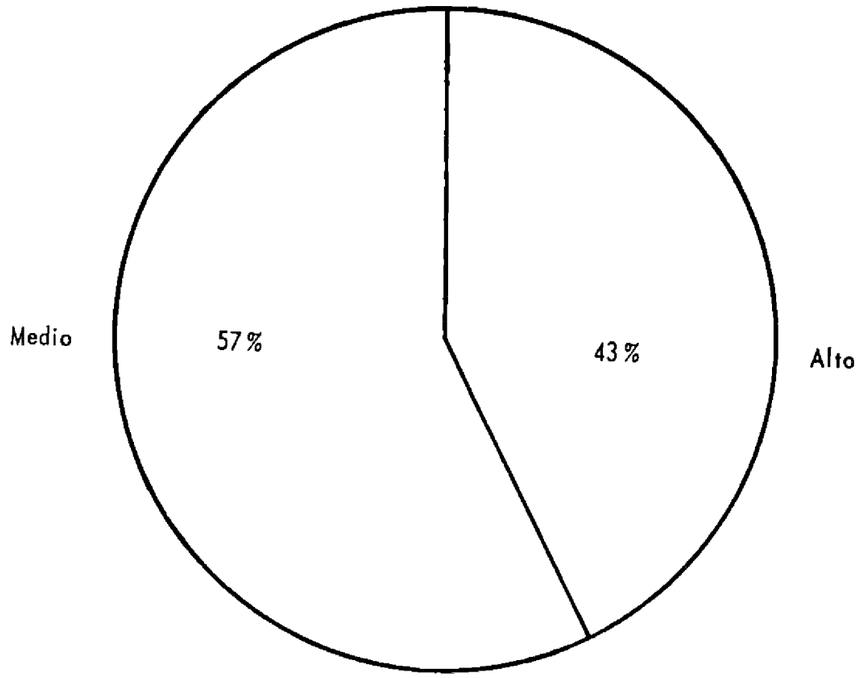
GRAFICA No. 7

Lugar de compra de la harina de maíz nixtamalizado



GRAFICA No. 8

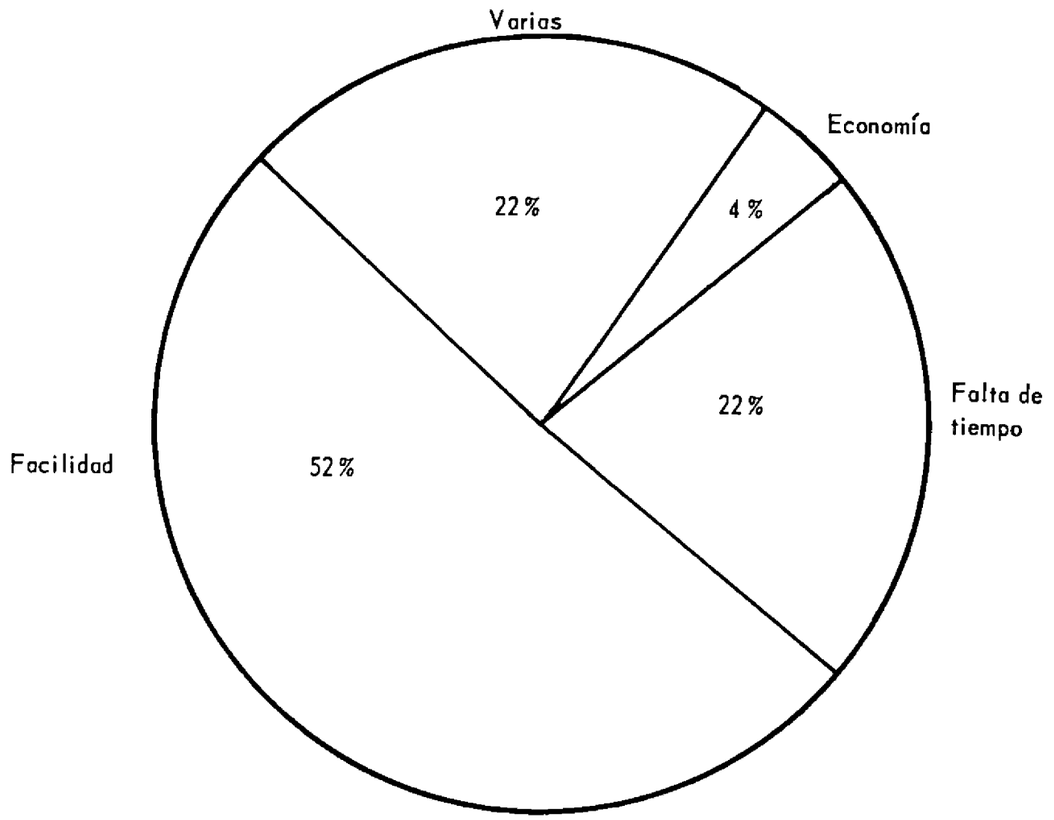
Nivel socioeconómico



GRAFICA No. 9

Nivel educacional de las personas que utilizan la harina de maíz nixtamalizado

Las razones dadas para comprar las tortillas ya hechas son indicadas en la Gráfica No. 10. Puede apreciarse que la gran mayoría de las personas entrevistadas expresaron que lo hacían por la facilidad. Finalmente, el Cuadro No. 15 muestra la frecuencia de compra de harina, pudiéndose observar que el período más frecuente fue de un día.



GRAFICA No. 10

Razones por las cuales compran las tortillas

CUADRO No. 15

Frecuencia de compra de los productos

	Todos los productos de harina de maíz nixtamalizada			
	No. personas	%	No. personas	%
1 día	106	64.63	9	34.6
2 días	4	2.43	5	19.2
1 semana	27	16.46	1	3.8
10 días			3	11.5
15 días	9	5.49	2	7.6
20 días			5	19.2
Otros	17	10.36	1	3.8

Como se indicó anteriormente, esta encuesta fue hecha en Linares, Nuevo León, en el año de 1965. Los resultados obtenidos pueden ser extrapolados a otras ciudades del país con ciertas modificaciones; por ejemplo, en los grandes centros urbanos como son México, D.F., Monterrey, Nuevo León y Guadalajara, Jalisco, es de esperarse que el supermercado, como lugar de compra

de harina y tortillas, tenga mayor preponderancia que en Linares. Por otra parte, en las pequeñas poblaciones el detallista debería tener mayor importancia que en Linares.

Antes de concluir la discusión sobre el mercado de la harina de maíz, es conveniente tratar brevemente dos temas adicionales: las tendencias futuras del mercado y los prejuicios contra la harina de maíz en México.

En lo que respecta a las tendencias futuras del mercado, es la experiencia general que la venta del paquete de 1 kilo está siendo desplazada hacia las zonas rurales. Por otra parte, en los centros urbanos el consumo de las tortillas ya hechas está adquiriendo mayor preponderancia. El segundo fenómeno es debido al ritmo acelerado de vida, la escasez del tiempo y el más alto nivel de vida en las ciudades. El hecho de que en las ciudades más personas prefieran comprar las tortillas ya preparadas ha aumentado la proporción de las ventas de harina para tortillerías con respecto a la harina de paquete para consumo doméstico. En la actualidad se estima que aproximadamente el 20% de la harina producida en México es destinada a las tortillerías.

En relación a los prejuicios contra la harina de maíz, ha habido y sigue habiendo muchos. Algunos de ellos incluyen: 1) que las tortillas hechas de harina son "sintéticas"; 2) que en la harina se utiliza maíz de segunda y tercera clase; 3) que los productos (la harina y las tortillas) no son higiénicos; 4) que las tortillas de harina tienen color y sabor diferente a las tortillas de nixtamal; 5) que las tortillas de harina son más quebradizas que las de nixtamal; 6) que la harina para tortillas está hecha de milo (sorgo); 7) que la harina está hecha de olote. En muchos casos la realidad es todo lo contrario a lo alegado por los prejuicios, ya que se emplea maíz de primera clase en la elaboración de la harina siempre que es posible; la harina está preparada con puro maíz (no tiene olote ni sorgo); y la harina tiene muy baja cuenta microbiológica debido al proceso de deshidratación. A pesar de todos estos prejuicios, el consumo de la harina de maíz en México va en aumento, como se indicó anteriormente, por la comodidad que ella representa para el ama de casa así como para las tortillerías.

Métodos Publicitarios y Promocionales

Los métodos publicitarios y promocionales empleados en la venta de la harina de maíz en México son relativamente pocos y sencillos. Esto es debido al hecho de que este producto, por su muy bajo precio no permite la inversión de grandes cantidades de dinero en publicidad y promoción. Por otra parte, sí se hace publicidad, aún cuando ésta es de tipo sencillo y no muy elaborada.

El Cuadro No. 16 muestra los distintos métodos publicitarios y promocionales empleados en la venta de la harina. Entre éstos, los más importantes son los anuncios en las calles, en los camiones repartidores de harina y en las tortillerías, así como las cuñas en la radio. Estos tipos de publicidad son efectivos en el caso de la harina de maíz dada la imagen que el

producto tiene en México: algo "del pueblo" o "para el pueblo". Obviamente, un producto de estas características no puede ser promovido por métodos publicitarios complicados dirigidos a los estratos socioeconómicos superiores. La otra razón para el empleo de estos tipos básicos y sencillos de publicidad es el mismo mercado del producto, consistente en gran parte de gente humilde. Entre estas personas los tipos de publicidad empleados para la venta de la harina son los más efectivos.

CUADRO No. 16

Métodos publicitarios y promocionales empleados en la venta de harina de maíz en México

Métodos Publicitarios
1) Anuncios en las calles
2) Anuncios en las tortillerías que emplean harina de maíz
3) Anuncios en los camiones que reparten harina de maíz dentro de una ciudad
4) Anuncios en los trailers que transportan harina de maíz de una ciudad a otra
5) Spots en el radio repetidos con cierta frecuencia
6) Ocasionalmente, anuncios en los periódicos
7) Ocasionalmente, anuncios en los supermercados y tiendas que expenden la harina
Métodos Promocionales
Obsequios de harina de maíz durante períodos específicos de etapas promocionales
Obsequios de regalos y premios por compra de harina de maíz

Con respecto a los métodos promocionales empleados en la venta de la harina de maíz en México, el mismo Cuadro indica que éstos son sumamente escasos. Los poquísimos métodos promocionales, además, son empleados muy esporádicamente.

Enriquecimiento Nutritivo de la Harina de Maíz

Aun cuando éste no es el tema principal del presente trabajo, se considera pertinente hacer algunos comentarios al respecto. En México, Maíz Industrializado, en colaboración con el Instituto Nacional de la Nutrición ha efectuado varios estudios sobre la posibilidad de enriquecer la harina de maíz, tanto con vitaminas como con proteínas y/o aminoácidos. Como es de esperarse, los resultados han sido sumamente favorables. Se ha encontrado que la fuente más indicada de proteínas para el enriquecimiento de la harina de maíz es la harina de soya por su

bajo costo. La dosis de harina de soya en harina de maíz recomendada por el Instituto Nacional de la Nutrición es del orden del 8%.

El problema, entonces, ha sido resuelto desde el punto de vista nutricional, no así del punto de vista económico. Como se mencionó anteriormente, la harina de maíz es un producto de precio muy bajo y de muy alta elasticidad. En un producto de este tipo, la variación del precio por unos cuantos centavos mexicanos por kilo (décimas de centavo de dólar) significa que una familia de bajos ingresos pueda o no comprar la harina. Se ha establecido que el agregar harina de soya a la de maíz aumenta el precio de este producto en más que unos cuantos centavos por kilo (del orden de 15 centavos por kilo). Un aumento de este tipo indica que el producto sería inaccesible a una buena parte del mercado, lo que repercutiría en perjuicio, tanto de la población pobre y desnutrida del país como de los fabricantes de la harina, que por esa razón sufrirían una baja considerable en sus ventas. Esto sería, además, sin ninguna compensación en el precio, ya que el incremento de precio se destinaría únicamente a pagar el vehículo de enriquecimiento, sin aumentar la utilidad.

Ante una situación como ésta existen varias soluciones: 1) seguir vendiendo la harina al mismo precio y pedir al Gobierno un subsidio para el vehículo de enriquecimiento; 2) igual que 1), pero pedir el subsidio a algún organismo internacional; 3) pedir al Gobierno autorización para enriquecer toda la harina y aumentar los precios en forma adecuada. Una cuarta posibilidad, que sería la de vender dos productos, uno enriquecido y el otro sin enriquecer sería inoperante, ya que es evidente que el producto más barato - o sea la harina sin enriquecer - sería el que se vendería, mientras que el más caro - o sea la harina enriquecida - quedaría sin venderse. Es por esta razón que se debe considerar únicamente el enriquecimiento de toda la harina.

En un país como México, donde las tortillas son el alimento universal, es evidente que éstas serían un vehículo muy atractivo para elevar el nivel nutricional del país. Es verdaderamente triste que existiendo el círculo vicioso pobreza-desnutrición-falta de educación-bajos ingresos-pobreza, y existiendo una manera efectiva de mejorar la nutrición del país, no sea posible romper el círculo por razones económicas.

El problema de romper el círculo vicioso requiere de un esfuerzo concertado, por una sola vez. Una vez roto el círculo el mejor nivel nutricional del país desembocaría en mayores ingresos de la población, lo que les permitiría comprar las tortillas y la harina enriquecida a mayor precio.

Si alguno de los participantes de este Congreso pudiera hacer alguna sugerencia para resolver el problema, esto le sería muy agradecido. En particular se desea pedir la ayuda de los organismos internacionales.

Conclusiones

En este trabajo se ha procurado presentar, en términos muy generales, la situación actual de la harina de maíz en México, especialmente en lo que respecta a su producción industrial, distribución y mercadeo. De ninguna manera ha sido la intención presentar un tratado profundo en ninguno de los aspectos discutidos, ya que el tiempo no permitiría tal cosa.

El autor espera que después de escuchar este trabajo, los asistentes a este Congreso tengan una idea más clara, aunque en términos generales, de la situación de la harina de maíz nixtamalizada en México.

PRESENTACION DE TRABAJOS REALIZADOS EN MEXICO SOBRE ENRIQUECIMIENTO DE LA HARINA DE MAIZ

Dr. Carlos Wild-Altamirano
Instituto Politécnico Nacional
México

Permítaseme hacer una introducción, presentando a ustedes algunos datos ahora ya históricos, de organismos y personas que iniciaron en México en la década de los cuarentas, el estudio por métodos más científicos, de los alimentos más comúnmente consumidos en el país.

En el año de 1942 se instaló el Instituto Nacional de Nutriología dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, con el patrocinio de las fundaciones Rockefeller y Kellogg; fungió como su primer director el Dr. Francisco de P. Miranda quien dividió las actividades en dos grandes grupos: las de nutrición dirigidas por el Dr. José Calvo de la Torre y las de análisis de alimentos a cargo del Dr. René O. Cravioto.

El Instituto en 1956 pasó a formar parte del ahora llamado Instituto Nacional de la Nutrición.

El Instituto hizo escuela en ciencias de los alimentos y los jóvenes bioquímicos que fueron incorporándose, fueron motivados por esta disciplina, lo que dio por resultado la formación de un magnífico equipo de trabajo que permitió la publicación en 1951, en la revista Ciencia de las Tablas de Alimentos Mexicanos (1) donde se anota 14 distintas determinaciones practicadas a 815 alimentos mexicanos y en 1959 añaden a la lista anterior 230 más (2). Se determinaron también los aminoácidos esenciales en 24 alimentos (3).

También se dedicó atención a los aspectos nutricionales de las dietas de grupos económicamente débiles, pero que constituían comunidades bien definidas, practicándose además análisis en la sangre con objeto de determinar las carencias nutricionales más agudas, observándose en forma un tanto generalizada una arriboflavinemia e hiporproteinemia (datos inéditos).

Desde el punto de vista de la nutrición experimental, se estudió el valor nutricional de dietas de maíz, tortilla y tortilla enriquecida con soya (4), encontrando ya en aquella época un indice de eficiencia proteínica de 1.0 para tortilla y de 1.8 para tortilla-soya, a niveles de proteína de 7.2%.

Del ahora Instituto Nacional de Nutrición, destaca un trabajo de la misma línea preparado por Monroy y Chávez en 1966 (5), sobre enriquecimiento de harina de maíz con xastle, soya, garbanzo y oleoproteína de ajonjolí. El xastle es el sedimento constituido por levaduras y bacterias que se forma en las tinajas de fermentación del pulque*.

---

* Bebida que proviene de la fermentación espontánea del jugo azucarado -aguamiel- de plantas del género agave. El jugo se produce una vez que la yema floral es cortada desde su base. El pulque se produce principalmente en la Mesa Central de México; lo consumen los adultos durante el día; este consumo puede ser hasta de varios litros por persona y por día.

Los resultados en términos de utilización neta de proteína (NPU), para un nivel de 10% de proteína, fueron: xastle 56.0; soya 38.7; garbanzo 50.3; ajonjolí 38.4.

Cravioto y Cervantes (6) en 1965, trabajando en el Instituto Nacional de Protección a la Infancia, informaron sobre los resultados de eficiencia proteínica en ratas con dietas de harina de maíz enriquecida con soya y ajonjolí (proteína aislada); apreciando el mismo efecto de la soya ya descrito y pobres resultados con ajonjolí; o sean eficiencia proteínica (E.P.) para masa de maíz, 1.36; masa-soya 2.27, masa-ajonjolí: 1.36 (contenido proteínico en la dieta: 8.2%).

Volviendo a los años de 1954 y 1955 (7 y 8) del Instituto Nacional de Nutriología, se probaron, en ratas, las dietas de grupos indígenas del Valle del Mezquital, Hidalgo, compuestas de tortilla, pulque, frijol, malva (*Malva parviflora*, L. y *Malva oleracea*) y chiles (*Capsicum annun* L.), haciéndose notar que en todos los casos la proteína ingerida estaba proporcionada en su mayor porcentaje por la tortilla. La deficiencia según la dieta, se manifestó en los aminoácidos lisina, metionina y triptofano, además se apreció que la introducción en la dieta de malva y chile, hacen disminuir la eficiencia proteínica.

Se tienen también datos experimentales de dietas a base de tortillas y mejoradas con garbanzo, ajonjolí, frijol y leche, (9) mostrándose que la adición de garbanzo mejoraba la eficiencia proteínica de 0.94 para tortillas a 1.84.

A manera de mera curiosidad, ya que no es una forma popular de comer el maíz, me permito mencionar al pozol*, producto fermentado de maíz consumido en el estado de Chiapas; los resultados informados por Cravioto, *et al.* (10) son de EP para maíz de 1.10 y 1.56 para pozol.

En su primer informe de Febrero de 1972 dado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a la Presidencia de la República, se menciona un programa, a nivel nacional, para la popularización del consumo de la harina de soya, con un producto denominado Soyacyt**, teniendo en mente con toda seguridad el enriquecimiento de la harina del maíz.

Bibliografía

1. Cravioto, René O., G. Massieu H., J. Guzmán G. y J. Calvo. Composición de alimentos mexicanos. *Ciencia*, 11:129-155, 1951.

---

* Se prepara nixtamalizando el maíz hasta que reviente, después se muele a grano grueso, ya molido se hacen "bolas" hasta de un kilogramo de peso, las cuales se envuelven en hoja de plátano y se dejan fermentar espontáneamente por 4 ó 5 días, esta masa fermentada se toma suspendida en agua. *Ciencia* (Mex.) 1955. 15:27-30.

** Alimento proteinado preparado de azúcar pulverizada, harina integral de soya malteada, leche en polvo, cocoa, extracto de malta, fosfato de calcio, concentrado sabor de chocolate y sabor de vainilla.

2. Massieu H., G., R. O. Cravioto, J. Guzmán G. y H. Olivera B. Contribución adicional al estudio de la composición de alimentos. *Ciencia*, 19:53-66, 1959.

3. Villadelmar, M. de L., M. de L. Suárez S., G. Massieu H., J. Guzmán G. y R. O. Cravioto. Determinación de aminoácidos indispensables en 24 alimentos mexicanos. *Ciencia*, 16: 17-23, 1956.

4. Cravioto, O. Y., R. O. Cravioto, R. Huerta O., J. Guzmán G., G. Massieu y J. Calvo. Comparación del valor biológico de las proteínas del maíz, tortilla y tortilla-soja. *Ciencia*, 10:145-147, 1950.

5. Monroy, R. y A. Chávez. Estudios sobre el enriquecimiento de la harina de maíz nixtamalizada con concentrados proteicos. VI *Reunión Anual, Soc. Mex. Nutr. Endocrinol.*, 1966.

6. Cravioto, R. O. y M. Cervantes M. Eficiencia proteica de la harina de masa enriquecida con harina de soja y de la adicionada con proteínas de ajonjolí. *Ciencia*, 24:159-162, 1965.

7. Cravioto, O. Y., F. de M. Figueroa, R. O. Cravioto y G. Massieu. Estudios sobre proteínas y aminoácidos en dietas mexicanas. I. Valor biológico de las proteínas de dietas a base de frijol y tortilla, y su valoración por el método de regeneración de la proteína del hígado en la rata. *Ciencia*, 13:65-70, 1953.

8. Massieu H., G., O. Y. Cravioto, R. O. Cravioto y F. de M. Figueroa. Estudios sobre proteínas y aminoácidos en dietas mexicanas. II. Eficiencia sobre el crecimiento de la rata blanca de las proteínas de dietas a base de tortilla y frijol usuales entre la población indígena de Boxaxni, Valle de Mezquital. *Ciencia*, 13:199-203, 1954.

9. Massieu H., G., O. Y. Cravioto, R. O. Cravioto y F. de M. Figueroa. Estudios sobre proteínas y aminoácidos de dietas mexicanas. III. Eficiencia proteica de dietas a base de tortilla, suplementadas con frijol, garbanzo o leche, medida por el método de crecimiento de la rata blanca. *Ciencia*, 14:93-97, 1954.

10. Cravioto, R. O., O. Y Cravioto, G. Massieu H. y J. Guzmán G. "El Pozol" forma indígena de consumir el maíz en el sureste de México y su aporte de nutrientes a la dieta. *Ciencia*, 15:27-30, 1955.

CONTRIBUCION A LA TECNOLOGIA DE LA HARINA DE MAIZ

Lic. Alicia Cortéz y Dr. Carlos Wild-Altamirano
Instituto Politécnico Nacional
México

Introducción

México produjo maíz en los siguientes volúmenes:

1967	8.5	millones de toneladas
1968	9.0	" "
1969	8.9	" "
1970	9.5	" "

Se ha calculado que el 72% de esta producción se dedica al consumo humano, principalmente transformado en tortillas (1). Es decir, que la población de México continúa conservando la tradición de acompañar prácticamente todos sus alimentos con tortilla, sin dejar de considerar que para los grupos económicamente débiles constituye su mayor fuente de calorías y proteínas.

Por la importancia del maíz en nuestra dieta, se han hecho los esfuerzos oportunos para mejorarlo, como es públicamente conocido, en su rendimiento por hectárea de cultivo y en su contenido y calidad de proteínas.

Desde el punto de vista industrial el panorama del maíz tiende también a cambiar: la práctica de nixtamalizar, moler y hacer tortillas a escala doméstica se ha ido abandonando por haberse producido en el país, desde 1954, la harina nixtamalizada, (en el año de 1970 la producción fue de 270,000 toneladas). Esta harina es elaborada con maíz de diferentes variedades que intervienen en cada lote en distintas proporciones, lo que da lugar a diferencias de comportamiento de las harinas en la manufactura de tortillas. Por otra parte, la fabricación a nivel industrial permite popularizar cualquier mejoramiento que se proponga para la harina de maíz, entre ellos el enriquecimiento proteínico.

Esta primera parte del trabajo que hoy se presenta, muestra las diferencias que se observan en el grano, la harina y la tortilla de 18 variedades de maíz. Las harinas obtenidas fueron comparadas con la harina producida industrialmente.

Material y Métodos

A. *Materias Primas*

1. Se emplearon 18 muestras de las variedades criollas e híbridas más representativas del maíz que se cultiva en las zonas tropicales, Bajío y Mesa Central de la República Mexicana, cuyas características pueden observarse en el Cuadro No. 1.

2. Hidróxido de calcio comercial.

3. Harina nixtamalizada comercial MINSA, y

4. Aditivos químicos, empleados en alimentos (2).

B. *Métodos*

A los granos de maíz se les determinó:

1. *Humedad*

Con un higrómetro marca Stenlite.

2. *Dureza*

Determinada mediante una máquina perladora de trigo, en la cual se obtuvo un porciento de perlado del grano de maíz según fuera éste duro o blando.

3. *Peso por hectolitro*

Se refiere al peso que tiene un hectolitro de maíz. Se determina con una balanza Ohaus.

4. *Color*

Fue determinado mediante comparación de colores tomando como base las tablas de Munsell.

5. *Nixtamalización*

Para nixtamalizar el maíz se puso éste con el doble de su peso de agua y se le agregó cal comercial en cantidad de 1.5% respecto al maíz. Se sometió a un calentamiento a 80°C durante 30 ó más minutos, dependiendo de la variedad de maíz (hasta que la cascarilla se le pudo desprender fácilmente con los dedos) y se dejó reposar durante 12 horas.

6. *Volumen de maíz nixtamalizado limpio*

Fue nixtamalizado 1 kg de maíz dejándose en reposo durante 12 horas después de las cuales las aguas madres (nexayote) fueron eliminadas lavando por decantación dos veces con agua de la llave. Finalmente se determinó el volumen del nixtamal.

7. *Rendimiento de la masa*

El maíz nixtamalizado y limpio fue molido en un molino para nixtamal pesándose la masa resultante.

8. *Análisis de la masa nixtamalizada*

A la masa recién salida del molino de nixtamal se le hicieron los siguientes análisis:

a) Humedad - Por pérdida de peso a 100-105°C en estufa a presión normal.

b) Medición de la calidad física de la masa con el Mixógrafo de Swanson.

CUADRO No. 1

Variedades criollas e híbridas de maíz estudiadas

Muestra No.	Variedad	Raza (nombre clave)	Tipo	Procedencia	Zona de cultivo y características de la cosecha
1	Criolla	V-15 (Tol. 68)	Cristalino	Toluca, Mex.	Trópico húmedo
2	Híbrida	VS11.F2. (68)	"	" "	" "
3	Criolla	Zapalote Chico (69APL)	"	Juchitán, Oax.	" "
4	Híbrida	Zapalote Grande (69APL)	"	" "	" "
5	Criolla	Criollo del Copital	"	Copital, Ver.	Trópico seco
6	Híbrida	H-507.F2	"	Cotastla, Ver.	" "
7	Criolla	C. de Villagrán (65)	"	Roque, Gto.	Bajío de temporal
8	Híbrida	H-220.F2 (65)	"	" "	" "
9	Criolla	Celaya 11.F2 (66R)	"	" "	" "
10	Híbrida	H-366.F2 (66R)	"	" "	" "
11	Criolla	Chalco Chico (59-68)	"	Chalco, Mex.	Mesa Central de Temporal
12	Híbrida	H-28 (67)	"	" "	" " "
13	Criolla	Chalco (68)	"	" "	" " "
14	Híbrida	H-129 (68)	"	" "	" " "
15	Criolla	Cacahuazintle	Amiláceo	Toluca, Mex.	Trópico húmedo
16	Criolla	Dulce	Dulce	" "	" "
17	Criolla	Palomero Toluqueño (59)	Reventador	" "	" "
18	Híbrida	Palomero Comercial	Reventador	U. S. A.	" "

Estas muestras fueron proporcionadas por la Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.

Se refiere a la relación absorción-proteínas, tenacidad de la masa y al porciendo de absorción de agua, propiedades que son específicas para cada harina.

9. *Producción de harina nixtamalizada*

Para secar la masa se usó un secador Flash (instantáneo) con lo que se obtuvo una harina con un promedio de 5 a 10% de humedad que se hizo pasar por mallas del número 60 (el tamiz número 60 U.S. Standard corresponde a una abertura de 250 micrones), hasta obtener una harina con una granulosidad semejante a la harina MINSA.

10. *Determinaciones en las harinas nixtamalizadas*

Tanto a las harinas de maíz como a las harinas nixtamalizadas se les determinó: humedad, cenizas, proteína total, fibra cruda, extracto etéreo, calcio y carbohidratos por diferencia; todas las determinaciones fueron hechas según los métodos oficiales de análisis de la Association of Official Agricultural Chemists (A.O.A.C.) (3).

11. *Estudio de propiedades físicas de las harinas nixtamalizadas*

a) Color - Por comparación con los colores de las tablas Munsell.

b) Volumen específico - Determinando el volumen de 100 g de harina .

c) Medición de la calidad física de la harina nixtamalizada al transformarse en masa. Se usó mixógrafo.

12. *Elaboración de tortillas*

De la harina amasada en el mixógrafo, se tomó una muestra de 35 g, se hizo el "teztal" (bola de masa) que se colocó en una máquina tortilladora manual, de 8 centímetros de diámetro marca Fimez, la cual al prensar el "teztal" produjo un disco delgado que después fue cocido sobre una superficie caliente (comal), primero durante 15 segundos formando lo que se llama "derecho" de la tortilla. Al volverse para ser cocida por el reverso, se dejó en contacto con la superficie caliente durante 30 segundos. Nuevamente se le dio vuelta y se dejó en contacto con el comal, otros 15 segundos para formar la "ampolla" de la tortilla, que indica el fin de la elaboración. El producto obtenido presentó un grosor de 2 mm.

13. *Calidad de la tortilla caliente y recalentada*

Se introdujo una metodología para hacer evaluación de la tortilla.

a) Consistencia.y textura - Por apreciación personal al tacto, se determinaron las características que a continuación se señalan:

Extensibilidad

Está dada por el máximo diámetro que alcanza el "teztal" al ser prensado uniformemente para formar la tortilla.

Esponjosidad

Es el aumento en volumen que presenta la tortilla ya cocida; a la tortilla normal (sin aditivos) se le dio un valor de cero, valor de uno cuando el aumento de volumen era apenas visible y de dos si era muy notorio.

Plasticidad

Es el grado de cohesión (resistencia a la tensión o ruptura) de la tortilla cocida al someterse a un estiramiento. A la tortilla hecha con maíz cristalino harinoso se le dio valor de cero, de uno a la medianamente plástica hecha con maíz cristalino reventador y de dos a la plástica elaborada con maíz cristalino dulce. A las tortillas muy plásticas, que en la mayoría de los casos son pegajosas, se les dio valor de tres.

Suavidad

Se determinó haciendo presión con las yemas de los dedos sobre la superficie de la tortilla. A las que presentaron resistencia a la presión se les designaron valores de uno y dos llamándoseles tortillas "medianamente suaves". Del tres al cuatro se les denominó tortillas "suaves", pudiéndose presionar con poca dificultad. Por último a las fácilmente presionables se les llamó "muy suaves" teniendo valores de cinco y seis.

Tersura

Es la falta de aspereza en sus superficies. A las tortillas que presentaron dicha característica se les asignó con el signo (+) y a las tortillas ásperas con (-).

b) Prueba de doblado - Consiste en enrollar la tortilla sobre si misma observando si la parte externa del "taco" presenta o no grietas. Si no presenta, el doblado se llamará "flexible" (+), cuando la tortilla muestra algunas grietas pero se puede enrollar, el doblado será "medianamente flexible" (±). Se llama doblado quebradizo (-) cuando la tortilla se agrieta tanto que no puede formar el "taco".

c) Prueba de inflado - Al formarse la "ampolla", en la última fase de elaboración de la tortilla, se observó si ésta ocupaba el total de la superficie de la tortilla dándosele un valor de más (+). Si la tortilla presentaba "ampollas" en parte de su superficie en cualquier porcentaje menor del 100%, se le designaba un (±), por último si la tortilla no presentaba "ampolla" con un signo de menos (-).

d) Sabor y olor - Utilizando las técnicas típicas para la evaluación sensorial de olor y sabor, se le designó sabor *sui generis* al sabor característico de la tortilla elaborada con los tipos de maíz común, (pudiéndose tomar como tipos de sabores a las tortillas elaboradas con maíces cristalinos o en su defecto

a las tortillas comerciales). Sabor preferente, se adjudicó a las tortillas con un sabor diferente, pero más agradable. Aceptable indica un sabor menos agradable que el preferente, y no aceptable el que desagrada al paladar.

La misma terminología se usa para el olor.

e) Calidad - Siendo ésta muy importante en la aceptación o rechazo de un producto, en la tortilla se determina tomando en cuenta la consistencia, textura, doblado o inflado de la misma. Resultando tortilla preferente con un símbolo de más (+), aceptable (±) y no aceptable (-), según la concurrencia de sus propiedades en estos términos.

C. *Estudios de Aditivos*

1. Se probaron aditivos químicos con el objeto de mejorar las características de textura, olor, sabor, apariencia y tiempo de conservación de la tortilla. Estos fueron agregados solos y combinados en el proceso de elaboración de la masa, en las cantidades recomendadas por la FAO (2).

Las determinaciones analíticas practicadas a la masa y tortillas más aditivos, fueron las mismas que se hicieron a la masa y tortillas sin aditivos.

Resultados y Discusión

En el Cuadro No. 2 se presentan los resultados de la composición de la harina de maíz, en los cuales se nota un mayor contenido de humedad en la harina de los granos de tipo amiláceo (Cuadro No. 1, Muestra 15) siendo menor en promedio en la harina de granos de tipo cristalino (Cuadro No. 1, Muestras del 1 al 14).

Las cenizas y los carbohidratos también se ven aumentados en los granos de tipo amiláceo. Asimismo, la proteína total, fibra cruda y extracto etéreo aparecen disminuidos en la harina de granos de ese mismo tipo (Muestra 15) y aumenta en aquéllos de maíz Palomero Comercial (Cuadro No. 1, Muestra 18) llegando a un valor mayor en el Palomero Toluqueño (Cuadro No. 1, Muestra 17).

En el Cuadro No. 3 se expresa la composición química de las harinas nixtamalizadas producidas de los maíces descritos en el Cuadro No. 1. Durante la nixtamalización el maíz pierde proteína, fibra cruda y extracto etéreo. El calcio aumenta en aproximadamente 5 veces más, aunque otros autores señalan valores más altos, con lo cual las cenizas aparecen más elevadas.

En el Cuadro No. 4 se encuentran indicadas las características del grano de maíz crudo y del nixtamalizado. Los granos de maíz de tipo cristalino (Muestras del 1 al 14) son muy parecidos en sus porcentajes de humedad y dureza, su peso por hectolitro, color, tiempo de nixtamalización, volumen de nixtamal y

CUADRO No. 2

Composición de la harina de maíz crudo

Muestra No.	Humedad %	Cenizas %	Proteína Total (N por 6.25) %	Fibra cruda %	Extracto etéreo %	Carbohidratos %	Calcio mg Ca/100 g
1	10.5	1.7	10.3	2.2	5.0	70.3	8
2	11.1	1.7	10.1	2.6	5.7	68.8	8
3	10.4	1.8	11.5	1.7	5.9	69.4	7
4	10.0	1.9	11.8	1.8	6.6	67.9	7
5	9.8	1.7	10.2	1.9	3.9	72.5	7
6	9.4	2.0	8.7	2.5	2.5	74.9	7
7	8.9	1.7	11.5	2.2	5.4	70.3	8
8	8.8	1.7	10.0	2.4	5.8	71.3	8
9	9.0	1.5	11.2	2.2	5.0	71.1	7
10	8.9	1.5	11.0	2.4	5.5	70.7	7
11	9.9	1.5	11.5	2.2	5.5	69.4	8
12	9.8	1.6	11.4	2.5	5.7	69.0	8
13	10.0	1.5	10.9	2.4	5.4	69.8	8
14	9.2	1.6	9.4	2.5	5.8	70.5	8
15	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8	8
16	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3	7
17	10.4	1.7	14.0	2.2	6.8	64.8	6
18	10.4	1.6	13.3	2.8	4.6	67.3	9

CUADRO No. 3

Composición de la harina de maíz nixtamalizado

Muestra No.	Humedad %	Cenizas %	Proteína Total (N por 6.25) %	Fibra cruda %	Extracto etéreo %	Carbohidratos %	Calcio mg Ca/100 g
MINSA	9.4	1.7	10.4	2.5	4.7	71.3	95
1	6.7	2.1	9.9	1.9	4.8	75.4	90
2	6.2	2.1	9.8	2.1	4.9	74.9	90
3	7.1	2.3	11.3	1.5	5.0	72.7	114
4	7.5	2.3	10.5	1.6	5.5	72.6	109
5	7.2	2.3	9.2	1.8	4.5	75.0	113
6	7.1	2.3	8.5	1.9	4.9	75.3	128
7	6.8	2.1	11.4	1.9	5.0	72.8	98
8	7.1	2.1	9.8	2.1	5.2	73.7	124
9	5.7	2.5	10.8	1.9	4.5	74.5	169
10	6.8	2.3	10.4	2.2	4.6	73.7	163
11	7.7	2.3	10.3	1.9	4.4	73.4	103
12	7.6	2.3	11.3	2.0	4.8	72.0	103
13	7.5	2.2	10.5	2.2	5.3	72.2	126
14	7.8	2.3	9.3	2.2	5.5	72.8	116
15	6.8	2.5	9.0	1.5	0.9	79.5	143
16	7.5	2.9	12.7	2.6	3.0	71.3	160
17	6.6	2.2	13.4	2.0	5.2	70.6	140
18	7.5	2.3	18.8	2.1	3.7	71.7	128

CUADRO No. 4

Características del grano de maíz crudo y nixtamalizado

Muestra	CRUDO					NIXTAMALIZADO		
	Humedad	Dureza	Peso/Hl	Color	Tiempo de nixtamalización	Volumen de nixtamal de un kg de maíz	Rendimiento de masa de un kg de maíz	Humedad de la masa
No.	%	%	Kg/Hl		Min.	Litros	kg	%
1	9.00	57.3	72.2	Blanco	60	2.350	2.000	58.0
2	8.10	57.8	74.4	"	60	2.300	2.050	55.0
3	9.73	59.0	67.0	"	60	2.400	2.150	58.5
4	9.56	60.0	68.0	"	60	2.375	2.175	57.1
5	9.20	59.5	69.5	"	60	2.250	2.150	69.5
6	9.46	60.0	77.5	"	60	2.200	2.175	66.5
7	9.88	58.0	71.4	"	60	2.155	2.140	56.0
8	8.80	60.0	74.9	"	60	2.140	2.155	54.0
9	9.46	59.8	71.6	"	60	2.350	2.050	55.0
10	8.35	60.5	73.5	"	60	2.200	2.100	55.0
11	9.46	58.5	71.7	"	60	2.450	2.150	55.0
12	8.35	63.0	74.4	"	60	2.350	2.150	54.0
13	9.00	58.0	63.5	"	60	2.350	2.150	58.0
14	8.83	59.0	69.0	"	60	2.300	2.130	58.0
15	10.46	33.8	69.6	"	30	2.650	2.425	55.0
16	6.45	52.3	56.0	Crema	60	3.050	2.800	67.0
17	10.67	67.5	74.8	"	40	2.600	2.350	59.0
18	10.10	72.5	84.5	Oro	75	2.500	2.400	52.0

rendimiento de masa. El maíz de tipo amiláceo tiene una dureza y un peso por hectolitro menor que el grano de tipo cristalino.

El maíz Dulce (Cuadro No. 1, Muestra 16) presenta porcentaje más bajo de humedad y densidad.

Los granos de maíces Palomeros (Cuadro No. 1, Muestras 17 y 18), son de un porcentaje de humedad, dureza y peso por hectolitro, mayor que los del maíz tipo cristalino. El Palomero Comercial (Muestra 18) requiere el mayor tiempo de nixtamalización.

El Cuadro No. 5 presenta la calidad física de la masa de nixtamal recién salido del molino. Por medio del estudio de mixogramas (Figura No. 1) se le determinó relación absorción-proteínas, valor a; tenacidad, valor b; estabilidad de la masa, valor c; humedad de la masa, valor d, y porcentaje de absorción de agua, valor e, el cual se calcula haciendo una relación aritmética, del porcentaje de humedad de la masa.

CUADRO No. 5

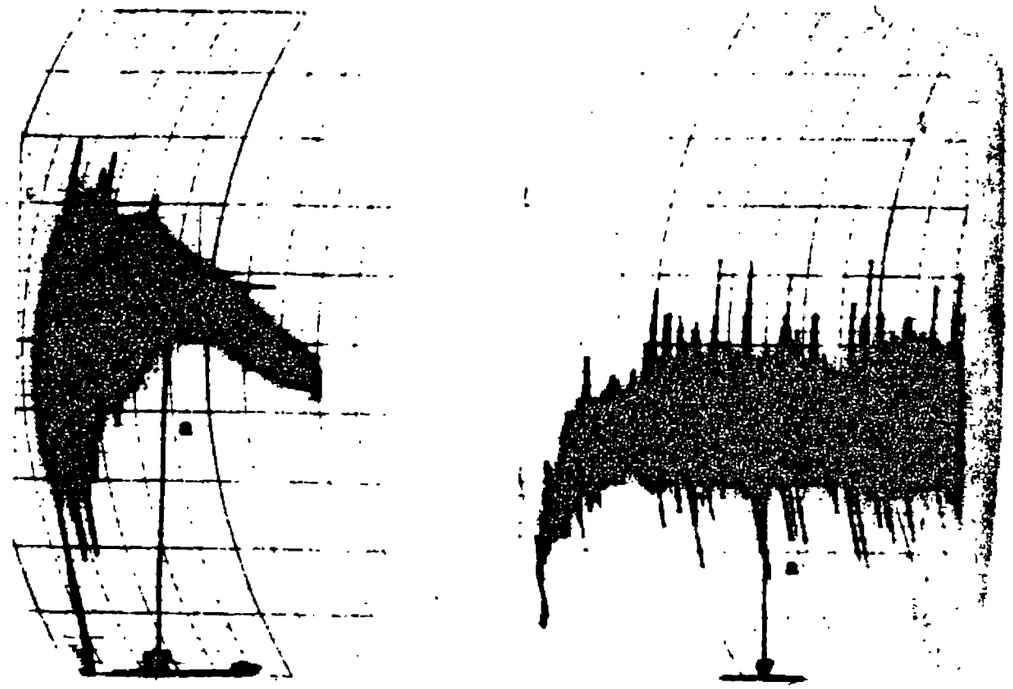
Calidad física de la masa de nixtamal

Muestra No.	Valor (a) Absorción-Proteínas	Valor (b) Tenacidad	Valor (c) Estabilidad	Valor (d) Humedad de la masa %	Valor (e) Absorción de agua %
1	4.1	1.5	inestable	58.0	138
2	4.1	1.4	"	55.0	122
3	4.0	0.8	"	58.5	140
4	3.0	0.6	"	57.1	133
5	4.7	1.5	"	59.5	146
6	3.5	0.8	"	60.5	153
7	4.3	1.9	"	56.0	127
8	4.1	1.2	"	54.0	118
9	4.0	1.0	"	55.0	122
10	3.9	0.8	"	55.0	122
11	4.3	1.0	"	55.0	122
12	4.2	1.0	"	54.0	118
13	4.3	1.0	"	58.0	138
14	4.2	0.9	"	58.0	138
15	2.7	0.4	estable	55.0	122
16	0.4	0.0	"	67.0	203
17	4.5	0.9	"	59.0	144
18	5.2	2.2	"	52.0	108

La relación absorción-proteínas, valor a, se mantiene más o menos constante en casi todas las masas, según la información que proporcionan las curvas mixográficas, a excepción de la masa del maíz Dulce (Muestra 16) cuyo valor es muy bajo. En lo que se refiere a la tenacidad, valor b, (Cuadro No. 5) varía en los maíces de tipo cristalino (Muestras del 1 al 14) de 0.6 a 1.9 observándose el valor mayor, 2.2, en el maíz Palomero Comercial (Figuras 2 y 3, Muestra 18).

HARINA DE TRIGO

HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADO



HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADO

a. Absorción-proteínas.
b. Tenacidad de masa.
c. Estabilidad de la harina en forma de masa. Cuando el trazo es constante, como en este caso se le conceptúa "estable" y cuando el trazo no es constante "inestable".
d. Humedad de masa recién hecha de nixtamal o mililitros de agua añadidos a la humedad de la harina, hecho con nixtamal, para hacer la masa.
e. % de absorción de agua. Calculada por medio de una relación aritmética entre el peso de la harina con los mililitros de agua que requirió dicha harina para transformars en masa para tortillas.

FIGURA No. 1

Mixogramas tipo de harina de trigo y harina de maíz nixtamalizado

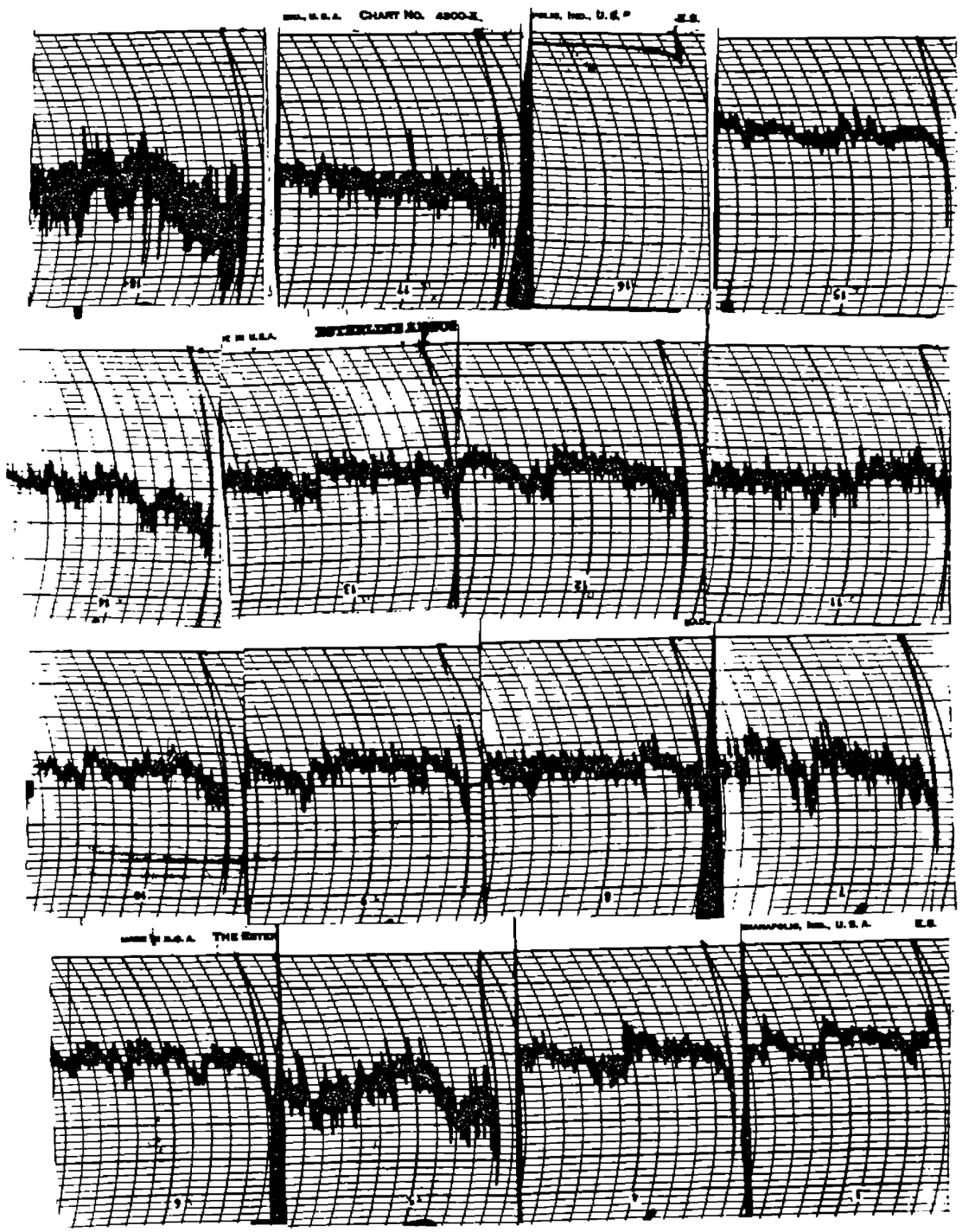


FIGURA No. 2

Mixogramas. Masa de nixtamal

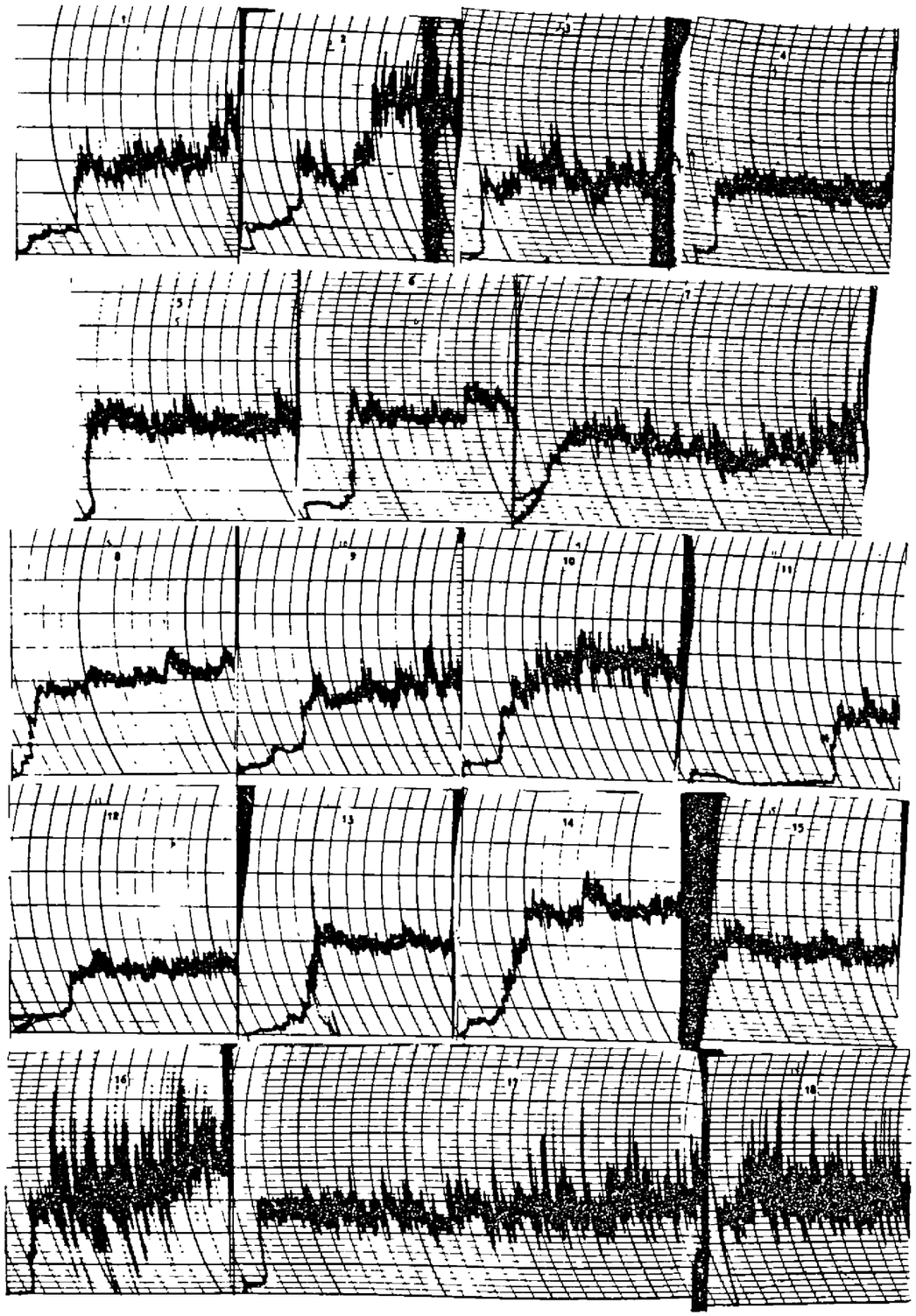


FIGURA No. 3

Mixogramas. Harina de nixtamal

Los maíces de tipo cristalino (Muestras del 1 al 14), tienen un valor (a) y un (b), parecidos que son menores en el maíz de tipo amiláceo (Muestra 15), bajando todavía más en el maíz dulce (Muestra 16) (por producir una masa sin consistencia). Los maíces Palomeros (Muestra 17 y 18) tienen ambas medidas muy altas.

Los porcentajes de absorción de agua para todos los tipos de maíz al formar la masa son muy variables y van de 108 a 203%.

En el Cuadro No. 6 se anotan las medidas mixográficas de la harina de nixtamal al transformarse en masa, puede observarse que el agua requerida por la harina nixtamalizada (Muestras del 1 al 17) varía de 30 a 40 ml dependiendo de la dureza del grano, tipo y variedad de maíz.

El volumen específico de las harinas aumenta a medida que el maíz es más harinoso, es decir que va de los maíces Toluqueño y Comercial, con valores de 178 y 174 ml respectivamente, a los de tipo cristalino, con valores de 170 a 182 ml (Muestras del 1 al 14) siendo el tipo amiláceo (Muestra 15) el de mayor volumen, 202.

La relación absorción-proteínas, en la curva mixográfica varía mucho para todas las harinas; la tenacidad para los maíces Palomero Toluqueño y Dulce aumenta hasta valores de 3 y 5.1 respectivamente.

La estabilidad es muy variable en la harina de los maíces tipo cristalino y constante, por lo menos, para las muestras trabajadas de los maíces tipo amiláceo, Dulce y Palomeros (Muestras 15, 16, 17 y 18). El porcentaje de absorción es generalmente, mayor en las harinas de maíces con menor dureza (Muestras del 1 a 17) que en aquélla de maíz duro aquí probado (Muestra 18).

La calidad de las tortillas hechas con harina de nixtamal de los maíces 4, 8, 14, 16-18 y MINSA se presenta en el Cuadro No. 7. Se les determinó la calidad recién elaboradas, y recalentadas una hora después de elaboradas.

La extensibilidad de las tortillas hechas con maíz Dulce (Muestra 16) es menor que la de aquéllas elaboradas con maíces Palomeros (Muestras 17 y 18) que a su vez es menor que la de las hechas con maíces tipo cristalino (Muestras 4, 8 y 14).

La plasticidad es notoria en los maíces Palomeros y Dulce (Muestras 16, 17 y 18) con valores de 2, 1 y 1, respectivamente.

Suavidad notable la tienen las tortillas preparadas con maíz Palomero aumentando en las elaboradas con maíz Dulce, con un valor de 6 (Cuadro No. 7).

Una tersura mayor, se encuentra en las tortillas de maíces Palomeros (Muestras 17 y 18), valor (+). El inflado en las tortillas de maíz Dulce (Muestra 16) es nulo con un valor (-) y con un valor (+) para las Muestras 17 y 18. Con las tortillas de

CUADRO No. 6

Calidad física de la harina de nixtamal

Muestra No.	Humedad %	Color	Volumen específico	Medidas de la Curva Mixográfica				
				Valor (a) Absorción-proteínas	Valor (b) Tenacidad	Valor (c) Estabilidad	Valor (d) ml de agua añadidos a la humedad de la harina %	Valor (e) Absorción de agua %
MINSA	9.4	Amarillo	1.95	3.2	0.7	Inestable	45	128
1	6.8	"	1.82	5.6	2.2	"	37	106
2	6.2	Pálido	1.75	5.2	2.1	± estable	35	100
3	7.1	"	1.76	3.3	1.7	± "	35	100
4	7.5	"	1.72	3.0	1.0	± "	35	100
5	7.2	"	1.82	4.2	2.0	inestable	35	100
6	7.1	"	1.81	3.8	1.5	± estable	35	100
7	6.8	"	1.73	4.0	0.9	± "	37	106
8	7.1	"	1.73	3.3	0.7	± "	36	103
9	5.7	"	1.80	4.3	2.0	± "	34	97
10	6.8	"	1.70	4.0	2.0	± "	33	94
11	7.7	"	1.74	2.6	0.6	± "	37	106
12	7.6	"	1.70	2.3	0.5	± "	35	100
13	7.5	"	1.77	4.0	1.0	± "	37	106
14	7.8	"	1.79	3.4	0.8	± "	35	100
15	6.8	Blanco	2.02	4.4	1.5	estable	40	114
16	7.5	Olivo	1.75	5.4	5.1	"	35	100
17	6.6	Amarillo	1.78	4.0	3.0	"	40	114
18	7.5	Olivo	1.74	3.3	1.6	"	30	86

CUADRO No. 7

Calidad de las tortillas hechas con harina de nixtamal, recién elaboradas y recalentadas

Muestras	Calientes							Recalentadas						
	M	4	8	14	16	17	18	M	4	8	14	16	17	18
Extensibilidad	16	15.5	15.5	15.5	13	15	14	-	-	-	-	-	-	-
Esponjosidad	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Plasticidad	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	1	1
Suavidad	4	5	5	5	6	6	6	1	1	1	1	1	2	2
Tersura	±	+	+	+	±	+	+	+	+	+	±	+	+	+
Inflado	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Doblado	±	+	+	+	-	+	+	-	±	±	±	-	+	+
Olor *sui generis*	0	+	+	+	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0
Olor preferente	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0	0	+	+	+
Olor aceptable	+	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0
Olor no aceptable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabor *sui generis*	0	+	+	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0	0
Sabor preferente	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+	+	+
Sabor aceptable	+	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0
Sabor no aceptable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calidad	±	+	+	+	±	+	+	-	±	±	±	-	+	+

M = MINSA

maíz Palomero se puede hacer el "taco" perfectamente, aún con las tortillas recalentadas.

Las tortillas de maíces Palomeros y Dulce poseen olor y sabor muy agradables (Muestras 16, 17 y 18). La aceptabilidad de las tortillas recalentadas hechas con este maíz disminuye, no así su olor y sabor.

Conclusiones

1. Los aparatos, Higrómetro de Steinlite para humedad, la Perladora de Trigo para dureza y la Balanza Ohaus para peso por hectolitro, para determinar estas características en grano crudo, aportan datos positivos y rápidos en la diferenciación de los tipos de maíz. Con dichos aparatos se encontró que los maíces que tienen por hectolitro mayor porcentaje de humedad, dureza y peso, así como los clasificados Palomero Toluqueño y Palomero Comercial (Cuadro No. 1, Muestras 17 y 18) producen las mejores tortillas.

2. Se considera que la medición de las características físicas: relación absorción-proteínas, tenacidad, estabilidad y porcentaje de agua de las harinas nixtamalizadas, usando el Mixógrafo de Swanson, permite diferenciar los tipos de maíz para su uso adecuado. Con dicho aparato se encontró que los tipos de maíz que tienen mayor relación absorción-proteínas y tenacidad en forma de masa, coinciden con los de mayor dureza y peso por hectolitro y conservan correlación con la composición analítica de sus harinas, las cuales tienen un porcentaje mayor en proteínas que los demás tipos de maíz.

3. La experimentación con aditivos demostró que se puede mejorar la calidad y conservación de la tortilla. Datos más específicos sobre este particular, serán motivo de otra publicación.

Referencias

1. Comunicaciones personales. Maíz Industrializado, S. A. Comisión Nacional de Subsistencias Populares. Almacenes Nacionales de Depósito, S. A. Cámara Nacional de la Industria de Producción de Masa.

2. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Normas de identidad y de pureza para los aditivos alimentarios y evaluación de su toxicidad: Diversas sustancias antimicrobianas, antioxidantes, emulsificantes, estabilizadores, agentes para tratamientos de las harinas, ácidos y bases. Reuniones sobre nutricion, 1966 No. 40; Org. Mund. Salud Ser. Inf. Tecn., 339 (Noveno Informe), 1966.

3. Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis, A.O.A.C. Washington, D. C. 1960.

SESION No. 3

Producción industrial, mercadeo y distribución de harina de masa de maíz para la preparación de arepas, en Venezuela
Oscar Fernando Rodríguez 109

Calidad nutritiva de la proteína de la harina de arepa y su mejoramiento por medio de la fortificación en Venezuela
José Félix Chávez 115

Valor nutritivo de la proteína de la harina de arepa de maíz normal y del Opaco-2 y su mejoramiento a través de la fortificación en Colombia
Alberto Pradilla
D. D. Harpstead,
F. A. Linares
Carmen E. González Diest 126

Propiedades funcionales de harina de maíz simple y fortificada para la preparación de arepas
Teresa Salazar de Buckle
Carlos A. Pardo
Ana Mercedes de Sandoval
Gloria Silva 134

Productos derivados del frijol de soya como ingredientes funcionales en alimentos
Joseph Rakosky, Jr. 149

PRODUCCION INDUSTRIAL, MERCADEO Y DISTRIBUCION DE HARINA DE MASA DE MAIZ PARA LA PREPARACION DE AREPAS, EN VENEZUELA

Ing. Oscar Fernando Rodríguez
Gerente General, Degerminadora Carabobo, S. A.
Valencia, Carabobo, Venezuela

Generalidades

La industria de harina de maíz precocida surge en Venezuela en el año 1954 con la planta de REMAVENCA en Turmero. Esta pequeña población situada en el norte del país, tenía la ventaja de que para esa época estaba próxima a los mayores centros de producción de maíz y a la vez a las localidades de mayor población y consumo.

En los años siguientes proliferaron las plantas similares de esta tecnología, que podemos considerar propia en lo que a diseño del proceso se refiere y así surgen PROMASA, DAMCA, DECASA, MOLVA NUTRAMIL y GRANOS CHINA, compañías procesadoras de maíz. Actualmente hay en el mercado 13 marcas diferentes.

Cabe destacar aquí que su principal destino fue para uso en arepas, plato típico en la dieta del venezolano, cuya manufactura presuponía, antes del desarrollo de la harina precocida, los siguientes pasos: Adquisición de maíz "pilado" (degerminado). Cocimiento del maíz pilado. Molienda del maíz pilado, ya cocido, para obtener la masa y finalmente la fabricación de la arepa. Actualmente basta con agregar agua a la harina precocida y puede hacerse la arepa.

Como consecuencia de esta facilidad en su fabricación, la arepa (harina de maíz) comensó a sustituir el pan (harina de trigo) en la dieta diaria, hasta tal punto que hoy tenemos un mercado próximo a las 14,000 tons. mensuales de harina precocida, equivalente a 22,000 tons. de maíz por mes, para un consumo anual cercano a las 264,000 tons., parte del cual debe ser importado.

El Proceso de Fabricación de Harina de Maíz Precocida

Materia Prima

Quizás el renglón de más importancia en la fabricación de harina de maíz, para arepas, lo constituye la materia prima, de ella dependen fundamentalmente el rendimiento de harina sobre maíz y la facilidad del proceso.

En la actualidad se cosechan en Venezuela diversas variedades de maíz entre las cuales podemos citar: Venezuela 1 (amarillo) con rendimiento de 2,500 a 3,000 kg/hect.; Sicarigua Mejorado (blanco) con rendimientos de 3,000 a 3,500 kg/hect.; Tinapuy (blanco) con rendimientos de 3,300 a 3,850 kg/hect.

Igualmente se cosechan diversos tipos de híbridos entre los cuales podríamos citar: Proseca 71: híbrido blanco de grano semicristalino con potencial de rendimiento que puede llegar a 6,500 kg/hect. FM-4 : híbrido doble, de color blanco semidentado

con rendimientos de 4,500 a 5,000 kg/hect. Obregón: híbrido doble, de color blanco, semidentado con rendimientos de 4,500 a 5,000 kg/hect. Arichuna: híbrido doble, blanco, con rendimientos de 5,000 a 5,400 kg/hect.

Desde el punto de vista industrial la característica que se considera más importante en el maíz, como materia prima para harina precocida, es la mayor proporción de la porción cristalina (rica en amilopectina) del endospermo.

Proceso

El procesamiento del maíz (Figura No. 1) para harina consiste en lo siguiente: El maíz tal cual es recibido de los silos se somete a limpieza y preparación (1) donde se le controlan las condiciones óptimas para la degerminación. Me refiero específicamente a humedad y grado de limpieza. La degerminación (2) es la primera etapa del proceso y consiste en la "trituración" (si podemos llamarle así), por medios mecánicos, del maíz para separarlo en sus componentes: cáscara, germen y endospermo; produciéndose en este proceso una serie de partículas pequeñas que denominamos harinillas.

El paso siguiente consiste en la separación (3) física de estos productos, para lo cual es necesario primero una clasificación por tamaño que se logra por medio de tamices, posteriormente se lleva a cabo una clasificación por peso. Esto es debido a la existencia de porciones de igual tamaño, de diferentes partes del grano y de diversos pesos.

El germen (4), ya separado, va a ser procesado en forma de hojuelas con el propósito de prepararlo para la extracción (5), obteniéndose el aceite crudo y el germen extraído. Este último es enviado a los silos de harinillas donde se mezcla con la cáscara y las harinillas propiamente dichas para ser usado en la planta de alimentos concentrados para animales.

El endospermo (6) fase de vital interés para la harina, es enviado a la Sección de Precocido (7), aquí por inyección de vapor se le suministran las condiciones de humedad y grado de cocimiento, necesarias para pasar posteriormente a la forma de hojuela (8).

Este último proceso, consiste en el paso del endospermo precocido a través de rodillos planos precalentados a cierta temperatura en el que se logran hojuelas de un espesor más o menos constante. Esta fase es quizás la más determinante en la granulometría del producto terminado; una hojuela muy gruesa trae como consecuencia una harina cruda y difícil de moler. Por el contrario, una hojuela muy fina tiene problemas de producción de finos y exceso de cocimiento. Una vez convertido en hojuelas el endospermo es enviado a un secador y luego a la Sección de Molienda (9), donde se le da el tratamiento final de reducción de tamaño para que la harina resultante sea clasificada de acuerdo a una cierta granulometría, obteniéndose la harina precocida, la cual es envasada, usualmente, en bolsas de papel celofán de 1 kg de peso cada una.

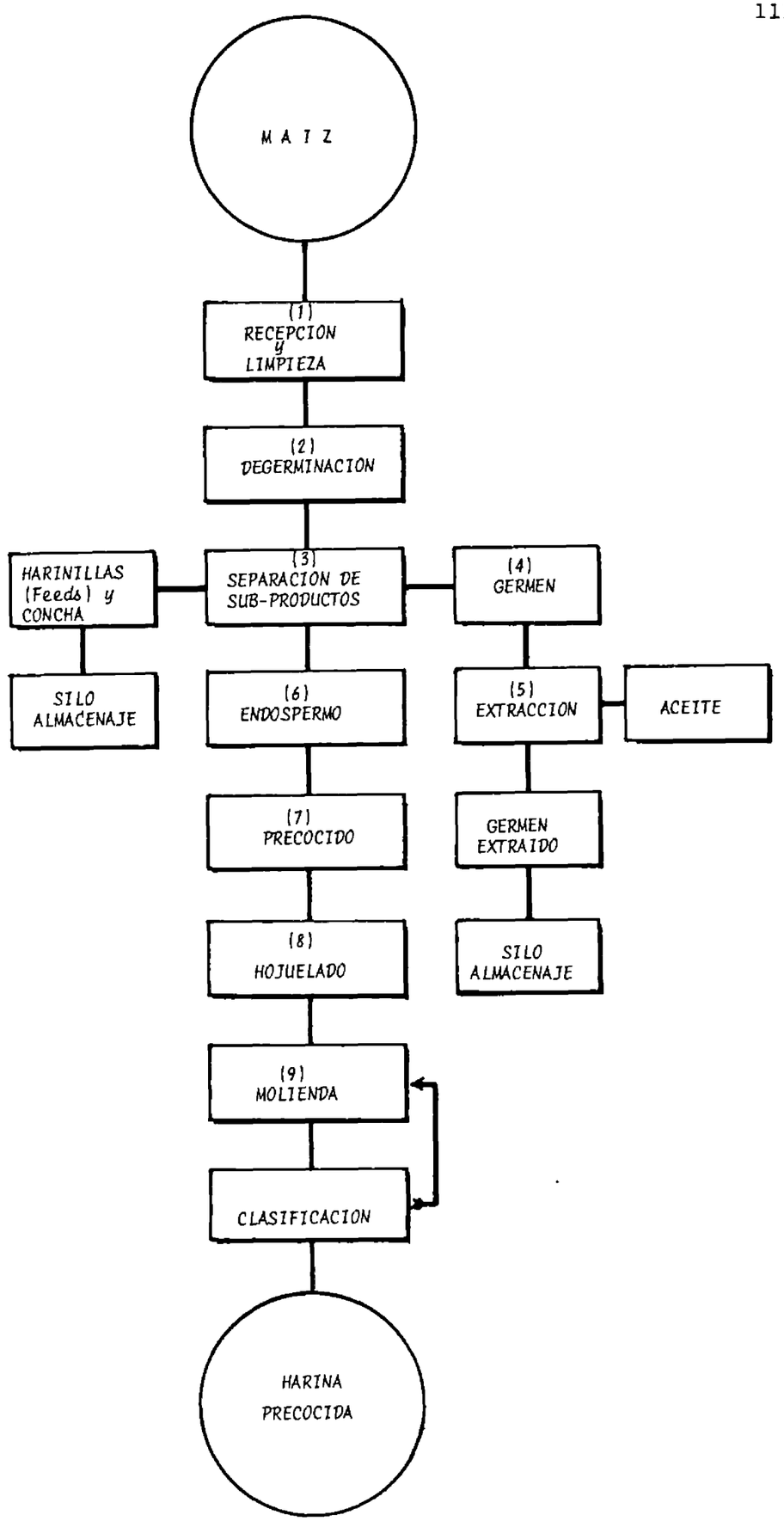


FIGURA No. 1

Procesamiento del maíz

Granulometría

Cabe destacar que a los fines de la obtención de una buena arepa, debe controlarse muy especialmente la granulometría y el grado de cocimiento. De la granulometría va a depender la facilidad de absorción de agua y la textura de la masa, considerándose que el 75% de la harina debe estar contenida entre los tamices 40 y 60 ASTM.

Una granulometría típica podría considerarse la siguiente:

%	Granulometría A.S.T.M.
0.0 - 1.0	30
10.0 - 20.0	40
55.0 - 65.0	60
10.0 - 15.0	80
80.0 - 5.0	100
0.0 - 1.0	Plato

Por otra parte, del grado de cocimiento va a depender fundamentalmente la facilidad de "hacer masa", es decir la facilidad de manipulación de la harina ya hidratada.

Harina Precocida de Mayor Contenido Proteínico

En relación al mejoramiento desde el punto de vista nutricional, se ha dado principio a ensayos en dos sentidos:

1o. La posible adición de harinas de alto contenido proteínico tales como las derivadas de soya, semilla de algodón y ajonjolí.

A este respecto, se han logrado resultados satisfactorios con la adición de harina de soya a niveles de 5% máximo, especialmente en lo que a sabor se refiere y sin que se hayan notado efectos adversos en los controles antes mencionados.

2o. Se ha principiado a ensayar con maíz Opaco 2, habiéndose presentado problemas de rendimiento por exceso de producción de finos a nivel de degerminación, con la consiguiente baja en los rendimientos.

Creemos que es factible la adición de harinas de alto contenido proteínico a corto plazo, aun cuando esto sin lugar a dudas requiere una educación de la población que está ya acostumbrada a la arepa, sin ningún tipo de aditivo. El problema desde el punto de vista técnico, presenta solamente dos aspectos de cuidado pero de fácil solución. Me refiero específicamente al problema de la segregación de las diferentes harinas debido a diferencias de granulometría y de poder grantizar una mezcla homogenea.

El Mercadeo de la Harina Precocida

Como decíamos al principio, existen en Venezuela cinco compañías fabricantes de Harina Precocida de Maíz, con un total de ocho plantas que producen trece marcas diferentes.

Estas marcas son distribuidas ya bien sea directamente por el fabricante o a través de distribuidores exclusivos, que llevan el producto hasta 34,000 negocios en todo el país, a un precio de 30 céntimos de dólar aproximadamente el kg.

El envase más usado es un fardo de papel kraft con un contenido de 20 paquetes de 1 kg, dichos paquetes de 1 kg son de papel celofán en su mayoría, aunque a veces se usa el polietileno.

Tamaño del Mercado

Si tomamos las cifras de consumo de harina precocida en los tres últimos años, nos encontramos con unos incrementos interanuales verdaderamente sorprendentes.

Para 1969, según el Ministerio de Fomento, la demanda era de 130,000 ton/año, en 1970, llegaba a 150,000 ton/año y en el año 1971 fue de 171,000 ton/año, lo que significa un aumento interanual del orden de 15.4 y 14%, respectivamente.

Se estima que entre 1972 y 1975, se mantendrá el crecimiento en la forma siguiente:

	1972	1973	1974	1975
Mercado ton/año	197,000	224,000	251,000	279,000
Porciento	15.2	13.7	12.0	11.2

Esto es debido fundamentalmente al hecho de que cada día se generaliza el uso del producto en aplicaciones culinarias diversas y al crecimiento vegetativo de la población.

Como ustedes pudieron ver anteriormente, se trata de un mercado altamente competitivo, que ha logrado un crecimiento extraordinario basado en que el producto facilita la elaboración rápida y sencilla de los platos típicos de la dieta venezolana, muy especialmente de la arepa.

Como ayuda en la distribución se utiliza, como médio básico, las campañas de propaganda y en especial la televisión y la radio.

Asimismo, se acostumbra hacer promociones especiales de venta en las cadenas de supermercados del país.

Para finalizar y con el propósito de darles una idea en lo que respecta a hábitos de consumo me voy a permitir citar los resultados obtenidos en una encuesta realizada en 1970, en la cual fueron entrevistados 500 consumidores estratificados porcentualmente de acuerdo a las diferentes clases sociales: la

mayoría fueron consumidores de harina de maíz en forma de arepa.

a) *¿Quiénes la consumen?*

De los entrevistados, el 80% consumía arepas y de éstos los miembros de la familia que más la consumían eran:

Hijos	25%
Amas de casa	18%
Esposos	16%
Todos por igual	37%
Otros	4%

b) *¿Cuándo la consumen?*

El desayuno es la ocasión más empleada para el consumo de arepa. Esto lo comprobamos al ver que el 67% consumía la arepa en esa ocasión siguiendo luego la cena con un 21%.

En relación a la frecuencia de consumo pudimos observar que el 46% comía arepas todos los días, el 38% varias veces a la semana y el 9% una vez a la semana.

Estas cifras nos comprueban que el 93% de los entrevistados consumía arepas por lo menos una vez a la semana, siendo el consumo diario bastante grande.

c) *¿Dónde?*

El 86% de los entrevistados elaboraban las arepas en la casa y el resto las comía en las areperas y fuentes de soda.

d) *¿Cómo?*

El 95% usaba harina precocida para elaborar la arepa principalmente por lo práctico, cómodo y rápido de su elaboración.

El 61% acompañaba su arepa con mantequilla; el 11% con diablito (jamón del diablo); el 9% con jamón y embutidos y el 3% la comían sola.

Resumiendo, podemos ver que los siguientes hábitos en relación al consumo de arepas, salen a relucir en el estudio.

Todas las familias consumen las arepas por igual siendo el hijo el consumidor principal al individualizar los miembros de la familia.

Las arepas se consumen principalmente durante el desayuno y la mayoría lo hace por lo menos varias veces a la semana, y principalmente en las casas.

Casi la totalidad de los consumidores compra harina de maíz precocida y acompaña el producto principalmente con mantequilla, diablitos (jamón del diablo) y embutidos.

CALIDAD NUTRITIVA DE LA PROTEINA DE LA HARINA DE AREPA Y SU MEJORAMIENTO POR MEDIO DE LA FORTIFICACION EN VENEZUELA

Dr. José Félix Chávez
Instituto Nacional de Nutrición
Caracas, Venezuela

Introducción

La "arepa" es el típico pan venezolano, en forma de disco, hecho de masa de maíz pilado, amasado con agua y sal en forma redonda y cocido sobre budare o al horno. La palabra "arepa" procede del cumanagoto "erepa", que en dicho idioma caribe era el nombre genérico del maíz (1). Su aceptabilidad es generalizada en todas las clases sociales de nuestro medio, tanto en el ámbito urbano como en el rural. Con excepción de los establecimientos comerciales de venta de "tostadas" (arepa rellena con otro producto), donde la habilidad del criollo le agrega - con suma y cosmopolita modernidad - hígado trufado a la francesa y caviar ruso, la confección de la arepa es fundamentalmente a base de harina precocida de maíz. La producción de ésta ha aumentado considerablemente, correspondiendo a los años 1969 y 1970 las cifras de 107,393 y 111,590 toneladas métricas respectivamente (2) y su disponibilidad para 1970 fue de 30.2 g/persona/día (3).

A pesar de que la arepa acompaña casi siempre a otros bocados, en el medio rural se consume generalmente con alimentos de escaso valor proteínico o bien sólo con alguna bebida típica. Así, un mejoramiento del valor proteínico de la harina industrial o la disponibilidad de una maíz poseedor de superiores virtudes nutricionales y a la vez industrialmente aprovechable, podría significar una importante mejora de la calidad y cantidad de la proteína ingerida por la población.

En el presente trabajo se da cuenta de las experiencias iniciales encaminadas a suplementar la harina de maíz precocida, industrial, con harina de soya para consumo humano y del aumento de su valor nutritivo y contenido de algunos nutrientes en la arepa así fortificada. Aun cuando no se dispone todavía de un suministro regular de maíz Opaco-2, en escala industrial, hemos considerado de importancia incluir varios aspectos de los estudios sobre este tipo de maíz, relacionados con la elaboración y características de su arepa y al contenido y estabilidad de algunos nutrientes.

Material y Métodos

La harina precocida de maíz y las harinas de soya para consumo humano, fueron suministradas por una empresa comercial*.

---

* Extractora Nacional de Oleaginosas, S. A. (ENDOSA), Valencia, Venezuela.

Los dos tipos de harina de soya tenían 52% de proteínas y una granulometría de 98% entre tamices 40 y 80, diferenciándose sólo en el índice de dispersión de la proteína, según se aprecia en el Cuadro No. 1. Las muestras de maíz Opaco-2 eran de procedencia nacional y su identificación ha sido señalada en un trabajo anterior (4). El pilado del maíz Opaco-2 se efectuó en un pilón industrial de mediana capacidad, contratado especialmente para ese fin. Las arepas fueron elaboradas en la Cocina Experimental de la División de Educación de este Instituto, a partir del maíz pilado Opaco-2 y de la harina precocida comercial, sola o con el agregado de los diferentes niveles de harina de soya.

Aprovechando los trabajos experimentales sobre alimentos congelados que adelanta el Instituto Nacional de Nutrición como uno de sus programas, un lote de arepas de maíz Opaco-2 fue congelado y mantenido a -15°C durante 3 meses, con el fin de conocer la estabilidad de algunos nutrientes al almacenamiento en tales condiciones por un tiempo prolongado.

Para la preparación de las dietas experimentales, las arepas fueron desmenuzadas, secadas al sol sobre bandejas de gran superficie y luego en la estufa durante la noche a una temperatura no mayor de 75°C. Finalmente se procedió a su molturación hasta polvo fino, procedimiento este que se siguió también para el grano entero y el grano pilado.

CUADRO No. 1

Efecto del tratamiento térmico sobre la calidad de la harina de soya: algunas características bioquímicas y resultado de los ensayos biológicos

	Soya No. 7[1]	Soya No. 7-A
Características Bioquímicas		
IDP[2]	15 - 30	40 - 60
Inhibidor de tripsina[3]	42.0	111.4
Inhibidor de quimotripsina	3.6	26.8
Hemaglutinación[4]	+5	+8
	Harina de maíz + 10% harina de soya	
Ensayos Biológicos		
Aumento de peso g	84.5	69.5
PER	2.5	2.3
IUA[5]	4.1	4.4

1 Harina utilizada en la confección de las arepas.

2 Indice de dispersabilidad de la proteína.

3 Unidades de inhibición/mg de muestra.

4 Ultima dilución activa que produce aglutinación visible en eritrocitos lavados de conejo.

5 Indice de utilización del alimento: Alimento ingerido/ aumento de peso.

En el caso de las experiencias que figuran en los Cuadros Nos. 10 y 11, las caraotas negras *(Phaseolus vulgaris)*, fueron autoclaveadas cubiertas con agua a 15 lbs durante 20 minutos, y luego se siguieron los procedimientos de secado y molienda indicados.

Los análisis de proteínas y de vitaminas se llevaron a cabo de acuerdo a las técnicas descritas en el AOAC (5) y los de aminoácidos por métodos microbiológicos según Barton-Wright (6).

Para la determinación de los inhibidores de tripsina y de quimotripsina se aplicaron los métodos de Kakade, Simons y Liener (7) y de Kakade, Swenson y Liener (8) respectivamente. La hemaglutinación se efectuó siguiendo la técnica indicada por Jaffé (9).

En los ensayos biológicos se utilizaron ratas descendientes de la cepa "Sprague Dawley" de la colonia animal del Instituto, de 3-4 semanas de edad y entre 45-58 g de peso. Cada ensayo constaba de 3 ratas machos y de 3 hembras, alojadas en jaulas galvanizadas individuales y con fondo levantado de tela metálica. El agua y el alimento se les suministró *ad libitum* y se tomó nota del alimento ingerido 2 veces por semana.

La composición de las dietas por cada 100 g era como sigue: material estudiado, cantidad suficiente para el nivel de proteínas deseado; sales minerales USP XIV: 4g; solución de vitaminas 1 g; aceite de maíz: 5 g; aceite de hígado de bacalao: 1 g y cantidad suficiente de almidón de yuca para completar 100 g. Los valores de digestibilidad aparente se obtuvieron de acuerdo al método de óxido crómico modificado por Chávez *et al.* (10).

Resultados

De acuerdo a los valores que se indican en el Cuadro No. 1, se prefirió la harina de soya No. 7 como suplemento a la harina de maíz para la elaboración de arepas. Se observa que un tratamiento térmico más suave en la harina No. 7-A, lo que se evidencia por un mayor índice de dispersabilidad de la proteína (IDP), provoca valores más altos para los inhibidores de tripsina y de quimotripsina. Los animales que consumían una dieta de harina de maíz y 10% de soya No. 7-A, crecieron menos y presentaron un índice de eficiencia proteínica (PER) menor que las ratas alimentadas con la harina de maíz pero adicionada de la soya No. 7.

En el Cuadro No. 2 se da cuenta del aumento de peso, de la eficiencia proteínica, del índice de utilización del alimento y de la digestibilidad, de los animales que consumieron la mezcla de harina de maíz con el agregado de la soya y de su correspondiente arepa. La ganancia ponderal se hace mayor a medida que aumenta el nivel de soya, tanto en la harina como en la arepa; el PER es mayor en el caso de la arepa con 10% de soya y el mejor índice de utilización del alimento (IUA), es decir, la cantidad de alimento requerida para 1 g de aumento de peso, es mejor en la arepa que contenía mayor nivel de harina de soya.

CUADRO No. 2

Aumento de peso, eficiencia proteínica e índice de utilización del alimento, de ratas alimentadas con harina de maíz precocida con diferente contenido de harina de soya y con su arepa correspondiente

	Proteínas en dieta %	Aumento en peso g	Eficiencia proteínica (PER)	IUA*	Digestibilidad %
Maíz + 8% Soya					
Harina	9.3	67.2	2.37	4.69	-
Arepa	9.3	55.8	2.31	4.64	80.5
Maíz + 10% Soya					
Harina	10.1	84.5	2.45	4.06	-
Arepa	10.4	85.3	2.64	3.63	84.8
Maíz + 12% Soya					
Harina	10.8	103.1	2.54	3.63	-
Arepa	11.8	94.4	2.61	3.23	84.1

* Indice de Utilización del Alimento .

El Cuadro No. 3 ilustra sobre el comportamiento de las ratas alimentadas con dietas isoproteínicas preparadas con las harinas de maíz con diferente contenido de soya. No se observan diferencias apreciables en la calidad proteínica de las mezclas de 8 y 10%, notándose en cambio un mayor aumento de peso y mejores valores de PER y de IUA para la mezcla de 12% de soya.

CUADRO No. 3

Aumento de peso, eficiencia proteínica e índice de utilización del alimento de ratas alimentadas con dietas isoproteínicas harina de maíz con diferente contenido de harina de soya comestible

	Nitrógeno en dieta %	Aumento de peso g	Eficiencia proteínica (PER)	IUA
Harina de maíz + 8% soya	1.51	62.9	2.31	4.60
Harina de maíz + 10% soya	1.48	63.5	2.37	4.76
Harina de maíz + 12% soya	1.46	79.5	2.70	4.10

El contenido de lisina, triptofano, vitaminas y minerales, se indica en los Cuadros Nos. 4 y 5. Tanto los aminoácidos como

las cantidades de tiamina, riboflavina y de niacina, aumentan con el agregado de la harina de soya. En los minerales se observa también un incremento, con excepción del hierro, cuyo valor permanece igual, tanto en la arepa con 12% de soya como en la arepa corriente. Ello puede ser debido a que la muestra de esta última, analizada en esta oportunidad, era elaborada con un maíz importado con un contenido en hierro un poco mayor que el normal, toda vez que los análisis anteriores de este elemento en arepas de maíz común cultivado en el país, presentaban valores más bajos (11).

CUADRO No. 4

Contenido de lisina y triptofano en las arepas con harina de soya

Porcentaje de soya	Nitrógeno %	Lisina g/16 g N	Triptofano g/16 g N
Arepa + 8%	1.64	2.8	0.59
Arepa + 10%	1.82	3.1	0.62
Arepa + 12%	2.09	3.9	0.65
Arepa de maíz común	1.36	1.7	0.31

CUADRO No. 5

Contenido de vitaminas y minerales en las arepas con harina de soya

Porcentaje de soya	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Calcio	Hierro	Fósforo
	mg/100 g					
Arepa + 8%	0.13	0.10	1.19	61.3	4.6	132.4
Arepa + 10%	0.15	0.13	1.32	70.9	4.5	130.8
Arepa + 12%	0.22	0.14	1.21	78.6	3.9	178.3
Arepa de maíz corriente	0.04	0.10	1.12	57.9	3.9	43.1

En el Cuadro No 6 se observa la disminución de algunos nutrientes durante el proceso de elaboración de la arepa, a partir de maíz Opaco-2 de procedencia nacional. El contenido de lisina, triptofano y de vitaminas, es mayor en el grano entero y menor en la arepa, pero sin alcanzar los valores muy bajos, encontrados en la arepa de maíz común (4). Su distribución en la arepa se presenta en el Cuadro No. 7. La parte externa, tostada o directamente en contacto con el budare, presenta un contenido más bajo de lisina, triptofano y de tiamina, riboflavina y niacina, con respecto a la parte blanda, interna o corazón.

Un período de almacenamiento de 3 meses a -15°C de las arepas de maíz Opaco-2, provoca una pérdida de tiamina, riboflavina y de niacina del orden de 19%, 7.8% y 12%, respectivamente, según se aprecia en el Cuadro No. 8. El contenido de lisina permanece constante.

CUADRO No. 6

Pérdida de algunos nutrientes durante la elaboración de la arepa de maíz Opaco-2

Muestra	Nitrógeno %	Lisina g/16 g N	Triptofano	Niacina	Tiamina mg/100 g	Riboflavina
Grano entero	1.45	4.6	1.18	5.16	0.48	0.17
Grano pilado	1.23	3.6	0.95	5.25	0.21	0.15
Arepa	1.25	2.8	0.83	1.71	0.11	0.16

CUADRO No. 7

Distribución de algunos nutrientes en la arepa de maíz Opaco-2

	Lisina	Triptofano	Tiamina	Riboflavina	Niacina
	g/16 g N		mg/100 g		
Arepa entera	2.83	0.83	0.11	0.16	1.71
Parte externa (tostado o concha)	2.71	0.77	0.09	0.13	1.64
Parte interna (blanda o corazón)	3.10	0.81	0.10	0.20	1.71

CUADRO No. 8

Pérdida de algunos nutrientes en arepas de maíz Opaco-2 durante un período de almacenamiento de 3 meses a -15°C (expresados sobre base seca)

	Lisina g/16 g N	Tiamina	Riboflavina mg/100 g	Niacina
Arepa recién elaborada	3.31	0.139	0.204	1.97
Arepa descongelada	3.34	0.112	0.188	1.72

Los resultados de un primer ensayo de suplementación con aminoácidos, de maíz Opaco-2 pilado, figuran en el Cuadro No. 9. El agregado de 0.3% de DL-metionina provocó una disminución del PER y una menor ganancia ponderal, si se le compara con el maíz pilado solo. Tampoco se obtuvo una mejora de la calidad biológica del maíz por la adición simultánea de metionina, lisina y triptofano, aún cuando los índices mencionados fueron mejores en este experimento. En cambio, el mayor aumento de peso y el PER

más alto se lograron agregando 0.3% de metionina y 0.2% de lisina; el IUA fue también mejor en este ensayo.

CUADRO No. 9

Efecto de la suplementación con aminoácidos del maíz Opaco-2 (grano pilado, crudo)

	N en dieta %	Aumento de peso, g	PER*	IUA**
Maíz pilado	1.15	45.5	2.54	4.9
Maíz pilado + 0.3% DL-metionina	1.16	23.0	1.91	6.5
Maíz pilado + 0.3% DL-metionina 0.2% L-lisina	1.15	56.9	3.21	4.3
Maíz pilado + 0.3% DL-metionina 0.2% L-lisina 0.2% DL-triptofano	1.17	43.0	2.48	6.9

* Indice de eficiencia proteínica.
** Indice de utilización del alimento.

En los Cuadros Nos. 10 y 11 se describen los resultados de los ensayos efectuados empleando arepas de maíz Opaco-2 y común, suplementadas con harina de caraotas negras (*Phaseolus vulgaris*) cocidas. Tomando como línea de partida los requerimientos de lisina, triptofano y total de aminoácidos sulfurados de la rata blanca en crecimiento (12), se observa que la mezcla de arepa de maíz común más caraotas negras aporta el 57%, 51% y el 53%, respectivamente, mientras que la arepa de maíz Opaco-2 con harina de caraotas negras suministra el 72%, 60% y el 58%, en el mismo orden, sobre los requerimientos (Cuadro No. 10). Este cálculo teórico basado en el análisis individual de las mezclas indicadas, se ve confirmado experimentalmente en los datos que figuran en el Cuadro No. 11. El aumento de peso, la eficiencia proteínica y el índice de utilización del alimento, son superiores en el caso de la mezcla de arepa de maíz Opaco-2 y caraotas negras cocidas, en comparación a la que contenía arepa de maíz común. El agregado de DL-metionina no mejora la calidad de esta última combinación. En cambio, el añadido de este aminoácido a la mezcla que contenía arepa de Opaco-2, provoca un PER significativamente mayor con respecto a la misma mezcla sin DL-metionina.

Discusión

Las experiencias que se comentan en este trabajo permiten concluir que la suplementación de la harina precocida comercial de maíz, producida en el país, con harina de soya para consumo

CUADRO No. 10

Comparación entre los requerimientos de lisina, triptofano y total de aminoácidos sulfurados de la dieta en crecimiento y las cantidades de estos aminoácidos aportadas por dietas elaboradas con arepas de maíz común, Opaco-2 y caraotas negras

Aminoácidos	Requerimientos	Tipo de dieta			
		Arepa corriente + caraotas negras[1]		Arepa de Opaco-2 + caraotas negras[2]	
			%[4]		%[4]
Lisina	7.2[3]	4.10	57	5.20	72
Triptofano	1.4	0.72	51	0.85	60
Total sulfurados	6.2	3.30	53	3.60	58

1 Nitrógeno en dieta: 1.46%.
2 Nitrógeno en dieta: 1.47%.
3 g/16 g N.
4 Porcentaje cubierto por las cantidades aportadas sobre los requerimientos.

CUADRO No. 11

Aumento de peso, eficiencia proteínica e índice de utilización del alimento de ratas alimentadas con arepa de maíz corriente, de Opaco-2 y caraotas negras cocidas

	Nitrógeno en dieta %	Aumento de peso g	PER*	IUA**
Arepa de maíz + 20% de caraotas negras	1.46	68.7	2.2	5.02
Arepa de maíz Opaco-2 + 20% de caraotas negras	1.47	84.3	2.4	3.21
Arepa de maíz + 20% de caraotas negras + 0.4% DL-metionina	1.42	59.6	2.1	5.32
Arepa de maíz Opaco-2 + 20% de caraotas negras + 0.3% de DL-metionina	1.46	83.8	2.7	4.05

* Indice de eficiencia proteínica.
** Indice de utilización del alimento.

humano, es factible y puede suministrar un aporte extra de nutrientes en la dieta, toda vez que su consumo es generalizado en amplios sectores de la población.

En estas experiencias se utilizó una harina de soya elaborada en Venezuela, aunque de semilla importada con un IDP entre 15 y 30; su granulometría y contenido proteínico ya han sido indicados en Material y Métodos. El otro tipo de harina de soya suministrado presentaba un IDP entre 40-60 y un color más claro, consecuencia de un tratamiento térmico menos severo. Podría pensarse en la ventaja de emplear este tipo de harina (Tipo 7-A, Cuadro No. 1), sobre la base de su menor coloración, lo cual afectaría poco el color blanco, típico de las arepas. La información que aparece en el Cuadro No. 1 sugiere dudas sobre su uso para este fin, no obstante el hecho de que la masa de maíz (sola o fortificada) durante la confección de las arepas, es cocida sobre budare o al horno, lo cual compensaría el bajo tratamiento térmico. Quedaría sin embargo, el "beanny flavor" (gusto a frijol) que puede impartirle el tipo 7-A a las arepas, lo cual daría lugar a objeciones desde el punto de vista de aceptabilidad. Para dilucidar estos aspectos es preciso ampliar la fase experimental, tanto los ensayos biológicos como los análisis bioquímicos y pruebas de degustación.

La información presentada en los Cuadros Nos. 2, 3, 4 y 5, es elocuente en lo que respecta al aumento del valor nutritivo de las mezclas maíz-soya y al contenido de lisina, triptofano, vitaminas y minerales en las arepas preparadas, listas para el consumo. En un ensayo preliminar de aceptabilidad, efectuado en horas de la mañana entre el personal del Instituto Nacional de Nutrición, se encontró preferencia por la arepa que contenía 8% de soya seguida por la de 10%. Ninguno de los participantes manifestó rechazo marcado por las muestras degustadas, objetando sólo algunos, la tonalidad más oscura de las arepas en comparación a la elaborada con maíz blanco corriente. Se estima que un enfoque adecuado del proyecto y una presentación inteligente del producto, son factores de importancia para el buen éxito del programa. Una consideración del costo estaría fuera de los límites de este trabajo.

Aún cuando los estudios efectuados hasta el presente sobre el maíz Opaco-2 venezolano, ya han sido publicados (4), es de interés dentro del tópico tratado, exponer algunas experiencias recientes. El contenido de niacina, tiamina y riboflavina en la arepa de Opaco-2, que figura en el Cuadro No. 6, es mayor que en la arepa de maíz común de acuerdo a los datos publicados en la Tabla de Composición de Alimentos (11).

La distribución de los nutrientes en la arepa se presenta en el Cuadro No. 7. La parte interna, corazón o parte blanda, resguardada del calor directo durante la elaboración, presenta un mayor contenido de lisina, triptofano y vitaminas, en comparación con la concha o parte tostada externa. Este resultado era de esperarse y la distribución puede ser típica de este producto.

La pérdida parcial de nutrientes durante un período de almacenamiento de 3 meses a -15°C, de la arepa de maíz Opaco-2,

está relacionada únicamente a las vitaminas, de acuerdo al Cuadro No. 8. El aminoácido lisina no sufre menoscabo alguno durante dicho período; ello es de interés toda vez que el recurso de congelar las arepas, ya no sólo las de Opaco-2 sino las fortificadas con soya, puede resultar de utilidad en el transporte y distribución de alimentos en centros apartados de población.

Los resultados de la adición de aminoácidos al grano pilado de maíz Opaco-2 con intenciones de mejorar su calidad, no son del todo claros, según se aprecia en el Cuadro No. 9. En consecuencia, una fortificación de la arepa por este medio no está planteada de inmediato y es probable que su funcionabilidad y costo presenten aspectos poco favorables.

El consumo de arepa con caraotas negras es clásico dentro de los hábitos alimentarios de nuestro país; en los Cuadros Nos. 10 y 11 se aprecian los resultados de algunos ensayos de suplementación, utilizando arepa de maíz común, de Opaco-2 y harina de caraotas negras cocidas. La mezcla de arepa de Opaco-2 y caraotas cubre un porcentaje mayor de los requerimientos de aminoácidos de la rata blanca en crecimiento. El hecho de que el PER de la dieta preparada con la arepa de Opaco-2 y caraotas negras más el agregado de metionina, sea significativamente mayor que el correspondiente a la misma dieta pero sin el añadido del aminoácido, permite especulaciones en el sentido de ponderar los resultados que se obtendrían con la disponibilidad de una variedad de esta leguminosa de un elevado contenido de metionina. En efecto, si además de utilizarse un maíz Opaco-2 se usara, en la confección de la "tostada" criolla, un tipo de caraota negra genéticamente superior en cuanto al nivel de los aminoácidos sulfurados, se tendría una suplementación proteínica de mayor impacto nutricional, ofrecida en una comida típicamente venezolana de aceptación en todos los niveles sociales.

CUADRO No. 12

Composición de la quinta selección de maíz Opaco-2 hacia grano cristalino. Resultados de los ensayos biológicos (28 días)

Nitrógeno %	: 1.76	Tiamina	mg/100 g:	0.81
Lisina, g/16 g N	: 4.31	Riboflavina	" :	0.22
Triptofano "	: 0.75	Niacina	" :	1.91

Ensayos biológicos (grano entero)

Aumento de peso	:	78.6 g
PER*	:	2.7
IUA**	:	3.8

* Indice de eficiencia proteínica.
** Indice de utilización del alimento.

La disponibilidad del maíz Opaco-2 en escala industrial y el suministro regular de semillas seleccionadas para el habitante rural, no son todavía hechos cumplidos. Principalmente la textura amilácea y suave del grano son causa de un insatisfactorio rendimiento en su procesamiento industrial. Es interesante destacar, no obstante, que para la fecha se analiza y estudia una quinta selección de maíz Opaco-2 hacia grano cristalino, suministrada por el Centro de Investigaciones Agronómicas, el cual auna a la dureza del grano, el valor nutritivo ya conocido. El análisis químico y los resultados preliminares de las experiencias efectuadas con este tipo de maíz, se presentan en el Cuadro No. 12.

Referencias

1. Picón Salas, M. Pequeña historia de la arepa. *El Farol*, Abril: 2-13, 1953.
2. *Anuario Estadístico Agropecuario 1970.* Venezuela, División de Estadística. Ministerio de Agricultura y Cría. 1971.
3. Venezuela. Instituto Nacional de Nutrición, División de Estadística, 1971.
4. Chávez, J. F. Composición y valor nutritivo del maíz Opaco-2 venezolano. Análisis de su arepa. *Arch. Latinoamer. Nutr., 22:* 147-160, 1972.
5. Association of American Chemists. *Official Methods of Analysis.* 11th Ed. Washington, D.C , 1970.
6. Barton-Wright, E. C. *Microbiological Analysis of the Vitamin B Complex and Aminoacids.* London, Pitman Publishing Corp., 1952.
7. Kakade, M. L., N. Simons & I. E. Liener. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. *Cereal Chem.*, 46:518-526, 1969.
8. Kakade, M. L., D. H. Swenson & I. E. Liener. Note on the determination of chymotrypsin and chymotrypsin inhibitor activity using casein. *Anal. Biochem.*, 33: 255-258, 1970.
9. Jaffé, W. G. In: *Toxic constituents of plant foodstuffs* (Chapter 3), Academic Press Inc., New York. 1969, p. 69-101.
10. Chávez, J. F., M. C. Mondragón, N. Di Gerónimo & W. G. Jaffé. Método rápido para la determinación de digestibilidad por el uso del óxido crómico en dietas de ratas. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 21: 337-341, 1971.
11. *Tabla de Composición de Alimentos para Uso Práctico.* Revisión 1964. Venezuela. Instituto Nacional de Nutrición, Publicación No. 23, 1964.
12. National Academy of Sciences - National Research Council. *Evaluation of protein quality.* Washington, D.C., 1963. NRC Publication 1100.

VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA DE LA HARINA DE AREPA DE MAIZ NORMAL Y DEL OPACO-2 Y SU MEJORAMIENTO A TRAVES DE LA FORTIFICACION EN COLOMBIA

Dres. Alberto Pradilla, D. D. Harpstead, F. A. Linares y Carmen E. Gonzalez Diest
Universidad del Valle
Cali, Colombia

Introducción

El maíz es el cereal más importante que se produce en Colombia y su cultivo ocupa el cuarto lugar después de la caña de azúcar, el café y el banano. Es posible cultivarlo en todas las regiones del país, desde el nivel del mar hasta los 2800 metros, con producción hasta de dos cosechas por año hasta niveles de 1800 metros sobre el nivel del mar. Una gran parte de la producción, especialmente de las variedades blancas es usada en alimentación humana (alrededor de un 80% de la producción) con una ingesta *per capita*, por año, de 41.8 kg. No obstante que la producción total de maíz aumentó, el consumo por persona ha disminuido en un 10% en la última década (1, 2).

A pesar de la introducción de híbridos en el país con potenciales hasta de 7.5 toneladas, el promedio nacional es de sólo 1.5 toneladas por hectárea. Estas variedades han sido aceptadas principalmente por los agricultores industriales, y sólo en muy escasa proporción por pequeños agricultores.

Consumo

Los cereales contribuyen con un 27 a 47% de las calorías y de 30 a 45% de las proteínas ingeridas en un total, como se observa en el Cuadro No. 1, de 1497 calorías y 34 gm de proteínas por persona respectivamente. Un estudio practicada en tres localidades del Valle del Cauca y a un grupo de pequeños agricultores en el país (3-5), demostró que el 57% de las familias compraba únicamente maíz blanco, un 13% únicamente amarillo y el resto los dos tipos de maíz. El consumo promedio semanal fue de 3.9, 4.2 y 8.1 kg en las tres localidades y todo se adquirió como grano. Los usos más frecuentes fueron en su orden: mazamorra, sopa y arepa. El consumo de maíz disminuye progresivamente del área rural a la semirural y a la urbana.

Una gran variedad de usos es dado al maíz en las diferentes regiones del país. Alrededor de una tercera parte del maíz ingerido por persona, por día, lo es en forma de arepa (52.6 g). La preparación de ella es asimismo, dependiente del área. En la región oriental y suroriental se utiliza maíz amarillo "pilado", el grano entero sometido a un proceso similar al de la tortilla con alcalinos. En la región central y occidental existe preferencia por maíz blanco trillado, sin germen y en la costa del caribe maíz blanco tratado con alcalis. En algunos sectores se agrega queso, huevo o tocino (6).

CUADRO No. 1

Ingesta promedio de nutrientes y de consumo de cereales de familias colombianas (g/persona/día)

Promedio ingesta de nutrientes		Promedio consumo de cereal			
		Producto	Ingesta	%, Calorías administradas	%, Proteínas administradas
Calorías	1.497	Maíz	28.1		
Proteínas	34	Arepa	52.6		
Grasas	13	Arroz	44.1	27 - 47	30 - 45
Carbohidratos	312	Pastas	3.7		
		Pan	16.2		
		Otros	1.2		

Mejoría de la Calidad

1. *Maíz alto en lisina como la única fuente de proteína en pruebas con niños*

El valor biológico de la proteína del maíz Opaco-2 es muy similar a la de proteína de origen animal para adultos y niños normales y animales experimentales (8-11). Se ha demostrado también que el maíz Opaco-2 es una fuente proteínica adecuada para el tratamiento de niños malnutridos (7, 12). Cuando esta proteína suple 80% de la ingesta total de nitrógeno, los pacientes logran una recuperación física normal demostrando a la vez una excelente absorción y retención de nitrógeno durante el período de recuperación (7, 12).

El efecto nutricional favorable del maíz Opaco-2 nos indujo a someter a prueba esta proteína en dietas de niños a niveles considerados como subóptimos. A pesar de que no fue posible separar los efectos individuales de las diferentes modificaciones estudiadas, el uso de la proteína del maíz Opaco-2 ofrecida a niveles subóptimos, nos dio una buena estimación de su valor nutritivo, evitando así resultados confusos que pueden ocurrir a través del consumo alto de una proteína con un balance de aminoácidos no apropiado, el cual puede en parte, contribuir a un valor biológico reducido (13). La aplicación comercial del maíz Opaco-2 como una fuente mejorada de proteína para áreas en desarrollo podría facilitarse si su valor biológico es suficientemente alto para llenar las necesidades de los niños muy jóvenes y/o de los malnutridos. Por medio de pruebas usando dietas con maíz Opaco-2 ofrecidas a niños que representaban casos severos de malnutrición en los cuales los requerimientos se asemejan a la de niños más jóvenes de una edad de desarrollo similar, se obtuvo información sobre ambos objetivos. Además, sometiendo las dietas a pruebas durante el período completo de recuperación, fue posible medir no sólo balance de nitrógeno sino también crecimiento y parámetros clínicos de los niños durante un período largo de tiempo (120 días).

Seis niños severamente malnutridos según criterios dietéticos, antropométricos y bioquímicos fueron seleccionados para estos estudios. Cada uno fue seleccionado por alteraciones patológicas y solamente pacientes sin enfermedades contagiosas asociadas frecuentemente con la malnutrición fueron admitidos al estudio. Un tratamiento rutinario para el control de parásitos intestinales fue efectuado y complementado antes de iniciar los estudios nutricionales.

Dietas isonitrogenadas como están descritas en el Cuadro No. 2 fueron preparadas con cantidades variables de nitrógeno de aminoácidos esenciales derivados en su totalidad de la proteína del maíz Opaco-2. La cantidad total de nitrógeno en cada dieta fue mantenida adecuada y constante por medio de la adición de nitrógeno no esencial en cantidades iguales provenientes de glicina y citrato dibásico de amonia. Ya que la característica isonitrogenada de las dietas elimina nitrógeno total como una variable, los cambios observados en la retención de nitrógeno fueron interpretados como el resultado de diferencias en la disponibilidad de los aminoácidos. Reduciendo la proporción de la proteína de maíz Opaco-2 fue posible determinar el nivel más bajo en el cual los aminoácidos esenciales de esta proteína podrían mantener balance de nitrógeno. Cada una de las dietas suplían 0.350 g de nitrógeno por kilogramo de peso por día. Las dietas fueron mantenidas isocalóricas (110 Kcal/kg/día) con el porcentaje de calorías dietéticas (NDCp) provenientes de proteína entre 8-12%, de carbohidratos entre 48-53% y de lípidos entre 38-43%.

CUADRO No. 2

Efecto del reemplazo del nitrógeno de la proteína del maíz Opaco-2 con 25 y 50% de nitrógeno de glicina y citrato dibásico de amonio (Promedio del balance de seis niños)

Dieta	A	B	C	Caseína
Ofrecida, mg N/kg/día	350	350	350	350
Ingestión	260	330	330	300
Dilución	0	25	50	25
% retenido	70/260	70/230	50/330	90/300
	27	21	15	30
% absorbido	170/260	250/330	230/330	260/300
	65	76	70	87
V.B. aparente	41	28	22	35

El método Kjeldahl fue usado para la determinación del nitrógeno en las muestras tomadas cuantitativamente de la dieta, de heces y orina.

Cada dieta fue calculada para proveer el nivel proteínico mínimo de acuerdo a la edad del grupo de pacientes. Cada una de las 4 dietas proteínicas de maíz, fue ofrecida a cada niño en por lo menos tres períodos de 3 días cada uno, durante el tiempo

de hospitalización de los pacientes. La dieta a base de caseína fue ofrecida únicamente al final del período de recuperación excepto por un período para el paciente No. 5. Una adaptación de 3 días para cada dieta fue instituida antes de que se tomaran medidas de balance de nitrógeno. Una de las dietas, B o C fue ofrecida varias veces con cada niño, durante diversos períodos de la recuperación sirviendo de esta manera, como un control interno. Esto fue necesario porque cuando un niño se recupera de malnutrición proteínica, el porcentaje de nitrógeno retenido del nitrógeno ingerido disminuye.

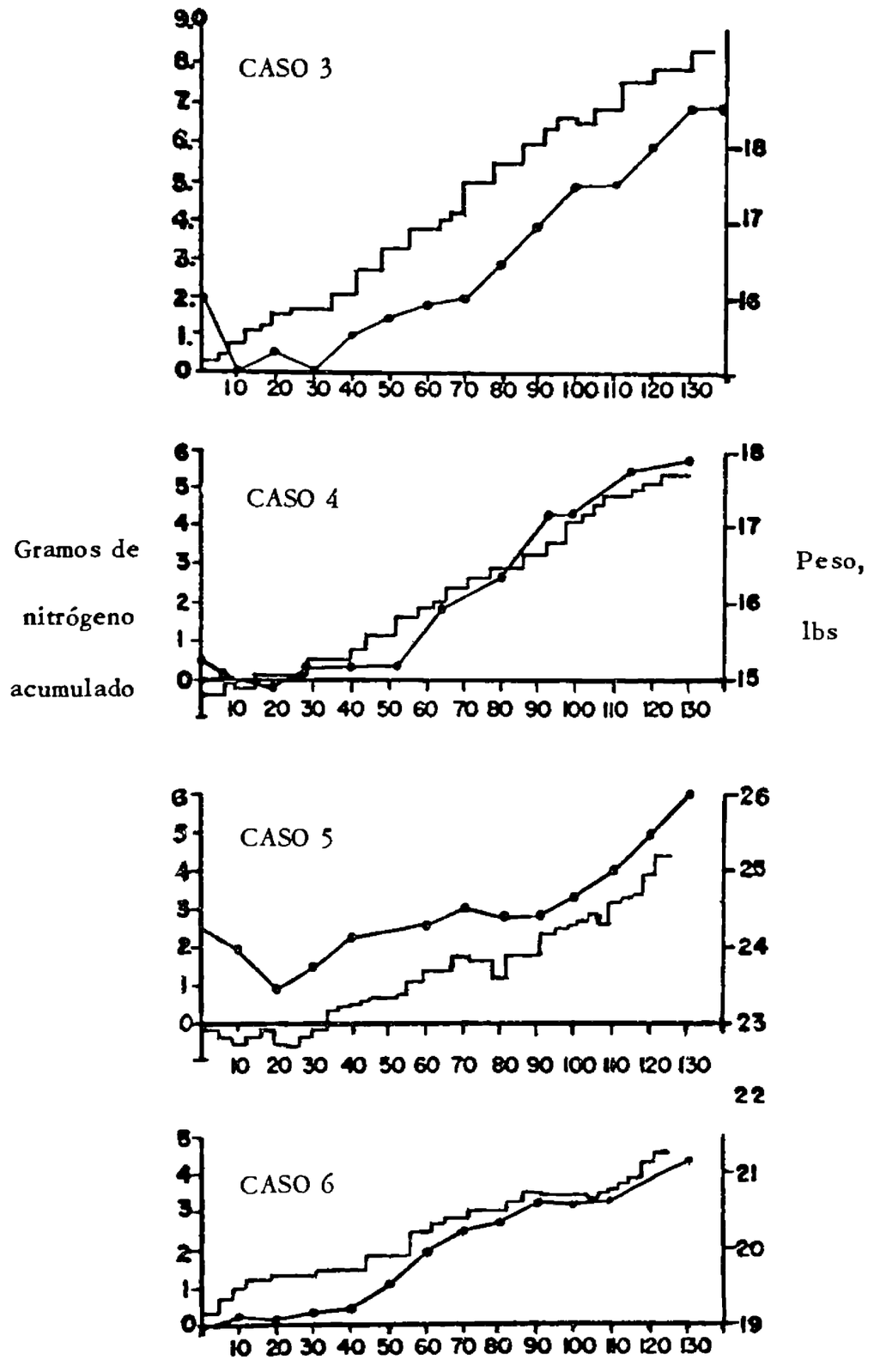
La dieta B representa 25% de reemplazo y la dieta C el 50% de reemplazo del nitrógeno proteínico del maíz Opaco-2 por nitrógeno no específico, derivado de la mezcla de glicina y citrato dibásico de amoníaco.

La caseína fue diluida con 25% de nitrógeno no específico. La absorción del nitrógeno promedio 87% con la dieta de caseína y varió entre 65% a 76% con las dietas A, B y C, a base de maíz Opaco-2 (Cuadro No. 2). Cuando se comparan las respuestas entre la proteína del maíz Opaco-2 y la de caseína, al mismo nivel proteínico, y de dilución, la utilización proteínica neta y el valor biológico del maíz cae entre el rango de 80 a 90% del valor de caseína (Cuadro No. 2). Es claro al observar el Cuadro No. 2 que ocurre una disminución en el porcentaje de nitrógeno retenido que corresponde en general al porcentaje de dilución. Debido a la mayor ingesta de nitrógeno con la dieta B que con la dieta A, la cantidad neta de nitrógeno retenido es igual. Esto podría interpretarse como indicativo de que la ingesta adicional no fue necesaria o que el requerimiento absoluto de aminoácidos esenciales fue menor que el realmente proporcionado por la ingesta real de dieta A. La ingesta adicional de nitrógeno no específico que la dieta proporcionaba podía también ser utilizado en síntesis proteínica. Los resultados con la dieta C son consistentes, ya que la menor retención corresponde a la menor cantidad de aminoácidos esenciales.

El balance de nitrógeno acumulado y aumento en peso se describen en la Gráfica No. 1.

Nuestros hallazgos indican que la proteína del maíz Opaco-2 proporciona una base dietética adecuada para la recuperación de los 6 niños malnutridos estudiados, quienes tenían edades cronológicas desde 23 hasta los 36 meses. La edad real de estos niños no excedía en ningún caso el peso-talla de un niño normal de 12 meses de edad cuando comparado con las tablas de crecimiento y desarrollo de Stuart-Meredith.

El aumento en peso y talla que ocurrió durante el período de recuperación correlacionaron bien con los valores proyectados para un niño normal de la misma edad real. Al final del período de tratamiento la recuperación era completa según datos obtenidos a través de la aplicación de métodos clínicos y bioquímicos. Esto sugiere que la proteína del maíz Opaco-2 puede utilizarse con una dieta básica para infantes normales cuando las proteínas de origen animal no están disponibles. La proteína proporcionada por la dieta B contribuyó cantidades adecuadas de aminoácidos



GRAFICA No. 1

Balance de nitrógeno acumulado en niños alimentados con proteína de maíz Opaco-2 diluída con nitrógeno no específico

esenciales para una repleción proteínica eficiente de pacientes malnutridos cuando el nitrógeno total ingerido no era un factor limitante.

El nitrógeno adicional necesario para mantener niveles de retención nitrogenada aceptables pueden ser proporcionados por aminoácidos no esenciales o a través de nitrógeno no específico. Estos resultados son similares a los informados por Young y col. (10) quienes usaron diferentes proporciones de los aminoácidos esenciales y nitrógeno total en dietas con seres humanos jóvenes alimentados con fuentes proteínicas de alto valor biológico.

2. *Cambios en el contenido de proteína, lisina y triptofano de maíz común y Opaco-2 y su harina de arepa*

La producción de harinas precocidas en el país es aún muy baja y la mayoría de la compra para uso humano se hace en forma de grano semiprocesado o sin procesar. Estos hechos hacen muy difícil por el momento enriquecer este cereal, así como otros vegetales, con aminoácidos u otras substancias en Colombia. El desarrollo de maíz modificado con el gen Opaco-2 abre algunas posibilidades especialmente si se pueden presentar al consumidor fenotipos duros y blandos (7).

Los rendimientos experimentales después del cuarto retrocruce son iguales a los del híbrido amarillo original (H 207) y 10% inferiores en el híbrido blanco (H 253) (Cuadro No. 3).

CUADRO No. 3

Rendimientos obtenidos en pruebas de campo con el maíz Opaco-2

Nivel de tecnología	Semilla	Rendimientos, %
Corriente	Corriente	50
Corriente	Opaco-2	56
Optimo	Corriente	75
Optimo	Opaco-2	90
Optimo	Mejor híbrido	100

Fuente: Véase referencia (3).

En un estudio para comparar el rendimiento del maíz Opaco blanco (H 255) en condiciones reales agrícolas, se encontró que el H 255 produjo 12% más por hectárea, que las variedades corrientemente cultivadas (3). Con muy buen sentido el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha creado un comité nacional para la promoción de maíz Opaco entre los pequeños agricultores con demostraciones objetivas en su uso como alimentos para animales y humanos. Digo con buen sentido debido a que, 1) una producción industrial demasiado alta en este momento, sin mercados, sería catastrófica. 2) una tercera parte de los agricultores consume toda su producción y otra tercera debe comprar para completar sus necesidades de consumo. Los resultados de la labor de este comité serán evaluados a finales del presente año.

En ensayos de sabor, los clientes de un comedor no se quejaron ni encontraron diferencias de sabor en platos corrientes preparados con maíz Opaco-2. La cocinera encontró dificultad solamente en la preparación de mazamorra (5).

El análisis químico de diferentes tipos de arepa, procesadas a partir de maíz normal y modificado por Opaco-2, demuestra en estas últimas, un aumento de lisina y triptofano paralelo al del maíz utilizado con reducción de la cantidad de proteína total (Cuadro No. 4).

CUADRO No. 4

Análisis de arepas colombianas

		Proteína %	Lisina g/16 gN	Triptofano g/16 gN
Grano total	H 207	6.52	1.7	0.38
	H 208 (O_2)	6.44	2.9	0.68
Grano total	H 253	6.05	1.3	0.31
	H 255 (O_2)	6.20	2.6	0.65
Trillado	H 207	4.06	0.8	0.13
	H 208 (O_2)	3.81	2.0	0.38
Trillado	H 253	3.52	0.8	0.15
	H 255 (O_2)	3.70	1.9	0.41

Estudios del Instituto de Investigaciones Tecnológicas sugieren la existencia de un mercado para arepas preparadas y masa precocida.

Resumen

A pesar de ser el maíz una fuente tradicional de calorías y proteínas, su consumo ha disminuido en los últimos años. La mayor cantidad utilizada en consumo humano es adquirida como grano sin procesar. A nivel rural el pequeño agricultor consume toda su producción.

No obstante que podría existir un mercado potencial para productos procesados de maíz, que permitiría el enriquecimiento, no hay aún producción suficiente de ellos en Colombia.

La promoción de producción y consumo de Opaco-2 podría mejorar, en forma significativa, el estado nutricional de aquellos grupos de población que dependen del maíz para su alimentación.

Referencias

1. Colombia: Nutrition Survey ICNND, 1961.

2. Reunión Técnica Latinoamericana sobre Encuestas Alimentarias. Montevideo. Ed. Instituto Nacional de Nutrición, 1963.

3. Andersen, P. P. La factibilidad de introducir maíz Opaco-2 para consumo humano en Colombia. CIAT, 1971, Folleto Técnico No. 1.

4. Proyecto Integrado de Mercadeo Urbano y Rural (PIAIUR). Colombia. Informe preliminar, 1970.

5. Fajardo, L., y C. E. González. Encuesta Nutricional Candelaria. Trabajo presentado al Primer Congreso Nacional de Dietistas y Nutricionistas, Bogotá, 1971.

6. Manual de recetas con maíz Opaco. I.C.B.F., Ed. Dirección de Nutrición, 1971. Bogotá, Colombia.

7. Pradilla, A., F. Linares, C.A. Francis y L. Fajardo. El maíz de alta lisina en la nutrición humana. *Acta Médica del Valle*, 2:91, 1971.

8. Mertz, E. T., A. O. Vernon, L. S. Bates and O. E. Nelson. Growth of rats fed an Opaque-2 maize. *Science*, 148:1741-1742, 1965.

9. Bressani, R., L. G. Elías and R. A. Gómez Brenes. Protein quality of Opaque-2 corn evaluation in rats. *J. Nut.*, 97:173-180, 1969.

10 Young, V. R., I. Ozalp, B. V. Cholakos and N. S. Scrimshaw. Protein value of Colombian Opaque-2 corn for young adult men. *J. Nut.*, 101:1475-1482, 1971.

11. Cromwell, G. L., R. A. Pickett and W. M. Beeson. Nutritional value of Opaque-2 corn for swine. *J. Anim. Sci.*, 26:1325-1331, 1967.

12. Pradilla, A., D. D. Harpstead, D. V. Sarria. Ensayos analíticos y biológicos con proteína de maíz modificada por el maiz Opaco-2. *Antioquía Médica*, 19:201-211, 1969.

13. Kies, C., H. M. Fox and E. R. Williams. Effect of non-specific nitrogen supplementation on minimum corn protein requirement and first limiting amino acid for adult men. *J. Nut.*, 92:377-383, 1967.

PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA DE MAIZ SIMPLE Y FORTIFICADA PARA LA PREPARACION DE AREPAS

Dres. Teresa Salazar de Buckle, Carlos A. Pardo, Ana Mercedes de Sandoval y Gloria Silva
Instituto de Investigaciones Tecnológicas
Bogotá, Colombia

Introducción

El bajo grado de industrialización de los productos de cereales y farináceos en los países de América Tropical es considerado un factor importante en la substitución de productos tradicionales por trigo importado. Es tabmień un factor limitante para emprender cualquier campaña de enriquecimiento, con proteínas vegetales, de alimentos a base de cereales y de farináceos, muy abundantes en la dieta propical.

Una primera etapa en la industrialización puede ser la elaboración de productos intermedios a través de un proceso de precocción.

En América Latina, las harinas precocidas de maíz para alimentación humana fueron producidas inicialmente en México, 22,000 toneladas en 1954 y 150,000 toneladas en 1968 (1). En Venezuela la producción se inició en 1964 a un nivel de 25,000 toneladas que en 1968 alcanzó las 100,000 toneladas (2-4). En cambio, en Colombia la producción dio principio en 1966 y en 1971 llegaba únicamente a las 10,000 toneladas. Estas harinas están destinadas principalmente a la elaboración de tortillas en México, tostadas en Venezuela y arepas* en Colombia.

En Colombia la baja producción de harina precocida, puede ser atribuible, entre otras causas, a que las harinas precocidas comerciales no presentan una calidad uniforme. Por otra parte no reproducen satisfactoriamente las propiedades de alimentos tradicionales como las arepas, según lo indicaron encuestas realizadas, en 1969 y 1970, entre consumidores de arepa (4).

En trabajos anteriores se trató de relacionar el grado de precocción con la calidad de las arepas y de encontrar condiciones de procesos que permitieran producir harinas precocidas de calidad uniforme y superior (5). De tres procesos ensayados, se encontró que el de precocción por rodillos (I) y el de precocción por escaldado-rodillos (III) podían producir harinas de calidad aceptable. En el presente trabajo se estudió con más profundidad el comportamiento funcional en la elaboración de arepas de las harinas provenientes de los procesos I y III.

La arepa es uno de los productos tradicionales de maíz que presenta todavía un consumo bastante difundido en el país. Existen cerca de 18 tipos, cuya diferencia radica en la clase de

* Arepa es un pan de maíz, sin levadura, de forma redonda, tostado, preparado a base de maíz generalmente degerminado.

maíz usado y los ingredientes adicionados, siendo consumidas en 6 de las 7 zonas en que se ha dividido el país para encuestas nutricionales (6). Para este trabajo se seleccionó la arepa "plana", tipo "Antioqueño" producida a partir de maíz degerminado (peto) agua y sal, debido a su amplia difusión (se ha estimado que el 65% de la población colombiana es o puede ser consumidor de este tipo de arepa (6)) y a que a diferencia de otras, para su preparación se utilizan ingredientes de bajo costo.

Teniendo en cuenta la calidad pobre de la proteína de maíz, se estudiaron tres posibles soluciones para su mejoramiento: fortificación con harina de soya (5-12%), con proteína aislada de torta de algodón y substituyendo el maíz común por el maíz de alto contenido de lisina (Opaco-2) producido comercialmente en Colombia. (La producción en 1971 se estimó en 44,000 toneladas (7)).

Material y Procedimientos

Algunos datos sobre la composición de los materiales usados para el estudio se incluyen en el Cuadro No. 1.

Las harinas precocidas de maíz común y las de maíz Opaco tenían una humedad residual de aproximadamente 10% y el 95% pasó malla US. Std. 60.

La harina de soya para consumo humano, preparada en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (I.I.T.) presentó un color amarillo claro (Hunter, L 91.4, a - 1.2, b 13.2) y un sabor a frijol apenas perceptible. El aislado de proteína de algodón tiene un color crema claro (Hunter, L 90.5, a -1.3, b 11.5) y un sabor neutro.

Procedimientos

Como la materia prima tradicionalmente usada para la elaboración de arepas es la masa de maíz peto, se estudió el proceso de precocción y su influencia sobre la calidad de la masa y de las arepas. Los controles usados para evaluar la influencia del proceso fueron el índice de dextrosa, la textura y la absorción de agua de la masa y, en las arepas asadas, la textura principalmente.

El índice de dextrosa en una medida directa del grado de modificación del almidón por acción del ataque enzimático (12-15). La textura de la masa fue medida en un texturómetro Food Technology Corporation TP-2 anillo de 300 libras, celda de compresión, rejilla de extrusión, pistón circular de 56 mm de diámetro. La textura, en las arepas la evaluó un panel de catadores.

Una vez cocido el maíz se somete a molienda en un molino Corona, y generalmente las arepas se moldean manualmente. En este estudio, las arepas fueron moldeadas en todos los casos, según el procedimiento descrito por Mottern *et al.* (16). El anillo de acero utilizado fue de 15 cm de diámetro y 3 mm de espesor. Para la producción de masa a partir de harinas precocidas, se utilizó

CUADRO No. 1

Composición de los materiales empleados

	Proteína %		Aminoácidos g/100 g proteína[1]				Computo FAO	Factores antinutricionales
	Total	Soluble	Lisina Disponible	Lisina Total	Triptofano	Azufrados		
Harina precocida de maíz común	10.3	-		2.9	0.6	3.1	42	
Harina precocida de maíz Opaco	9.8	-		4.2[2]	1.3	3.1	71	
Harina de soya para consumo humano	50.5	50-60[3]	5.8[5]	6.32	1.37	3.15	73	Antitripsina residual 10 - 15%
Proteína de algodón	85.0	98.0[4]	3.8[5]	4.3	1.2	3.0	70	Gosipol libre < 0.01%

1 Véase referencia (8)
2 Véase referencia (9)
3 Véase referencia (21)
4 Véase referencia (22)
5 Véase referencia (23)

un farinógrafo Brabender tipo 220 y un tiempo de amasado de 2 minutos para 106 g de harina cada vez. Para el asado se utilizó en todos los casos una plancha de acero calentada a gas a una temperatura de 340°C.

Las siguientes son las características deseadas en la arepa "plana tipo antioqueño": 15 cm de diámetro, espesor 3 mm, debe pesar cruda alrededor de 60 g y durante el asado debe perder cerca de 20 unidades de humedad. Asada debe presentar un color blanco con un cierto número de manchas oscuras que indican buen asado y que parecen darle un sabor característico, una superficie poco agrietada y una textura blanda pero quebradiza. Al enfriarse la arepa, no debe ocurrir un endurecimiento notable. Las harinas precocidas seleccionadas, presentaban diferentes grados de modificación del almidón medidas por el índice de dextrosa, el comportamiento a la prueba de flujo (medida indirecta de la capacidad de absorción de agua de la harina (17, 18) y la absorción de agua en el farinógrafo (cantidad de agua necesaria para que la masa adquiera una dureza de 500 unidades Brabender), (Farinógrafo Brabender modelo 220. Se utilizaron estos dos últimos métodos simultáneamente con el índice de dextrosa, por ser de fácil operación y por presentar muy buena correlación con respecto al método enzimático (19). El comportamiento funcional de estas harinas se evaluó a través de la calidad de la masa formada y de las características organolépticas (principalmente de la textura) de arepas frescas y almacenadas 24 horas a 20°C y 60% humedad relativa, empacadas en polietileno de 0.002" de espesor. La calidad de la masa se comparó con la de la masa tradicional y se midió su textura en el texturómetro FTC, TP-2. Se utilizaron dos relaciones harina a agua, 1 a 1.5, generalmente usada en las harinas precocidas comerciales y la relación encontrada ser óptima para la obtención de masa en cada caso.

Fortificación

Los criterios utilizados para la selección de los niveles de fortificación fueron, la calidad de la proteína de la mezcla obtenida expresada como cómputo FAO e índice de eficiencia proteínica (PER) y la cantidad de proteína total resultante. En el Cuadro No. 2 se presentan los niveles seleccionados.

CUADRO No. 2

Niveles de substitución seleccionados

	Fortificante	Proteína* %	Calidad de la proteína: Cómputo FAO	Calidad de la proteína: PER
Maíz común	-	6.2	42	1.18 (10)
Maíz Opaco-2		5.9	70	2.7 (10)
Maíz común	Harina de Soya 5%	7.4	54.8	2.3-2.7 (11)
	8%	8.1	55.0	2.7-2.9 (11)
	10%	8.6	62.9	2.9 (11)
	12%	9.1	65.6	2.7 (11)
Maíz común	Prot. de alg. 5%	8.4	71	

* Arepas con 40% de humedad.
Fuente: Véase referencias (10) (11).

Se utilizó una harina precocida de maíz común con un grado de modificación intermedio. La conveniencia de los diferentes tipos y niveles de substitución se evaluó por medio de amilogramas de las mezclas, (viscoamilógrafo Brabender tipo VS-6 de 75 rpm y torque de 350 cmg) la medida del color de las mezclas secas y de las masas (Δ E Vs. harina de maíz como patrón, Hunter modelo D-25) y la observación del comportamiento de las masas obtenidas. En las arepas fortificadas, su calidad se midió a través de pruebas organolépticas, utilizando un panel de 8 a 12 catadores, la escala hedónica en unos casos y en otros la prueba triangular. Se calificó el color, el sabor y el comportamiento al almacenamiento.

Pruebas de Aceptación en el Mercado

La calidad de una harina precocida de maíz Opaco, producida en la planta piloto del I.I.T. (con un indice de dextrosa de 64.5%), fue evaluada por una empresa particular contra las dos harinas precocidas de maíz común existentes en el mercado y contra maíz peto. La evaluación fue del tipo "Home Test" realizada por medio de encuestas entre 670 amas de casa de la clase media, de la ciudad de Medellín. La muestra fue escogida al azar y de ésta se diseñaron dos submuestras con los mismos elementos de la

muestra inicial. En esta forma se obtuvo el siguiente número de observaciones: muestra A, 220 entrevistas; muestra B, 224 y muestra C, 226.

Resultados y Discusión

En el Cuadro No. 3 se observan los resultados obtenidos en el estudio de la etapa de cocción del maíz peto o trillado para la elaboración de masa para arepas, según el método tradicional. De acuerdo con estos datos, el tiempo de tres horas resulta ser el más apropiado para producir arepas de buena calidad, tiempo que coincide con el generalmente utilizado por el ama de casa.

CUADRO No. 3

Producción de masa de maíz peto - Estudio de la etapa de cocción del maíz

Tiempo de cocción (horas)	Textura lbs/plg^2 (*)	Indice de dextrosa %	Absorción de agua %	Características de la arepa			
				Fresca		Almacenada (24h20°C)	
				Humedad	Calif.**	Humedad	Calif.***
1	183	52,3	90	39,2	2	40,0	2
2	171	64,1	110	43,3	3	41,4	3
3	85	67,4	130	46.1	4	46,1	4
4	84	68,1	160	53,1	4	51,5	4

* Texturómetro Food Technology Corporation, T P-2

** 5 - Blanda caliente y fría. Buen sabor y textura. Dora bien.

4 - Blanda caliente o fría. Buen sabor y textura. No dora bien.

3 - Caliente es blanda. Fría es semidura. Textura seca. Buen sabor. Dora bien.

2 - Caliente es semidura. Fría es dura. Textura arenosa y seca. Buen sabor. Dora bien.

*** 5 - Blanda y quebradiza. Buen sabor y textura. Dorada.

4 - Blanda y quebradiza. Buen sabor y textura, muy blanca.

3 - Semidura y quebradiza. Textura arenosa y seca.

2 - Dura y rejuda. Textura arenosa y seca.

En los Cuadros Nos. 4 y 5 se incluyen los datos obtenidos en la evaluación del comportamiento funcional de catorce harinas de maíz común, entre éstas, dos son harinas precocidas comerciales. Los resultados de esta evaluación, muestran la sensibilidad que la calidad de la masa y de las arepas presentan al grado de modificación del almidón en la harina precocida. Al utilizar una relación harina a agua de 1 a 1.5 se destacan dos harinas con muy buenas propiedades en la masa y en las arepas, las número 49 y 52 y con buenas las 2 y 48.

CUADRO No. 4

Comportamiento funcional de harinas precocidas en la producción de arepas - maíz común -

No.	Tipo de proceso	CARACTERISTICAS DE LA HARINA			MASA		AREPAS ASADAS		
		Indice dextrosa %	Concentrac. 20" de flujo %	Absor. agua Farinógrafo %	Relación harina: agua 1.5		Textura**		
					Calidad (*)	Textura lbs/pulg^2	Fresca	Almacenada 24 h.
2	I	49.6	16.4	134.0	(4) Blanda	48	Buena	Buena
4		65.0	15.1	149.0	(3) Dura "Cauchuda"	90	Buena	Regular "Cauchuda"
6		67.8	14.6	158.5	(3) Dura "Cauchuda"	78	Buena	Mala "Cauchuda"
19		78.7	8.7	163.5	(1) Muy dura, "Cauchuda"	111	No moldea	No moldea
39		29.2	33.7	80.5	No***	--	-	-
38		25.0	38.2	73.0	No	--	-	-
A		30.9	17.6	100.8	(5) Buena	108	Granulosa, blanda	Dura, quebradiza
P		55.7	16.2	135.9	(4) Pegajosa	102	Blanda "Cauchuda"	Dura "Cauchuda"
50	III	35.9	28.1	103.5	(3) Muy blanda	9	-	-
51		41.6	25.2	123.0	(3) Muy dura	12	-	-
52		55.5	17.9	168.5	(5)	48	Buena	Buena
48		67.8	20.8	155.0	(4) Blanda	42	Buena	Buena
49		68.9	19.5	177.5	(5)	66	Buena	Buena
54		78.2	11.5	205.0	(1) Muy "Cauchuda"	84	Regular	Mala

( ) Calificación en escala 1 a 5.

* Se destaca el defecto dominante

** Evaluadas según criterio descrito en el Cuadro No. 3

*** No forma masa.

CUADRO No. 5

Comportamiento funcional de harinas precocidas en la producción de arepas - maíz común - con la relación harina a agua más favorable

No.	Tipo de proceso	Características de la harina				Masa	Textura** arepas asadas	
		Indice dextrosa %	Concentrac. 20" de flujo %	Absor. agua Farinógrafo %	Relación harina: agua	Calidad (*)	Fresca	Almacenada 24 h.
2	I	49.6	16.4	134.0	1:1.5	(5) Buena	Buena	Buena
4		65.0	15.1	149.0	1:1.5	(3) Dura, cauchuda	Buena	Regular
6		67.8	14.6	158.0	1:1.5	Dura Cauchuda	Buena	Mala Cauchuda
19		78.7	8.7	163.5	-	Mala	-	-
39		29.2	33.7	80.5	1:1.1	No forma masa	-	-
38		25.0	38.2	73.0	1:1.1	No forma masa	-	-
A		30.9	17.6	108.0	1:1.5	Granulosa Blanda	Granulosa	Dura
P		55.7	16.2	135.9	1:1.5	Blanda Cauchuda	Blanda Cauchuda	Dura
50	III	35.9	28.1	103.5	1:1	(5) Buena	Dura	Dura
51		41.6	25.2	123.0	1:1.2	(5) Buena	Buena	Dura
52		55.5	17.9	168.5	1:1.4	(4) Pegajosa Cauchuda	Buena	Dura
48		67.8	20.8	155.0	1:1.3	(5) Buena	Buena	Dura
49		68.9	19.5	177.5	1:1.6	(5) Buena	Buena	Dura
54		78.2	11.5	205.0	1:1.4	(1) Cauchuda Pegajosa	Cauchuda	Dura

( ) Calificación en escala de 1 a 5.
* Se destaca el defecto dominante.
** Evaluadas según criterio descrito en el Cuadro No. 3.

Usando esta relación, las harinas con un índice de destrosa inferior al 30% no producen masa para arepas. Al ajustar la relación a valores más cercanos a los de la farinografía, se obtiene masa, pero las arepas son difíciles de moldear o de textura muy dura, según se observa en el Cuadro No. 5.

No se encontró correlación entre la calidad de la masa y las lecturas del texturómetro.

Las harinas precocidas comerciales A y B (Cuadro No. 6) muestran un comportamiento distinto entre sí (explicable por el grado de modificación diferente) y en general inferior al de un buen número de las harinas precocidas producidas para este estudio.

CUADRO No. 6

Calidad organolética de arepas elaboradas con masa de maíz y con harinas precocidas

Harina No.	Relac. harina agua	Vs. PETO				Diferentes a nivel de significación de
		Catadores	No. respuestas correctas	No. preferencias Peto	No. preferencias Harina IIT	
40	1:1	9	7	6	1	0.1%
41	1:1.2	12	12	9	3	0.1%
46	1:1.3	11	11	10	1	0.1%
47	1:1.2	12	11	10	1	0.1%
48	1:1.3	11	11	10	1	0.1%
49	1:1.6	10	7	7	0	5%
50	1:1	9	5	4	1	No.
51	1:1.2	10	8	6	2	1%
52	1:1.4	10	8	6	2	1%
53	1:1.4	9	6	4	2	5%
				Hna. Com.	Hna. IIT. No. 50	
A	1:1	11	11	1	10	0.1%
P	1:1.2	9	7	2	5	5%

Podría decirse que el Proceso III puede producir harinas precocidas apropiadas para la elaboración de arepas si los índices de dextrosa están entre 55 y 70%, y en el Proceso I, entre 50 y 55%. Las harinas obtenidas por el Proceso I con índices de dextrosa superiores al 55%, producen masa que tiende a ser "cauchuda", pegajosa y difícil de moldear, mientras que en el III este fenómeno se presenta por encima de un índice de dextrosa del 70%. Esto podría explicarse porque, en el Proceso III, la modificación se produce en presencia de mayor cantidad de humedad, probablemente hay más gelificación y menos modificaciones de otra índole, como las que pueden presentarse en el proceso I, en el que el tratamiento es más seco.

Los resultados de una prueba organoléptica triangular entre arepas de maíz peto y las producida con diez de las harinas precocidas para este estudio, se incluyen en el Cuadro No. 6 junto con las de una prueba similar corrida entre las dos harinas comerciales y la harina No. 50.

Estos resultados indican que, en general, las arepas obtenidas con harinas precocidas son distintas a las elaboradas con masa de maíz peto. Estas diferencias son significativas a niveles de 0.1 a 5% en todos los casos, con excepción de la harina No. 50. Con relación a esta última, las harinas comerciales resultan también diferentes. Se observa preferencia por las arepas de maíz peto y por la harina No. 50. Este último dato sugiere que el límite inferior aceptable para el índice de dextrosa en el Proceso III podría ampliarse hasta 35%, si la relación harina a agua baja no se considera un factor limitante.

Las características de tres harinas precocidas de maíz Opaco elaboradas sobre la base de los resultados anteriores, se presentan en el Cuadro No. 7, junto con datos sobre la calidad de las masas y de las arepas con ellas elaboradas. El mejor comportamiento se observa en las Nos. 35 y 36 con índices de dextrosa inferiores al 70%. Sobre las arepas producidas con estas dos harinas se observó el mejor comportamiento al almacenamiento, al no presentar endurecimiento. Los resultados obtenidos en el estudio de mercado de la harina precocida de Opaco-2 (I. Dextrosa 64.5%) indicaron: 1) la harina de Opaco-2 produce arepas con textura, masa, color y rendimiento muy cercanos a las arepas elaboradas con el maíz peto tradicional. 2) el sabor de maíz Opaco es diferente al del maíz tradicional y persiste en la harina precocida y fue señalado por las amas de casa sin ser encontrado desagradable. 3) el producto del Opaco tuvo una mejor aceptación que los productos de maíz corriente existentes en el mercado. Estos resultados y los obtenidos a escala de laboratorio sobre la calidad de las arepas, indican un comportamiento más favorable, para la calidad del producto final, en el maíz Opaco con relación al maíz común, frente a procesos de precocción iguales, explicable probablemente por la mayor facilidad de

CUADRO No. 7

Comportamiento funcional de harinas precocidas de maíz Opaco en la producción de arepas

	Características de la harina				Masa		Arepas asadas	
					Relación harina a agua 1:1.5		Textura	
No.	Tipo de proceso	Indice de Dextrosa %	Concentr. flujo 20" %	Absorc. de agua Farinógrafo %	Calidad	Textura lb/pulg^2	Fresca	Almacenada 24 h.
35	III	67.6	15.0	178	Blanda y pegajosa	69	Buena	Buena
36		61.6	18.6	158	Muy blanda y pegajosa	54	Buena	Buena
37		74.7	14.5	190	Blanda y pegajosa	83	Regular	Regular

cocimiento observada en el almidón del maíz Opaco con relación al normal, según trabajos anteriores (20).

En la Gráfica No. 1 se observan las curvas amilográficas de una harina precocida de maíz común (Indice de dextrosa 43.9%) sin fortificar, comparada con las obtenidas a diferentes niveles de fortificación con soya y algodón. Se nota una modificación sensible y creciente en el amilograma a medida que aumenta la concentración de soya, mientras que el nivel de 5% de algodón no produce cambios significativos sobre el amilograma de la harina precocida original. La modificación del amilograma a niveles crecientes de soya coincide con la aparición de características de pegajocidad en la masa para arepas, según se observa en el Cuadro No. 8. Otros resultados en este mismo Cuadro indican que el sabor no cambia significativamente sino a partir del nivel de 10% de soya, en que se encuentra extraño pero no desagradable. No se afecta la textura de la arepa fresca y sí se mejora la de la arepa almacenada a partir del nivel de 8% con relación a la de la harina sin fortificar. Estas arepas fueron almacenadas al ambiente (20°C, 60% humedad relativa) sin la protección de polietileno, condición más severa que la utilizada en las demás pruebas; este hecho puede explicar por qué el nivel de fortificación de 5% no tuvo, como se esperaba, acción favorable sobre la textura de la arepa almacenada.

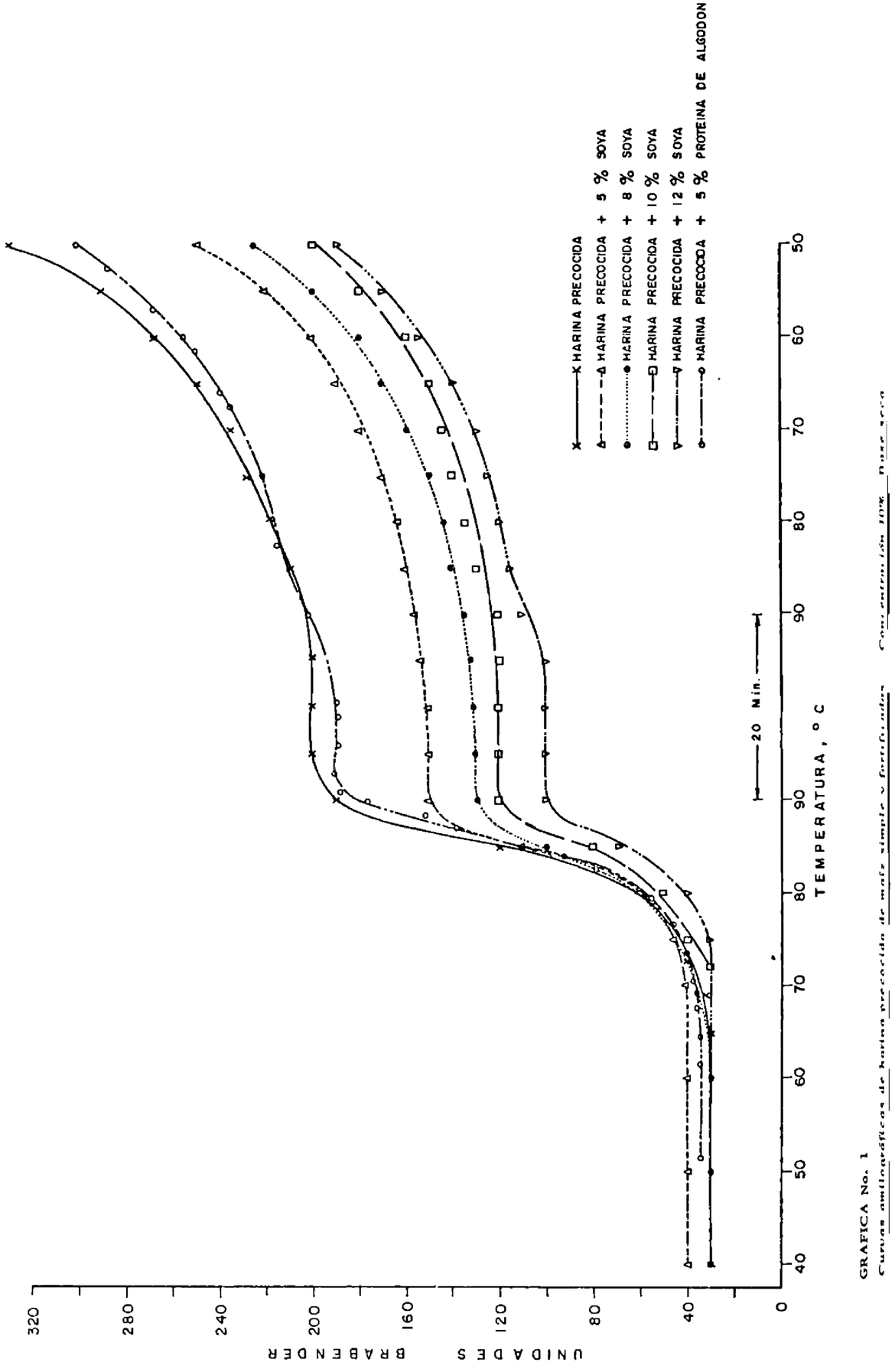
CUADRO No. 8

Influencia de la fortificación sobre las características de la masa y de las arepas

Tipo y nivel de fortificación	Calidad de masa	Calidad de arepas		
		Sabor	Textura	
			Fresca	Almacenada 24 h.
(*)	Normal	Normal	Buena	Mala, rejuda
Soya- 5%	Normal	Normal	Buena	Mala, rejuda
Soya- 8	Normal	Normal	Buena	Regular, dura
Soya- 10	Algo pegajosa	Algo extraño	Buena	Regular, dura
Soya- 12	Pegajosa	Algo extraño	Buena	Buena
Algodón - 5%	Algo más blanda pero manejable	Normal	Buena	Buena

* Harina precocida con índice de Dextrosa 43.9%, relación harina a agua 1:1.

La adición de la proteína de algodón al 5% no parece producir modificación desfavorable sobre las arepas y por el contrario parece mejorar su comportamiento al almacenamiento.



GRAFICA No. 1
Curvas amilográficas de harina precocida de maíz simple y fortificada

El Cuadro No. 9 contiene los datos obtenidos al observar la influencia de la fortificación sobre el color de la mezcla seca, de la masa y de la arepa, con relación a los de la harina y arepa originales. Como era de esperarse, a concentraciones crecientes de soya, hay una variación creciente del color, más evidente en la masa que en la mezcla seca. El Opaco presenta la menor diferencia en color, con respecto al maíz común, en la masa. El cambio producido por el algodón sobre el color de la masa, es el mayor pero no en la arepa asada. Es conveniente indicar que en ningún caso de fortificación se obtienen en la arepa colores considerados desagradables.

CUADRO No. 9

Influencia de la fortificación sobre las características del color de la masa y de la arepa

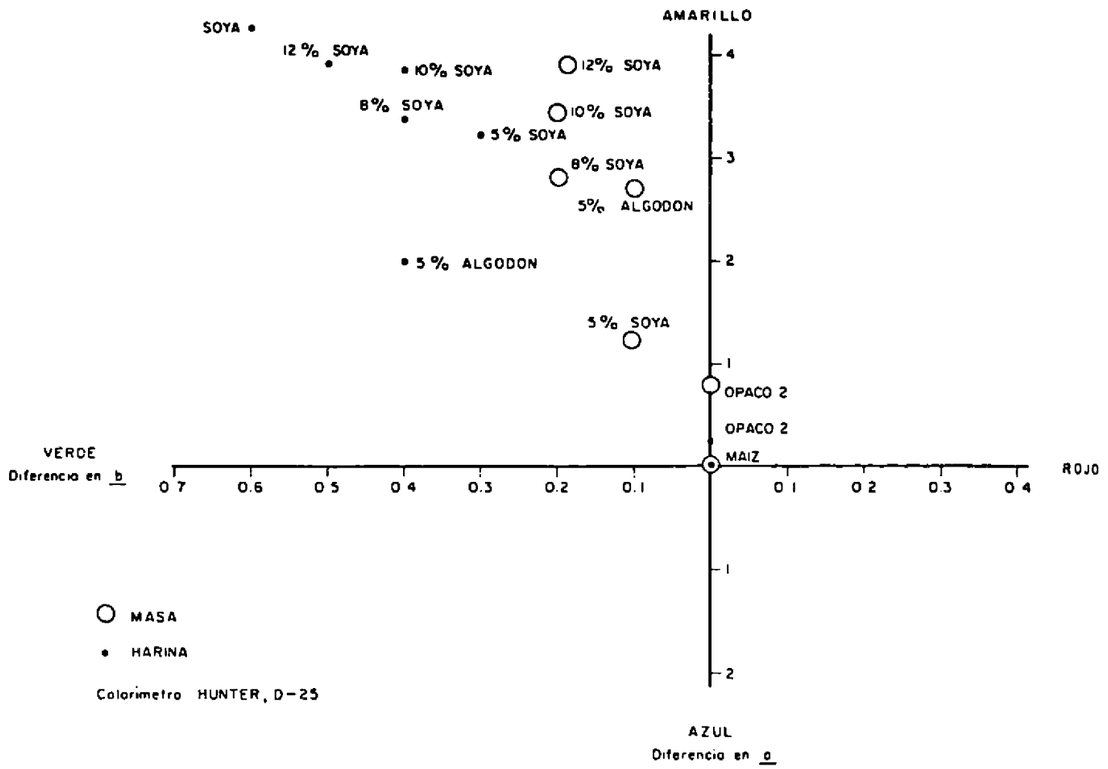
Fortificante		Diferencia total de color ΔE (*) (Con relación a la harina y a la masa de maíz		Color arepa (Observación visual)
		Harina	Masa 1:1.2	
Maíz común		-	-	Blanco
Maíz Opaco		1.1	0.9	Crema
Maíz común	Hna. Soya 5%	3.5	2.5	Tinte habano que se va acentuando con la concentración de soya
	8%	3.7	3.6	
	10%	3.9	4.3	
	12%	4.1	5.0	
Maíz común	Prot. de algodón 5%	2.4	6.2	Blanco algo amarillento

* $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$
Colorímetro Hunter D-25.

En la Gráfica No. 2 se presentan gráficamente las diferencias de color de las mezclas y masas fortificadas con relación a la harina y a la masa de maíz común, tomadas como referencia. Hay un desplazamiento hacia el tono amarillo verdoso de las mezclas fortificadas secas. El maíz Opaco está muy cercano al patrón. Las masas tienden hacia el tono amarillo.

Conclusiones

1. La calidad de las arepas es bastante sensible al grado de precocción de la harina, es por lo tanto necesario controlar la producción dentro de límites más bien estrechos de índice de dextrosa, para lograr una calidad uniforme.



GRAFICA No. 2

Harinas y masas fortificadas, diferencias de color con respecto a las de maíz común

Según los resultados de este y de otros estudios, este control puede efectuarse en fábrica utilizando el método de medida de las características de flujo, por estar bien correlacionado con el índice de dextrosa y ser rápido y sencillo.

2. Desde el punto de vista de calidad, una harina precocida de maíz Opaco puede competir favorablemente en el mercado con el maíz peto utilizado tradicionalmente para la elaboración de arepas, con algunas ventajas técnicas sobre las de maíz común, frente a procesos de precocción similares.

3. Las alternativas estudiadas para la fortificación de arepas son todas técnicas y organolépticamente viables y nutricionalmente atractivas. Para niveles de proteína del 6%, la harina precocida de maíz Opaco podría ser aplicada directamente. Para niveles de proteína del 7 al 9% son recomendables fortificaciones hasta del 10% con harina de soya.

4. Se dispone de un aislado de proteína de algodón que no presenta problemas de color verdoso observados en la mayoría de los productos procedentes de esta fuente de proteína vegetal. Su uso en la fortificación de productos como la arepa, a un nivel de 5%, presenta probabilidades interesantes.

Reconocimiento

Al Instituto de Investigaciones Tecnológicas, a la Organización de los Estados Americanos y a Colciencias por el patrocinio conjunto de este trabajo. Al grupo de trabajo de la Sección 300 del Instituto de Investigaciones Tecnológicas, por su eficiente colaboración.

Referencias

1. Buckle, T. S. de. Estudio sobre la Promoción del Consumo de Maíz en Alimentación Humana. Situación de la Industrialización y del Consumo de Maíz en México. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Bogotá, Noviembre, 1968 p. 21.

2. Rodríguez, J. Estudio sobre la Promoción del Consumo de Maíz en Alimentación Humana. Informe de la visita realizada a Venezuela en relación al maíz. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Bogotá, noviembre 1968 p. 4.

3. Comunicación privada, marzo, 1971.

4. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá, Colombia. Comercialización Demostrativa de la Arepa. Preparado por el Idema, Vol. I, Nov. 1970.

5. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá, Colombia. Harinas Precocidas de Cereales - Primera Fase. Preparado para la Organización de los Estados Americanos. Abril (1971) pp. 27-39.

6. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Dirección de Nutrición, comunicación directa, junio, 1970.

7. Villota, E. Comité Nacional de Maíz Opaco, comunicación directa, Bogotá, sept. 10, 1971.

8. FAO. Necesidades de Proteínas. Publicación No. 16, Roma (1958).

9. Cromwell, G. L., R. A. Pickett and W. M. Beeson. Nutritional value of Opaque-2 corn for swine. J. *Animal Sci.*, 26:1325-1331 (1967).

10. FAO. Amino acid content of foods and biological data on proteins. FAO Nutritional Studies No. 24. Roma (1970).

11. Bressani, R. and L. G. Elías. All vegetable protein mixture for human Feeding. Development of INCA Vegetable MixtureP 14 based on soybean flour. Instituto de Nutricion de Centro América y Panamá, Guatemala, Guatemala. J. *Food Sci.*. 31: 626-631 (1966).

12. Nielsen, E. V. *Eur. Potato J.*, 12, (1966) pp. 116-121.

13. Toyama, T., S. Hizukuri and Z. Nikuni. Estimation of starch gelatinization by means of glucoamylase. *Denpun Kogyo Gakkaishi* 13:69-75 (1966).

14. Farrand, E. A. Flour properties in relation to the modern bread processes in the United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage. *Cereal Chemistry*: 41-98-111, 1964.

15. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá, Colombia Harinas Precocidas de Cereales - Primera Fase. Preparado para la Organización de los Estados Americanos. Abril (1971) pp. 67-73.

16. Mottern, H. H., T. S. de Buckle and C. Pardo. CProtein enrichment of colombian corn cakes. *Cereal Science Today*, 15:108-112 (1970).

17. Campbell, H. A. F Hollis, Jr. and R. V. MacAllister. Improved methods for evaluating starch for specific uses. *Food Technology*, 4:492-496 (1950).

18. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá, Colombia. Harinas Precocidas de Cereales - Primera Fase. Preparado para la Organización de los Estados Americanos. Abril (1971) pp. 22-23.

19. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá, Colombia. Harinas Precocidas de Cereales - Primera Fase. Preparado para la Organización de los Estados Americanos. Abril (1971) p. 25.

20. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá, Colombia. Caracterización Tecnológica de Maíz Comercial Colombiano Preparado para la Organización de los Estados Americanos. Bogotá, octubre (1971) p. 49.

21. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society 1965.

22. Lyman, C. M., W. Y. Chang and C. R. Couch. Evaluation of protein quality in cottonseed meals by chick growth by a chemical index method. *J. of Nut.*, 49:679-690, 1953.

23. Conkerton, E. J. y V. L. Frampton. Reaction of gossypol with free epsilon amino groups of lysine in proteins. *Arch. Biochem. Biophys.* 81:130-134, 1954.

PRODUCTOS DERIVADOS DEL FRIJOL DE SOYA COMO INGREDIENTES FUNCIONALES EN ALIMENTOS

Dr. Joseph Rakosky, Jr.
Central Soya, Chemurgy Division
Chicago, Illinois, Estados Unidos de América

Las proteínas de soya están cobrando cada día mayor importancia mundial, ya que ellas brindan tanto ventajas funcionales como nutricionales para aplicaciones alimentarias a costos razonables.

En los Estados Unidos la mayor parte de la cosecha de frijol de soya es procesado para obtener la harina de soya que es usada como alimento para animales domésticos. Una pequeña, pero siempre creciente cantidad, está siendo procesada para obtener productos comestibles de proteína de soya para la industria alimentaria.

El reconocimiento previo de las propiedades funcionales de los productos de proteína de soya creó el primer interés en varias aplicaciones alimentarias, siendo su valor nutricional de menor importancia. Al presente la corriente ha convertido a la nutrición en la más importante; sin embargo, para usar los productos de soya efectivamente, se hace necesario entender y aplicar las propiedades funcionales de cada uno de los productos de soya al sistema alimentario en que se vayan a introducir. En esta presentación se hará énfasis sobre este aspecto.

Procesamiento del Frijol de Soya

Antes de procesarse y convertirse en productos proteínicos alimenticios, los frijoles de soya después de cosechados deben ser limpiados y liberados de cualquiera de las materias extrañas que a menudo acompañan a la cosecha. Este proceso de limpieza se lleva a cabo mediante tamizaje selectivo y efectuando una limpieza con aire en un elevador de la planta procesadora previo al almacenaje de los frijoles. Con frecuencia es necesario secar el frijol para reducir la humedad a 13% ó menos para obtener una buena estabilidad en el almacenaje.

Cuando los frijoles se transfieren de los depósitos de almacenaje a la planta procesadora de alimentos, son tamizados de nuevo para separar cualquier frijol rajado o defectuoso así como materia extraña que haya escapado a la limpieza inicial o que haya contaminado al producto durante el almacenaje. (Ver el diagrama de procesamiento de soya en la Figura No. 1). Las partículas de un tamaño mayor o menor al requerido también son desechadas durante el tamizaje. Los frijoles pasan luego a un sistema de rodillos dobles donde el frijol es quebrado para separar la cáscara del cotiledón. La cáscara se separa por una corriente de aire para después sufrir un proceso térmico y luego ser molida, y vendida para propósitos de forraje. Los rodillos dobles para el quebrado son corrugados y ajustados de tal manera que el cotiledón pueda ser quebrantado en cuartos u octavos.

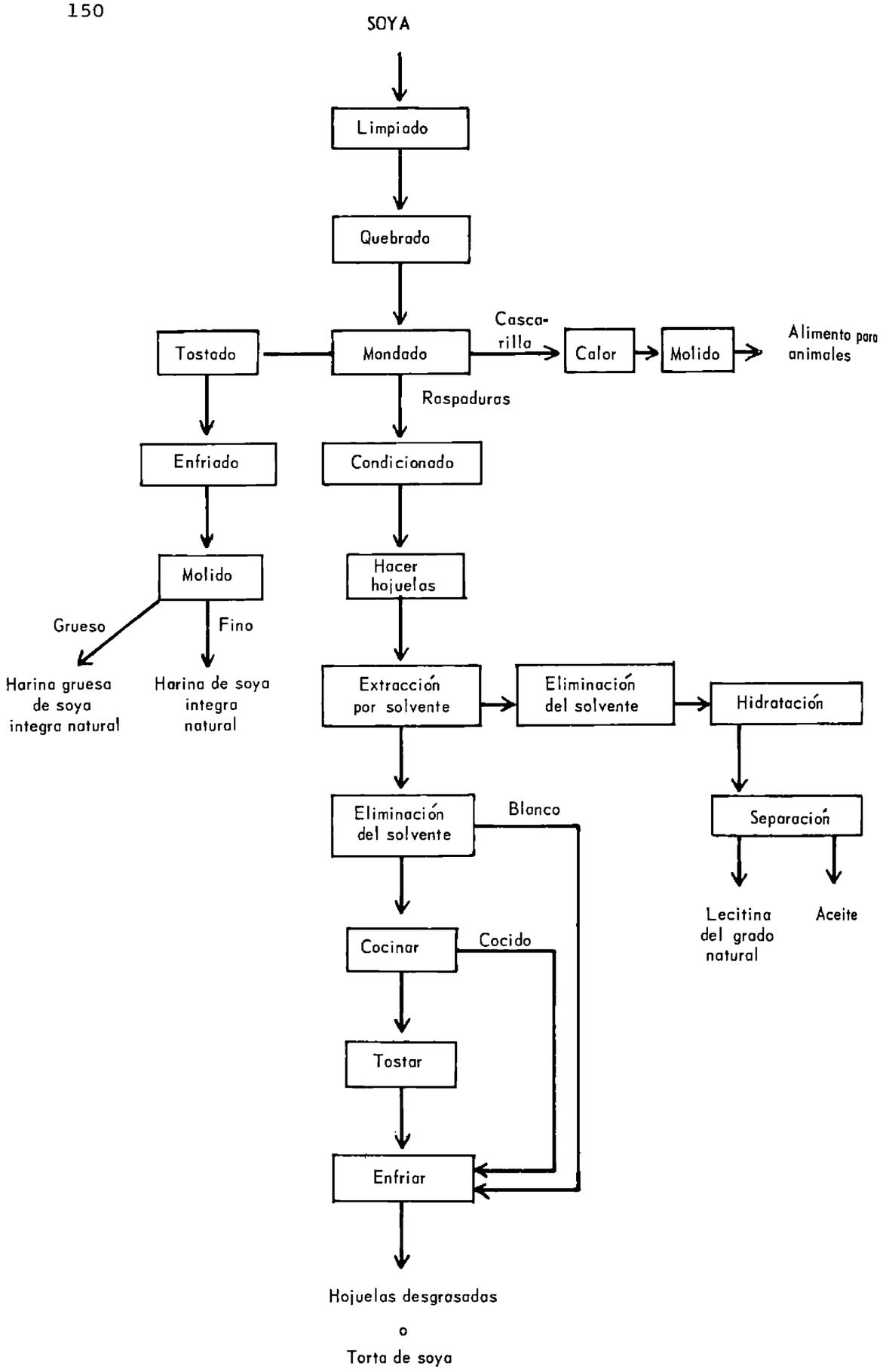


FIGURA No. 1
Procesamiento de la soya

En el caso del producto proteínico natural de soya sin desgrasar, los cotiledones ya pelados se tuestan, enfrían y muelen. Una molienda gruesa resulta en una soya natural sin desgrasar de grano grueso ("soy grit") mientras que una molienda fina da una harina de soya natural sin desgrasar. Esta harina natural sin desgrasar es actualmente de interés en algunas dietas especiales usadas en varios programas alimentarios.

Para la producción de hojuelas desgrasadas (el producto primario para la producción de harinas comestibles, concentrados y aislados proteínicos de soya), los cotiledones quebrados (comúnmente llamados virutas o carnes) se calientan en condicionadores para hacerlos moldeables. Las virutas así tratadas son pasadas por rodillos grandes que son ajustados para achatarlas y producir las hojuelas de grueso uniforme para el proceso de extracción por solvente.

El aceite se extrae de las hojuelas por varios sistemas de contracorriente usando hexano comercial. La solución de aceite en hexano es separada de la mezcla y luego se caliente para liberar al hexano del aceite de soya crudo que queda como residuo. Las gomas de lecitina son separadas del aceite mediante hidratación por vapor y centrifugación para luego ser secadas.

Las gomas secas obtenidas por este proceso se venden como lecitina de grado natural, o bien son procesadas aún más para obtener uno de varios tipos requeridos para aplicaciones específicas.

Luego que las hojuelas desgrasadas salen del extractor, se les elimina el hexano residual mediante calor y/o vacío. En ambos pasos de recuperación de hexano, tanto del aceite como de las hojuelas, se procura recobrar todo el hexano por varias razones (económicas, seguridad de la planta, organolépticas).

Una consideración muy importante en el procesamiento de productos proteínicos de soya es la cantidad de calor aplicada. El calor, particularmente el húmedo, tiene una marcada influencia sobre la dispersibilidad de la proteína en la hojuela. Si se usa muy poco o nada de calor húmedo después de separar el hexano, el contenido de proteína soluble en agua (PSA) es alto - usualmente de 50 a 80% - dependiendo del proceso. El producto así obtenido se llama harina u hojuela *blanca.*

Si se usa una cantidad moderada de calor húmedo la hojuela así producida se clasifica como un producto *cocido.* La PSA de un producto cocido varía de 25 a 50%. Una cantidad mayor de calor húmedo aplicado a la hojuela resulta en un producto *tostado* en el cual la PSA baja a menos de 25%. La variación es usualmente de 12 a 25%.

Así pues, puede decirse que el contenido de PSA de un producto de hojuela de soya es una medida del tratamiento térmico, entre mayor sea el tratamiento térmico menor será la PSA.

Algunos procesadores prefieren usar el índice de solubilidad de nitrógeno (ISN) como una medida del grado de tratamiento

térmico usado. En este caso el nitrógeno soluble se usa como índice.

Después de separar el hexano, la hojuela desgrasada emerge con un contenido de proteína de 50 a 52% y dependiendo de la cantidad de calor húmedo usada, puede ser hojuela blanca, cocida o tostada. Debe indicarse aquí que el color de la hojuela también es influenciado por el grado de calor usado. Un fuerte tostado resulta en un color café dorado, mientras que un tostado ligero da un producto de color blanco.

Desde el punto de vista del sabor, el producto blanco tiene un sabor amargo de frijol crudo mientras que el producto tostado tienen un sabor agradable de almendra.

En algunos casos el hexano es separado de las hojuelas usando un mínimo de calor, como al vacío. Esto resulta en hojuelas blancas con un PSA muy alta de 80% o más. Dicho producto tiene una actividad enzimática muy alta, particularmente de lipoxidasa.

Estas hojuelas pueden someterse entonces a una molienda gruesa (grano mayor de 100 mesh) para producir una soya de grano grueso ("soy grit"), (ver Figura No. 2). Es posible obtener una variedad más amplia de productos de grano grueso basada en el tamaño de la partícula y el grado de tratamiento térmico.

Si las hojuelas son molidas a 100, 200 ó 300 mesh, el producto se llama entonces *harina de soya.*

Las *harinas lecitinadas* especiales son preparadas mediante la adición de lecitina y/o aceite a la harina por un proceso de mezclado.

El *concentrado proteínico de soya* es producido a partir de hojuelas desgrasadas por un proceso mediante el cual la proteína es inmobilizada y los azúcares solubles, minerales, etc., son separados. El producto resultante tiene 70% de proteína en base seca.

Actualmente existen tres métodos para preparar concentrados proteínicos de soya. Dichos métodos difieren en cuanto a los medios usados para inmobilizar la proteína (calor, punto isoeléctrico y lavadas con solventes orgánicos) y se usan comercialmente.

El *aislado proteínico de soya* de calidad comestible, se produce mediante la extracción de los solubles de las hojuelas blancas usando agua o álcali diluído. El licor que contiene la proteína es separado del residuo de la hojuela y se precipita la proteína con ácido de grado alimenticio. El cuajo resultante se lava y seca por atomización para producir el producto isoeléctrico, o bien, es neutralizado previo al secado por atomización para rendir un producto dispersable en agua.

Las proteínas de soya están jugando un papel importante en el desarrollo de productos estructurados texturizados de proteína vegetal. Estos productos son bastante versátiles en el sentido que pueden ser usados para simular cualquier tipo de

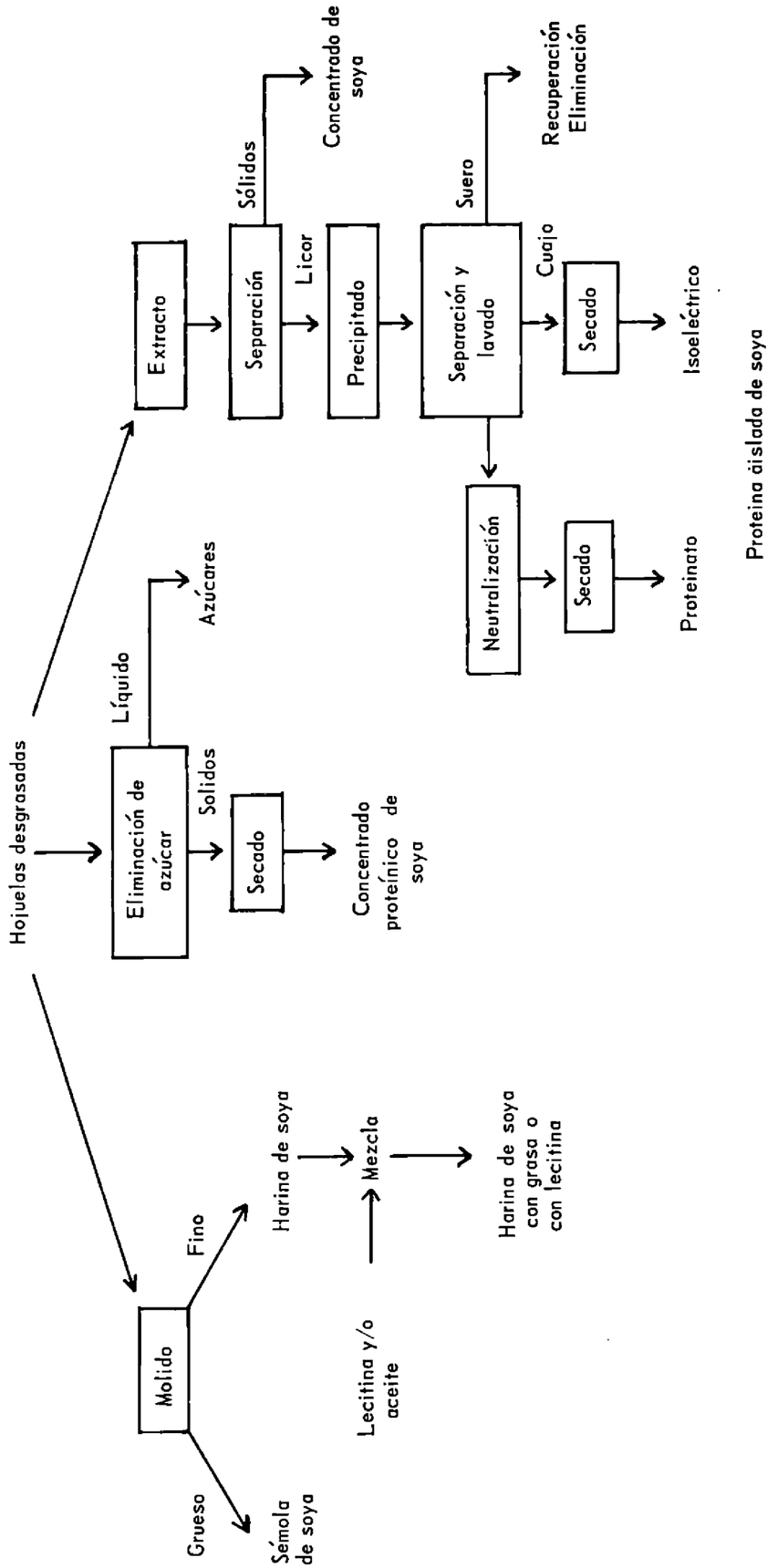


FIGURA No. 2

Productos de soya obtenidos de hojuelas desgrasadas

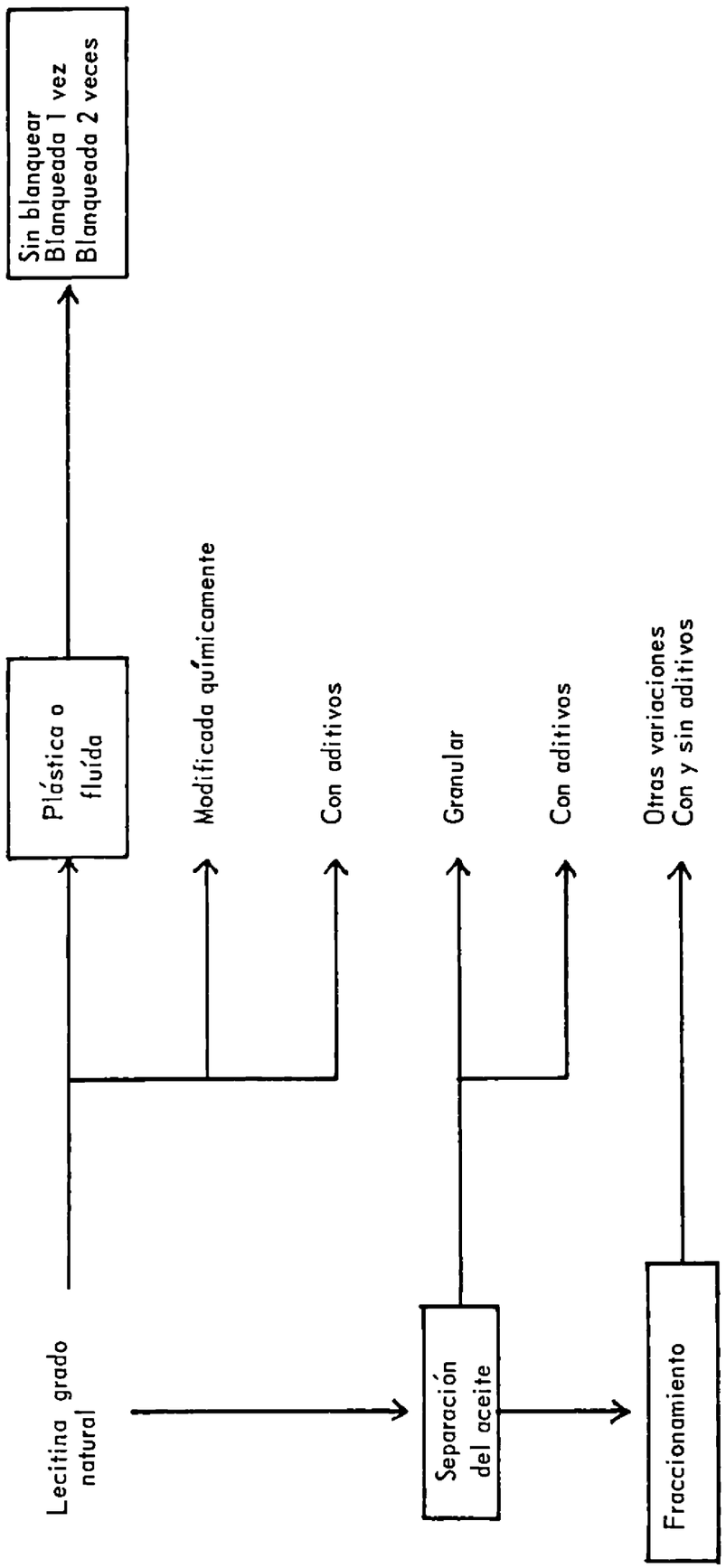


FIGURA No. 3
Productos de lecitina

alimento como varios productos de carne, virutas de coco y frutas o nueces secas. Actualmente la textura se obtiene en dos formas: 1) mediante el hilado de fibras, y 2) por procesos de estiramiento termoplástico.

Las *fibras hiladas* son preparadas mediante el paso bajo presión de una dispersión alcalina de proteína de soya a través de hileras dentro de un baño coagulador. Las fibras resultantes son luego alargadas para impartir dureza o consistencia al producto.

En la producción de un artículo simulando carne, las fibras son combinadas con grasa, colorantes, sabores artificiales y proteína coagulable al calor. Luego se les da forma y se cocinan. Después de fabricado el producto puede rodajarse, molerse o secarse. Estos productos pueden consumirse como tales o bien procesarse aún más para obtener productos congelados, enlatados o deshidratados.

La fabricación puede incluir también varios procesos diferentes que son recombinados para simular productos específicos; por ejemplo las rodajas de tocino simulado son fabricadas poniendo fibras juntas al azar con un ligador de calidad comestible. Algunas capas son coloreadas para simular la carne, otras son incoloras para representar la grasa. El trozo compuesto de varias capas es fijado por calor y rodajado transversalmente.

El proceso de *estrujamiento termoplástico* también es usado por varias compañías para la producción de carne simulada. El costo de estos materiales es menor que los productos de fibras hiladas debido a que en este caso pueden ser usadas harinas de soya en lugar del aislado proteínico.

El equipo para la manufactura de estos productos es similar al usado para productos de tipo de resina termoplástica, ejemplo, estrujadores continuos con cocción. La tecnología para la manufactura de análogos de carne por este método es similar a la usada para preparar bocadillos ("snacks"). Dependiendo de la condición de la materia prima y otros factores, las partículas estrujadas pueden ser apretadas o expandidas. En la mayoría de los casos es la forma expandida la de mayor interés.

En este proceso una mezcla de *harina de soya*, agua, sabor y colorante se somete a calor y presión por un tiempo predeterminado. Esta masa es estrujada a la presión atmosférica o a una presión reducida para permitir la expansión. El tamaño y la forma son determinados por el tamaño y forma de los agujeros de salida, así como por la frecuencia con que el material estrujado es cortado de los agujeros de salida por la cuchilla circulante. En esta etapa el material estrujado tiene todavía un contenido de humedad considerable por lo que es necesario un secado posterior.

Productos Proteínicos en Aplicaciones Alimentarias

Para considerar los productos proteínicos de soya en función de sus propiedades funcionales deben reconocerse también una serie de factores, tales como: actividad enzimática, proteína soluble en agua, contenido de fibra y de azúcares reductores,

sabor, tamaño de partícula, si la lecitina es o no es necesaria, en algunos casos factores nutricionales, compatibilidad, precio, etc. Para simplificar nuestra explicación de estos factores veremos primero al más simple de los productos proteínicos, la *harina de soya*

Harina de Soya

Para seleccionar una harina de soya es necesario considerar primero el grado de tratamiento térmico. Cómo funcionará mejor la harina de soya, como un producto blanco, como un producto cocido o como un producto tostado? Obviamente si el contenido de proteína soluble en agua es importante en una aplicación dada, el producto blanco deberá usarse. Esta decisión, sin embargo, debe ser considerada desde varios puntos de vista importantes en una aplicación alimentaria: nutrición, sabor y actividad enzimática. Desde el punto de vista nutricional, el producto blanco no es ideal en esta forma, puesto que necesita ser cocido. Desde el punto de vista de sabor, este producto es amargo y tiene sabor a frijol crudo. Dado que el producto blanco tiene una actividad enzimática alta, este factor debe reconocerse así como también el inhibidor de tripsina que disminuye la utilización normal de la proteína de soya por el organismo. Sin embargo, cuando a la harina se le da alguna aplicación como en la panificación, una vez la enzima ha actuado o la proteína ha llenado su función, la masa es horneada. Obviamente esto equivale a ser cocida en el procesamiento y las enzimas y el inhibidor de tripsina son destruidos. En tales aplicaciones, después de horneado, se convierte en un producto más nutritivo.

En una aplicación alimentaria donde el cocimiento es muy leve o no existe, es conveniente considerar el producto ya sea cocido o tostado. Desde el punto de vista nutricional el producto tostado es el mejor. Este tiene un índice de eficiencia proteínica (PER) de alrededor de 2.3 el cual es equivalente al de algunos cortes de carne. Si uno desea contemplar alguna actividad enzimática, un producto cocido puede considerarse para esta aplicación particular.

Además de sus fines para endulzar y suavizar, el azúcar o la dextrosa se usa en la panificación por su propiedad de empardeamiento, como por ejemplo, la corteza de tortas (pies). En muchos casos la adición de azúcar puede reducirse y en algunos eliminarse y substituirla por harina de soya para la propiedad de empardeamiento. Esto es de primordial importancia en algunas dietas modificadas.

Como una regla práctica al usar harina de soya, en cualquier aplicación de panificación, debe agregarse una libra adicional de agua por cada libra de harina de soya utilizada. Tanto algunas de las propiedades funcionales antes mencionadas como otros usos adicionales pueden ilustrarse mejor en un número de aplicaciones específicar, a saber:

Panqueques

La incorporación de una *harina de soya* blanca o una ligeramente lecitinada en una fórmula para panqueque, a un nivel de 3%, resultará en un producto con un color café dorado y una mejor textura, ligera y porosa. Muchos consumidores manifiestan que estos panqueques también tienen menor tendencia a pegarse a la plancha.

Roscas ("Donuts")

En pastelillos roscas, los sólidos de la yema de huevo son un ingrediente importante. Por una u otra razón, económica, dietética, etc., puede ser más deseable reducir la cantidad de este ingrediente. Ensayos de laboratorio han demostrado que aproximadamente la mitad de los sólidos de la yema de huevo puede omitirse de la fórmula y substituirse por *harina de soya* lecitinada. Por esta modificación no sólo se retienen las propiedades originales del pastel sino que se notan algunas ventajas adicionales.

Como en el ejemplo del panqueque, se nota una mejora en el empardeamiento y textura. Aparentemente la proteína de soya tiene una función adicional en esta aplicación. Cuando la rosca toca la grasa caliente durante el freído parece que se forma un sello en la superficie, de tal forma que la humedad es sellada en la masa y la absorción de la grasa de freir disminuye. Este fenómeno de sellado aumenta la estabilidad de la rosca durante el almacenamiento dada la retención de humedad y la rosca es más aceptada por el consumidor ya que no es "pesada".

Al utilizar *harina de soya* para pastelillos roscas, un punto adicional debe notarse. Hay menor cantidad de roscas deterioradas. Las roscas son de apariencia homogénea porque hay una expansión uniforme de las células de aire brindando un producto de textura uniforme.

La formación de estrella es ideal. Puede verse fácilmente que la cantidad de dinero ahorrada por el productor es grande, ya que él puede reducir las cantidades de ingredientes costosos, la frecuencia de cambio de la grasa para freir y producir menos roscas dañadas o imperfectamente formadas, mientras que el resto tiene una estabilidad de almacenaje mayor.

Pan

Varias harinas de soya se utilizan con ventaja en la preparación de pan blanco tanto por proceso de lotes como contínuo. Para permanecer dentro de los estándares de identidad puede utilizarse tres por ciento de *harina de soya*, basado en el contenido de harina de trigo.

El uso de harinas de soya en panificación, a bajos niveles, contribuye con las siguientes ventajas funcionales:

1. Mejor mezcla
2. Mejor absorción
3. Mayores rendimientos
4. Mejor secado
5. No se pega

6. Mejor moldeo
7. Tiempo de prueba más rápido
8. Empardeamiento más parejo
9. Económico

Harina de Soya de Grano Grueso

La consideración de la *harina de soya de grano grueso* es similar a la dada en el caso de la harina, es decir que uno debe reconocer que hay tres tipos: la blanca, la cocida y la tostada.

Las *harinas de soya de grano grueso* son usadas primordialmente por sus propiedades de absorción de agua y aceite. Un buen ejemplo es su aplicación en tortas de carne. Los productos de harina de soya de grano grueso son usados en alimentos para perros, tanto enlatados como suaves-húmedos, debido a su valor nutritivo, así como por sus propiedades absorbentes para agua y grasa. Tiene todavía una ventaja más, es un ingrediente barato que proporciona la textura deseada al producto terminado.

Concentrado Proteínico de Soya

El concentrado proteínico de soya (SPC) que tiene un contenido proteínico de 70% en base seca, puede también usarse en carne molida. Debido a su sabor suave y buena funcionalidad, el concentrado proteínico de soya puede usarse a niveles más altos.

En aplicaciones en productos de carne molida, tales como tortas, carne prensada, bolas de carne, bollos con salsa de carne, tacos y productos semejantes, la recomendación es usar 24 libras de producto hidratado por cada 100 libras de carne molida. La relación de hidratación preferida es una parte de SPC y tres partes de agua. En consecuencia en la formulación mencionada 6 libras de SPC y 18 de agua se añadirían a 100 libras de carne.

En el caso de una torta se reconocen varias ventajas: la carne se extiende un 24%, las tortas no se encogen ni estrechan en la sartén o parrilla y son más suaves y jugosas que las preparadas con sólo carne. La propiedad funcional clave utilizada aquí es la habilidad de retener el jugo de la carne.

En el programa de almuerzos escolares tipo A de los Estados Unidos, se permite hasta un 30% de substitución de carne por proteína vegetal estructurada. En este caso, las reglas actuales requieren una relación de hidratación de 1:1.5 antes de la adición a la carne.

El *concentrado proteínico de soya* también se permite a un nivel del 3½% en el caso de salchichas cocidas, preparadas por plantas sujetas a inspección federal. En productos de tipo no específico se permiten niveles más altos.

El *concentrado proteínico de soya* es el producto a escoger para ciertas formulaciones dietéticas. Debido a su sabor suave, a su alto PER y a su baja actividad de flatulencia, se recomienda en alimentos para animales, niños y de uso geriátrico. En los

últimos dos casos se recomienda este producto debido a la sensibilidad del tracto intestinal de los niños y los ancianos a la formación de gases.

Es conveniente hacer notar aquí que dado el aumento de precio de la leche en polvo desgrasada (NFDM), el *concentrado proteínico de soya* se está usando como un reemplazante parcial de NFDM en substitutos de leche para ternero. Cuando se suplementan con metionina, estas formulaciones alteradas de substitutos de leche son iguales a aquéllas que contienen NFDM solamente. Aun cuando la harina de soya es más barata que el SPC para este propósito, los terneros utilizan mejor el SPC que la *harina de soya*, especialmente durante los primeros 30 días. Se cree que la ventaja reside en que para el SPC se separan los azúcares solubles tales como la estaquiosa y la rafinosa. Estos azúcares han sido señalados como los factores de flatulencia en las *harinas de soya*.

Basado en el costo por libra, el precio de las *harinas de soya* es aproximadamente la mitad del de SPC, 15 contra 30 centavos (de dólar). En varias aplicaciones sin embargo, esta diferencia en precio disminuye, especialmente cuando se calculan los costos de transporte y cuando se necesita menor cantidad de SPC para obtener un determinado nivel proteínico. Cuando esta consideración se suma a las otras ventajas antes mencionadas (sabor y remoción de azúcar), el SPC muy bien puede ser el producto a escoger.

Aislado Proteínico de Soya

El *aislado proteínico de soya* (ISP) que por definición tiene 90% de proteína en base seca (pero a menudo contiene más), cuesta aproximadamente 41 centavos por libra de proteína. Tiene varias propiedades funcionales interesantes entre las cuales incluye: emulsificación, retención de grasa, absorción de agua, adhesividad, cohesividad, formación de película, espesamiento, suspensión, estabilización y formación de espuma.

A pesar de que todas estas propiedades ofrecen un número interesante de posibilidades de aplicación en varios campos, la aplicación de más uso hoy en día es en la industria de carnes - particularmente en salchicha cocida y en varios productos prensados. La siguiente lista enumera algunas aplicaciones en las cuales el *aislado proteínico de soya* se está utilizando:

Usos en alimentos de aislados proteínicos de soya

Productos de carne molida

Salchichas tipo Frankfurters
Salchichón tipo Bolonia
Embutidos misceláneos
Carne prensada para almuerzo
Carne prensada enlatada para almuerzo
Productos de aves de corral

Productos tipo lácteo

Cremas fabricadas para café
Batidos recubridores
Postres congelados
Bebidas en polvo

Mezclas para sopas secas

Fórmulas para niños

Artículos dietéticos especiales

Si se tiene cuidado especial durante su producción, la propiedad adicional de gelatinización puede notarse en un *aislado proteínico de soya.* Hasta donde sabemos ninguna otra proteína vegetal disponible en el comercio posee esta propiedad.

Una dispersión acuosa del aislado proteínico especial de 12 a 17% gelatinizará a 71°C en 30 minutos. Esta gelatina es irreversible por debajo de 116°C. Parecería que la propiedad de gelatinización del producto conjuntamente con sus otras cualidades le da la propiedad de retención ideal en aplicaciones de salchichas cocidas. El Servicio de Consumidor y Mercadeo permite el uso del *aislado proteínico de soya* en aplicaciones para salchichas a un nivel del 2% en plantas estadounidenses de productos de carne inspeccionadas federalmente.

En general, la proteína de retención es el producto más caro en una formulación para salchichas - el lomo, la carne de vaca, la carne de buey, etc. Al formular salchichas se hace el esfuerzo de reducir las carnes con propiedad de retención hasta el punto donde los fracasos son escasos. Por una u otra razón los fracasos ocurren debido a especie, edad y variaciones en el corte del animal, denaturalización de la proteína por uno u otro medio, etc. Esto significa repeticiones de proceso del material lo que representa costos más altos. Cuando el material nuevamente procesado se incorpora otra vez en una formulación ya maginal, ello significa añadir más dificultades ya que el material vuelto a trabajar carece o tiene muy pocas propiedades funcionales.

En tales casos el *aislado proteínico de soya* puede ser agregado como un ingrediente de seguridad. Asegurará al procesador resultados consistentes cada vez que sea usado al nivel recomendados de dos por ciento.

Dadas las presentes restricciones del Servicio de Consumidor y Mercadeo, para el caso de embutidos clásicos tales como salchichas tipo frankfurter y salchichón tipo Bolonia, hay muy poca o ninguna necesidad del *aislado proteínico de soya* en la formulación. Las limitaciones de grasa al 30% y de agua agregada al 10% causa muy poca o ninguna tensión en la formulación, lo cual invalida la necesidad del ISP.

En el caso de productos no específicos de tipo carne prensada en los cuales las restricciones mencionadas no tienen efecto, el ISP tiene mayor utilidad, especialmente en lo que se refiere a humedad. Otro uso para el aislado proteínico de soya es

en la línea de dietéticos. Puede ser usado en lugar de grasa en un sistema tal como el encontrado en la aplicación para salchichas. En este caso la dispersión previa en gel se usa en lugar de grasa. La reducción en el contenido calórico del producto es significativa.

Otro aspecto de alguna importancia es la preparación de trozos de carne cocidos y deshidratados para uso en alimentos de conveniencia. En esta aplicación y cuando se usa como un producto complementario, el aislado permite al procesador deshidratar convenientemente una preparación sin la necesidad del costoso equipo de liofilización. En adición, el aislado permite la fácil rehidratación de estos productos. Este paso de rehidratación en muchos casos es muy crítico.

Otra área que actualmente está recibiendo también mucha atención es la imitación de productos lácteos. Nuestra experiencia indica que un aislado proteínico de soya que no gelatinice, tiene el potencial más grande en esta aplicación debido a sus propiedades funcionales.

Conclusión

En esta presentación se ha hecho énfasis en productos básicos tales como *la harina de soya, el concentrado proteínico de soya y el aislado proteínico de soya* aun a expensas de productos estructurados de proteína vegetal. En este último caso, la regla es aplicar simples substituciones o extensiones. En los primeros casos, dado que las harinas, concentrados y aislados proteínicos de soya no simulan ningún producto animal en particular, es necesario comprender y usar las propiedades funcionales de cada uno, para que nos permita tomar completa ventaja de cada producto en varios sistemas alimentarios. Esta consideración, por necesidad, debe incluir el costo como un factor.

El interés principal en esta conferencia es nutrición. Nosotros creemos que las propiedades funcionales de productos de soya señalados en esta presentación serán de especial interés cuando el propósito es introducir nutrición en un producto alimentario.

SESION No. 4

Producción industrial, mercadeo y distribución de harina de tortilla en Centro América
Francisco Gámez Duch 165

Valor nutritivo de la proteína de la harina de tortilla y su mejoramiento por medio de fortificación en Centro América
Luiz G. Elías
Ricardo Bressani 172

Evaluación de la calidad proteínica del maíz común, del maíz Opaco-2 y del maíz común suplementado con aminoácidos y otras fuentes de proteína
Fernando E. Viteri
Cristina Martínez
Ricardo Bressani 195

El valor nutritivo de productos de la molienda del maíz, de la suplementación con aminoácidos y de mezclas de maíz común y de Opaco-2
José E. Dutra de Oliveira
Nelson de Souza 209

PRODUCCION INDUSTRIAL, MERCADEO Y DISTRIBUCION DE HARINA DE TORTILLA EN CENTRO AMERICA

Sr. Francisco Gamez Duch
Industría del Maíz, S. A.
Guatemala, C. A.

Cuando pensamos en la civilización maya, en el *Popol Vuh* *, libro de oro de los quichés, y en el dios *Yum Kax*, estamos penetrando en los misterios sagrados del reino del maíz. Leyendo el pasaje del último intento sobre la creación del hombre, encontramos: "... de maíz amarillo y de maíz blanco, se hizo su carne; de masa de maíz se hicieron los brazos y las piernas. Y moliendo entonces las mazorcas amarillas y las mazorcas blancas, hizo *Ixmucané* nueve bebidas y de este alimento provinieron la fuerza y la gordura y con él crearon los músculos y el vigor del hombre".

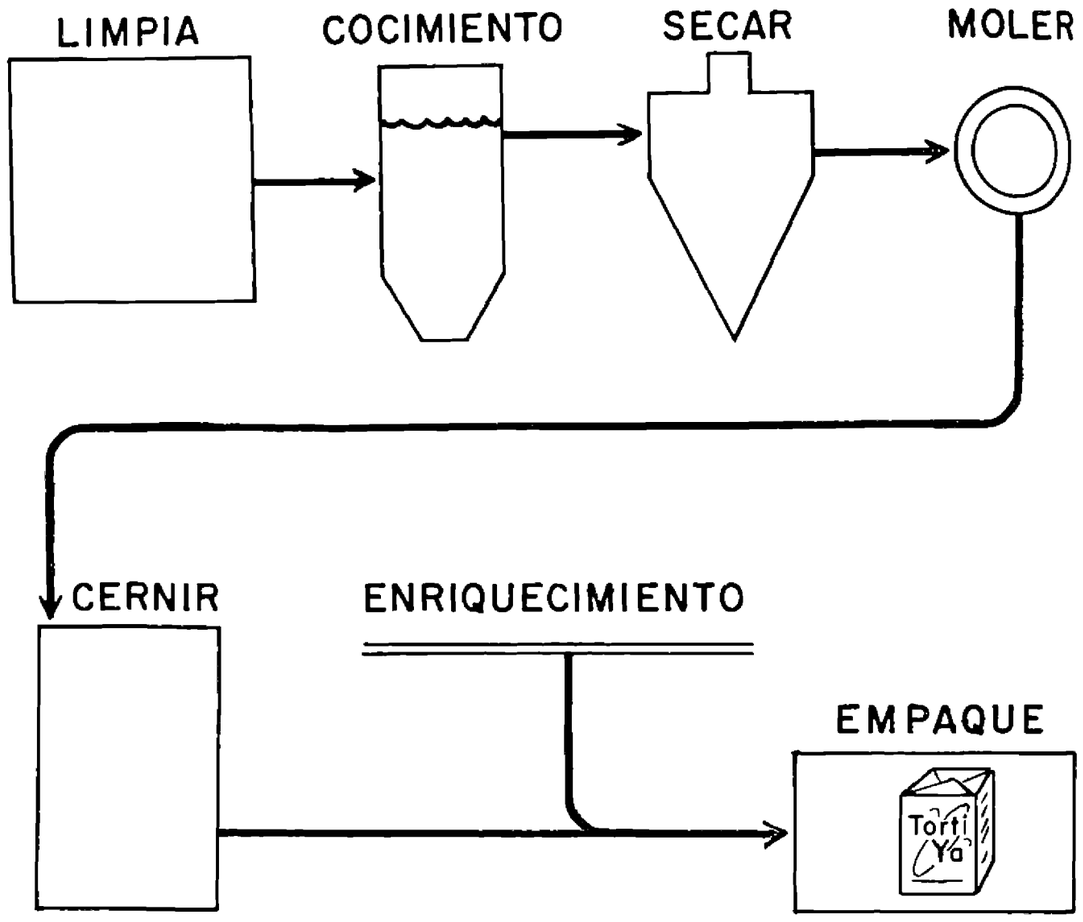
Estamos adentrándonos así, en un vasto territorio donde, por muchos siglos, el maíz viene significando el origen, la religión, la dedicación y el sustento de sus moradores. Si a éste le sumamos la civilización azteca, nos encontramos frente a un conglomerado de enormes proporciones que con la piedra de moler y el comal, crearon entre ritos y plegarias, la tortilla, su sagrado alimento. Lógicamente, la tradición fue arrollando, además de los indígenas, a toda la población blanca y ladina, quienes en la actualidad representan un fuerte potencial de consumidores de estas tortillas, que aún siguen siendo preparadas por el procedimiento original.

Con base en este enorme mercado latente y con la mira puesta en proporcionar a estas poblaciones un producto que cumpliera con los mismos requisitos de color, sabor y textura, además de facilidad de preparación, higiene y nutrición, hace unos 10 años se fundó la Industria del Maíz, S. A., en asociación con General Mills, Inc., de Minneapolis, instalando el primer molino de Centro América, especializado en harina de maíz instantánea y enriquecida con vitaminas y minerales, a través de una fórmula adquirida del Instituto Centroamericano de Investigaciones Tecnológicas e Industriales (ICAITI). El Departamento Técnico de General Mills, después de profundos estudios, diseñó la maquinaria necesaria para procesar el maíz como se muestra en la Figura No. 1, para que el producto final reuniera las especificaciones exigidas por el consumidor. Una vez construida e instalada, se iniciaron grandes compras de maíz blanco, ya que sólo éste es usado para mantener el color más claro posible, y se dio principio a la producción de TORTI-YA con el 100% de requisitos, cubiertos como se esperaba.

La labor de mercadeo fue exhaustiva pues efectuamos degustaciones de tortillas en los puntos de ventas, muestreo de la harina casa por casa, demostraciones de la fácil preparación, en grupos femeninos de los distintos estratos sociales, a quienes

---

* *Popol Vuh.* Las antiguas historias del Quiché. Traducidas del texto original con introducción y notas por Adrián Recinos. México, D. F., Fondo de Cultura Económica, 1963. p. 104.



GRAFICA No. 1

Proceso de harina de maíz TORTI-YA

también les enseñamos una gran cantidad de recetas típicas, basadas en la masa de maíz. La publicidad, durante un buen tiempo, fue consistente en todos sus aspectos audiovisuales: radio, televisión, prensa, afiches, etc. Se hicieron promociones de venta, con rebaja de precio en ofertas conjuntas con productos propios y combinadas con artículos afines de otras empresas. En fin, tenemos que aceptar que tanto la etapa de introducción como la de divulgación, fueron llevadas a buen ritmo, habiendo obtenido algunos resultados singulares, como la incorporación de TORTI-YA en la fórmula de Incaparina, en un alto porcentaje y la substitución de otras harinas por nuestro producto, en la fabricación de carnes preparadas y embutidos.

El sector de amas de casa tuvo una reacción muy especial. Nuestra idea era que cada hogar preparara las tortillas necesarias para sus comidas, en su propia cocina. Sin embargo, salvo algunas excepciones, las familias acomodadas compraban en los supermercados las bolsas de 2 y 5 libras, pero casi exclusivamente para platos típicos y no para sus tortillas. ¿Cuál era el fenómeno? Pues sencillamente, las cocineras se negaban a tortear porque lo consideraban degradante, aparte que les tomaba mucho tiempo y que era mucho más sencillo adquirir las tortillas de las "inditas" que sistemáticamente llegan cada día con su servicio de puerta en puerta.

En el sector de familias pobres, donde el ama de casa es cocinera al mismo tiempo, obtuvimos mejores resultados, pues cada una de ellas compraba en la tienda, la harina en pequeñas cantidades, por onzas normalmente, que provenían de sacos de 50 libras y ellas mismas hacían las tortillas para toda la familia.

También abordamos a muchas de las propias tortilleras que proveen la capital y con el ánimo de facilitarles su trabajo y convertirlas en adictas en lugar de competidoras, les ofrecimos TORTI-YA al mismo precio que el maíz crudo que compraban en los mercados. Poco a poco, nuestras ventas fueron aumentando a un ritmo progresivo, pero desgraciadamente, también nuestras pérdidas crecían en relación directa. Llegó el momento de pasar a la segunda fase de nuestro programa de divulgación del producto, por lo que estabilizamos los precios de TORTI-YA, tanto en paquetes como a granel, de manera que ya nos quedara un pequeño marco de utilidad. El resultado fue calamitoso.

Si bien las amas de casa acomodadas siguieron comprando nuestra harina, no ocurrió así con las familias pobres y mucho menos con las tortilleras. Las razones son bien sencillas. El primer grupo prefirió la comodidad que ofrecía la harina instantánea, pero el segundo antepuso el precio al tiempo invertido y desconoció el valor de los varios elementos necesarios para la preparación de tortillas.

Como decía al principio, la manipulación del maíz para el el sustento diario es un ritual antiquísimo y como tal, el factor tiempo no tiene ningún valor, a pesar de que la raza maya, con la invención de su conocido calendario, fue su mejor medidora. Así pues, cuando tratamos de demostrar a las tortilleras las ventajas de disponer de la harina instantánea que les ahorraba el tiempo de encender fuego, el tiempo de cocción, el tiempo de llevar el maíz a la molienda, obtener la masa o nixtamal y regresar a su casa, recibimos siempre la misma respuesta: "A las muchachas les pagamos lo mismo y les damos de comer igual, si se levantan a trabajar a las 3 o a las 6 de la mañana". Y efectivamente, así es.

El procedimiento usual de las dueñas de estos negocios pequeños y escondidos, es el de contratar grupos de muchachas jóvenes, en su mayoría indígenas, con salarios ínfimos dándoles también casa y comida. Su trabajo diario consiste en llevar a cabo todo el proceso, desde la cocción de maíz hasta la hechura de las tortillas, encargándose asimismo de la venta en el propio domicilio de sus clientes habituales. Por lo tanto, lo único que cuenta para este enorme conglomerado de artesanas, es el precio de la materia prima.

De ahí que, cuando mantuvimos nuestros precios estables por un largo período, pudimos observar claramente como la curva de venta de TORTI-YA, estaba relacionada con la del precio de maíz, en grano, del mercado. Insistimos mucho en el hecho de que nuestra harina estaba enriquecida con vitaminas y minerales y fortificada con proteínas, para mejorar la nutrición del pueblo. Pero, ante nuestro ofrecimiento, sólo recibimos movimientos negativos de cabeza, acompañados de una sonrisa compasiva por la ingenuidad que demostrábamos. Y es que el factor primordial

para la penetración de TORTI-YA en todos los estratos sociales estriba en el oscilante precio del maíz, que está íntimamente ligado a los altibajos de las cosechas.

En efecto, cuando un año presenta una cuantiosa producción y por lo tanto implica una fuerte competencia de precios, significa que al año siguiente, se obtienen cosechas más reducidas, lo que encarece el maíz en una forma desmesurada. Esto ocasiona desequilibrios en el costo de nuestra harina, especialmente en gastos de inversión y ensilaje. Lógicamente si le añadimos el costo adicional de enriquecimiento y fortificación, el costo final sin utilidad, es más alto que el precio del maíz en grano. Es por ello que en un momento dado, nos vimos obligados a suspender el aditamento de la proteína, consistente en harina de soya importada, sin sabor ni olor.

Nuestra empresa, a pesar de lo indicado, lejos de desmayar ante tanta dificultad, ha seguido buscando otras posibilidades para la harina, habiendo principiado últimamente a suministrar TORTI-YA a dos negocios de fabricación mecanizada de tortillas, quienes están obteniendo resultados halagadores. Ante esta experiencia, creemos que con el tiempo, éste puede ser un sistema efectivo, que al ir expandiéndose llegue a cubrir un buen porcentaje del consumo del área urbana, donde la evolución es más perceptible que en las áreas rurales.

Nos basamos en cierta forma, en el desarrollo del mercadeo de tortillas en México, país, en este aspecto, muy similar a Guatemala, pues también allí, hace años, los pioneros de la harina y por ende de la masa, tuvieron que luchar a brazo partido contra la fabricación casera, hasta que la avalancha de la mecanización consolidó un altísimo porcentaje del suministro de tortilla. Ahí quedó demostrado que la industrialización puede cambiar, para bien o para mal, los sistemas arcaicos, las tendencias y lo que es más, el desprecio al valor del tiempo. Esto es lo que esperamos ocurra aquí en un futuro próximo.

Entretanto, también nos hemos interesado en la labor gubernamental hacia las mejoras en la nutrición del pueblo. Entre los distintos proyectos, algunos ya en funcionamiento, está el "Programa Coordinado de Educación y Recuperación Nutricional", que a mi juicio podría titularse: "Un sueño hecho realidad", por los alcances que ofrece y su brillante organización. En este programa, va a ser incorporada una nueva harina TORTI-YA, pues además del enriquecimiento habitual, será nuevamente fortificada con una fórmula proteínica desarrollada por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Aquí deseo hacer un público reconocimiento al Doctor Bressani por su magnífica labor de investigación con la que obtuvo dicha fórmula.

La idea es inculcar a la gente de pocos recursos, tanto en las áreas urbanas como en las rurales, un menú o dieta altamente nutritiva, económica y fácil. Dado que TORTI-YA reune los máximos requisitos tradicionales de sabor y color, tenemos gran confianza de que a mediano plazo y a través del esfuerzo conjunto de diversos organismos oficiales y privados, lograremos popularizar la harina instantánea de maíz en los hospitales, centros

de maternidad e infantiles, cuarteles militares y de la policía, prisiones, escuelas, fincas, etc.

A partir de este momento, el consumidor habitual de tortillas se adaptará más fácilmente al uso de TORTI-YA, porque las bondades de nuestro producto le serán recomendadas por más personas y por distintos canales. A través de este Programa haremos mayor hincapié en el valor nutritivo de nuestra harina, pero lógicamente, nuestra empresa tendrá que hacer uso de los beneficios de la Ley de Fomento Industrial para obtener los aditamentos libres de aforos y entrar en convenios especiales con el organismo oficial encargado de la regulación de granos, para conseguir un precio especial del maíz, que nos permita ofrecer TORTI-YA en condiciones accesibles al pueblo necesitado de alimentos proteínicos.

Con respecto al resto de países del área centroamericana, debemos mencionar que hemos tenido poco éxito en la venta de la harina, si comparamos el volumen obtenido al potencial disponible. Pero es ahí que surgen factores tan decisivos como son los gastos de transporte, impuestos y comisiones locales, así como las diferencias etnológicas del istmo y el hábito casi generalizado del cultivo del maíz. En el primer caso hablamos de costos adicionales a los que tenemos en Guatemala, por lo que cualquier intento de popularizar la tortilla con nuestra harina, sería infructuoso, dado el alto precio resultante. En el otro caso, hay regiones en que el maíz no se considera vital. En cambio, hay países con cosechas tan abundantes que, muy a menudo, se convierten en grandes suministradores nuestros.

Honduras y El Salvador son los más fuertes compradores de TORTI-YA, aun cuando en cantidades considerablemente menores al volumen de Guatemala. Nicaragua, aún siendo buen consumidor de alimentos a base de maíz, no adquiere cifras ni medianamente aceptables en nuestra meta de ventas. Costa Rica tampoco representa un potencial significativo, ya que las tortillas casi no forman parte de la dieta diaria, siendo únicamente cierta población rural la que las consume en pequeña escala. Nuestras ventas, sin embargo, se efectúan principalmente a las amas de casa de clase media acomodada, que gustan de preparar recetas culinarias.

Decíamos que por las razones expuestas, el éxito obtenido en Centroamérica es muy limitado y a esto hay que añadir la sensible baja de ventas que sufrimos al retirarse Honduras del Mercado Común. Sobre todo, la Costa Norte de ese país limítrofe nos representaba una salida considerable, por tratarse de una vasta región dedicada prácticamente al monocultivo del banano para su exportación, y sin embargo, profundamente adicta al maíz en su régimen alimenticio diario.

Este es pues, a grandes rasgos el panorama de la trayectoria y las perspectivas de nuestra industria que, a pesar de fabricar un buen producto y disponer de un mercado potencial, tropieza con los escollos del empirismo y de la tradición secular, altamente arraigadas y casi, podríamos decir, indestructibles.

Entretanto en el terreno de la estadística y como una orientación práctica, quiero dar a conocer algunas cifras y comentarios recogidos durante una encuesta llevada a cabo hace unos dos años en esta ciudad capital.

Se distribuyeron 390 formularios en 13 colonias diferentes, así: 150 fueron destinados a la clase D, representando las familias de escasos recursos; otros 150 para la clase C; 60 entre la clase B y 30 a la clase A.

Se entrevistó al ama de casa y en su defecto a la cocinera, obteniéndose los resultados siguientes:

1. El 97% come tortillas; el 3% no las come.

2. Las clases bajas C y D consumen mucho más que las altas A y B. La proporción es 78% contra 22%.

3. El mayor consumo de tortillas se lleva a cabo durante el almuerzo, que representa el 58% del consumo.

4. El número de personas que hace sus propias tortillas es sumamente bajo. Aproximadamente el 7%.

5. Del pequeño porcentaje de amas de casa que preparan tortillas, las clases superiores prefieren TORTI-YA. Las clases bajas usan el sistema rudimentario.

6. De las personas que comen tortillas, el 59% las recibe de la tortillera; el 35% las compra en la tortillería; el 5% las adquiere en la tienda y el 1% en el mercado.

7. De las 390 personas entrevistadas, 334 conocen TORTI-YA, no así las otras 56.

8. El 75% de las que conocen TORTI-YA, la han usado por lo menos una vez, en tortillas y tamales.

9. TORTI-YA tiene buena aceptación de acuerdo al 69% de los entrevistados. El 31% restante presentó algunas objeciones.

10. La distribución del producto es efectiva, pues el 94% de consumidores lo encuentran cuando lo necesitan.

En lo que se refiere a los comentarios recibidos respecto a las preguntas sobre el tema de la desnutrición en general y la necesidad de productos alimenticios de alto valor proteínico, citaré los más significativos, así:

1. Es el consenso unánime que existe el problema de la desnutrición.

2. La creencia es de que sus principales víctimas son los niños entre 1 y 6 años.

3. Nadie acepta que este problema afecte al grupo al cual pertenece.

4. Todos opinan que el propio Gobierno debe actuar ampliando sus campañas de nutrición, sobre todo al campesinado.

5. Se considera que el hacer hincapié en las características altamente nutritivas de un producto alimenticio, puede condicionar una actitud de rechazo hacia éste.

Para información general debo mencionar que nuestro sistema de empaque consiste en bolsitas de 14 y 28 onzas, bolsa de 5 libras y sacos de 50 y 100 libras. El peso de las dos bolsas más pequeñas está adecuado para poder venderlas al público, principalmente de escasos recursos, a 10 y 20 centavos respectivamente. La bolsa de 5 libras es vendida mayormente a los supermercados y, por lo tanto, a las clases A y B. El saco de 50 libras se vende indistintamente para uso industrial o para revender la TORTI-YA a granel en las tiendas.

En cuanto al proceso de producción empleado, se basa en un sistema de seis etapas, que son, limpiar, cocer, secar, moler, cernir y enriquecer (Figura No. 1). La harina así obtenida, reune sobradamente los requisitos exigibles, los cuales son verificados y autorizados por nuestro propio Control de Calidad. En condiciones normales la harina empacada tiene una duración de 8 a 10 meses, por lo que nuestro cuerpo de ventas y supervisoras constatan periódicamente el buen estado del producto, a través de la fecha de producción que cada bolsa lleva marcada.

Con el ánimo de perfeccionar nuestros métodos y de ofrecer al consumidor las máximas garantías, en los últimos tiempos hemos adaptado a las bolsas de papel, una cubierta de plástico termoencogible que protege la harina contra la humedad ambiental. Asimismo la aisla de los insectos que pululan en las bodegas y estantes de los puntos de venta y las emanaciones de otros productos lindantes de las tiendas y supermercados, que podrán penetrar en la harina, por tener ésta un poder altamente absorbente.

Señores: creo haberles dado a través de esta breve charla, una idea general de nuestras experiencias, tropiezos, actividades, esfuerzos y anhelos en incrementar el consumo de TORTI-YA, como un producto sencillo, que no requiere de utensilios especiales y se puede preparar en cualquier ambiente; un producto higiénico, pues evita la propagación de enfermedades, ya que se manipula domésticamente; un producto de alto valor proteínico, tan necesario para nuestros pueblos.

Y todo ello, dentro del marco de la tradición del maíz, que ha perdurado desde los tiempos de la maravillosa civilización maya.

VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA DE LA HARINA DE TORTILLA Y SU MEJORAMIENTO POR MEDIO DE FORTIFICACION EN CENTRO AMERICA

Lic. Luiz G. Elías y Dr. Ricardo Bressani
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, C. A.

Introducción

El valor biológico de las proteínas depende, básicamente del contenido, la disponibilidad y el balance de sus aminoácidos esenciales; este es un concepto actualmente respaldado por numerosas investigaciones en muchos laboratorios (1-8).

Aquellas proteínas que no llenan "armoniosamente" estas características, son factibles de ser mejoradas por medio de la corección de sus deficiencias cualitativas y cuantitativas (9, 10).

Los principios básicos indicados han permitido el uso de este concepto como una posible solución para mejorar la dieta de grupos de población que todavía no disponen de alimentos, en cantidad y calidad suficientes, para una nutrición proteínica adecuada (10, 11).

El presente trabajo tiene como propósito revisar en forma resumida parte de los esfuerzos realizados en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) para mejorar el valor nutritivo de la proteína del maíz, utilizando los conceptos y el enfoque anteriormente mencionados.

En el desarrollo de este trabajo, se tratará de indicar, en primer lugar, las principales deficiencias del maíz, para continuar con los mecanismos utilizados para su mejoramiento nutricional. Luego se discutirá la estabilidad de los nutrientes agregados, en relación al proceso casero de preparación de este alimento.

En base a los resultados obtenidos se llegará a la formulación de los suplementos desarrollados, los cuales serán evaluados de acuerdo con el aspecto nutricional y económico. Por último se discutirán las ventajas y desventajas de los mecanismos de fortificación estudiados desde varios puntos de vista.

La importancia del maíz como ingrediente básico en la dieta centroamericana, ha sido demostrada y discutida en el inicio de esta Conferencia (12). En esta presentación cabe solamente hacer énfasis sobre las principales limitaciones de la harina para tortilla, con el propósito de que nos sirva como base a las medidas que se usaron para su mejoramiento nutricional, que es precisamente el tema central de este trabajo.

En el Cuadro No. 1 se muestra la cantidad de proteínas, así como el contenido de aminoácidos esenciales del maíz y de otros cereales en comparación con la leche (10). Esta claro en este Cuadro que todos los cereales poseen un bajo contenido de proteínas, y que la lisina es el aminoácido más limitante (10).

Sin embargo, en el caso del maíz la deficiencia de triptofano es más acentuada (13), y no se obtiene ninguna respuesta significativa si no se suplementa la harina de masa de maíz con estos dos aminoácidos, simultáneamente, como se puede observar en el Cuadro No. 2. Estos resultados son de gran importancia práctica y económica, ya que al discutir la factibilidad del enriquecimiento del maíz con aminoácidos sintéticos, es necesario tenerlo en mente debido al elevado costo comercial del triptofano en comparación con otros aminoácidos (14). A pesar de que, el proceso de transformación del maíz a masa mejora ligeramente su calidad, ésta es todavía deficiente en términos de calidad y cantidad proteínica como se puede observar en el Cuadro No. 3. Estos resultados indican un valor nutritivo ligeramente superior para la masa en comparación con el maíz crudo o la harina de masa preparada por el método industrial. Esta mejora, en el caso de la preparación casera, ha sido explicada en base a una menor disponibilidad fisiológica de la zeína, permitiendo así un mejor balance de aminoácidos, ya que esta proteína se caracteriza por su deficiencia en lisina y triptofano (15).

CUADRO No. 1

Contenido de aminoácidos esenciales y de proteína de varios cereales (expresados en g/16 g N)

Aminoácido	Maíz	Arroz	Harina de trigo	Proteína de leche
Lisina	2.88	4.27	2.08	7.94
Triptofano	0.61	1.35	1.12	1.44
Isoleucina	4.62	4.89	4.19	6.51
Leucina	12.96	7.84	7.02	10.02
Aminoácidos azufrados totales	3.15	3.45	3.02	3.41
Fenilalanina	4.54	5.55	5.01	4.94
Treonina	3.98	4.10	2.62	4.70
Valina	5.10	6.24	3.94	7.01
g % proteína	9.40	7.20	11.80	35.0

Fuente: Véase referencia (10).

Mejoramiento de la Calidad Proteínica de la Harina de Masa

En base a los resultados ya expuestos al principio de esta Conferencia, y los datos anteriores, cabría en este momente discutir los mecanismos disponibles para el mejoramiento de la calidad proteínica de la harina de masa de maíz (Cuadro No. 4). Las tres posibles alternativas estudiadas fueron las siguientes: 1) Suplementación con aminoácidos sintéticos. 2) Suplementación con concentrados proteínicos y 3) Suplementación con concentrados proteínicos más aminoácidos (16).

CUADRO No. 2

Suplementación de la masa de maíz con aminoácidos

Aminoácidos	Aumento de peso promedio	Eficiencia proteínica*
Masa	32	1.21
Masa + 0.31% L-Lisina HCl	41	1.51
Masa + 0.10% DL-Triptofano	22	1.15
Masa + 0.31% L-Lisina + 0.05% DL-Triptofano	100	2.66

* Eficiencia proteínica = $\frac{\text{peso ganado}}{\text{proteína consumida}}$

CUADRO No. 3

Valor nutritivo del maíz y de la masa

Preparación	Aumento en peso g/28 días	Eficiencia proteínica*
Maíz crudo	47	1.38
Masa (proceso casero)	57	1.65
Masa (proceso industrial)	50	1.51

* Eficiencia proteínica = $\frac{\text{peso ganado}}{\text{proteína consumida}}$

CUADRO No. 4

Mejoramiento proteínico del maíz

1. Adición de aminoácidos sintéticos
2. Adición de concentrados proteínicos
3. Adición de concentrados proteínicos + aminoácidos

Suplementación con Aminoácidos Sintéticos

Con respecto a la primera alternativa, la producción comercial de aminoácidos ha permitido en ciertos casos, la utilización de estos como una posible medida para corregir la deficiencia cualitativa de proteínas carentes en ciertos aminoácidos esenciales (10). El Cuadro No. 5, resume los resultados de varios experimentos llevados a cabo con el propósito de suplementar la

harina de masa de maíz con sus aminoácidos limitantes (13). Cabe señalar que estos resultados no sólo indican cuáles son los aminoácidos deficientes, sino además las proporciones encontradas óptimas para cada uno de ellos, en lo que se refiere a la calidad proteínica de la harina de tortilla. De acuerdo al resumen presentado en este Cuadro podemos concluir que tales cantidades son de 0.31% para la lisina y 0.05% para el triptofano, así como que el agregado de los demás aminoácidos no resulta en un efecto beneficioso significativamente mayor que la adición de sólo lisina y triptofano.

CUADRO No. 5

Suplementación de la masa de maíz con aminoácidos

Aminoácidos*	Aumento de peso promedio**	Eficiencia proteinica***
Masa	32	1.21
Masa + 0.31% lisina	41	1.51
Masa + 0.10% triptofano	22	1.15
Masa + 0.31% lisina + 0.05% triptofano	100	2.66
Masa + 0.31% lisina + 0.05% triptofano + 0.20% treonina + 0.20% isoleucina + 0.15% metionina	112	2.69

* L-Lisina HCl, DL-Triptofano, DL-Metionina, DL-Treonina, DL-Isoleucina.
** Peso inicial para todos los experimentos 48-52 g.
*** Eficiencia proteínica = $\frac{\text{peso ganado}}{\text{proteína consumida}}$

Fuente: Véase referencia (13).

Suplementación con Concentrados Proteínicos

La corrección cualitativa de los dos aminoácidos deficientes puede ser también lograda a través de la adición de concentrados proteínicos que los contengan (17). El Cuadro No. 6, muestra los niveles apropiados de cada suplemento para obtener una respuesta biológica máxima. Estas cantidades óptimas están gobernadas por el contenido de lisina y triptofano de los diferentes suplementos (Cuadro No. 7), ya que se ha demostrado una correlación altamente positiva entre el contenido de ellos, en los concentrados proteínicos, y el grado de mejoramiento en el valor nutritivo de la proteína del maíz (17). La Gráfica No. 1 señala el coeficiente de correlación entre la cantidad de lisina, expresada como gramo de aminoácido por gramo de nitrógeno, y el índice de eficiencia proteínica (PER) en el punto que se

CUADRO No. 6

Cantidades óptimas de concentrados proteínicos para suplementar la masa de maíz

Concentrado proteínico	Cantidad óptima % en la dieta	Eficiencia proteinica*
----------	---	1.00
Proteína de huevo	3.0	2.24
Caseína	4.0	2.21
Harina de carne	4.0	2.34
Harina de pescado	2.5	2.44
Proteína de soya	5.0	2.30
Harina de soya	8.0	2.25
Harina de algodón	8.0	1.83
Levadura Torula	2.5	1.97

* Eficiencia proteínica = $\frac{\text{peso ganado}}{\text{proteína consumida}}$

CUADRO No. 7

Efecto de diferentes suplementos sobre el valor nutritivo del maíz

Proteína	Proteína	PER*	Valor nutritivo relativo**	Proteína utilizable, %
Maíz***	7.9	1.26	33.7	2.66
Maíz*** + 0.3% Lis + 0.1% Trip	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

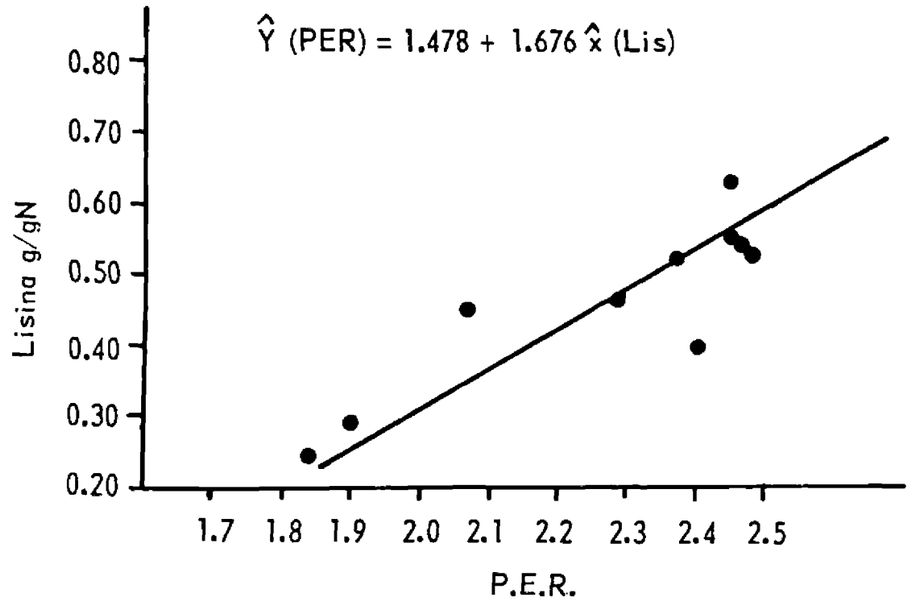
* Indice de eficiencia proteínica.
** Valor nutritivo relativo para caseína.
*** Masa.

Fuente: Véase referencia (17).

obtuvo su efecto máximo. El coeficiente de correlación obtenido en este caso fue de 0.874, confirmando así las observaciones anteriores. Resultados similares han sido obtenidos en la suplementación del arroz con concentrados proteínicos (18).

Concentrados Proteínicos más Aminoácidos

La tercera posibilidad está representada por la combinación de las dos alternativas antes mencionadas, o sea la adición de



GRAFICA No. 1

Relación entre PER y lisina

un concentrado proteínico más una cantidad del aminoácido que el suplemento no aporta en la proporción ideal. El Cuadro No. 7, presenta los resultados obtenidos con el agregado de la harina de soya, usada en este caso como el suplemento, y el aminoácido lisina (16). De acuerdo a la respuesta alcanzada es fácil visualizar que la adición complementaria de este aminoácido contribuye a mejorar aún más el valor nutritivo de la harina de masa de maíz. Obviamente este incremento también podría ser logrado con menor eficiencia de utilización y de una manera menos económica, aumentando el nivel del concentrado proteínico usado como suplemento.

Efecto de la Adición de otros Nutrientes en el Valor Nutritivo de la Harina de Tortilla

Desde el punto de vista nutricional el mejoramiento de la calidad y cantidad proteínica del maíz representa, sin lugar a dudas, el problema más importante.

Sin embargo, es necesario también señalar que para una mejor eficiencia de utilización, esta proteína ya balanceada demanda la presencia, en la dieta, de otros nutrientes en cantidades relativamente adecuadas (17).

El Cuadro No. 8 sintetiza los resultados de varios experimentos llevados a cabo en relación con este problema. Como se puede observar la adición de los aminoácidos limitantes, mejora el valor nutritivo de las proteínas del maíz; sin embargo, se obtiene un aumento mayor cuando la harina de tortilla está fortificada simultáneamente con aminoácidos y vitaminas en este caso, tiamina, riboflavina y niacina (17).

CUADRO No. 8

Efecto de la fortificación con lisina, triptofano y vitaminas sobre el valor nutritivo de la harina de tortilla*

Nutriente agregado[1, 2]	Peso inicial, g	Peso ganado g/28 días	Eficiencia proteinica
Ninguno	52	38	0.91
Riboflavina + Tiamina + Niacina	51	54	1.05
Lisina + Triptofano	46	70	1.62
Lis + Trip + B_1 + B_2 + Niacina	46	173	2.41

* Cantidad de harina de tortilla: 90%.
1 Cantidad de Riboflavina, Tiamina y Niacina agregada = 3 mg/100 g.
2 Cantidad de L-Lisina HCl = 0.41%; DL-Triptofano = 0.10%.

Fuente: Véase referencia (17).

A pesar de que en este Cuadro no se muestran los resultados de otros experimentos, ellos indicaron que la mejor respuesta del agregado individual de las vitaminas fue obtenida con la riboflavina.

Resultados similares se lograron con respecto a la vitamina A como puede apreciarse en el Cuadro No. 9. La mejor ganancia en peso fue lograda en el grupo alimentado con la tortilla fortificada con lisina y triptofano más esta vitamina. Este es un dato de importancia, ya que las encuestas nutricionales llevadas a cabo por el INCAP han indicado la deficiencia de este nutriente, en la dieta de las poblaciones centroamericanas.

Estos conceptos también son importantes en términos de la dieta global, ya que el maíz aporta la mayor parte de la ingesta

proteínica. El Cuadro No. 10 presenta el efecto de la adición de grupos de nutrientes sobre la eficiencia de utilización de dietas a base de maíz y frijol (19).

CUADRO No. 9

Efecto de la fortificación con lisina, triptofano y vitamina A sobre el valor nutritivo de la harina de tortilla

Nutriente agregado[1, 2]	Peso inicial g	Peso ganado g/70 días
Ninguno	52	78
Lisina + Triptofano	53	124
Vitamina A	53	80
Lisina + Triptofano + Vitamina A	52	149

1 Cantidad de L-Lisina HCl = 0.41 g%; DL-Triptofano = 0.10%.
2 Cantidad de Vitamina A = niveles recomendados para la rata.

CUADRO No. 10

Efecto de la adición individual de grupos de nutrientes sobre la calidad de la mezcla maíz-frijol[1]

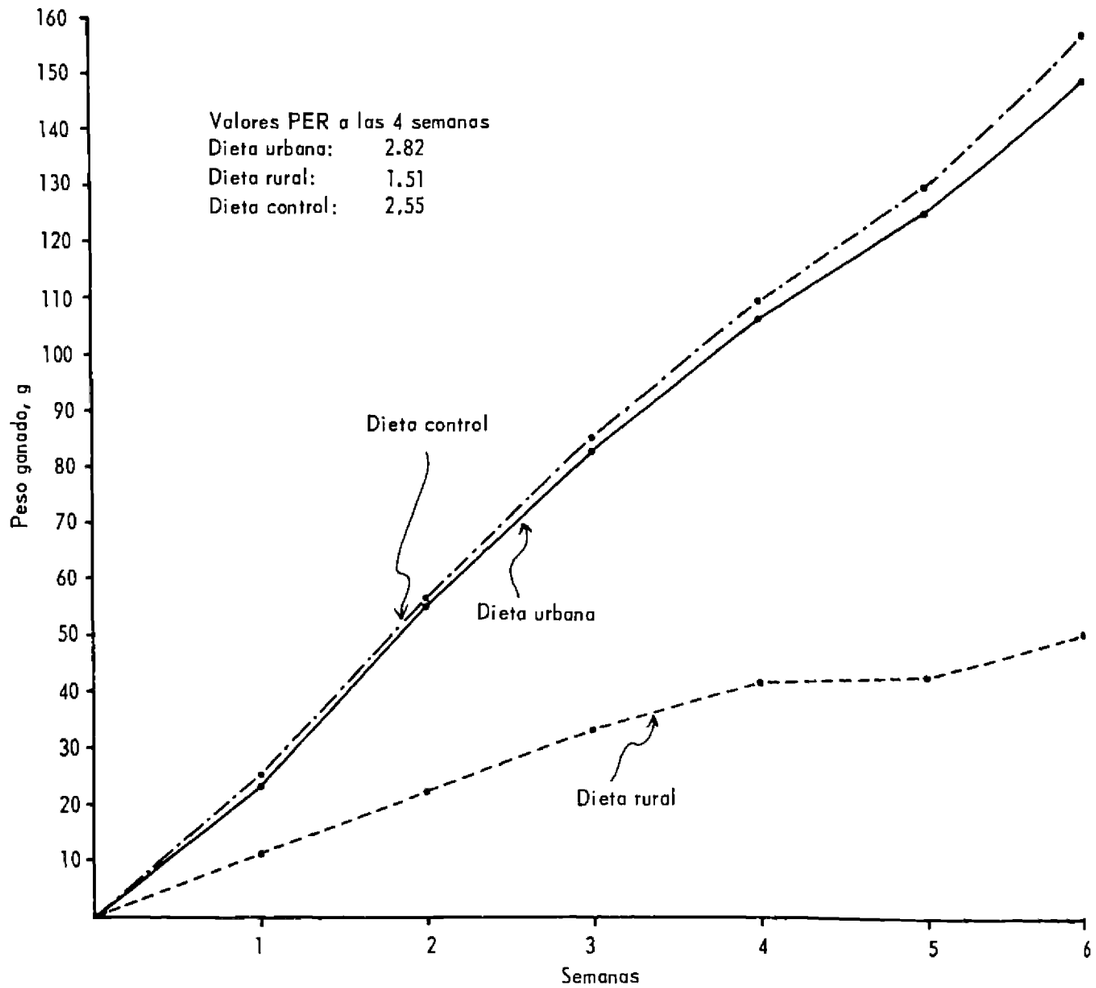
Tratamiento mezcla maíz-frijol	Ingesta promedio de alimento g/28 días	Peso promedio ganado[2] g/28 días	PER[3]
Ninguno	271 ± 8.8*	26 ± 2.3*	1.09 ± 0.07*
+ Vitaminas[4]	367 ± 18.7	49 ± 4.0	1.52 ± 0.06
+ Minerales[5]	388 ± 15.8	65 ± 4.3	1.91 ± 0.06
+ Lis + Trip[6]	266 ± 14.4	26 ± 2.5	1.10 ± 0.08
+ Vit + Min	425 ± 10.5	70 ± 2.1	1.90 ± 0.04
+ Vit + Min + Lis + Trip	484 ± 14.7	107 ± 4.9	2.55 ± 0.06

* Error estándar.
1 72.4% maíz + 8.10% frijol.
2 Peso promedio inicial: 44 g.
3 Indice de eficiencia proteínica.
4 Niveles recomendados para ratas de laboratorio.
5 Niveles recomendados para ratas de laboratorio.
6 0.25% L-Lis HCl y 0.025% DL-Trip.

Fuente: Véase referencia (19).

Como se puede apreciar, por estos resultados, es bastante claro que el agregado de los minerales, como un grupo, fue lo más importante, seguido de las vitaminas; lo más notable sin embargo, es el hecho de que la adición de lisina y triptofano, en la ausencia de aquellos nutrientes, no demuestra ningún mejoramiento al compararse con la dieta básica sin suplemento. Estas diferencias tienden a ser mayores si las mismas condiciones experimentales se mantienen por períodos más largos de tiempo, como se puede apreciar en la Gráfica No. 2, que muestra el crecimiento de los animales alimentados con estas dietas por un período de 8 semanas.

Estos datos fueron interpretados en el sentido de que el mejoramiento de la calidad proteínica requiere para su mejor utilización cantidades más altas de otros nutrientes ya limitantes en estas dietas, los cuales al corregir las deficiencias principales se hacen aún más limitantes.



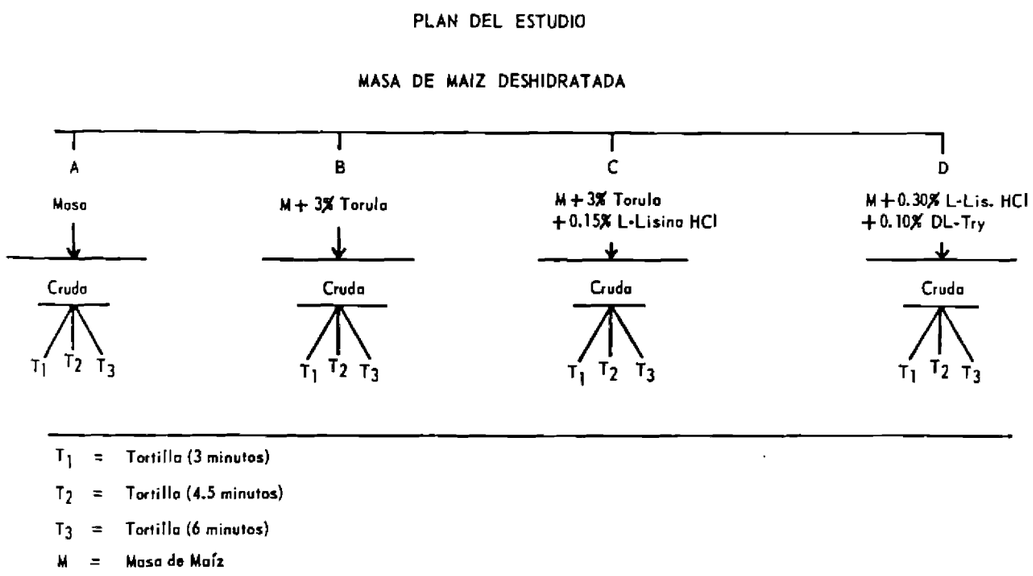
Ganancia en peso de ratas alimentadas con las dietas rural y urbana de niños preescolares de Guatemala

Aun cuando estos resultados probablemente son muy claros no siempre son tomados en cuenta en la práctica.

Estabilidad de los Suplementos

En la práctica, uno de los factores que determinará la eficiencia de utilización de estos suplementos es el efecto que, sobre la estabilidad de los nutrientes agregados, pueda tener la preparación del producto, en este caso, la tortilla, a nivel casero (20). La Gráfica No. 3 muestra el plan de un estudio llevado a cabo con este propósito. Para el caso una cantidad suficiente de masa de maíz fue dividida en cuatro porciones denominadas A, B, C y D.

La porción A fue usada como control; la B corresponde a la masa suplementada con 3% de levadura torula; a la C se le agregó el concentrado proteínico y 0.15% de lisina y finalmente, la porción D fue suplementada con los aminoácidos sintéticos en la siguiente forma: 0.31% de lisina y 0.1% de triptofano. Estos suplementos fueron agregados en base a la harina de masa deshidratada. Cada una de estas preparaciones fue dividida en 4 partes. Una de ellas no se sometió a ningún proceso de calentamiento, mientras que las 3 restantes pasaron por tres tiempos de cocción, que fueron de 3, 4.5 y 6 minutos respectivamente.



GRAFICA No. 3

Plan del estudio - Masa de maíz deshidratada

El Cuadro No. 11 resume los resultados obtenidos con la preparación suplementada con los aminoácidos sintéticos. Los porcentajes de recuperación de lisina y triptofano, consignados en la última columna, indican que no hubo una destrucción significativa de los aminoácidos agregados, aún con el tiempo máximo de calentamiento que fue de 6 minutos.

CUADRO No. 11

Efecto del procesamiento sobre la estabilidad de los aminoácidos agregados a las diferentes preparaciones

Preparación	Tiempo de calentamiento minutos	g Lis/gN	g Tri/gN	% Recuperación Lis	% Recuperación Tri
Masa	0	0.198	0.053	-----	-----
Tortilla	3.0	0.205	0.057	-----	-----
Tortilla	4.5	0.201	0.054	-----	-----
Tortilla	6.0	0.199	0.055	-----	-----
Masa + 0.30% Lisina + 0.10% Triptofano	0	0.370	0.080	106.3	95.2
Tortilla + 0.20% Lisina + 0.10% Triptofano	3.0	0.359	0.080	103.2	94.0
Tortilla + 0.30% Lisina + 0.10% Triptofano	4.5	0.311	0.099	89.4	117.8
Tortilla + 0.30% Lisina + 0.10% Triptofano	6.0	0.344	0.099	98.8	117.8

* L-Lisina HCl; DL-Triptofano.

En el Cuadro No. 12 corresponde al análisis de lisina y triptofano en las porciones con el suplemento proteínico, y éste más el aminoácido. Los resultados indican que la porción B, suplementada con 3% de torula no presentó destrucción de los aminoácidos, según indican los porcentajes de recuperación. En lo que respecta a la muestra C (masa de maíz más el agregado de torula y 0.15% de lisina), los datos revelan que a partir de los 3 minutos de calentamiento, el contenido de lisina mostró una ligera tendencia a disminuir.

La evidencia biológiça experimental, que se resume en el Cuadro No. 13 indica que la disponibilidad de los suplementos agregados no fue afectada por el tratamiento térmico empleado.

Como puede observarse no se constató diferencia alguna entre la calidad proteínica de cada preparación y su respectiva tortilla, salvo la muestra B que contenía 3% de torula. En este caso, se observó un ligero descenso tanto en la ganancia en

CUADRO No. 12

Efecto del procesamiento sobre la estabilidad de los aminoácidos agregados a las diferentes preparaciones

Preparación	Tiempo de calentamiento minutos	g Lis/gN	g Tri/gN	% Recuperación Lis	% Recuperación Tri
Masa	0	0.198	0.053	-----	-----
Tortilla	3.0	0.205	0.057	-----	-----
Tortilla	4.5	0.201	0.054	-----	-----
Tortilla	6.0	0.199	0.055	-----	-----
Masa + 3% Torula	0	0.255	0.056	105.8	94.9
Tortilla + 3% Torula	3.0	0.259	0.055	107.5	93.2
Tortilla + 3% Torula	4.5	0.257	0.062	106.6	105.1
Tortilla + 3% Torula	6.0	0.247	0.056	102.5	94.9
Masa + 3% Torula + 0.15% Lisina	0	0.302	0.057	96.5	96.6
Tortilla + 3% Torula + 0.15% Lisina	3.0	0.319	0.058	101.9	98.3
Tortilla + 3% Torula + 0.15% Lisina	4.5	0.288	0.062	92.0	105.1
Tortilla + 3% Torula + 0.15% Lisina	6.0	0.228	0.064	72.8	108.5

* L-Lisina HCl; DL-Triptofano

** 3 gramos de torula = 0.118 g de Lisina
0.021 g de Triptofano

CUADRO No. 13

Valor nutritivo de las diferentes preparaciones

Dieta	Tratamiento	Aumento en peso promedio, g**	Eficiencia proteínica
Masa	-----	25 ± 2.0*	1.28 ± 0.06*
Tortilla	-----	23 ± 3.5	1.25 ± 0.05
Masa	3% Torula	52 ± 3.6	1.86 ± 0.08
Tortilla	3% Torula	57 ± 3.5	1.76 ± 0.06
Masa	3% Torula + 0.15% Lisina***	64 ± 3.0	2.29 ± 0.07
Tortilla	3% Torula + 0.15% Lisina***	64 ± 4.7	2.17 ± 0.05
Masa	0.30% Lisina + 0.10% Triptofano***	59 ± 4.6	2.42 ± 0.10
Tortilla	0.30% Lisina + 0.10% Triptofano***	61 ± 7.3	2.53 ± 0.10
Caseína		101 ± 8.6	3.06 ± 0.08

* Error estándar.
** Peso inicial: 47 g.
*** L-Lisina HCl; DL-Triptofano.

peso como en la eficiencia proteínica. Sin embargo, es de interés señalar que estos valores fueron siempre más altos que las muestras sin suplementar. Estos datos revisten gran importancia práctica, ya que sugieren que bajo condiciones experimentales usadas tampoco hubo inactivación de estos nutrientes.

Características del Proceso

El hecho de que los aminoácidos agregados por medio del suplemento o en forma sintética, no hay sido destruidos o inactivados puede ser explicado en base a las características del proceso de preparación del maíz a tortilla, que se muestra en el Cuadro No. 14. La reacción característica de este tipo de tratamiento térmico es la de "empardeamiento", que siguiendo el esquema de Maillard, necesita compuestos nitrogenados y azúcares reductores. Los otros factores importantes son temperatura, tiempo, humedad y pH. En el caso particular de este proceso, puede apreciarse que a pesar de que la temperatura de calentamiento es alta (150-200°C), el tiempo de cocción es corto (3-5 minutos) y la humedad de la muestra elevada (54.6%). Estos hechos asociados al bajo contenido de azúcares libres de la masa (1.52%), explican en gran parte la ausencia de reacción Maillard durante el proceso (20).

CUADRO No. 14

Datos tomados durante la cocción de la masa para la preparación de la tortilla

Medidas	
Temperatura del recipiente	150 - 200°C
Promedio del tiempo de calentamiento	3-4 minutos
Promedio del peso de la tortilla antes del tratamiento térmico	55 gramos
Promedio del peso de la tortilla después del tratamiento térmico	44 gramos
Contenido de humedad de la tortilla antes del tratamiento térmico	54.6%
Contenido de humedad de la tortilla después del tratamiento térmico	34.6%
Pérdida de agua durante el tratamiento térmico	20%

Formulación del Suplemento

Tomando como base la experiencia acumulada sobre la fortificación de la harina de tortilla, por medio de los tres mecanismos anteriormente descritos, y tomando en cuenta el aspecto económico y nutricional, se llegó a la formulación de tres suplementos para la masa de maíz. El Cuadro No. 15 indica la composición de estos suplementos.

CUADRO No. 15

Formulaciones del grano sintético de maíz

Ingredientes	Formulaciones No. 1	No. 2	No. 3
		%	
L-Lisina HCl	6.000	1.25000	1.25000
DL-Triptofano	2.000	---	---
Maíz	91.844	---	---
Leche en polvo descremada	---	98.65250	---
Harina de soya (Soyafluff 200)	---	---	98.65250
Riboflavina	0.0060	0.00375	0.00375
Tiamina	0.0400	0.02500	0.02500
Niacina	0.0600	0.03750	0.03750
Vitamina A, g	0.0500*	0.03125*	0.03125*
	100.0000	100.00000	100.00000
% de adición	5	8**	8***

* Equivalente a 25,000 I. U. de vitamina A o vitamina A acetato (500,000 I. U./g). Esta cantidad provee la mitad del nivel recomendado de 750 mcg de retinol por 100 g de tortilla.

** Cantidad de leche descremada que provee 0.04% L-Triptofano y 2.8 g de proteína.

*** Cantidad de harina de soya que provee 0.05% L-Triptofano y 4.0 g de proteína/100 g.

En la fórmula No. 1, el mecanismo empleado fue la fortificación con los aminoácidos sintéticos lisina y triptofano. La adición de 5% de este suplemento proporciona 0.30% de lisina y 0.10% de DL-Triptofano en base a la harina de masa deshidratada, niveles que se ha encontrado sean óptimos en los ensayos biológicos.

En la fórmula No. 2, el concentrado proteínico usado es la leche descremada suplementada con lisina; el agregado de 8% de este suplemento proporciona los niveles adecuados de lisina y triptofano, más 2.8 g de proteína. Por último la formulación

No. 3, a base de harina de soya más lisina, contribuye con niveles adecuados de estos dos aminoácidos, y alrededor de 4 g de proteínas a la harina de tortilla.

Las tres fórmulas contienen además un suplemento vitamínico, que proporciona los niveles adecuados de las vitaminas B_1, B_2 y niacina. Debido a que la vitamina A es deficiente en el área centroamericana, como se mencionara anteriormente, este nutriente también fue incluido en los suplementos.

Posteriormente la fórmula del suplemento No. 3, fue modificada con respecto a su contenido de lisina, con el propósito de tomar en cuenta la parte de la molécula en forma de HCl; en este caso, la adición de 8% del suplemento al maíz proporciona 0.10 g de L-Lisina en forma sintética. Además se agregó al suplemento hierro en la forma de ortofosfato férrico. La fórmula del suplemento No. 3, modificada, y que será usada en la fortificación del maíz a nivel de campo, se muestra en el Cuadro No. 16.

CUADRO No. 16

Formulación modificada del suplemento No. 3*

Ingrediente	Composición del suplemento	Contenido en 8% agregado al maíz, g
Harina de soya [1]	97.5000	7.800000
L-Lisina HCl[2]	1.5000	0.120000
Tiamina	0.0268	0.002144
Riboflavina	0.0162	0.001296
Niacinamida	0.1930	0.015440
Ortofosfato férrico[3]	0.6000	0.048000
Vitamina A 250-SD[4]	0.0313	0.002504
Almidón de maíz	0.1327	0.010616
Total	100.0000	8.000000

* Desarrollada por R. Bressani, datos inéditos.
1 La harina de soya a usarse en este suplemento debe llenar las siguientes especificaciones: no menos de 53.0% de proteína; no más de 9.0% de humedad; no más de 1.0% de grasa; no más de 3.0% de fibra cruda y con una solubilidad de proteína entre 60-75%, granulometría no menos de 100 mesh.
2 L-lisina HCl, tipo consumo humano.
3 Contiene 28.17% Fe.
4 75.000 mcg retinol/g.

El precio de los diferentes ingredientes usados en estos suplementos, se muestra en el Cuadro No. 17. Como se puede observar, de todos los ingredientes utilizados el aminoácido triptofano es el componente de precio más elevado.

CUADRO No. 17

Precios de los ingredientes usados en las formulaciones

Ingredientes	$/100 lbs
L-Lisina HCl	100.00*
L-Triptofano	2000.00*
Maíz	4.00**
Harina de soya	8.00**
Leche en polvo descremada	34.00**
Mezcla de vitaminas	No disponible

* Referencia Altschul, A.M. Food: Proteins for humans. *Chem. & Eng. News*, Nov. 24, 1969.
** Precio local. Guatemala.

Con base en los precios de los ingredientes, se estimó (Cuadro No. 18) el costo por 100 lbs de cada fórmula, así como el costo de la fortificación por cada libra de maíz.

La fórmula No. 1, resultó con un valor de $30, la No. 2 $35 y la No. 3 $9.19, por 100 libras.

CUADRO No. 18

Costo de formulaciones y de fortificación*

	Formulaciones		
	No. 1	No. 2	No. 3
Costo/100 lbs	$ 30.00	$ 35.00	$ 9.15
Porcentaje de adición	5%	8%	8%
Costo de fortificación/100 lbs	$ 1.50	$ 2.80	$ 0.732
Costo de maíz fortificado por lb**	5.5¢	6.8¢	4.732¢
%, aumento en precio	37.5	70.0	18.3

* Considerando solamente el costo de los ingredientes.
** Precio corriente (1970) del maíz blanco en Guatemala: $4.00/100 lbs.

Usando las cantidades ya mencionadas del suplemento que debe agregarse a la harina para tortilla, el costo de la fortificación para una libra de maíz sería de 1.50, 2.80 y 0.73 centavos, respectivamente. Es de interés considerar que 0.73 centavos por libra de la fórmula No. 3, provee los aminoácidos y las vitaminas necesarias para mejorar la calidad nutricional de la proteína del maíz, además de aumentar la proteína total del producto fortificado en 4%.

Sin lugar a dudas, el costo estimado del suplemento No. 3 a base de harina de soya y lisina, representa el más económico para fortificar este producto.

Comparación entre el Maíz Suplementado y el Maíz Opaco-2

A pesar de que el uso del Opaco-2, en la dieta de poblaciones que consumen maíz, es una posibilidad aceptada a largo plazo, fue de interés comparar el valor nutritivo del maíz corriente fortificado con el suplemento de harina de soya más lisina, y el maíz con el gen Opaco-2. El Cuadro No. 19 resume uno de los experimentos llevados a cabo con esta finalidad. Debido a que las diferentes cantidades de proteína en las dietas afectan el índice de eficiencia proteínica, es aconsejable comparar los resultados obtenidos en términos de proteína utilizable, expresados en la última columna de este Cuadro.

CUADRO No. 19

Efecto de la suplementación sobre el valor nutritivo de la proteína de harina de masa de maíz

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

* % valor nutritivo relativo para caseína.
** Contenido de proteína x valor nutritivo relativo.
*** Masa de maíz.

Los resultados indican un aumento altamente significativo para la dieta de harina de masa suplementada con lisina y triptofano, al ser comparada con la dieta básica sin suplemento. Esta utilización fue aún mayor para la dieta fortificada con el suplemento de harina de soya más lisina.

Es interesante también indicar que la harina de masa preparada con el maíz Opaco-2 presentó un valor ligeramente más alto al ser comparada con la harina de maíz fortificada con aminoácidos o con el suplemento de harina de soya. Este hecho sugiere un mejor balance de aminoácidos en las proteínas del Opaco-2 (Cuadro No. 20), que como se sabe contiene también cantidades adecuadas de lisina y triptofano (21-23). Ello se debe a que el maíz Opaco-2 contiene aproximadamente la mitad de la proteína soluble en alcohol, la zeína, en comparación con el maíz común, y ésta no contiene lisina y sólo una cantidad pequeña de triptofano.

CUADRO No. 20

Contenido de aminoácidos esenciales del maíz común y del Opaco-2 (expresados en g/16 N)

Aminoácido	Maíz Opaco-2	Maíz común
Lisina	4.10	2.88
Triptofano	1.26	0.61
Isoleucina	3.10	4.62
Leucina	8.12	12.96
Aminoácidos azufrados totales	3.01	3.15
Fenilalanina	4.27	4.54
Treonina	3.18	3.98
Valina	4.77	5.10

A pesar de que el maíz representa alrededor del 70% en la dieta de los niños preescolares de las áreas rurales de Guatemala, no debe olvidarse que el mismo es consumido en combinación con otros alimentos y no aisladamente. Aún cuando este aspecto será discutido con mayor detalle en una presentación posterior de esta Conferencia, conviene indicar rápidamente el efecto suplementario del maíz fortificado en dietas a base de la combinación maíz-frijol.

El Cuadro No. 21 presenta la composición de este tipo de dieta, así como una evaluación de su calidad y cantidad proteínica en comparación con la caseína. Creemos que estos datos indican un valor nutritivo relativamente bajo, y a semejanza del maíz los aminoácidos limitantes son lisina y triptofano (19).

CUADRO No. 21

Características de la dieta consumida por niños preescolares del área rural de Guatemala

Composición		Características químicas y biológicas	
Ingredientes	g%		
Masa de maíz	72.40	Proteína, %	10.7
Frijoles cocidos	8.10	Calorías/100 g	422
Tubérculos	5.70	Aminoácidos limitantes	Lis + Trip
Azúcar	13.80	Crecimiento 4 semanas	40 ± 1.51
		PER 4 semanas	1.51 ± 0.05
Total	100.00	Caseína	2.55 ± 0.09

Fuente: Véase referencia (19).

El efecto beneficioso obtenido al substituir el maíz común por el maíz fortificado (Cuadro No. 22) es evidente, tanto en términos de calidad como de utilización proteínica. Es de interés señalar que el maíz fortificado con la fórmula No. 3 (harina

de soya), resultó con los valores más altos en los parámetros medidos.

CUADRO No. 22

Mejoramiento de la calidad de la proteína de la mezcla maíz-frijol a través del uso de aminoácidos o suplementación proteínica

Tratamiento dieta basal	Proteína %	Peso ganado g/28 días	PER	Proteína utilizable %
Ninguno	8.3	52 ± 4.4*	1.75 ± 0.12*	4.36
Maíz** + Lis + Trip***	8.5	80 ± 3.6	2.48 ± 0.06	6.32
Maíz** + 8% Harina de soya + 0.15% Lisina	10.9	120 ± 5.4	2.50 ± 0.06	8.17
Maíz** + 8% leche en polvo descremada + 0.10% Lisina	9.8	111 ± 6.1	2.63 ± 0.07	7.73
Maíz** + 3% Levadura de torula + 0.10% Lisina	9.3	85 ± 5.2	2.24 ± 0.08	6.25

* Error estándar.
** Masa de maíz.
*** 0.31% L-Lisina HCl; 0.10% DL-Triptofano.

Con respecto a las cantidades óptimas de lisina y triptofano que deben usarse para suplementar el maíz, creemos que es un asunto relativamente bien documentado, según los resultados discutidos en esta presentación, por lo menos en las condiciones experimentales descritas. Sin embargo, me parece de interés hacer referencia a un punto adicional a este respecto. Si observamos nuevamente la composición de la dieta básica, (Cuadro No. 21) vemos que el frijol aporta alrededor del 8% a la dieta total; este alimento es conocido como un complemento natural de los cereales, debido a su contenido de lisina y triptofano, y en consecuencia debe contribuir, en parte, a mejorar la calidad de la dieta global.

Efectivamente, cuando se estudió el efecto de la suplementación de esta dieta con diferentes niveles de estos dos aminoácidos (Cuadro No. 23) se encontró que éstos eran menores en comparación con las cantidades usadas para el maíz solo. De acuerdo con estos resultados podemos observar que 0.20% de lisina y 0.025% de triptofano fueron suficientes para mejorar significativamente el valor nutritivo de la dieta básica (19).

Estos datos son de interés desde el punto de vista práctico, pues indican que una menor cantidad de estos aminoácidos puede ser usada sin afectar el mejoramiento proteínico de la dieta a la cual se destinan.

CUADRO No. 23

Valor nutritivo de la dieta básica suplementada con diferentes niveles de lisina y triptofano

Tratamiento dieta basal	Aumento en peso g/28 días**	Eficiencia proteínica
Maíz sin Lis	65 ± 3.73*	2.02 ± 0.06*
Maíz + 0.20% Lis + 0.025% Trip	108 ± 3.99	2.76 ± 0.03
Maíz + 0.20% Lis + 0.050% Trip	110 ± 5.68	2.78 ± 0.08
Maíz + 0.30% Lis + 0.025% Trip	108 ± 5.33	2.81 ± 0.06
Maíz + 0.30% Lis + 0.025% Trip	105 ± 9.83	2.77 ± 0.13
Maíz + 0.30% Lis + 0.050% Trip	103 ± 3.07	2.79 ± 0.04
Maíz + 0.30% Lis + 0.10% Trip	96 ± 4.24	2.69 ± 0.07

* Error estándar.
** Peso promedio inicial: 48 gramos.
Fuente: Véase referencia (19).

Ventajas y Desventajas de la Suplementación con Aminoácidos y Proteínas

Si aceptamos la fortificación, como una medida inmediata para corregir las deficiencias de nutrientes básicos en los alimentos, conviene en el presente caso discutir algunas de las ventajas y desventajas de los mecanismos propuestos en esta presentación, principalmente bajo dos aspectos: Nutriciónal y Económico.

1. *Fortificación con aminoácidos sintéticos*

Para la fortificación con aminoácidos sintéticos en el caso del maíz, desde el punto de vista económico merece una consideración especial: como se ha demostrado en esta presentación, este cereal es, para propósitos prácticos, igualmente deficiente en lisina y triptofano, y este último aminoácido aun tiene un precio comercial elevado, limitándose así por el momento la aplicación de esta medida. Este argumento tal vez no sea válido para otros cereales, como el trigo por ejemplo, para los cuales la adición de solamente lisina es suficiente para lograr una respuesta significativa.

Otros puntos de interés serían los siguientes: 1) La suplementación con aminoácidos mejora la calidad proteínica pero no la cantidad, un aspecto muy importante de considerar, ya que

este grupo de alimentos tiene baja cantidad de proteínas. 2) Por lo general el agregado de los aminoácidos, no cambia las características fisicas ni organolépticas del alimento fortificado, lo cual es muy importante desde el punto de vista de aceptabilidad del producto a ser suplementado. 3) La selección de este medio de fortificación debe estar respaldada por las dos informaciones básicas más importantes: a) el orden en el cual los aminoácidos se encuentran deficientes en la proteína que se desea suplementar, ya que se ha demostrado que la falta de este conocimiento puede provocar un mecanismo fisiológico adverso, conocido como desbalance de aminoácidos (7), y b) conocer el impacto que el alimento suplementado pueda tener en términos de la dieta global. En otras palabras, el suplemento debe poseer los nutrientes que en realidad son deficientes en la dieta que se desea suplementar.

2. *Fortificación con concentrados proteínicos*

La posibilidad del uso de concentrados proteínicos como un medio de fortificación depende naturalmente de las características físico-químicas, nutricionales y organolépticas de la fuente que se escoge. Desde el punto de vista nutricional esta alternativa tiene la ventaja de mejorar simultáneamente, tanto la calidad como la cantidad de la proteína en el material fortificado. Este aspecto no sólo es importante para el cereal en sí, sino que también para la dieta global, que como ha sido demostrado también carece de una cantidad adecuada de proteína.

En lo que se refiere al aspecto económico, en el caso particular del maíz, la selección de la harina de soya como concentrado proteínico es sin lugar a dudas muy ventajoso, ya que este material no sólo es la fuente de lisina y triptofano, sino que también de una cantidad extra de proteínas, como ha sido demostrado en esta presentación.

Por otra parte las características físico-organolépticas de la harina de tortilla suplementada con este producto no sufrieron ningún cambio significativo, tema que será tratado en detalle posteriormente en esta Conferencia.

Con respecto a la selección de las medidas a ser usadas para la fortificación de un alimento, podríamos decir que ésta debe ser hecha tomando como base las condiciones nutricionales y económicas de cada región. Asimismo, la disponibilidad de la materia prima escogida, en el caso del suplemento proteínico es un factor de gran importancia desde el punto de vista práctico.

Finalmente, con relación a la posibilidad del uso del maíz con el gen Opaco-2, como un medio disponible para el mejoramiento de dietas a base de maíz, es sin lugar a dudas una solución apropiada ya que como se ha demostrado tiene un valor nutritivo relativamente alto. Sin embargo, los problemas actuales de naturaleza agrícola y técnica no permitirán la utilización de este recurso, por lo menos en el área centroamericana, en un futuro cercano.

Conclusiones

Resumiendo los principales aspectos de este trabajo, podríamos decir que ellos son:

1. La cantidad y calidad de la proteína del maíz pueden mejorarse significativamente mediante el agregado de aminoácidos sintéticos, de concentrados proteínicos o de éstos últimos más aminoácidos.

2. En el caso particular de la proteína del maíz, que es deficiente en triptofano, el elevado precio comercial de ese aminoácido sintético ha limitado su uso como un medio de fortificación.

3. La consideración de otros nutrientes, además de los aminoácidos, constituye un aspecto importante en la formulación del suplemento, ya que favorece una mayor utilización tanto de la proteína del maíz *per se* como de la dieta global.

4. En el presente caso se encontró que la fórmula de fortificación que satisface favorablemente los requisitos nutricionales y económicos del caso, es la preparada con harina de soya, lisina, algunas vitaminas del complejo B, hierro y vitamina A.

5. El método casero usado para la preparación de las tortillas, no inactiva ni destruye los aminoácidos agregados, ya sea que éstos se incorporen en forma sintética o a través de concentrados proteínicos.

6. Deben hacerse esfuerzos para tratar de solucionar los problemas referentes a la utilización del maíz Opaco-2, ya que podría constituir en el futuro, una solución aceptable para las poblaciones consumidoras de maíz.

7. Para la selección de la forma de fortificación, hay que considerar varios aspectos de naturaleza nutricional, económica y práctica, no sólo con respecto al alimento que se desee fortificar sino que también su contribución a la dieta global.

Referencias

1. Allison, J. B. Biological evaluation of proteins. *Physiol. Revs.*, 35:664-700, 1955.

2 Allison, J. B. The efficiency of utilization of dietary proteins. In: *Protein and Amino Acid Nutrition.* (A.A. Albanese, ed.). Academic Press, New York. p. 97-116, 1959.

3. Bressani, R. Evaluación biológica de las proteínas. En: *Recursos Proteínicos en América Latina.* (M. Béhar y R. Bressani, ed.) p. 21-52, 1971.

4. Harper, A. E. and H. E. de Muelenaere. The nutritive value of cereal proteins, with special reference to the availability of amino acids. *Proceedings of the 5th International Congress of Biochemistry*, 8:82-107, 1963.

5. Block, R. J. and H. H. Mitchell. The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutrition Abstr. & Rev.*, 16:249-278; 1946-7, 1947.

6. National Academy of Sciences - National Research Council. Evaluation of protein quality. Washington, D C., 1963 NRC Publication 1100.

7. Harper, A. E. Balance and imbalance of amino acids. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 69: 1025-1041, 1957-58.

8 Bressani, R. The effect of amino acid imbalance on nitrogen retention. II. Interelationship between methionine, valine, isoleucine and threonine as supplements to corn protein for dogs. *J. Nutrition*, 79:389-394, 1963.

9. Bressani, R. and L. G. Elías. Processed vegetable protein mixtures for human consumption in developing countries. *Adv. Food Research*, 16: 1-103, 1968.

10. Bressani, R., L. G. Elias and R. A. Gómez-Brenes. Improvement of protein quality by amino acid and protein supplementation. In: *International Enciclopedia of Food and Nutrition. Vol. II.* (Ed. E.J.B. Bigwood) Pergamon Press-Oxford & New York, p. 475-540, 1972.

11. Cremer, H. D. and Jean Mauron. Amino acid fortification. *Arch. Latinoam. de Nut.*, 21: 103-122, 1971.

12. Bressani, R. y L. G. Elías. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. Véase este volumen, p. 5.

13. Bressani, R., L. G. Elías y J. E. Braham. Suplementación con aminoácidos del maíz y de la tortilla. *Arch. Latinoam. Nut.*, 18:123-134, 1968.

14. Altschul, A. M. Food: Proteins for humans. *Chem. & Eng. News*, Nov. 24, 1969.

15. Bressani, R., R. Paz y Paz and N. S. Scrimshaw. Lime-heat effects on corn nutrients; effect of lime treatment on "in vitro" availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *J. of Agriculture and Food Chemistry*, 6: 774-778, 1958.

16. Elías, L. G. y R. Bressani. Mejoramiento tecnológico de la calidad proteínica del maíz. II Congreso de Tecnología de Alimentos, realizado en México, D. F., del 18-19 marzo, 1971.

17. Bressani, R. and E. Marenco. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan and vitamins. *J. of Agric. and Food Chem.*, 6:517-522, 1963.

18. Elías, L. G., R. Jarquín, R. Bressani y C. Albertazzi. Suplementación del arroz con concentrados proteínicos. *Arch. Latinoam. de Nut.*, 18:27-38, 1968.

19. Elías, L. G. and R. Bressani. Improvement of the protein quality of corn-bean diets by the use of fortified corn or Opaque-2 corn. *Western Hemisphere Nutrition Congress III*, Bal Harbour, Miami Beach, Florida, August 30-September 2, 1971.

20. Elías, L. G. Efecto del procesamiento sobre la estabilidad de suplementos de lisina y triptofano en maíz y tortilla. *Primer Simposio sobre Proteínas Alimenticias*, Buenos Aires - Argentina, mayo 18-23, 1970.

21. Mertz, E. T., L. S. Bates and O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964.

22. Bressani, R., L. G. Elías and R. A. Gómez-Brenes. Protein quality of Opaque-2 corn. Evaluation in rats. *J. of Nutr.*, 97:173-180, 1969.

23. Bressani, R. and L. G. Elías. Studies on the use of Opaque-2 corn in vegetable protein rich-foods. *J. of Agricul. and Food Chem.*, 17:659-662. 1969.

EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEINICA DEL MAIZ COMUN, DEL MAIZ OPACO-2 Y DEL MAIZ COMUN SUPLEMENTADO CON AMINOACIDOS Y OTRAS FUENTES DE PROTEINA

Dr. Fernando E. Viteri, Lic. Cristina Martínez y Dr. Ricardo Bressani
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, C. A.

Introducción

La importancia del maíz es conocida en la nutrición animal y como cereal básico en la dieta humana en muchas partes del mundo, entre ellas Mesoamérica, en donde se consume después de haber sido sometido a un tratamiento alcalino prolongado (1). En esta forma, el maíz contribuye con cantidades importantes de proteína en la dieta no sólo del adulto sino del niño después del destete y a lo largo de las edades de crecimiento rápido (2). De ahí que el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) haya llevado a cabo una serie de investigaciones en niños preescolares, encaminadas hacia el conocimiento de la calidad proteínica del maíz preparado con tratamiento alcalino. Además, se ha buscado definir la magnitud del mejoramiento de la calidad proteínica por medio de la adición de sus aminoácidos limitantes (3-5) y de otras fuentes de proteína de origen vegetal (6, 7). Con los mismos fines y en niños preescolares, se están haciendo estudios sobre la calidad proteínica del maíz Opaco-2 tratado con álcali; parte de los resultados de estos estudios ya han sido publicados (8).

En esta comunicación se presentan los resultados de una serie de estudios metabólicos en niños preescolares, utilizando maíz tratado con álcali como componente básico de la dieta. Estos incluyen harinas de maíz de alto y bajo contenido de zeína, maíz de la variedad genética Opaco-2, maíz común adicionado de sus dos aminoácidos limitantes (lisina y triptofano), una mezcla de maíz y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en las proporciones que contiene la dieta en grupos de población centroamericana, y una mezcla de harina de maíz común con agregado de soya y lisina. Además, se han estudiado dos mezclas de maíz común degerminado, sin tratamiento alcalino con adiciones de soya y leche. Se ha tomado como base de comparación relativa la calidad proteínica de la leche de vaca.

Material y Métodos

Los individuos incluidos en estos estudios fueron 68 niños internados en la Sala Metabólica del Centro Clínico del INCAP. Las edades de estos niños variaron desde 17 hasta 65 meses. Además, se consideró la "edad-talla" de estos niños, la cual se calculó como la edad de un niño normal (50 percentilo de Stuart y Stevenson) (9) de la talla del niño en estudio. La edad-talla de los niños varió desde 5 hasta 45 meses. Todos los niños estudiados habían sido hospitalizados por padecer de desnutrición proteínico calórica severa. Los estudios se realizaron cuando estos niños estaban totalmente recuperados de la desnutrición y libres de cualquier proceso patológico. Los criterios empleados para la selección de los niños ya han sido publicados (10, 11). Durante los períodos de estudios, los niños fueron supervisados

cuidadosamente para detectar cualquier alteración de su condición de salud. Todos los niños recibieron dietas líquidas preparadas cuantitativamente para 3 ó 4 días, con una exactitud de 0.1 gramo de peso para cada ingrediente. Las dietas proveían suficiente calorías/kg/día (90 a 100, dependiendo de la edad), 20% de las calorías totales eran derivadas de grasa proveniente tanto de los componentes sólidos como de aceite vegetal. Se administraron, a la vez, vitaminas y minerales para satisfacer las recomendaciones de estos nutrimentos*. Las unicas variables en las diferentes dietas experimentales fueron la fuente o la cantidad de nitrógeno.

Se llevaron a cabo dos o tres períodos de balance de nitrógeno de tres días de duración con cada dieta, la cual se administró de 10 a 13 días; los primeros 4 días de una nueva dieta constituyeron un período de adaptación. La ingestión de dieta y la excreción de orina y heces fueron cuidadosamente pesados. Tanto la dieta como las excretas fueron analizadas para contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl (12). A la ingesta se restó el nitrógeno de vómitos, en caso que éstos ocurrieran, el cual se calculó en base al peso del vómito y al contenido de nitrógeno de una alícuota del mismo.

Los resultados del balance de nitrógeno (N) han sido calculados y analizados de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

N Absorbido = N Ingerido - N Fecal

N Retenido = N Absorbido - N Urinario

N Absorbido Real = N Ingerido - (N Fecal - N Fecal Endógeno)**

N Retenido Real = N Absorbido Real - (N Urinario - N Urinario Endógeno)**

Valor Biológico = 100 x Retención Real de N/Absorción Real de N

Utilización proteínica neta = 100 x valor biológico x absorción real de N/Ingesta de N, o bien: 100 x retención real de N/Ingesta de N

---

* Vitaminas: Vitamina A 4,000 U. I.; vitamina B_1, 1 mg; vitamina B_2, 1.2 mg; Ac. Pantoténico, 6.0 mg, Ac. Ascórbico, 50 mg; vitamina B_{12}, 2 ug; vitamina E, 5 mg; vitamina D, 400 U. I.; Acido Fólico, 5 mg.

Minerales: En mEq/kg/d.: 6; Na, 2.5; Ca., 1; Mg, 0.4; Cl, 7.5; PO_4, 1; CO_3, 1; SO_4, 0.4. -Fe SO_4 0.3 g/día.

** La absorción real y la retención real de N se calcularon tomando en cuenta la excreción de N fecal y de N urinario obtenidas en 12 niños de iguales condiciones y edades a los que recibían las dietas experimentales, mientras recibían dietas libres de nitrógeno. Los valores obtenidos fueron: N fecal endógeno = 24.6 mg/kg/día; N urinario endógeno = 64.8 mg/kg/día (11).

Resultados

Los resultados de estos experimentos serán presentados a continuación:

1. *Calidad de la proteína del maíz común, alto en zeína*

Los resultados indicados en el Cuadro No. 1 fueron obtenidos administrando a niños preescolares una dieta a base de maíz tratado con álcali más gluten de maíz, como fuente única de proteína. El contenido de zeína de la harina de maíz utilizada en estas pruebas fue de 46% y se adicionó un 5% de gluten del mismo maíz que contenía 70% de zeína. El contenido de lisina de esta dieta fue de 0.118 g/g de N y el de triptofano de 0.012 g/g de N. Tres niveles de ingesta proteínica por kg/día: 3.0, 2.0 y 1.5 fueron estudiados. El promedio de absorción de N se mantuvo entre el 72 y el 78%, independiente de la cantidad de proteína administrada. En contraste, la retención de N, fue baja aun cuando la cantidad de proteína administrada era de 3 g/kg/día y se hizo negativa cuando la cantidad de proteína administrada era de 1.5 g/kg/día.

CUADRO No. 1

Balance de nitrógeno en niños preescolares recibiendo maíz + gluten de maíz como única fuente de proteína (dieta alta en zeína)

Número		Edad		Peso para talla	Ingesta proteínica	Nitrógeno				
		Cronológica	Talla			Ingerido	Absorbido	Retenido	Absorbido	Retenido
Niños	Balances	(m)	(m)	(%)	(g/kg/d)	(mg/kg/d)			(%)	
3*	9	41	16	91	3	470† (453 479)	339 (327 369)	9 (-8 174)	72 (61 77)	2 (-2 36)
7*	42	36	20	97	2	331 (308 367)	260 (207 284)	22 (-41 59)	78 (65 82)	7 (-13 17)
1	4	57	28	115	1.5	238 (235 241)	180 (168 193)	-11 (-22 -2)	76 (70 82)	-4 (-9 -1)

* Un niño con edad talla de 11 m recibiendo 3 g. de proteína/kg/d, y 2 niños con edad talla de 9 m. recibiendo 2 g. de proteína/kg/d tuvieron balances negativos de nitrógeno.

† Promedio y amplitud.

Es de notar que con esta fuente de proteína alta en zeína (deficiente en lisina y triptofano y muy rica en leucina), existía una franca diferencia entre la capacidad de retención de N de niños de mayor edad-talla con los de menor edad-talla. Así un niño con edad-talla de 11 meses recibiendo 3 g de proteína/kg/día y 2 niños con edad-talla de 9 meses recibiendo 2 g de proteína/kg/día tuvieron balances negativos de N, de -4% del N ingerido. Niños mayores de edad-talla, recibiendo 2 y 3 g de proteína/kg/día tuvieron balances positivos de N los cuales, sin embargo, eran inadecuados para mantener un crecimiento normal, lo cual requiere aproximadamente 25 mg de N retenido/kg/día.

2. *Calidad de la proteína de maíz común rico en zeína suplementado con lisina y triptofano*

La adición de lisina y triptofano para contribuir de 0.30 a 0.56% y del 0.28 al 0.34% del N total, respectivamente, ocasionaron una franca mejoría de la calidad proteínica de la dieta de maíz alta en zeína. La retención de N no varió dentro de los niveles de adición de lisina o triptofano; con esta base, se muestran los resultados en conjunto. Es evidente, en el Cuadro No. 2, que a mayor ingesta de N, mayor era la retención del mismo, notándose al igual que en el caso del maíz común adicionado de gluten de maíz, que dos niños con edad-talla de 9 meses que recibieron 2 g de proteína por kg/día retuvieron, en promedio, 15 mg de N/kg/día en contraste con otros cuatro niños de mayor edad-talla que recibieron la misma cantidad de proteína, los cuales retuvieron, en promedio, 57 mg de N/kg/día. El incremento en la retención de N con la adición de aminoácidos a la dieta de maíz, con alto contenido de zeína, no se debió a un aumento en la absorción de nitrógeno sino que a una disminución en la eliminación de nitrógeno urinario.

CUADRO No. 2

Balance de nitrógeno en niños preescolares recibiendo maíz + gluten de maíz suplementado con lisina y triptofano*, como única fuente de proteína

Número		Edad		Peso para talla	Ingesta proteínica	Nitrógeno				
		Cronológica	Talla			Ingerido	Absorbido	Retenido	Absorbido	Retenido
Niños	Balance	(m)	(m)	(%)	(g/kg/d)	(mg/kg/d)			(%)	
3	3	51	22	101	3.0	464† (460 470)	329 (317 336)	86 (69 112)	71 (69 72)	18 (15 24)
6**	42	39	22	98	2.0	328 (320 342)	242 (202 270)	36 (3 60)	74 (63 82)	11 (1 18)
1	2	57	28	115	1.5	239 -	192 (190 193)	30 (20 39)	80 (79 81)	12 (8 16)

* Lisina 0.3 - 0.56%
Triptofano 0.28 - 0.34%

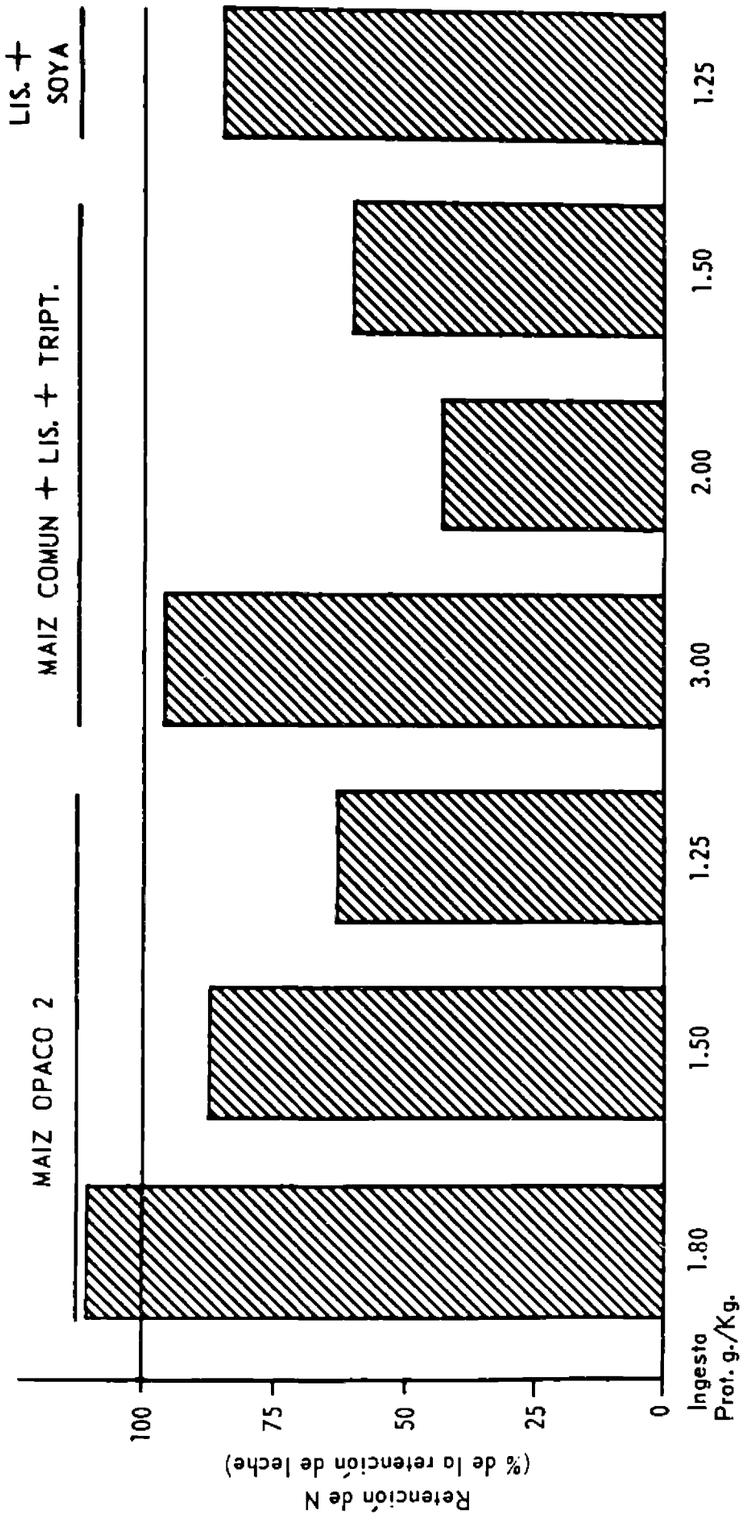
** Dos niños con edad talla de 9 m., recibiendo 2 g. de proteína/kg/d retuvieron, en promedio, 15 mg/kg/d de nitrógeno en contraste con los otros 4 niños que retuvieron, en promedio, 57 mg/kg/d de nitrógeno.

† Promedio y amplitud.

3. *Calidad de la proteína del maíz Opaco-2*

Los resultados de la administración de harina de maíz Opaco-2 tratado con álcali como única fuente de proteínas, a niveles de 1.8, 1.5, 1.25 g de proteína/kg/día, se muestran en el Cuadro No. 3. Esta harina contenía 0.287 g de lisina y 0.094 g de triptofano por g de N. La retención de N obtenida en estos estudios fue superior a la observada en las investigaciones efectudas con la dieta de maíz alta en zeína, aun cuando ésta fue suplementada con lisina y triptofano (Gráfica No. 1).

Los niveles de retención, en niños mayores, a ingestas de 1.5 g de proteína/kg de peso fueron, sin embargo, similares a



GRAFICA No. 1
Retención de nitrógeno en niños preescolares, comparación entre leche, maíz Opaco-2 y maíz común suplementado con lisina + triptofano o soya

CUADRO No. 3

Balance de nitrógeno en niños preescolares recibiendo maíz Opaco-2 como única fuente de proteínas

Número		Edad		Peso para talla	Ingesta proteínica	Nitrógeno				
		Cronológica	Talla			Ingerido	Absorbido	Retenido	Absorbido	Retenido
Niños	Balances	(m)	(m)	(%)	(g/kg/d)	(mg/kg/d)			(%)	
4	12	25	18	102	1.8	300† (295 305)	229 (211 240)	87 (70 115)	76 (71 79)	29 (24 38)
4	12	42	24	109	1.5	238 (221 254)	170 (160 187)	62 (51 68)	72 (63 76)	26 (22 28)
6	12	30	16	104	1.25	193 (175 200)	138 (126 148)	47 (8 69)	72 (65 76)	24 (4 34)

† Promedio y amplitud.

los obtenidos con la dieta de maíz común alto en zeína suplementada con lisina y triptofano. En contraste con los estudios realizados con maíz común tratado con álcali más gluten con o sin suplemento de aminoácidos en los cuales dos niños con edad-talla de 8 meses retuvieron cantidades adecuadas de N a ingestas proteínicas de 1.5 y 1.25 g/kg/día.

Al comparar los resultados obtenidos con maíz Opaco-2 con los de leche a nivel de 1.25 g de proteína/kg/día (Cuadro No. 4), la retención de N con el maíz Opaco-2 fue únicamente un 62% de la obtenida con leche, valor que es ligeramente más bajo que el publicado previamente por nosotros (8), cuando se administró maíz Opaco-2 a nivel de 1.5 y 1.8 g de proteína/kg/día.

4. *Calidad de la proteína del maíz común tratado con álcali*

La harina de maíz utilizada en este estudio contenía 35% de zeína y se estudió sin agregarle gluten de maíz. Por consiguiente, su contenido de zeína era más bajo que el de los estudios 1) y 2) y su cantidad de lisina y triptofano era más alta: 0.194 y 0.036 g/g de N, respectivamente. Se estudiaron 6 niños de los cuales dos tenían edades-talla de 8 y 9 meses. El maíz se administró en cantidades que proveían 1.25 g de proteína. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro No. 4 en el que puede observarse que el promedio de la retención de N fue de 30 mg/kg/día, y la absorción del 75% del N administrado. Al igual que en los estudios de maíz Opaco-2, cuatro niños de edad-talla menor de 12 meses retuvieron cantidades de nitrógeno similares a los de mayor edad-talla. La retención de nitrógeno con esta ingesta fue significativamente menor que la obtenida con maíz Opaco-2 administrado a la misma dosis de proteína por kilogramo por día.

5. *Calidad de la proteína de mezclas a base de maíz*

El Cuadro No. 4 muestra los resultados obtenidos de estudios realizados administrando a niños preescolares mezclas de maíz común tratado con álcali más frijol; maíz común tratado con álcali más soya y lisina, y 2 mezclas conteniendo maíz común

CUADRO No. 4

Balance de nitrógeno en niños preescolares recibiendo diversas fuentes de nitrógeno a un nivel equivalente a 1.25 g de proteína/kg/día

Número		Edad		Peso para talla	Ingesta proteínica	Nitrógeno				
		Cronológica	Talla			Ingerido	Absorbido	Retenido	Absorbido	Retenido
Niños	Balances	(m)	(m)	(%)	(g/kg/d)	(mg/kg/d)			(%)	
					Leche					
7	11	24	14	103	1.25	195† (173 210)	157 (114 181)	75 (40 106)	80 (61 87)	38 (22 50)
					Maíz común					
6	12	30	16	104	1.25	192 (183 198)	144 (129 157)	30 (10 55)	75 (66 80)	16 (5 30)
					Maíz + Frijol**					
4	5	25	14	99	1.25	207 (194 226)	150 (125 170)	36 (19 52)	72 (62 78)	17 (9 26)
					Maíz suplementado con Soya y Lisina*					
6	12	30	16	104	1.25	197 (189 203)	154 (144 169)	63 (52 77)	78 (73 85)	32 (25 38)
					C.S.M.***					
5	11	53	26	102	1.25	204 (195 216)	164 (148 176)	40 (14 70)	80 (73 87)	19 (7 35)
					P.K.F.M.****					
5	10	32	16	103	1.25	194 (188 200)	140 (100 158)	52 (22 86)	72 (60 79)	27 (11 44)

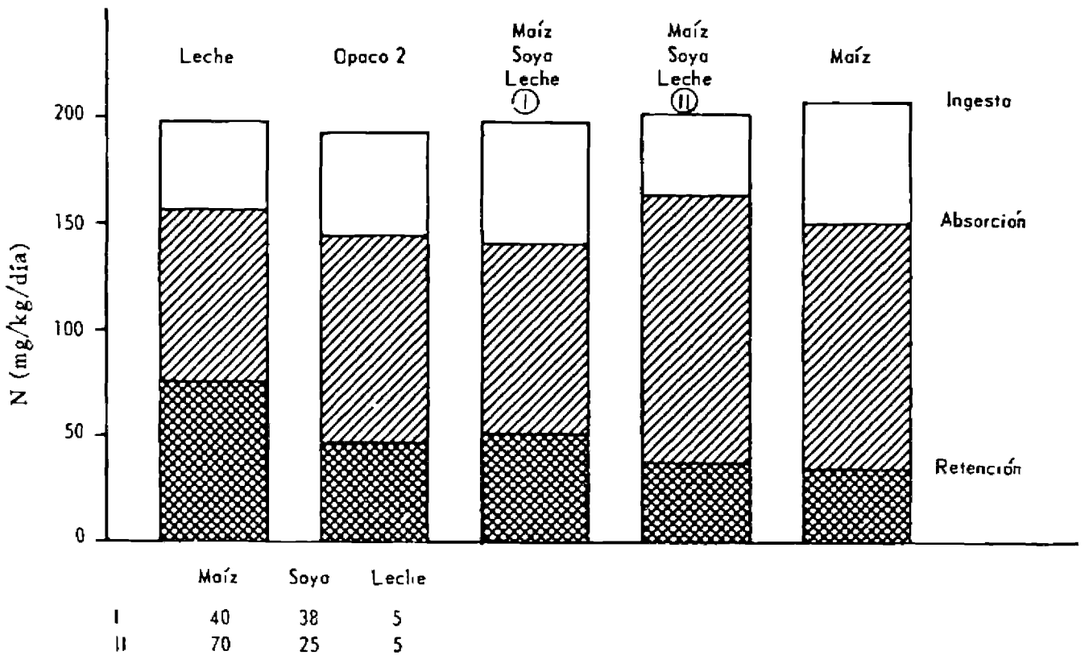
* Maíz 91.75%, Soya 8.00%, Lisina 0.15%
** Maíz 87%, Frijol 13%
*** Maíz 70%, Soya 25%, Leche 5%
**** Maíz 40%, Soya 38%, Leche 5%, Azúcar 15%
† Promedio y amplitud.

degerminado y sin tratamiento alcalino, más soya y leche. En el mismo Cuadro, se consignan los valores de absorción y retención de N obtenidos administrando leche al mismo nivel de proteína, es decir, a 1.25 g por kg/día. Dentro del grupo de niños estudiados se encontraba uno cuya edad-talla era de 5 meses y que recibió leche, el resto tenían edades-talla que variaron desde 13 hasta 42 meses. El niño de 5 meses de edad-talla retuvo cantidades de N de leche similares a las obtenidas en niños de mayor edad-talla.

Los resultados indican que la retención de N con el maíz común tratado con álcali adicionado de frijol, en la proporción de 13%, mejora en un 20% la retención de N del mismo maíz sin el agregado de frijol, la cual fue de únicamente el 40% de la retención de N obtenida con leche.

Las retenciones obtenidas al administrar maíz tratado con álcali suplementado con soya y lisina son mucho mejores que las de las demás mezclas, lográndose retenciones de N equivalentes al 84% de las alcanzadas con leche.

Los resultados de la evaluación proteínica de la mezcla de maíz, soya y leche (CSM*), caen dentro del mismo rango de los obtenidos con maíz tratado con álcali más frijol; mientras que los de la mezcla de maíz degerminado no tratado con álcali (PKFM**) son altamente satisfactorios. Es pertinente recalcar que la mezcla PKFM contiene 40% de maíz degerminado no tratado con álcali, 38% de harina de soya, 5% de leche descremada, 15% de sucrosa y 2% de mezcla de vitaminas y minerales (Gráfica No. 2).



GRAFICA No. 2

Balance de nitrógeno en niños preescolares, comparación entre leche, maíz Opaco-2 y maíz común adicionado de otras fuentes de proteína

* CSM: Mezcla proteínica formulada para suplementar la dieta, con la siguiente composición: maíz degerminado 70%; harina de soya 25%; leche descremada 5%.

** PKFM: Mezcla proteínica formulada para consolidar la recuperación nutricional de niños que han sufrido desnutrición proteínico-calórica severa, con la siguiente composición: maíz degerminado 40%, harina de soya 38%; leche descremada 5%; azúcar 15%; mezcla de minerales y vitaminas 2%.

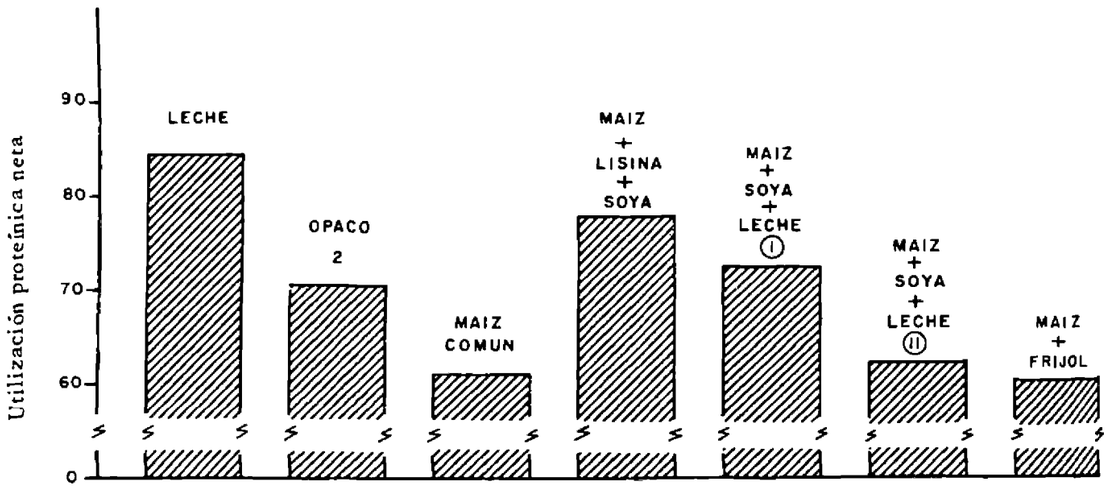
Discusión

Los resultados de estos estudios muestran claramente que, en niños preescolares, la calidad proteínica del maíz rico en zeína tratado con álcali es baja. Por otra parte, la calidad de la proteína del maíz tratado con álcali y de bajo contenido de zeína es superior. El hecho de que con la adición de los dos aminoácidos más limitantes del maíz (lisina y triptofano) se obtenga una franca mejoría en la calidad proteínica del mismo (tratado con álcali y alto en zeína) indica que en realidad estos dos aminoácidos son los limitantes para niños de edad preescolar. Sin embargo, es importante insistir en el hecho de que en niños de baja edad-talla (menor de 12 meses) aun con la adición de lisina y triptofano, se obtuvieron retenciones de nitrógeno poco satisfactorias. Esto hace suponer que la proteína de maíz alto en zeína y tratado con álcali, no sólo es muy limitante en lisina y triptofano para niños de corta edad-talla, cuyo requerimiento de estos aminoácidos es relativamente muy alto, sino que probablemente existe un problema adicional como es el que la isoleucina viene a ser limitante sobre todo en presencia de excesos de leucina, lo que además podría ocasionar un imbalance de aminoácidos (4, 13). Este imbalance podría jugar un papel negativo en los esfuerzos de suplementación del maíz con aminoácidos si éste es alto en zeína.

Con respecto al maíz Opaco-2 tratado con álcali, los resultados comprueban el mejor valor proteínico de este maíz en relación al maíz común; complementando además los datos sobre la calidad superior de la proteína del maíz Opaco-2 obtenidos en humanos adultos por Clark *et al.* (14) y por Young *et al.* (15), Bressani, Alvarado y Viteri en niños preescolares y a los informados por Luna Jaspe *et al.*, en niños lactantes (16). En efecto, aun cuando se administre harina de maíz Opaco-2 tratado con álcali a un nivel de 1.25 g de proteína por kg/día, el cual es considerado crítico para ingestión de nitrógeno, se obtiene un valor biológico del maíz de 91.8% y una utilización proteínica neta del maíz Opaco-2 de 83.8%, con respecto a la leche. Es factible que esta mejor calidad de la proteína se deba no sólo a las mayores cantidades de lisina y triptofano del Opaco-2, sino también a la menor cantidad de leucina que éste contiene.

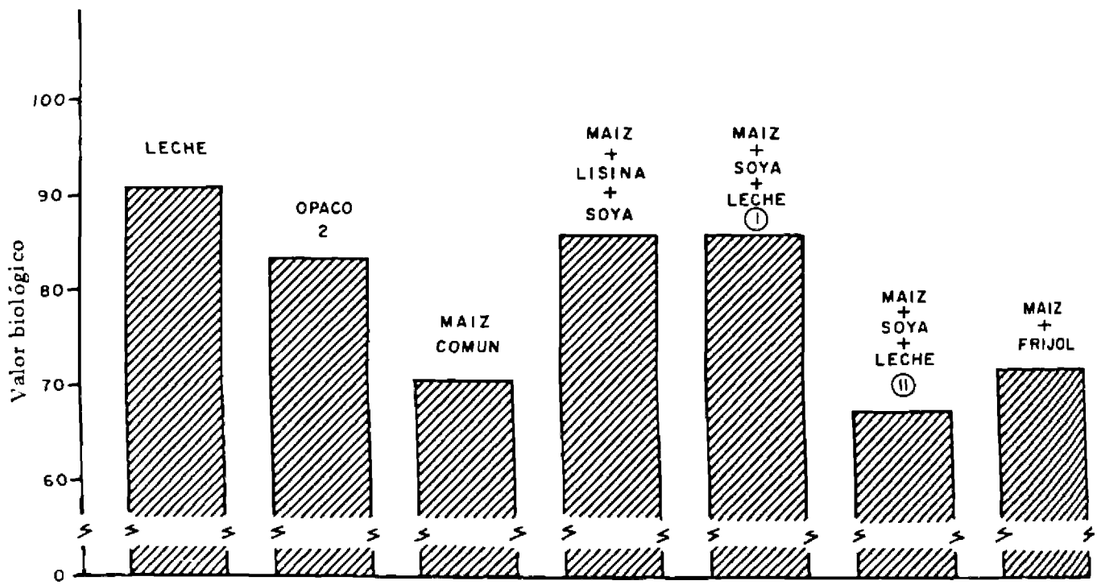
La adición de otras fuentes de proteína a una dieta predominantemente de maíz, tiene resultados variables en cuanto a la calidad proteínica obtenida. Así, la mezcla de maíz común bajo en zeína tratado con álcali más frijol, cuando este último constituye un 13% de la dieta, mejora muy ligeramente el valor biológico de la proteína del maíz, mientras que la utilización proteínica neta se mantiene esencialmente constante en relación a la proteína del maíz (Gráficas No. 3 y 4). Este último hecho se debe fundamentalmente a la baja digestibilidad de la proteína de frijol en niños preescolares (17).

La suplementación del maíz común tratado con álcali, con soya más lisina, parece rendir los resultados más halagadores con respecto a la calidad biológica obtenida (Gráfica No. 5). En efecto, la utilización proteínica neta obtenida con esta mezcla alcanza el 91% y el valor biológico el 94.5% del obtenido con leche (Gráficas Nos. 3 y 4).



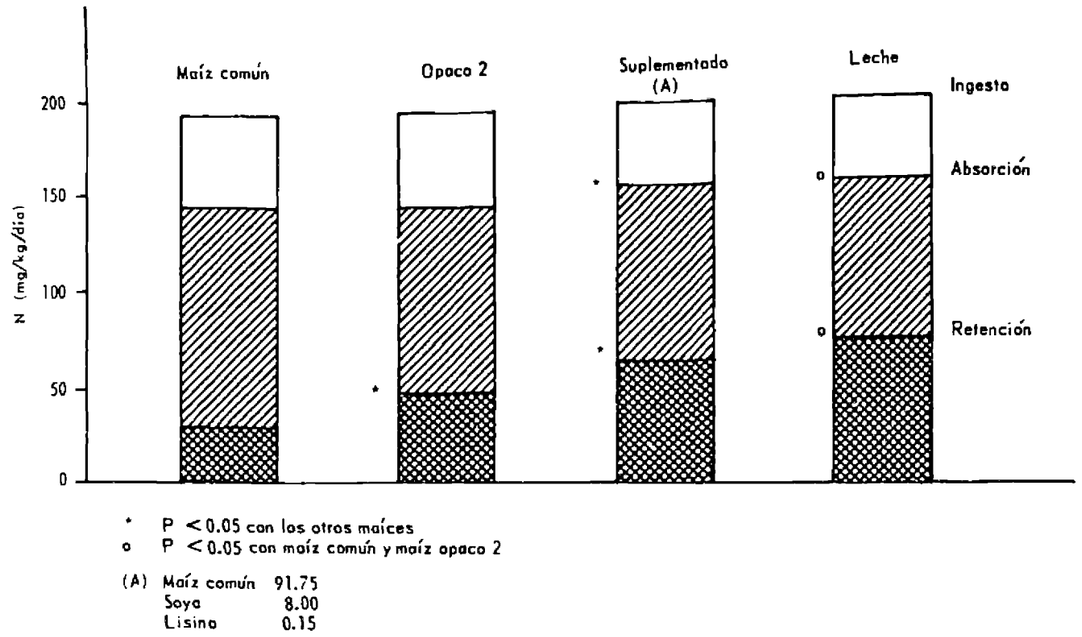
GRAFICA No. 3

Balance de nitrógeno en niños preescolares. Valor biológico de las proteínas de leche, maíz Opaco-2, maíz común y maíz común adicionado de otras fuentes de nitrógeno



GRAFICA No. 4

Balance de nitrógeno en niños preescolares. Utilización proteínica neta de leche, maíz Opaco-2, maíz común y maíz común adicionado de otras fuentes de nitrógeno

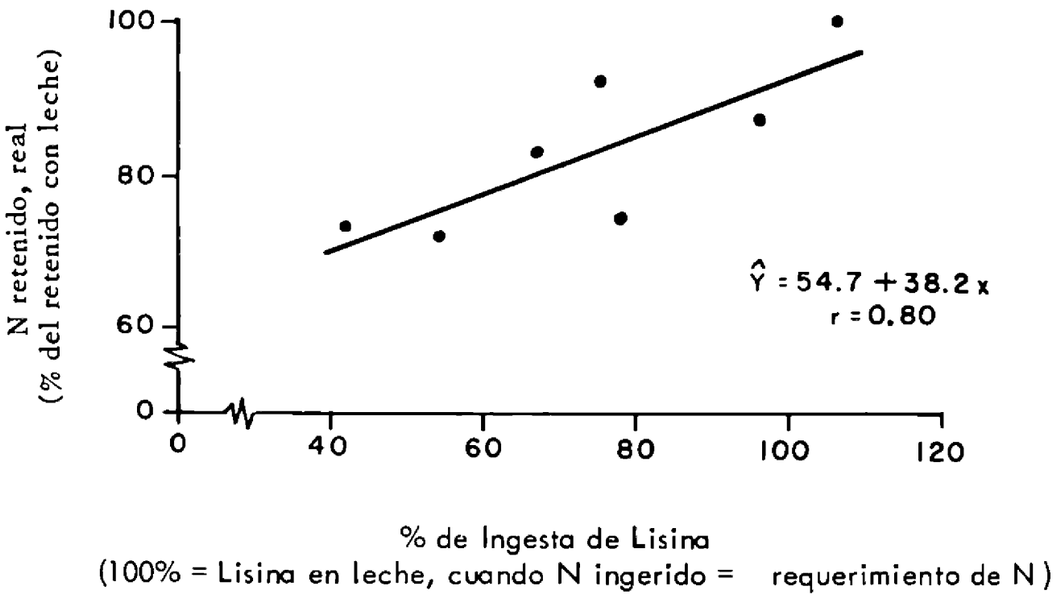


GRAFICA No. 5

Balance de nitrógeno en niños preescolares. Comparación entre maíz común, maíz Opaco-2, maíz común + lisina + harina de soya y leche

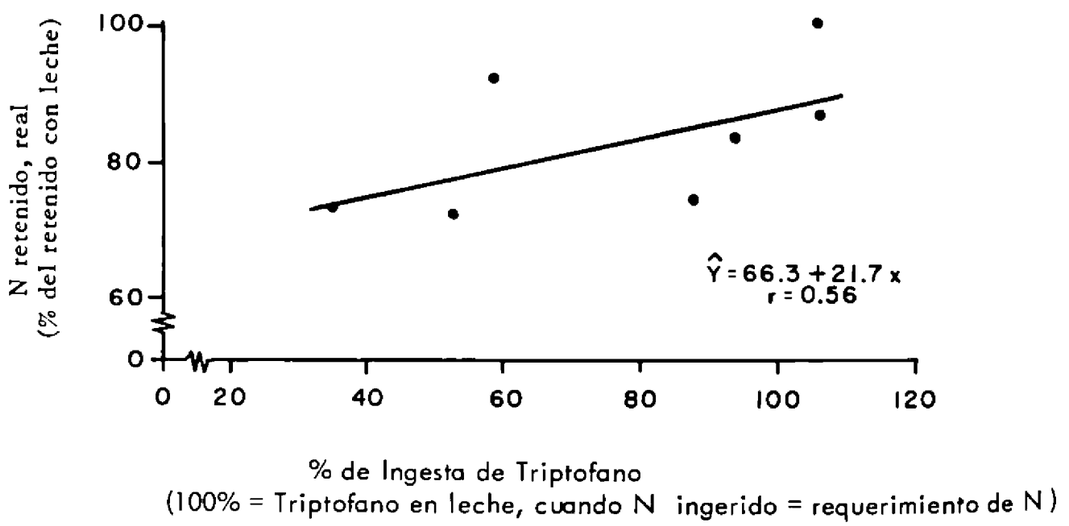
La evaluación de mezclas de maíz degerminado sin tratamiento alcalino más soya y leche, muestra que la calidad de la proteína de la que contiene 70% de maíz degerminado sin tratamiento alcalino, 25% de soya y 5% de leche (CSM), es pobre, siendo muy similar, en términos de valor biológico y de utilización proteínica neta, al maíz común bajo en zeína y tratado con álcali (Gráficas Nos. 3 y 4). La calidad proteínica mejora substancialmente cuando la cantidad de maíz degerminado disminuye al 40% y aumenta el contenido de soya hasta un 38%, manteniendo fija la cantidad de leche en un 5%, como en el caso de la mezcla PKFM. En efecto, la mezcla PKFM alcanza un valor biológico de 94.5% y una utilización proteínica neta de 86% en relación a la leche (Gráficas Nos. 3 y 4).

Todos los resultados obtenidos comprueban la importancia de diversos factores en determinar la calidad de la proteína del maíz y de mezclas de alto contenido proteínico formuladas a base de este cereal. Uno de ellos es la cantidad de lisina y triptofano en relación al nitrógeno total. La utilización de maíz rico en zeína y sobre todo de maíz degerminado deteriora aún más la calidad de la proteína, al grado que la adición de proteína de soya en cantidades hasta de 25%, no logra aumentar substancialmente la calidad proteínica por sobre la del maíz común relativamente bajo en zeína. La importancia del contenido de



GRAFICA No. 6

Balance de nitrógeno en preescolares. Relación entre retención de N e ingesta de lisina de distintas fuentes de proteína



GRAFICA No. 7

Balance de nitrógeno en Preescolares. Relación entre retención de N e ingesta de triptofano de distintas fuentes de proteína

lisina y triptofano en la retención de nitrógeno de las dietas estudiadas se muestra en las Gráficas Nos. 6 y 7. En ambas gráficas es evidente la alta correlación entre la cantidad relativa de estos aminoácidos en comparación con su contenido en la leche y la retención relativa de nitrógeno con las diversas dietas estudiadas en relación a la obtenida con leche.

Es probable, además, que el tratamiento alcalino del maíz también contribuya a mejorar la calidad de la proteína de este cereal como ha sido demostrado en estudios con animales (18, 19).

Referencias

1. Bressani, R., R. Paz y Paz, and N. Scrimshaw. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. J. *Agric. Food Chem.*, 6:770-774, 1958.

2. Bressani, R. y L. G. Elías. La importancia del maíz en la nutrición humana, en América Latina y otros países. En: *Memorias de la Conferencia sobre el Mejoramiento Nutricional del Maíz.* INCAP, 6-8 Marzo, 1972 (En prensa).

3. Scrimshaw, N. S., R. Bressani, M. Béhar, and F. Viteri. Supplementation of cereal protein with amino acid. I. Effect of amino acid supplementation of corn masa at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. J. *Nutr.*, 66:485-499, 1958.

4. Bressani, R., N. S. Scrimshaw, M. Béhar and F. Viteri. Supplementation of cereal protein with amino acid. II. Effect of amino acid supplementation of corn-masa at intermediate levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. J. *Nutr.*, 66:501-513, 1958.

5. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar and N.S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acid. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan and isoleucine on the nitrogen retention of young children. J. *Nutr.*, 80:80-84, 1963.

6. Scrimshaw, N. S., R. L. Squibb, R. Bressani, M. Béhar, F. Viteri and G. Arroyave. Vegetable protein mixtures for the feeding of infants and young children. Amino acid Malnutrition. XII Ann. Prot., Conf., New Brunswick, N. J., Rutgers University Press, 1957. pp. 28-46.

7. Scrimshaw, N. S., M. Béhar, D. Wilson, F. Viteri, G. Arroyave and R. Bressani. All vegetable protein mixtures for human feeding. V. Clinical trials with INCAP mixtures 8 and 9 with corn and beans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 9:196-205, 1961.

8. Bressani, R., J. Alvarado y F. Viteri. Evaluación en niños, de la calidad de la proteína del maíz Opaco-2. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 19:129-140, 1969.

9. Stuart, H.C , and S. S. Stevenson. Physical growth and development. In: *Textbook Pedriatrics.* Ed. W. E. Nelson. 6th Edition, Philadelphia. W. B. Saunder Co., 1954, pp. 10-66.

10. Viteri, F., y J. Alvarado. Evaluación de la calidad de la proteína en humanos con énfasis en metodología. En: *Recursos Proteínicos en América Latina.* Ed. M. Béhar y R. Bressani. Memorias de una Conferencia de Nivel Latinoamericano celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Ciudad de Guatemala, 24-27 Febrero, 1970. Guatemala, INCAP, 1971, pp. 53-77.

11. Viteri, F. and R. Bressani. The quality of new sources of protein and their suitability for weanlings and young children. Bull. WHO, 1972. (In press).

12. Association of Official Agricultural Chemists: Official Methods of Analysis of the A.O.A.C., 9th Ed. Washington, D. C., 1960.

13. Harper, A. E. Aminoacid toxicities and Imbalances. In: *Mammalian Protein Metabolism.* Munro, H. N., and Allison, J. B. Ed. New York Academic Press, 1964, V. 2, pp. 87-134.

14. Clark, H. E., P. E. Allen, S. M. Meyers, S. E. Tuckett, y Y. Yamamura. Nitrogen balances of adults consuming Opaque-2 maize protein. *Am. J. Clin. Nutr.*, 20:825-833, 1967.

15. Young, V. R., I. Ozalp, B.V. Cholakos, and N.S. Scrimshaw. Protein value of Colombian Opaque-2 corn for young adult men. *J. Nutr.*, 101:1475-1482, 1971.

16. Luna-Jaspe, H., J. O., Mora, C. Rozo y S. P. de Serrano. Comparación de la retención de nitrógeno en niños alimentados con maíz común, maíz de gene Opaco-2 y leche de vaca. I. Resultados con baja ingesta de proteína. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 21:437-447, 1971.

17. Viteri, F., y colaboradores. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Estudios en progreso, 1972.

18. Squibb, R. L., I. E. Braham, G. Arroyave, and N. S. Scrimshaw. a) Supplementation of low tryptophan-niacin-deficient diets with bean and lime-treated corn in rats. *Fed. Proc.*, 14:451, 1955. b) Dietas deficientes en niacina y de bajo contenido en triptofano suplementadas con frijol y maíz tratado con cal en ratas. Suplemento No. 2 del Boletín de la OPS, 194, 1955.

19. Cravioto, R. O., O. Y. Cravioto y G. J. Guzmán. El pozol forma indigena de consumir el maíz en el sureste de México y su aporte de nutrientes a la Dieta. *Ciencia* (Mex.), 15: 27-30, 1955.

EL VALOR NUTRITIVO DE PRODUCTOS DE LA MOLIENDA DEL MAIZ, DE LA SUPLEMENTACION CON AMINOACIDOS Y DE MEZCLAS DE MAIZ COMUN Y DE OPACO-2

Dres. José E. Dutra de Oliveira y Nelson de Souza
Universidad de Riberao Preto
Riberao Preto, Brasil

Introducción

La proteína del maíz es conocida por su baja calidad nutricional (1). Se sabe también que los subproductos de la molienda de este cereal tienen diferentes valores nutritivos (2). Estas diferencias están relacionadas con un desbalance en la composición de aminoácidos. Por consiguiente la adición de los aminoácidos deficientes en el maíz común entero o en subproductos de su molienda, aumentará la calidad nutricional de sus proteínas (3).

El descubrimiento del maíz Opaco-2 (4), con un alto contenido de lisina, atrajo nuevamente el interés hacia este cereal como fuente de proteínas para la alimentación humana y animal. Asimismo proporcionó una evidencia adicional que indica que la baja calidad del maíz común está relacionada con la falta de balance en su aminograma.

El presente trabajo se refiere a estudios que con respecto al valor nutritivo del maíz se han llevado a cabo en nuestro laboratorio.

Material y Métodos

Todas las muestras de maíz utilizadas en este estudio provienen de El Brasil. Los subproductos de la molienda fueron también obtenidos en el país, y los aminoácidos usados fueron proporcionados por una compañía comercial.

Los esperimentos biológicos con ratas se llevaron a cabo de acuerdo a los principios generales de la Association of Agricultural Chemists (AOAC) (5). Las dietas usadas fueron isoproteínicas, y cuando fue necesario se usó la caseína como control. Las ratas usadas en todos los experimentos fueron de la raza Wistar. Asimismo las dietas se suplementaron con cantidades adecuadas de minerales y vitaminas; los animales recibieron las dietas *ad libitum* por un período de 28 días. La ingestión de alimento y los cambios en peso fueron registrados semanalmente.

Los niños incluidos en el estudio tenían una edad que variaba de 15 a 30 días, hasta 3 meses, a semejanza de estudios anteriores (6). Ellos fueron alimentados con una fórmula en la cual la mitad de la proteína provenía del maíz Opaco-2 y el resto de leche de vaca. Durante el estudio se llevaron a cabo pruebas clínicas y bioquímicas. Los niños controles fueron alimentados con leche materna y de vaca.

Resultados y Discusión

1. Subproductos de la molienda húmeda, y suplementación con aminoácidos

El Cuadro No. 1 presenta los resultados de este estudio. Se puede observar que el germen tiene una calidad proteínica superior al compararlo con la harina o el gluten obtenidos por el método industrial de molienda en húmedo. La suplementación de estas fracciones con aminoácidos no aumentó el valor nutritivo del germen, pero si mejoró la calidad proteínica del gluten y de la harina. El Valor nutritivo es inversamente proporcional al contenido de proteína de las fracciones. Estos hallazgos son importantes, ya que estas fracciones son normalmente usadas para la alimentación debido a su contenido proteínico más alto, sin tomar en consideración la necesidad de un mejor balance de aminoácidos.

2. Subproductos de la molienda del maíz común y del Opaco-2

El Cuadro No. 2 muestra los resultados de los experimentos utilizando las fracciones del maíz común y del Opaco-2, obtenidas por la molienda en seco. Estos datos confirman el alto valor nutritivo del germen proveniente del maíz común y del Opaco-2, indicando asimismo que el endospermo de este último tiene un valor nutritivo superior comparado con el endospermo del maíz común.

CUADRO No. 1

Valor nutritivo de las fracciones obtenidas por el proceso de molienda en húmedo

	Proteína %	PER*	grasa en hígado, %
Germen	10.8	2.10	20.7
Germen** + L + M + T	-	1.92	25.6
Harina de germen	26.1	1.35	24.9
Harina de germen + L + M + T	-	2.01	21.7
Gluten	64.4	0.68	12.7
Gluten + L + M + T	-	1.93	16.2
Caseína	76-86	2.75-3.25	15-19

* PER = Indice de eficiencia proteínica.
** L = Lisina, M = Metionina; T = Triptofano.

Es interesante señalar el valor nutritivo de la fracción conocida como "cáscara" proveniente de la molienda del maíz híbrido y Opaco-2, obtenida por el proceso industrial de molienda en seco, comúnmente usado en El Brasil. Además de la cáscara propiamente dicha, ésta fracción también incluye pequeñas porciones del germen, por lo que resulta en un producto con una cantidad considerable de proteínas de una calidad relativamente buena.

CUADRO No. 2

Valores de PER de las fracciones del maíz Opaco-2 y del maíz híbrido obtenidas por el proceso industrial usando el método "seco"

	Opaco-2	Híbrido
Cáscara	2.40	1.50
Endospermo	2.63	0.40
Germen	2.47	2.13
Maíz entero	2.70	0.40

3. Estudios de balance de nitrógeno en ratas jóvenes y adultas alimentadas con maíz común y Opaco-2

Los resultados de estos experimentos se consignan en los Cuadros Nos. 3 y 4. En las ratas jóvenes (30 días de edad) los resultados indicaron que la caseína es la mejor proteína, seguida del Opaco-2, y del maíz común más aminoácidos.

En los animales adultos (90 días de edad) la mejor retención se obtuvo con la dieta de maíz común suplementada con aminoácidos, seguida del Opaco-2. La caseína y el maíz común solo, indicaron retenciones similares. El presente estudio demuestra las diferencias en la calidad proteínica del mismo material crudo de acuerdo a la edad del animal. También indica una menor absorción para el Opaco-2 al compararlo con otros maíces.

4. Mezclas de maíz con leche de vaca

a. Estudios con animales:

Muestras del maíz común amarillo y blanco, así como de Opaco-2 fueron mezcladas, y los resultados obtenidos con respecto a su evaluación se presenta en el Cuadro No. 5. Algunas veces se obtuvieron mayores incrementos en peso, y mejores índices de eficiencia proteínica (PER) con las mezclas que en los animales alimentados con leche de vaca. Esto podría indicar un mejor balance de aminoácidos de algunas de estas mezclas, para las ratas, al compararlas con la leche de vaca.

b. Estudios en niños:

Los resultados de estos estudios se muestran en los Cuadros Nos. 6 y 7. Puede observarse que, desde el punto de vista clínico y bioquímico, el valor nutritivo de la mezcla de maíz-leche es similar al de la leche de vaca o la leche materna, para niños normales de este grupo de edad.

Los resultados de estos experimentos podrían indicar que es posible obtener una proteína balanceada para la alimentación de los niños con mezclas de maíz y leche.

CUADRO No. 3

Balance de nitrógeno en ratas jóvenes alimentadas con maíz Opaco-2 y con maíz híbrido

Dieta	Ingestión mg/día	Orina		Heces		Absorción ingerido %	Retención ingerido %
		mg/día	Ingerido %	mg/día	Ingerido%		
Maíz híbrido	107.8 ± 2.6*	48.2 ± 1.4	44.7	13.2 ± 2.9	12.2	87.7 ± 0.8	43.0 ± 2.0
Maíz híbrido + 0.2 g % Lisina HCl	168.4 ± 9.2	53.0 ± 3.6	31.5	20.3 ± 1.4	12.1	88.2 ± 0.5	57.6 ± 1.1
Opaco-2	180.2 ± 7.3	34.6 ± 2.2	19.2	31.3 ± 1.4	17.4	82.6 ± 0.5	63.4 ± 1.0
Caseína	155.7 ± 7.3	31.6 ± 6.2	20.3	16.8 ± 0.9	12.1	89.2 ± 0.5	68.6 ± 1.4

* Error estándar.

CUADRO No. 4

Balance de nitrógeno de ratas adultas alimentadas con maíz Opaco-2 y con maíz híbrido

Dieta	Ingestión mg/día	Orina		Heces		Absorción ingerido %	Retención ingerido %
		mg/día	Ingerido %	mg/día	Ingerido %		
Maíz híbrido	184.8 ± 7.7*	116.6 ± 4.2	63.1	29.2 ± 0.7	12.6	87.3 ± 0.4	24.0 ± 1.5
Maíz híbrido + 0.2 g % Lisina HCl 0.05 g % Triptofano	186.2 ± 6.2	92.0 ± 3.8	49.4	23.2 ± 0.5	12.5	87.4 ± 0.3	38.0 ± 1.6
Opaco-2	183.6 ± 8.5	85.3 ± 3.7	46.5	34.9 ± 1.0	19.0	80.7 ± 0.7	33.9 ± 2.1
Caseína	228.1 ± 7.3	134.2 ± 4.8	58.8	26.7 ± 0.8	11.6	88.2 ± 0.5	28.8 ± 2.8

* Error estándar.

CUADRO No. 5

Valor nutritivo de mezclas de maíz y leche

Proteína		PER		
Maíz %	Leche %	Maíz blanco	Híbrido	Opaco-2
100	0	1.29	1.32	2.21
66	33	2.10	2.22	2.74
50	50	2.81	2.24	2.42
33	66	2.74	2.54	2.42
0	100	2.37	2.34	2.44

CUADRO No. 6

Eficiencia nutritiva de las fórmulas usadas para la alimentación de los niños

Alimento	Promedio peso ganado g/día	Proteína ingerida g/kg/día	PER
Maíz/leche	29.7 ± 5.6	2.77 ± 0.62	2.38 ± 0.48
Leche de vaca	29.8 ± 5.5	4.61 ± 0.61	1.38 ± 0.20
Leche humana	31.5 + 4.7	-	-

CUADRO No. 7

Química sanguínea de los niños de tres meses de edad

Alimento	Proteína g/100 ml	Albúmina g/100 ml	Hemoglobina g/100 ml
Maíz/leche	6.4 ± 0.5	3.11 ± 0.56	10.6 ± 1.5
Leche de vaca	6.4 ± 0.4	3.28 ± 0.44	10.3 ± 0.7
Leche humana	6.5 ± 0.3	3.66 ± 0.42	11.2 ± 0.6

También es cierto que todas las variedades de maíz pueden ser usadas para estas mezclas, y su selección dependerá de los hábitos dietéticos de cada región, incluyendo la apariencia física (color, espesor, sabor, etc.). No hay duda que esta posibilidad sería útil para aumentar la disponibilidad de leche de vaca para la alimentación infantil en muchos países.

Resumen

Se estudiaron muestras de subproductos del maíz obtenidos por el proceso industrial de molienda por el método humedo y seco. La suplementación con aminoácidos mejoró su valor nutritivo. Los subproductos de la molienda del maíz Opaco-2 rindieron un valor nutricional alto. Eso también se observó con la fracción denominada "cáscara", obtenida por el proceso industrial de molienda en seco.

Los estudios de balance de nitrógeno en ratas jóvenes y adultas alimentadas con maíz híbrido, con y sin la suplementación de aminoácidos; con el Opaco-2 o con caseína, mostraron diferencias en la absorción y retención de nitrógeno. Estas diferencias se observan no solamente con las diferentes dietas sino que también con la edad de los animales.

Las mezclas del maíz común amarillo, blanco y del Opaco-2 con leche de vaca demostraron poseer un alto valor nutritivo. Estas mezclas fueron estudiadas en ratas y en niños.

Las variedades de maíz común o mejoradas, los subproductos locales de la molienda de maíz y la suplementación con aminoácidos; así como los hábitos dietéticos ofrecen grandes posibilidades para una mejor utilización de este cereal como una fuente de proteínas para la alimentación humana en nuestros países.

Referencias

1. Osborne, T. B. and L. B. Mendel. Nutritive properties of the maize kernel. *J. Biol. Chem.*, 18:1-16, 1914.

2. Seeley, R D. Milling Feeds. In: *Processed plant protein foodstuffs (Chapter 28)*, A.M. Altschul (ed.). New York, Academic Press Inc. Pub. 1958, p. 761-778.

3. Scrimshaw, N. S., R. Bressani, M. Béhar and F. Viteri. Supplementation of cereal proteins with amino acids. *J. Nut.*, 66:485-499, 1958.

4. Mertz, E. T., L. S. Bates and O.E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964

5. Official Methods of Analysis of the Association of Agricultural Chemists (10th ed.), Washington, D. C., *Assoc. Offic. Agric. Chemists*, 1965, p. 785-786.

6. Dutra de Oliveira, J. E. and T. A. Carneiro. The nutritive value of a cow's milk-banana formula for infant feeding. *Am. J. Clin. Nut.*, 23:749-753, 1970.

La preparación de harina de maíz en Malawi y El Africa contemporánea
Nicholas Lungu 219

Valor nutricional de la harina de maíz y su mejoramiento por medio de la fortificación en El Africa
Thomas E. Ekpenyong 227

La tecnología de la fortificación del maíz en América Latina
Mario Molina
Luiz G. Elías
Roberto Gómez-Brenes
Paul Lachance
Ricardo Bressani 240

Mejoramiento de la calidad proteínica de dietas de bajo valor nutritivo a través del uso de maíz fortificado y del Opaco-2
Roberto Gómez-Brenes
Luiz G. Elías
Ricardo Bressani 261

Un modelo de fortificación del maíz con harina de soya, lisina y otros nutrimentos, en una comunidad rural de bajo nivel socioeconómico
Leonardo J. Mata
Juan J. Urrutia
Bertha García
Ricardo Bressani
Paul Lachance
Miguel A. Guzmán 278

LA PREPARACION DE HARINA DE MAIZ EN MALAWI Y EL AFRICA CONTEMPORANEA

Dr. Nicholas Lungu
Chitedze Agricultural Research Station
Lilongwe, Malawi, Africa

Introducción

El maíz es cultivado en cantidades variables en toda El Africa. En el período de 1960/61 la producción de maíz en ese continente alcanzó doce millones de toneladas métricas. El Africa del Sur y Egipto contribuyen con aproximadamente la mitad de esta producción (1). Esta se ha incrementado apreciablemente desde entonces, sin embargo, es difícil obtener información cierta, puesto que una gran parte es producida en pequeñas propiedades por familias individuales o por grupos familiares, siendo consumida directamente en las fincas productoras. Sin embargo, en algunas regiones como El Africa del Sur, cantidades considerables son producidas en grandes fincas comerciales; de esta producción la mayor parte es exportada.

Gran parte de la producción de maíz en casi toda El Africa es utilizada para consumo humano y una pequeña porción para alimentación animal.

El grano de maíz antes de ser consumido, es normalmente procesado en forma de harina y convertido en una sopilla espesa, o utilizado para manufacturar una especie de pan. El método que se emplee en la preparación determina el tipo y la calidad nutritiva de la harina producida.

Existen tres métodos de preparar la harina de maíz en Malawi y El Africa contemporánea. El primer método consiste en moler el grano de maíz completo; el segundo es el proceso industrial y el tercero es el tradicional proceso húmedo.

El primer método consiste en moler el grano de maíz para convertirlo en harina. El molido se lleva a cabo en pequeños molinos de martillo accionados por motores diesel que son de propietarios locales en las aldeas.

Industrialmente, la harina de maíz es producida por un proceso complicado que consiste de varios pasos que resultan en diversos productos finales de diferente tamaño y consistencia de granos (2).

El grano es primeramente clasificado y distribuido en varios tamaños en donde el material foráneo es separado y entonces el grano se limpia con cepillos para remover tierra y arena; a continuación los granos de varios tamaños o de diferentes orígenes y características se mezclan en ciertas proporciones antes de ser pasados por los rodillos. El porcentaje de recuperación del proceso de clasificación y limpiado es alrededor del 97-98% de la cantidad original. El primer par de rodillos descascara el grano, separándose el germen y el afrecho del endospermo. El endospermo es entonces molido por los rodillos inferiores hasta una consistencia de harina fina, la cual es distribuida para consumo humano.

Pueden efectuarse diferentes grados de refinamiento, siendo posible utilizar parte del material proveniente del afrecho y germen, agregándose a la harina con el objeto de reforzar su valor nutritivo, siempre y cuando dicha operación no resulte en una decoloración de la harina. Tanto la porción del germen como el afrecho son utilizados en forma de maíz machacado como forraje. Las proporciones aproximadas de varios de los productos se muestra en el Cuadro No. 1 (2).

CUADRO No. 1

Proporción de varios productos derivados del proceso industrial de fabricación de harina de maíz

Harina	80%
Afrecho	10%
Germen	7%
Impurezas	3%

Fuente: Véase referencia (2).

Algunos análisis químicos de varias de las porciones se muestra en el Cuadro No. 2 (3).

CUADRO No. 2

Resultados comparativos sobre el valor nutritivo de varios productos finales del proceso industrial

Tipo de producto	Ceniza %	Proteína %	Fibra cruda %	Grasa %	Extracto libre de nitrógeno	Razón nutritiva aprox.*
Harina de maíz entero	1.7	8.8	1.2	6.4	81.9	10.9
Harina estándar	1.1	7.1	0.9	3.8	87.1	13.5
Harina refinada	0.8	5.7	0.6	3.4	89.6	17.0
Afrecho	1.7	11.4	6.8	12.0	68.1	8.7
Germen	2.5	10.1	5.1	11.6	70.8	9.8
Maíz machacado	1.7	9.2	6.9	6.3	75.9	10.4

* Indice nutritivo proximal =

$$\frac{\%\ C.F. + (2 \times \%\ grasa) + \%\ N.F.E.}{\%\ C.P.}$$

en donde C.F. = Fibra cruda
N.F.E. = Extracto libre de nitrógeno
C.P. = Proteína cruda

Fuente: Véase referencia (3).

En Malawi y países vecinos, por tradición la harina de maíz se prepara por un proceso húmedo. El grano se remoja ligeramente rociando agua sobre él. Entonces el pericarpio y el germen se separan golpeando el maíz en un mortero de madera. El pericarpio y el germen son apartados por aventamiento, y el endospermo pulido se remoja en agua por un período que va de tres a nueve días, y después se lava, limpia y muele para convertirlo así en harina. El proceso de molienda se efectúa ya sea utilizando el mortero de madera o pequeños molinos de martillo usados para la producción de harina de maíz entero. Generalmente, la mayor parte de la gente remoja el endospermo pulido en agua fría por un período de seis días antes de molerlo y convertirlo en harina, pero ocasionalmente, cuando es necesario, el endospermo se remoja inicialmente en agua caliente para acelerar el proceso de suavización y entonces la molienda se efectúa después de un día. El Cuadro No. 3 compara el valor nutritivo de diferentes tipos de harina, es decir, harinas de maíz entero, de endospermo seco, y de endospermo después de ser remojado en agua caliente o fría por uno, tres, seis y nueve días (3).

Como puede verse en este Cuadro el valor nutritivo decrece en el orden de harina de maíz entero, de endospermo seco y harina tradicional. En el caso de harina tradicional a mayor tiempo de remojo se obtiene un menor valor nutritivo, de igual manera el agua caliente empobrece más la harina que el agua fría, en el

CUADRO No. 3

Algunos constituyentes del grano de dos variedades de maíz de Malawi después de diferentes tratamientos del grano en distintos procesos de fabricación de la harina (Peso en base seca)

Tratamiento	Variedad local de maíz duro					Variedad sintética de maíz SV 37				
	Proteína %	Lisina g/16gN	Ceniza %	Fibra cruda %	Grasa %	Proteína %	Lisina g/16gN	Ceniza %	Fibra cruda %	Grasa %
Afrecho + germen*	10.6	3.2	3.6	7.6	10.7	10.8	3.4	3.7	7.5	11.2
Harina de maíz entero	8.8	2.9	1.2	1.7	5.0	9.9	2.9	1.3	2.1	5.3
Endospermo seco	8.6	0.9	0.5	0.6	2.2	9.6	1.0	0.6	0.8	2.1
Endospermo remojado en caliente por 1 día	8.2	-	0.2	0.6	1.7	9.0	-	0.4	0.8	1.6
Endospermo remojado en frío por										
a) 1 día	8.7	-	0.3	0.6	1.8	9.7	-	0.4	0.7	1.9
b) 3 días	8.3	-	0.3	0.6	1.8	9.3	-	0.4	0.6	1.9
c) 6 días	7.9	0.6	0.2	0.6	1.8	9.2	0.9	0.3	0.7	1.7
d) 9 días	7.2	-	0.1	0.6	1.8	8.6	-	0.1	0.6	1.7

* N.B. El endospermo constituyó el 73.5% y el afrecho + el germen el 26.5% del peso del grano entero.

Fuente: Véase referencia (3)

mismo tiempo de remojo. De acuerdo a los datos analíticos obtenidos parece ser que la harina preparada por proceso industrial es nutricionalmente más pobre que la harina de maíz entero, pero superior a la harina tradicional.

Las porciones de afrecho y germen derivadas del proceso tradicional son desechadas o utilizadas para forraje. La harina producida de maíz entero es consumida en su mayor parte en escuelas-internados e instituciones comunales similares. En Malawi, la mayoría de las personas no gusta de las comidas preparadas con harina de maíz entero, debido al fuerte sabor de éste y a su reducida digestibilidad a causa del alto contenido de fibra cruda. Por otra parte, prefieren la harina preparada de la manera tradicional debido a su sabor neutro y fácil digestibilidad.

La harina preparada por el proceso industrial es utilizada principalmente en localidades y áreas industriales. El grado y extensión de su uso depende del desarrollo industrial del país o área en la que el maíz es cultivado comercialmente en grandes haciendas o en pequeñas fincas de labriegos. En Malawi, donde el cultivo del maíz no está comercializado y es producido en pequeñas fincas, las familias individuales preparan su propia harina de la manera tradicional e inclusive en pueblos y áreas más desarrolladas, en las cuales la harina producida comercialmente es más fácil de obtener, la población persiste en el uso de la harina tradicional preparada por ellos mismos o comprada a vendedores locales. Sin embargo, en aquellos países africanos en los que la mayor parte del maíz es producido en haciendas comerciales o en áreas altamente industrializadas - por ejemplo en áreas localizadas en los alrededores de las minas - no queda otra alternativa para los habitantes que el uso de harina preparada por el proceso industrial.

A primera vista probablemente parecería que la harina de maíz entero es nutricionalmente mejor que la harina tradicional y la producida industrialmente. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que un cambio en la dieta por harina de maíz entero resulta en desnutrición y aparición de enfermedades ocasionadas por tal condición, como la pelagra (4). La harina preparada con maíz entero tiene menor digestibilidad y es menos apetitosa, siendo así que la gente tiende a consumirla en menores cantidades que la fabricada por el proceso tradicional. También, durante la etapa de remojo en el proceso tradicional húmedo, ocurren cambios químicos que liberan nutrientes los que no son disponibles al organismo ni el grano es molido en seco (4). Esto significa que aún la harina producida por el proceso industrial es inferior a la elaborada en la forma tradicional, debido a la omisión de la etapa de remojo.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, es obvio que los factores relacionados con la preparación y uso de las diferentes harinas de maíz en El Africa, el maíz es considerado únicamente como fuente de carbohidratos. Los aminoácidos, proteínas, grasas y otros nutrientes esenciales, se pueden obtener con más ventaja de otras fuentes como carne, pescado, frijoles, maní y vegetales. Los esfuerzos encaminados a la producción de proteína deben ser mejor orientados hacia estas últimas fuentes.

Malawi y otros pocos países africanos han desarrollado trabajos de investigación encaminados a obtener un alto contenido proteínico en el maíz e incrementar la cantidad de lisina en diferentes variedades de este grano (ver apéndice). Sin embargo, estos trabajos de investigación solamente tienen valor académico, puesto que la posibilidad de utilizar grandes cantidades de maíz aún como forraje es muy remota. Por el contrario, en algunos países del mundo donde una gran cantidad de maíz se utiliza como forraje, el alto contenido de lisina y proteína pueden ser ventajosos y los consumidores pueden beneficiarse indirectamente al ingerir la proteína animal.

En resumen, puede concluirse que los métodos de preparación de la harina de maíz en El Africa, originan gran cantidad de interrogantes en cuanto a la utilidad del maíz con un contenido alto de lisina y de proteína, así como en lo que respecta a la utilización del maíz como fuente de proteína. De tal manera que cualquier recurso existente debe más bien ser encaminado hacia mejorar otras fuentes de proteínas que hacia el maíz.

Reconocimientos

Agradezco al señor A. A. Kalinga, químico agrícola, por los análisis químicos, y al señor E. W. S. Borg, Gerente General de la Grain and Milling Company de Malawi, por la información del proceso industrial de molienda. Mis agradecimientos también para la señorita L. C. Brown y el Sr. A. Bolton, ambos cultivadores de maíz, por la información sobre el maíz con alto contenido de lisina cultivado en Malawi.

Referencias

1. Berger, J. Maize production and the manuring of maize. Centre d'Etude de l'Azote, Geneva, 1962. pp. 13-22.

2. Borg, E.S.W. Personal communication.

3. Kalinga, A. A. Personal communication.

4. Ellis, R. T. The food properties of flint and dent maize. *East Afr. Agric. J.*, 24: 251-253, 1959.

APENDICE

Proyecto de desarrollo del maíz con alto contenido de lisina

Objetivo: Incorporar genes que incrementen el contenido de lisina en las variedades de Malawi.

Lugar: Chitedze

Procedimiento: Sembrar 45 filas de plantas como sigue:

H.L. fila No.			
1.	S.V.28	x (W.W. x Mlonda)	autofecundado
2.	MCA	x (W.W. x Mlonda)	"
3.	ICA KCE 0_20_2	x (W.W. x Mlonda)	"
4.	(W.W. x SV 37)	x Floury-2	"
5.	(W.W. x SV 37)	x ICA KCE 0_20_2	"
6.	SV 28	x ICA KCE 0_20_2	Cruzado
7.	SV 28		
8.	SV 28	x Floury-2	Cruzado
9.	SV 28		
10.	SV 28	x W.W.	Cruzado
11.	SV 28		
12.	SV 28	x ICA KCE 0_20_2	Cruzado
13.	SV 28		
14.	Mlonda	x Floury-2	Cruzado
15.	Mlonda		
16.	Mlonda	x ICA KCE 0_20_2	Cruzado
17.	Mlonda		
20.	MCAW	x W.W.	Cruzado
21.	MCAW		
22.	MCAW	x Floury-2	Cruzado
23.	MCAW		
24.	CCA	x Floury-2	Cruzado
25.	CCA		
26.	CCA	x W.W.	Cruzado
27.	CCA		
28.	CCB		Cruzado
29.	CCA x Floury-2		
30.	CCB		Cruzado
31.	W.W.		

APENDICE (CONTINUACION)

32.	(Mlonda x W.W.) Autofecundado	Cruzado
33.	Mlonda	
34.	(SV 37 x W.W.) Autofecundado	Cruzado
35.	SV 37	

Diez plantas a ser cruzadas o autofecundadas en cada caso. Espacio, fertilizante y prácticas de cultivo, corrientes.

VALOR NUTRICIONAL DE LA HARINA DE MAIZ Y SU MEJORAMIENTO POR MEDIO DE LA FORTIFICACION, EN EL AFRICA

Dr. Thomas E. Ekpenyong
Universidad de Ibadan
Nigeria, Africa

En la época actual más que nunca los países en vías de desarrollo tienen que afrontar dos problemas, la explosión demográfica y la escasez de alimentos de buena calidad proteínica. En los países en desarrollo como son los de el Africa, el Asia y la América Latina, el hambre y la desnutrición están ampliamente difundidos. El problema más grave en estas áreas es que la mayor parte de la población consume dietas que contienen una cantidad y calidad inadecuada de proteínas. Las proteínas de origen animal son de buena calidad nutritiva, mientras que las de origen vegetal pueden tener deficiencias en algunos aminoácidos esenciales. Es sabido que los cereales son deficientes en lisina y en otros aminoácidos esenciales, y las poblaciones de los países en desarrollo dependen más de las proteínas de los cereales que de aquéllas de origen animal.

En estos pueblos, el maíz y el arroz son dos alimentos básicos y pueden proveer del 70 al 80% de las calorías totales durante la mayor parte del año. En otras áreas, donde los alimentos básicos son alimentos feculentos tales como las raíces y los tubérculos (yame, casava y camote) y los plátanos, el maíz sirve como fuente adicional de proteínas. Aún así, el maíz no aporta los requerimientos diarios de proteína de un individuo en estos países.

Esta deficiencia en proteína trae como resultado varias condiciones clínicas y subclínicas como son el retraso en el desarrollo físico y mental en los niños preescolares, que resulta más tarde en el adulto, en una salud precaria, y una eficiencia reducida para el trabajo. Actualmente está comprobado que la desnutrición proteínica es el mayor problema, particularmente para los grupos vulnerables como son los niños, las mujeres embarazadas y las madres lactantes. Se ha demostrado que en muchos países en desarrollo, un alto porcentaje de la población no llega a la edad de 5 años, y que hay mucha desnutrición en las poblaciones que consumen maíz. Un síndrome resultante de la deficiencia proteínica, como es el kwashiorkor, que ataca principalmente a los niños, es muy común en dichas poblaciones.

Calidad Proteínica del Maíz

El maíz posee un bajo valor biológico debido a su escaso contenido proteínico y a las deficiencias en aminoácidos esenciales, principalmente, lisina y triptofano de su proteína. Como consecuencia de estas deficiencias nunca se usa como la única fuente de proteína en raciones y en dietas para animales de crianza. Su contenido promedio de proteína es cerca de 10%. De las tres fracciones proteínicas del maíz (prolaminas, principalmente zeína, globulinas y glutelinas), la zeína constituye cerca del 50% de la proteína total en el grano entero y, aproximadamente

el 50% en el endospermo. La zeína es una proteína de baja calidad, ya que es deficiente en los aminoácidos lisina y triptofano. Existen sin embargo, grandes variaciones en el contenido y calidad de la proteína entre diferentes variedades de maíz. Algunas de ellas tienen un contenido proteínico que va del 6% (maíz bajo en proteína) hasta el 18% (alto en proteína), asimismo el contenido de grasa también varía desde el 3 hasta el 7%. Las deficiencias de lisina y triptofano en el maíz fueron señaladas por primera vez por Osborne y Mendel en 1914 (1). Desde entonces se han llevado a cabo numerosos estudios para determinar en las varias fuentes de maíz la variabilidad en contenido de proteína, lisina, triptofano y metionina. La composición de la proteína del maíz puede también ser modificada por algunos genes, un ejemplo de este se puede observar en el trabajo de Mertz, Bates y Nelson (2), quienes en 1964 descubrieron que el gen Opaco-2 aumenta significativamente el contenido de lisina y triptofano del maíz. Más tarde, Nelson, Mertz y Bates (3) encontraron un segundo gen cambiante llamado Harinoso-2 que también modifica el patrón de aminoácidos del endospermo del maíz. Nelson y colaboradores han demostrado (3) que existen varias modificaciones en la concentración de aminoácidos en el Opaco-2 y en el Harinoso-2 (Cuadro No. 1). En el Opaco-2 los aminoácidos lisina, triptofano, histidina, arginina, ácido aspártico y lisina, están aumentados mientras que el ácido glutámico, la alanina y la leucina están substancialmente disminuidos seguidos por una baja menor en tirosina y fenilalanina. En el Harinoso-2 hay un gran aumento en el nivel de metionina. Este hecho puede tener un gran significado nutricional, principalmente en raciones para aves.

Mejoramiento de la Calidad Proteínica de la Harina de Maiz

Después del descubrimiento de Mertz y colaboradores, se han hecho grandes esfuerzos en todos los países que cultivan maíz para incorporar el gen Opaco-2 y el Harinoso-2 dentro de varios genotipos para aumentar la calidad nutricional de la proteína del maíz. El valor nutritivo del maíz puede ser mejorado a través de la selección de las mejores plantas, por medio de la incorporación de esos genes que afectan positivamente el patrón de aminoácidos de la proteína del maíz, aumentando convenientemente el contenido de los aminoácidos esenciales lisina, triptofano y metionina. La calidad proteínica del maíz también puede ser mejorada usando métodos adecuados para el almacenamiento y la preparación de alimentos, así como a través de la fortificación de dichos alimentos con aminoácidos puros o con otros alimentos que son ricos en aquellos aminoácidos esenciales en los cuales el maíz es deficiente. En este trabajo se discutirá el mejoramiento del maíz por medios genéticos y se hará énfasis sobre la fortificación con aminoácidos esenciales o con cualquier proteína alimenticia que contenga altos niveles de los aminoácidos limitantes en el maíz.

Mejoramiento a Través de Genética. Opaco-2 y Harinoso-2

En los países en desarrollo los genetistas se han preocupado por largo tiempo del contenido de proteínas, el rendimiento y

CUADRO No. 1

Aminoácidos en el endospermo desgrasado del maíz común y de dos variedades de mutación (Expresado en g/100 g de proteína)

Aminoácido	Maíz común	Opaco-2	Harinoso-2
Lisina	1.6	3.7	3.5
Triptofano	0.3	0.7	0.8
Histidina	2.7	3.2	2.2
Arginina	3.4	5.2	4.5
Acido aspártico	7.0	10.8	8.1
Acido glutámico	26.0	19.8	19.1
Treonina	3.5	3.7	3.3
Serina	5.6	4.8	4.8
Prolina	8.6	8.6	8.3
Glicina	3.0	4.7	3.7
Alanina	10.1	7.2	8.0
Valina	5.4	5.3	5.2
Cistina	1.8	0.9	1.8
Metionina	2.0	1.8	3.2
Isoleucina	4.5	3.9	4.0
Leucina	18.8	11.6	13.3
Tirosina	5.3	3.9	4.5
Fenilalanina	6.5	4.9	5.1
Proteína, %	12.7	11.1	13.6

Tomado de: Nelson, Mertz y Bates, 1965 (3).

la resistencia a las enfermedades. El mejoramiento por medios genéticos es un procedimiento a largo plazo. Se ha demostrado que con la incorporación de los genes Opaco-2 y Harinoso-2, se obtiene una mejora en el patrón de aminoácidos. En una serie de ensayos de alimentación, Beeson y colaboradores (4), Cromwell, Pickett y Beeson (5), Cromwell y colaboradores (6), Bressani, Elías y Gómez-Brenes (7), y Bressani y Scrimshaw (8), han demostrado la superioridad del maíz Opaco-2 sobre los maíces híbridos normales.

Material y Métodos

En la Universidad de Ibadan se llevaron a cabo estudios preliminares para determinar las respuestas de pollitas ponedoras a dietas que contenían maíz normal y maíz Opaco-2. El Cuadro No. 2 muestra la composición de las raciones experimentales, el porcentaje de proteína cruda y los valores de triptofano y lisina. En este experimento se utilizaron dos razas de pollas, Rhode Island Red y White Plymouth Rock; las pollas de ambas razas estaban a punto de poner huevos y tenían 22 semanas de edad. Se seleccionaron al azar 15 aves de cada raza y se distribuyeron en 3 grupos de acuerdo a las raciones denominadas A, B y C. Las aves fueron alimentadas con raciones que contenían 64% de maíz Opaco-2 (grupo A), 64% de maíz corriente (grupo B) y las del grupo C recibieron raciones corrientes para ponedoras usadas

CUADRO No. 2

Composición de las raciones experimentales

	Raciones		
	A	B	C
	Opaco-2	Maíz común	Ración para ponedoras (Universidad)
Maíz local	—	64.00	62.75
Opaco-2	64.00	-	-
Harina de semilla de palma	6.00	6.00	-
Afrecho de arroz	8.00	8.00	-
Harina de pescado	2.00	2.00	3.00
Torta de maní	6.00	6.00	15.00
Luru	2.00	2.00	2.00
Harina de sangre	4.00	4.00	-
Harina de hueso	2.00	2.00	5.00
Concha de ostras	4.00	4.00	-
Sal manganezada	0.50	0.50	0.25
Granos de fermentación	-	-	3.00
Oxido de zinc en polvo	-	-	0.15 lb/ton
Sulfato de manganeso	-	-	0.40 lb/ton
Antibióticos	Solubles en agua		
Mezcla de vitaminas (A & B)	1 tin/ton	1 tin/ton	1 tin/ton
Humedad*	8.2	8.0	8.6
Proteína cruda*	16.8	16.3	16.5
Extracto etéreo*	5.0	4.8	4.6
Ceniza*	7.7	8.0	8.6
Energía total (kcal/gm)	5.53	5.54	5.54
Proteína crúda**	13.3	13.8	
Triptofano en proteína cruda**	0.8	3.0	
Lisina en proteína cruda**	0.6	3.5	

* Valores expresados en % de las raciones experimentales en base seca.

** Valores de maíz común (Lagos White) y Opaco-2 (West White-1)

en la finca de la Universidad. La variable dietética de las raciones A y B, fue la variedad de maíz usada. Los análisis químicos de las raciones dieron como resultados 16.8%, 16.3% y 16.5% de proteína cruda, para las raciones A, B y C, respectivamente. El estudio duró 15 semanas, y se dividió en dos períodos de 7 semanas cada uno, con una semana que se tomó como periodo preliminar para cada etapa, y una semana en común, como intermedio entre los dos períodos. En el segundo período las aves alimentadas con raciones que contenían maíz alto en lisina fueron transferidas a raciones con maíz normal y viceversa, pero aquéllas alimentadas con la ración C, no sufrieron ningún cambio.

Resultados y Discusión

Los resultados presentados en el Cuadro No. 2 muestran que los análisis químicos de las raciones experimentales, cuyos

valores están expresados como porcentaje en base seca, son semejantes entre si, no existiendo ninguna ventaja de una ración sobre las otras. También indican que existen algunas diferencias respecto al contenido de triptofano y lisina en los maíces usados en las raciones experimentales. Desde el punto de vista biológico estas pequeñas diferencias podrían resultar en un mejor aprovechamiento del alimento por los animales.

Las ganancias en peso y el consumo de alimentos se muestran en el Cuadro No. 3. Como puede observarse, las aves alimentadas con maíz corriente ganaron más peso que aquellas que fueron alimentadas con maíz Opaco-2. Las ganancias en peso fueron estadísticamente significativas. Las pollitas alimentadas con la ración que contenía maíz Opaco-2 consumieron más alimento que aquéllas alimentadas con una ración que contenía máiz corriente. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con respecto al consumo de alimento, pero no hubo diferencias significativas entre las razas con respecto al consumo de alimento. La mayor cantidad de alimento consumido por las pollas alimentadas con el maíz alto en lisina, debe haber sido mejor utilizado y convertido con mayor eficiencia a la producción de huevos de mayor tamaño que las pollas alimentadas con raciones que contenían maíz corriente.

CUADRO No. 3

Resumen de peso ganado, alimento consumido, producción y tamaño de huevos

		Raciones		
		A	B	C
		Opaco-2	Maíz común	Ración para ponedoras
1. Peso ganado (lbs)				
White Rock:	ler. período	0.50	3.75	- 0.13
	2do. período	-0.75	0.50	1.88
Rhode Is. Red:	ler. período	1.25	-0.25	-1.50
	2do. período	-1.50	-0.25	0.50
2. Alimento consumido				
White Rock		124.26	116.33	126.00
Rhode Is. Red		120.87	104.17	121.50
Total		245.13	220.50	247.50
3. Producción de huevos				
White Rock		244	222	219
Rhode Is. Red		255	236	238
Total		499	458	457
4. Tamaño del huevo				
Grado 2 (grande)		69	37	52
Grado 3 (mediano)		306	288	291
Grado 4 (pequeño)		124	133	115

El Cuadro No. 3 también muestra la producción de huevos. Puede notarse que durante los dos períodos de recolección era evidente que, en lo relativo a producción, ambas razas produjeron más huevos cuando fueron alimentadas con la ración que contenía maíz Opaco-2 que cuando fueron alimentadas con la ración que contenía maíz corriente.

De estos resultados se podría concluir, que el potencial de las razas para la producción de huevos, excluyendo otros factores, también aumentó debido al régimen dietético y, en este caso particular, por la buena calidad de la proteína que contiene el maíz Opaco-2. Cabe mencionar, sin embargo, que no hubo diferencias estadísticamente significativas, entre las raciones estudiadas.

Con respecto al tamaño de los huevos, las pollitas alimentadas con la ración alta en lisina, produjeron el mayor número de huevos grandes, mientras, que aquéllas alimentadas con raciones de maíz corriente, produjeron el mayor número de pequeño tamaño.

Conclusión

Nuestros resultados preliminares confirman de nuevo la superioridad nutricional del maíz Opaco-2, sobre el maíz corriente con respecto a la producción y al tamaño de los huevos. Puede también deducirse que el mayor consumo de alimento por las aves alimentadas con maíz Opaco-2 debe haber sido utilizado y, como consecuencia, mejor convertido a una alta producción de huevos de tamaño grande.

Mejoramiento a Través de Fortificación

Los métodos para el mejoramiento de la calidad nutricional de la proteína de los cereales a través de fortificación con aminoácidos esenciales, no han sido ampliamente adoptados aun cuando ellos ofrecen grandes posibilidades para el mejoramiento cualitativo de la proteína de esos alimentos.

La fortificación de los cereales con aminoácidos puros y vitaminas resulta en un mejoramiento de la calidad de la proteína, y como consecuencia en un aumento en la cantidad de proteína utilizable. La fortificación de harina de maíz puede ser un camino muy efectivo para corregir su baja calidad proteínica sin cambiar en modo alguno, los hábitos dietéticos de las poblaciones consumidoras de maíz. El arroz, por ejemplo, ha sido fortificado con aminoácidos puros, y con vitaminas, con el objeto de corregir sus deficiencias. Mitsuda (9) ha demostrado que el arroz oscuro o pulido, puede remojarse durante 12 o 24 horas en soluciones de 1% de ácido acético, que contenga lisina, triptofano, vitaminas y otros ingredientes para enriquecerlo. En el caso del maíz, Kockturk y colaboradores (10), han demostrado que hay un ligero mejoramiento cuando se agrega ácido nicotínico a dietas que contienen lisina o triptofano. Kodicek (11), y Bressani y Scrimshaw (8), indicaron que el tratamiento del maíz

con cal mejora la ganancia en peso de las ratas, aumentando la disponibilidad del ácido nicotínico para esos animales y el cerdo. Ya que la lisina es el primer aminoácido limitante en el maíz, la cantidad relativa disponible de este aminoácido para un organismo en crecimiento cuya única fuente de proteína es el maíz, podría ser el factor limitante que regula la síntesis proteínica. Con una fortificación de la dieta con lisina, ninguno de los otros aminoácidos presentes sería utilizado para síntesis proteínica, y menos para otras funciones metabólicas.

Aun cuando la fortificación de la proteína de los cereales con aminoácidos puros no aumenta la cantidad total de proteína consumida, una gran cantidad de ésta se convierte en más utilizable. Este método tiene la ventaja adicional de ser inmediatamente efectivo en llenar las necesidades de proteína de buena calidad de un individuo sin necesidad de alteraciones simultáneas en costumbres, religión, creencias y hábitos dietéticos. Esto además no provoca efectos adversos sobre las propiedades organolépticas de las dietas a base de cereales. La fortificación con aminoácidos puros tiene también la ventaja de hacer que estos aminoácidos esenciales estén realmente disponibles al individuo.

Fortificación del Maíz con Aminoácidos Puros

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un experimento con ratas blancas de sexo masculino, para probar el valor nutritivo de la harina de maíz corriente, de Opaco-2 y de maíz común, fortificada con L-lisina. Las dietas experimentales se muestran en el Cuadro No. 4. Estas fueron formuladas de tal manera que la única fuente de proteína era la derivada de la harina de maíz, cuyo contenido proteínico era de 10%, ya que a este nivel los animales son extremadamente sensibles a la calidad de la proteína en la dieta. A las dietas se les agregó también celulosa para hacer las raciones más voluminosas y que pudieran pasar fácilmente a través del tracto digestivo. Como los animales tenían que ser alimentados a niveles proteínicos bajos, se agregó a la ración 0.20% de biotina, para prevenir que los animales tomaran posturas de canguro o adquirieran un modo espástico de caminar. Asimismo se utilizo en las dietas aceite de maní como fuente de energía. En el Cuadro No. 5, se muestra el contenido de proteína, lisina, triptofano y grasa del maíz corriente y del maíz Opaco usado en estas raciones experimentales.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de la evaluación del valor nutritivo de la harina de maíz, se muestran en el Cuadro No. 6, en el cual puede observarse que las ratas, alimentadas con harina de maíz Opaco-2, alcanzaron mayor ganancia en peso y conversión de alimento y valores más altos de utilización en proteína neta (UPN), índice de eficiencia proteínica (PER), razón proteínica neta (RPN) e índice de eficiencia de retención proteínica (PRE),

CUADRO No. 4

Composición de la dieta experimental

Composición	Ración 1 Opaco-2 %	Ración 2 Maíz común	Ración 3 Maíz común + L-lisina, %
Opaco-2	85.0	-	-
Maíz común	-	86.8	86.6
L-lisina	-	-	0.2
Aceite de maní	5.0	3.2	3.2
Mezcla de vitaminas	1	1	1
Celulosa	5	5	5
Mezcla de minerales	4	4	4

CUADRO No. 5

Composición química del maíz experimental

Composición	Común	Opaco-2
Proteína %	11.5	12.2
Materia seca %	89.9	91.6
Triptofano g/16 gN	0.6	0.8
Lisina g/16 gN	2.4	3.3
Grasa %	2.0	3.1
Ceniza %	1.4	1.5

CUADRO No. 6

Evaluación nutricional del maíz con o sin fortificación de aminoácidos

Fuente de proteína	Peso ganado, g	NPU	PER	NPR	PRE	BV
Opaco-2	11.8	57.6	2.1	3.4	54.5	66.9
Maíz común	7.2	27.3	1.3	2.5	40.4	32.8
Maíz común + 0.3% L-lisina	8.7	53.5	2.0	3.2	51.7	62.4

y valor biológico (VB) que las mantenidas con harina de maíz híbrido común. La fortificación de este último, con 0.3% de L-lisina, mejoró la calidad de la proteína, y esto se reflejó en una mejor ganancia en peso, mejor conversión del alimento, NPU y PER más altos y mejor VB. Estos resultados sugieren que la

fortificación de la harina de maíz, agregando aquellos aminoácidos que son limitantes en la proteína de este cereal, contribuyen al mejoramiento del valor nutritivo de la harina.

Este método puede por lo tanto tener mucho futuro desde el punto de vista comercial y nutricional, ya que estos aminoácidos limitantes, con otros aditivos, pueden ser mezclados a la harina de maíz antes de ser llevada al mercado.

Banigo y Muller (12) llevaron a cabo estudios sobre el enriquecimiento del "ogi" (un atole ralo hecho de maíz fermentado), con aditivos tales como clorhidrato de lisina, concentrado proteínico de hojas, soya, algodón, leche y productos de levadura. Sus resultados muestran que el puntaje proteínico del "ogi", con lisina como aminoácido limitante, mejoró cuando éste fue fortificado con suplementos proteínicos o aminoácidos puros. Estos mismos autores también demostraron que el clorhidrato de lisina, parece ser el suplemento más barato y más eficiente para la proteína del maíz en forma de "ogi".

Fortificación con Productos Vegetales

El método para mejorar el valor nutricional de la harina de maíz por medio de la fortificación con aditivos, principalmente de origen vegetal, puede llevarse a cabo exitosamente cuando el maíz es molido comercialmente en forma centralizada. En algunos países tropicales esto podría ser muy difícil porque los alimentos hechos con maíz son preparados del grano por métodos locales. Sin embargo, las harinas de frijol de soya y los productos de levaduras, han sido utilizados para la fortificación de la harina de maíz.

Fortificación con Levadura

Los cultivos de levaduras alimenticias son los más indicados para la fortificación de la harina de maíz, ya que es una de las fuentes más ricas en niacina, conteniendo alrededor de 40 a 50 mg por 100 g de materia seca, y cuyo contenido proteínico es alrededor de 50% en base seca (13). El maíz ha sido asociado con la pelagra humana, y se ha demostrado su incapacidad para mantener el crecimiento de animales de experimentación debido a su deficiencia en niacina combinada con la de triptofano (13). La proteína de levadura es muy bien balanceada en lisina, y tiene un alto contenido de triptofano. Por consiguiente, la adición de levadura al maíz, podría mejorar significativamente su valor nutritivo. Experimentos llevados a cabo por Sure (14), con ratas en crecimiento cuya dieta basal contenía 89% de maíz blanco molido, como única fuente de proteína, y a la cual se le adicionó 3% de levadura cultivada, demostraron que la suplementación con este producto casi duplicó la ganancia de peso, y el índice de eficiencia proteínica aumentó en un 40%. El autor también encontró que la fortificación con lisina y triptofano, mejora el valor nutritivo de una manera similar a la obtenida por medio del agregado de levaduras cultivadas. Sure (15) concluye que las levaduras elaboran algunos factores nutricionales extras que son

responsables por el incremento en la velocidad de crecimiento asociada con las ingestas bajas de estos aminoácidos.

Fortificación con Frijol de Soya

En El Africa, al sur del Sahara, el maíz se consume principalmente, en la forma de un alimento ácido; en Nigeria, se usa en diferentes formas para la preparación de diversos platos. Algunos de estos alimentos se usan para el desayuno, y consisten en el atole ralo llamado "ogi", del cual ya se hizo la descripción. Otros alimentos son más solidos, y se les agrega aceite de palma, salsas, especies, carne y pescado. En Nigeria, la lista de los platos que se preparan pueden dividirse en dos grupos (16): a) maíz fresco o verde, que se consume cuando está tierno en la mazorca, o se come asado. b) los platos que se preparan con el maíz seco y completamente maduro. De gran importancia es el alimento para niños recién destetados que se prepara con el maíz. El método de preparación de esta comida ácida que en Nigeria es el principal alimento de los niños, consiste en remojar el maíz en agua, lo cual es seguido por una fermentación natural. El producto conocido con el nombre de "ogi" se hierve hasta obtener una consistencia de atole ralo, que contiene cerca de 5% de sólidos. Esta es la forma en que se utiliza la harina de maíz para la alimentación de los niños.

La harina de soya ha sido extensamente usada para fortificar la harina de maíz. Sure (14) encontró que la harina de soya posee un valor suplementario para el maíz, igual al descrito para las levaduras. En Nigeria Akinrele y colaboradores (17), han desarrollado y producido un alimento enriquecido a base de "ogi", conocido con el nombre de "ogi de soya". En este producto se mezclan la harina de maíz y la de soya en una proporción de 70 a 30 partes respectivamente, siguiendo una fermentación anaeróbica, en un caldo inoculado con el líquido en que ha sido remojado el maíz, por 24 horas. Se han hecho comparaciones entre la composición del ogi de soya y otros productos alimenticios, como puede verse en el Cuadro No. 7, que fue adoptado de Akinrele y Edwards (18). El patrón de aminoácidos de algunos alimentos proteínicos usados en algunos países, se muestran en el Cuadro No. 8, a, b, c: adaptado de Akinrele y Edwards (18); d, e: tomados de Massieu *et al.* (19). Los mismos autores evaluaron la harina de maíz fortificada con soya, con respecto a la composición de sus nutrientes, la calidad biológica de su proteína, su toxicidad y su acción terapéutica en ratas y en niños con kwashiorkor. Estos resultados indican que el ogi de soya, presenta una composición de nutrientes y un puntaje proteínico, que se compara con aquellos alimentos producidos comercialmente para la alimentación de niños.

El estudio de los hígados de las ratas alimentadas con el ogi de soya, no muestran alteraciones que indiquen la presencia de factores tóxicos. También se ha establecido que el ogi de soya es un alimento completo y su proteína está muy bien balanceada, lo cual hace que sea un alimento indicado para la alimentación de niños y para el tratamiento de la desnutrición proteínico-calórica.

CUADRO No. 7

Comparación entre la composición de soy-ogi y otros alimentos proteínicos* (Expresados en porcentaje)

Constituyente	Incaparina (Guatemala)	Lactógeno (Nestlé)	Alimento de maíz y soya (E.U.A.)	Soy-Ogi (Nigeria)
Proteína	27.5	16.0	21.0	20.0
Humedad	-	3.0	9.5	4.7
Grasa	4.2	24.0	1.2	6.3
Ceniza	-	3.6	2.1	2.0
Calcio	0.7	-	0.4	0.4
Fósforo	0.7	-	0.4	0.4
Carbohidratos	-	52.0	61.0	63.7
Energía kcal/g	3.7	5.0	3.6	4.0

Tomado de: Akinrele and Edwards, 1971 (18).

CUADRO No. 8

Patrón de aminoácidos de algunos alimentos proteínicos (mg/g)

Aminoácido	a Lactógeno	b Alimento de maíz y soya	c Soy-Ogi	d Maíz entero	e Tortilla
Lisina	12.1	9.6	9.5	2.5	2.2
Triptofano	2.2	2.4	2.1	0.6	0.4
Metionina	3.8	3.6	2.8	1.9	1.7
Cistina	1.4	2.8	3.1	-	-
Treonina	7.2	-	7.6	4.7	3.5
Isoleucina	9.9	-	8.7	4.0	-
Leucina	15.2	-	17.7	19.6	18.9
Fenilalanina	7.5	-	10.7	4.4	4.3
Valina	10.6	-	9.8	5.4	5.4
Histidina	4.1	-	4.9	2.3	1.7
Serina	9.1	-	9.8	-	-

(P.T.O.) a, b, c: adaptado de Akinrele and Edwards 1971 (18).
d, e : extractado de Massieu *et al.*, 1949 (19).

Conclusiones

De lo expuesto anteriormente, puede decirse que las proteínas del maíz híbrido común no tienen los niveles suficientes de los aminoácidos esenciales lisina y triptofano, necesarios para la nutrición humana. Ellas también tienen deficiencias de metionina, lo cual es un factor limitante en raciones para aves. Para corregir las deficiencias, principalmente de lisina, se ha sugerido dos métodos generales:

1. Debería ser posible seleccionar entre una amplia variedad genética de maíces, aquellos que tengan mejores proporciones de proteína total, lisina y triptofano, para desarrollar nuevas variedades que sean apropiadas para cada área y cada población, aumentando en esta forma, las cantidades de proteína total, lisina y triptofano y otros aminoácidos esenciales.

2. En segundo lugar debería ser posible a corto plazo, fortificar la harina de maíz, a partir de un molino central, con aminoácidos puros o con productos vegetales que tengan altos niveles de los aminoácidos esenciales, lisina, triptofano y metionina.

Referencias

1. Osborne, T. B. and L. B. Mendel. Nutritive properties of the maize kernel. *J. Biol. Chem.*, 18:1-16, 1914.

2. Mertz, E. T., L. S. Bates, and O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964.

3. Nelson, O. E., E. T. Mertz, and L. S. Bates. Second mutant gene affecting the amino acid pattern and maize endosperm proteins. *Science*, 150: 1469-1470, 1965.

4. Beeson, W. M., R. A. Pickett, E. T. Mertz, G. L. Cromwell and O. E. Nelson. Nutritional value of high-lisine corn. Purdue University Res. Prog. Report, 227: 1-8,1966.

5. Cromwell, G. L., R. A. Pickett, and W. M. Beeson. Nutritional value of Opaque-2 corn for swine. *J. Animal Science*, 26:1325-1331, 1967.

6. Cromwell, G. L., J. C. Rogler, W. R. Featherston, and T. R. Cline. A comparison of the nutritive value of Opaque-2, Floury-2 and normal corn for the chick. *Poultry Science*, 47:840-848, 1968.

7. Bressani, R., L. G. Elías and R. A. Gómez Brenes. Protein quality of Opaque-2 corn: Evaluation in rats. *J. Nutr.*, 97:173-180, 1969.

8. Bressani, R. and N. S. Scrimshaw. Effect of lime treatment on in vitro availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *Agric. & Food Chem.*, vol. 6, 774-778, 1958.

9. Mitsuda, H. New approaches to amino acid and vitamin enrichment in Japan. In: *Protein - Enriched Cereal Foods for World Needs*. A.A.C.C., 1969.

10. Kockturk, O.N., L. M. Flynn, B. L. O'Dell, and A. G. Hogan. Nicotinic acid, lysine and tryptophan as supplements to low-protein corn. Res. Bull, 678. Univ. of Missouri/College of Agric., 1958.

11. Kodicek, E. The availability of bound nicotinic acid to the rat. *Brit. J. Nutr.*, 14:13-24, 1960.

12. Banigo, E.O.I., and H. G. Muller. The evaluation of the protein supplements of ogi by taste panels. Paper presented at 7th Biennial Conf. of W.A.S.A., 11970.

13. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Maize and Maize Diets; A Nutritional Survey, 1953.

14. Sure, B. The nature of the supplementary value of the protein in milled corn meal and milled wheat flour with dried food yeasts. *J. Nutr.*, 36:59-64, 1948a.

15. Sure, B. Relative supplementary values of dried food yeasts, soybean flour, peanut meal, non-fat milk solids and dried buttermilk to the proteins in milled white corn meal and milled enriched wheat flour. *J. Nutr.*, 36:65-74, 1948b.

16. Van Eijnathen, C. L. M. Towards the improvement of maize in Nigeria. 1965. H. Veenman & Zonen N. V. - Wageningen (ed.) p. 15-22.

17. Akinrele, I. A., O. Adeyinka, C. C. A. Edwards, F. O. Olatunji, J. A. Tina and O. A. Koleoso. The development and production of soya-ogi. FIIR. *Res. Report* 42: 1-63, 1970.

18. Akinrele, I. A. and C. C. A. Edwards. An assessment of the nutritive value of a maize-soya mixture "Soy-ogi" as a weaning food in Nigeria. Br. J. *Nutr.*, 26:177-185, 1971.

19. Massieu, G. H., J. Guzmán, R. O. Cravioto, and J. Calvo. Determination of some essential amino acids in several uncooked and cooked Mexican foodstuffs. *J. Nutr.*, 38: 293-304, 1949.

LA TECNOLOGIA DE LA FORTIFICACION DEL MAIZ EN AMERICA LATINA

Dr. Mario Molina, Lic. Luiz G. Elías, Dr. Roberto Gómez-Brenes, Dr. Paul Lachance y Dr. Ricardo Bressani
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, Guatemala

Introducción

Resultados de encuestas dietéticas llevadas a cabo por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) han demostrado la importancia del maíz (*Zea mays*) en la dieta de las poblaciones rurales centroamericanas (1). La importancia de este cereal en la dieta de otros países del continente americano (como México, Venezuela, Colombia, etc.), también ha sido puesta en evidencia (2, 3).

Dada la importancia de este cereal en la dieta básica de poblaciones latinoamericanas, y debido a que la proteína del maíz ha sido señalada como deficiente en los aminoácidos lisina, triptofano, metionina e isoleucina (4, 5), se han llevado a cabo varios estudios nutricionales suplementando diversos productos del maíz con dichos aminoácidos. En general, los resultados obtenidos han sido bastante halagadores mostrando que el valor nutritivo de la proteína, de los productos estudiados, presenta un alza considerable al suplementarla con sus aminoácidos limitantes, en especial lisina y triptofano (3, 6-9). Dicha suplementación se ha logrado exitosamente utilizando, tanto aminoácidos libres como concentrados proteínicos (4, 5, 7, 8), o bien variedades de maíz enriquecidas genéticamente como el Opaco-2 (3, 7).

Estudios nutricionales también han demostrado que, en productos como la tortilla, cuando la proteína del maíz es suplementada con sus aminoácidos limitantes, su valor nutritivo puede elevarse considerablemente si el suplemento es adicionado con vitaminas del complejo B. La riboflavina ha sido señalada como la vitamina de mayor intervención en este fenómeno (8). Dichos resultados respaldan las observaciones previas de Gilbert y Gillman (10), quienes indicaron que a fin de que la soya, caseína o levadura fueran efectivas como suplementos proteínicos del maíz, era necesario agregar minerales, vitaminas y otros nutrientes a las raciones en estudio.

Conociendo sin embargo, la importancia del problema y reconociendo el impacto que tendría para varios pueblos latinoamericanos, el poder fortificar eficientemente un ingrediente importante de la dieta básica como es el maíz, relativamente poco se ha logrado en lo que respecta a la tecnología propiamente dicha de la fortificación de este cereal. Dicha tecnología, es evidente, tendría que estar íntimamente ligada al proceso de fabricación de los productos de mayor consumo y, por ende, de mayor importancia en la región, a fin de que un programa de fortificación pudiese tener un mayor impacto.

En vista de lo anterior, consideramos que a fin de establecer las posibilidades de las diversas técnicas de fortificación para los productos latinoamericanos del maíz, se hace necesario

el comentar brevemente, tanto sobre los procesos de producción de los productos de mayor consumo en el área como sobre la naturaleza del suplemento a agregar.

Elaboración de los Productos del Maíz de Mayor Consumo en el Area

1. Tortilla

El método generalmente usado en la fabricación casera de tortillas se ilustra en la Figura No. 1. Básicamente, el mismo método es el usado también para la fabricación industrial de harinas precocidas de maíz cuando se incluye la etapa de cocción alcalina en el proceso. En el caso industrial sin embargo, el tiempo de cocción es de aproximadamente 1.5 horas, el período de remojo en el medio de cocción se omite y el producto de la molienda es secado para dar una harina precocida como producto final.

Al final de la etapa de cocción cuando la tortilla se prepara de maíz blanco y amarillo, se pierden aproximadamente 12 y 8% de los sólidos totales, respectivamente. Aun cuando esta pérdida se relaciona directamente con la fracción en peso que la cáscara (o epispermo) representa en cada variedad de grano (6.2% del maíz blanco y 5.3% del maíz amarillo), esto no representa toda la pérdida de sólidos totales. En general, el germen parece sufrir las pérdidas más grandes de nutrientes (11).

Durante la etapa de molienda aproximadamente 6% de los sólidos totales se pierden; de acuerdo a Bressani, Paz y Paz y Scrimshaw (11) dicha pérdida se considera que es debida primordialmente a una ineficiencia del proceso de molienda y que puede obviarse con relativa facilidad mejorando dicho sistema.

En general, durante el proceso de elaboración de este producto básico en la dieta de la población mexicana y centroamericana, los nutrientes que se pierden en mayor cantidad son: tiamina (60 a 65%), riboflavina (32 a 52%), niacina (30 a 32%), hierro (46 a 70%), nitrógeno (10%), extracto etéreo (33 a 44%) y fibra cruda (32 a 46%). En el caso del maíz amarillo, también 21% del caroteno original se pierde durante el proceso (11).

De dichas pérdidas las sufridas en las vitaminas del complejo B son de particular interés, ya que, como ha sido mencionado anteriormente, Bressani y Marenco (8) señalaron que la adición de riboflavina (3 mg/100 g de dieta basal) a maíz tratado con cal y suplementado con L-lisina HCl (0.41%) y L-triptofano (0.10%) aumentaba significativamente su valor nutritivo.

Siendo conocida también la deficiencia de vitamina A en nuestro medio (12) y considerando que el maíz, como ingrediente básico en nuestra dieta, pudiese servir como vehículo de fortificación con B-caroteno, podemos contemplar a éste como un ingrediente del suplemento a agregar.

Es de interés el conocer que únicamente 10% de proteína se pierde durante el proceso casero de elaboración de la tortilla (11), lo cual parece indicar que dicha pérdida es principalmente

debida a una ineficiencia en el proceso de producción y no a una solubilización del material proteínico.

Esta interpretación parece estar de acuerdo con los resultados informados por Bressani y Scrimshaw (13) quienes encontraron que la solubilidad de la zeína (proteína principal en el maíz sazón) era considerablemente reducida por la fase de cocción en el medio alcalino. Aún más, estos autores indicaron que cualquier baja en la solubilidad y consecuentemente en la disponibilidad de la zeína - proteína de la más baja calidad en el maíz - podía, a su vez, tener el efecto práctico de mejorar el valor biológico de las proteínas disponibles, de mejor calidad, como la glutelina (14, 15).

Aun cuando todos los resultados antes mencionados se hayan obtenido en tortillas preparadas por el método casero (Figura No. 1), consideramos que, en general, las pérdidas de nutrientes (con la posible excepción de la pérdida de nitrógeno) y alteraciones en la solubilidad proteínica, pueden extrapolarse a la producción industrial de harinas precocidas de maíz cuando ésta contemple la etapa de cocción en el medio alcalino (aproximadamente 1% de cal).

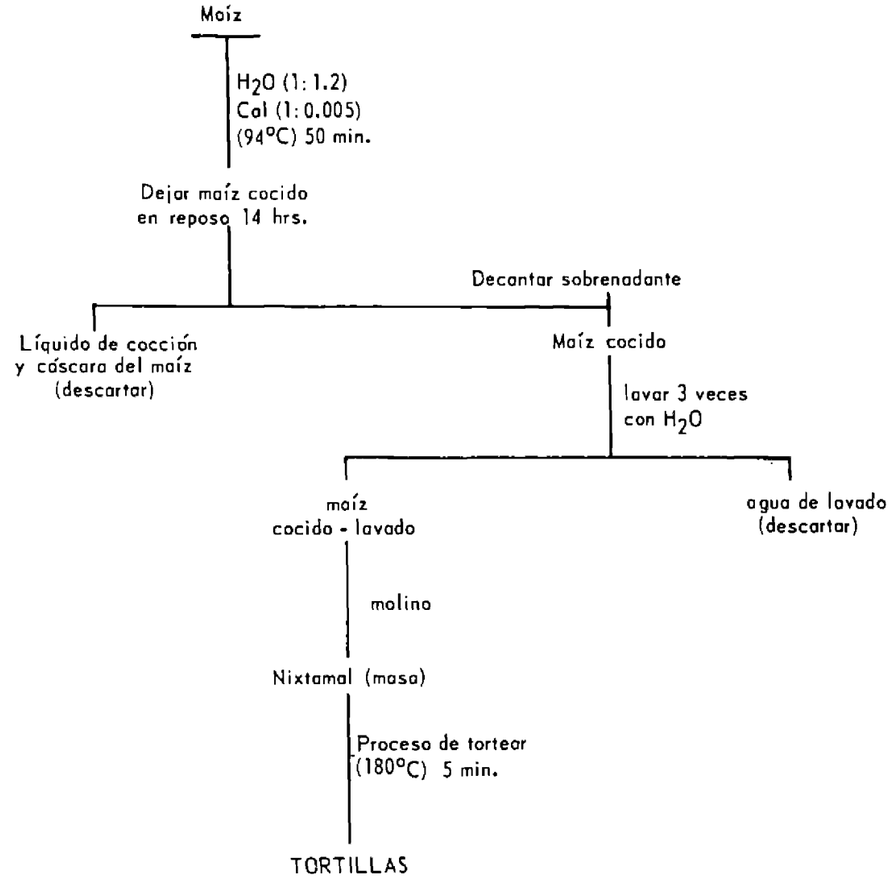


FIGURA No. 1

Método de preparación de la tortilla en Guatemala

Es de interés el conocer que en procesos industriales de producción de harinas precocidas de maíz entero que contemplan la cocción del grano a presión en un medio acuoso sin cal, la pérdida de vitaminas del complejo B es mínima. Este fenómeno es probablemente debido a que en estos granos la cáscara no es eliminada durante el proceso de producción lo que impide la difusión de nutrientes solubles, tanto en el medio de cocción como en el medio de lavado. El hecho de no descartar la cáscara también se traduce en un producto con un contenido de fibra cruda más alto (aproximadamente 2.40%) que la harina obtenida por el método corriente con cocción alcalina (aproximadamente 1.60%), en el cual las vitaminas del complejo B probablemente se pierden por solubilización en los medios acuosos de cocción y/o de lavado. Cabe mencionar también que cuando las harinas precocidas de grano entero son preparadas usando una presión de más de 5 libras de presión por pulgada cuadrada, y partiendo de grano seco su valor nutritivo se encuentra sujeto a posible deterioro, probablemente debido a una destrucción término de sus aminoácidos (16).

Considerando que la tortilla de maíz tratado con cal contribuye hasta con el 87% de la ingesta diaria de calcio en Centro América (17, 18), creemos que sería conveniente el mantener la etapa de cocción alcalina en el proceso de elaboración, especialmente debido al bajo consumo, en la región, de otros productos ricos en calcio, como la leche.

2. *Arepa*

La arepa, un producto de maíz muy semejante a la tortilla, se elabora por medio de un proceso muy similar a ésta, con la excepción que para la arepa se parte de maíz degerminado y sin cáscara y que durante el proceso corriente de producción el maíz se coce en un medio acuoso sin cal (3, 19).

Respecto a las posibles consecuencias nutricionales del proceso de elaboración de este producto del maíz, común en Colombia y Venezuela, podríamos señalar que el uso de maíz degerminado comprende la eliminación de la glutelina, proteína de mayor valor nutritivo que la zeína, que se encuentra localizada en el germen del grano (15).

Es posible también que, usando un maíz sin cáscara como materia prima, las pérdidas en las vitaminas hidrosolubles del grano sean de magnitud semejante a las indicadas anteriormente en el caso de la tortilla.

3. *Otros productos del maíz*

Entre otros productos del maíz de regular consumo en diversos países del área latinoamericana, podemos mencionar las bebidas preparadas a partir de este cereal.

Entre tales productos pueden considerarse las coladas, bebida de singular popularidad en Panamá y Perú, consistente en una suspensión acuosa de harina precocida de maíz. Esta bebida se consume corrientemente con agregados de sabores.

El pinol, bebida preparada a partir de una suspensión acuosa de harina de maíz tostado, igualmente con agregado de sabores, es de particular interés en Nicaragua.

Otra bebida de interés centroamericano es el atole de elote, que consiste en una infusión de maíz tierno (mazorcas de 18 semanas después de la siembra, aún en estado lechoso). Esta bebida es de particular importancia, ya que se ha establecido que la proteína de maíz tierno tiene un valor nutritivo más alto (PER* = 1.74) que la del maíz sazón (PER = 1.31), un contenido de lisina también superior (394 mg/g de N) que el maíz sazón (234 mg/g de N) y un porcentaje menor de zeína que el maíz sazón (4.1 y 27.4%, respectivamente). Aun cuando el uso del maíz tierno parece estar limitado por su bajo contenido de proteína (aproximadamente 11.2% en base seca), éste se considera que puede ser mejorado fácilmente mediante la adición de concentrados proteínicos (15).

Lo anteriormente indicado para la bebida de maíz tierno, también sería aplicable a los tamales de elote, producto para el cual se usa un grano de mazorcas cosechadas 20 semanas después de la siembra (15).

Entre otros alimentos preparados a partir del maíz y de singular interés, están los tamales preparados de masa de maíz sazón (semejante a la masa usada para hacer tortillas) comunes en la región centroamericana, y otras bebidas como el chicheme de Panamá, bebida preparada de maíz molido y cocido agregando leche y sabores al mismo caldo de cocción.

Naturaleza del Suplemento a ser Agregado

Bressani (6) estableció que cuando el maíz tratado con cal es suplementado con aminoácidos libres, los niveles óptimos de L-lisina HCl y L-triptofano que deben agregarse son 0.31 y 0.05% respectivamente. Estos niveles fueron determinados agregando los aminoácidos en forma combinada y se indica que aun cuando las respuestas favorables encontradas con la suplementación fueron, en su mayoría, debidas a la lisina, la presencia de ambos aminoácidos en el suplemento es necesaria para obtener un máximo beneficio.

Bressani y Marenco (8) indicaron que el valor nutritivo de las proteínas del maíz tratado con cal y suplementado con L-lisina HCl y L-triptofano, experimentaba un alza significativa cuando se agregaba a la dieta riboflavina y tiamina a un nivel de 3 mg/100 g. Por considerarse que la riboflavina es la vitamina más efectiva para obtener un incremento en el valor nutritivo, su inclusión en el suplemento del maíz sería necesaria a fin de provocar un efecto máximo (5, 8).

---

* PER - Indice de Eficiencia Proteínica.

Considerando, en base a los hallazgos informados por Bressani, Castillo y Guzmán (16), que la pérdida mayor en el contenido de vitaminas del complejo B se experimenta por solubilidad tanto en el líquido alcalino de cocción como en las aguas de lavado del grano cocido y pelado, es lógico concebir que la fortificación con estos nutrientes debe hacerse a nivel de la operación de molienda y/o durante la preparación de la masa, o bien, puede pensarse en recubiertos con una capa protectora antes de la etapa de cocción.

Marenco (5), Bressani (4) y Bressani y Marenco (8) indicaron que el mejoramiento de la calidad proteínica del maíz puede ser igualmente efectiva con aminoácidos libres como con concentrados proteínicos. Resultados semejantes a aquellos notificados usando el suplemento de aminoácidos y vitaminas en forma purificada, fueron obtenidos por estos investigadores usando suplementos como: 8% de leche descremada, 8% de harina de soya ó 3% de harina de pescado.

Más tarde Bressani (7) encontró como suplementos proteínicos óptimos leche descremada más 0.10% de L-lisina HCl y harina de soya más 0.10% de L-lisina HCl, encontrándose 8% como el nivel óptimo de adición en ambos casos.

En el Cuadro No. 1 se ilustra la composición de los tres suplementos propuestos por Bressani (7). Está indicado claramente que la adición del suplemento en forma de proteína no sólo tenía la ventaja de aumentar el contenido proteínico total del producto, sino que también reducía considerablemente el costo de la operación.

Tomando en cuenta solamente el costo de los ingredientes, sin incluir el de las vitaminas, el Cuadro No. 2 muestra que usando la fórmula de suplemento a base de harina de soya éste representaría un incremento de sólo Q. 0.73 al precio corriente de 100 libras de maíz en Guatemala (calculado como Q. 4.00). Dicho costo de fortificación se compara favorablemente al calculado para los suplementos a base de aminoácidos libres o de leche descremada que representan un alza calculada de Q. 1.50 y Q. 2.80, respectivamente, al precio de 100 libras de maíz.

Bressani (7) concluye recomendando el suplemento a base de harina de soya más 0.10% de L-lisina HCl como el más factible para efectuar la fortificación del maíz en Centro América.

Otra forma de suplementar y/o enriquecer los productos del maíz, es la propuesta por Mottern, Buckle y Pardo (3) para el caso de la arepa y que consiste básicamente en substituir el maíz corriente por maíz Opaco-2 (suplementado con 5% de harina de soya y 5% de gluten de maíz), en la formulación del producto.

Tanto Bressani (7) como Mottern, Buckle y Pardo (3) encontraron un alto grado de aceptación de los productos (tortilla y arepa, respectivamente) preparados con los diversos suplementos.

Resultados preliminares de nuestros laboratorios obtenidos en tortillas preparadas con maíz Opaco-2, maíz común, maíz común

CUADRO No. 1

Formulaciones del grano sintético de maíz

Ingredientes	Formulaciones		
	No. 1	No. 2	No. 3
	%		
L-Lisina HCl	6.000	1.25000	1.25000
DL-Triptofano	2.000	---	---
Maíz	91.844	---	---
Leche en polvo descremada	---	98.65250	---
Harina de soya (Soyafluff 200)	---	---	98.65250
Riboflavina	0.0060	0.00375	0.00375
Tiamina	0.0400	0.02500	0.02500
Niacina	0.0600	0.03750	0.03750
Vitamina A, g	0.0500*	0.03125*	0.03125*
	100.0000	100.00000	100.00000
% de adición	5	8**	8***

* Equivalente a 25,000 I. U. de vitamina A o vitamina A acetato (500,000 I.U./g). Esta cantidad provee la mitad del nivel recomendado de 750 mcg de retinol por 100 g de tortilla.

** Cantidad de leche descremada que provee 0.04% L-Triptofano y 2.8 g de proteína.

*** Cantidad de harina de soya que provee 0.05% L-Triptofano y 4.0 g de proteína/100 g.

CUADRO No. 2

Costo de formulaciones y de fortificación*

	Formulaciones		
	No. 1	No. 2	No. 3
Costo/100 lbs	$ 30.00	$ 35.00	$ 9.15
Porcentaje de adición	5	8	8
Costo de fortificación/100 lbs	$ 1.50	$ 2.80	$ 0.732
Costo de maíz fortificado/lb**	5.5¢	6.8¢	4.732¢
%, aumento en precio	37.5	70.0	18.3

* Considerando solamente el costo de los ingredientes.

** Precio corriente (1970) del maíz blanco en Guatemala: $4.00/100 lbs.

suplementado con 8% de leche descremada (más 0.1% L-lisina HCl) y maíz común suplementado con 8% de harina de soya (más 0.15% de L-lisina HCl), indican que tanto la pérdida de humedad como la textura del producto no se ven afectados por el suplemento aun después de un período de almacenamiento de hasta 24 horas a temperatura ambiente.

Técnicas de Fortificación Aplicables a Productos del Maíz

Teniendo un conocimiento previo del proceso de producción y de la naturaleza del suplemento que se intenta agregar, consideramos que podemos entrar a discutir la forma o técnica más factible para la adición de este suplemento a los productos del maíz de mayor importancia en el área.

Dado que la tortilla y la arepa son considerados como los productos de mayor consumo en el área rural latinoamericana, donde este grano es un ingrediente primordial de la dieta básica, la posible aplicación de las diversas técnicas de fortificación a discutir a continuación será enfocada primordialmente hacia los dos productos mencionados

1. *Por substitución parcial con granos enriquecidos genéticamente*

Una de las soluciones más lógicas al mejoramiento nutricional de los productos del maíz sería la substitución parcial o total, del maíz común por otras variedades enriquecidas genéticamente como el maíz Opaco-2.

Aun cuando, tanto para la arepa (3) como para la tortilla se ha encontrado muy buena aceptación cuando son preparadas básicamente a partir del maíz Opaco-2, creemos que el uso general de esta variedad de maíz como probable solución al problema nutricional de nuestra área debe considerarse como una posibilidad a largo plazo.

Como bien lo ha expresado Bressani (7), el uso de variedades de maíz genéticamente mejoradas involucra estudios de producción agrícola, procesamiento óptimo, mercadeo y, en general, diversas actividades de extensión agrícola que, cuando son traducidas a inversión económica y personal adiestrado, nuestros países, en vías de desarrollo, todavía no pueden sostener.

Es por ello que, aun cuando las posibilidades de esta solución aparentemente lógica no se deben dejar de contemplar, consideramos que al presente y dada la importancia del problema, deben buscarse soluciones a corto plazo para la fortificación de este alimento básico. La fortificación con aminoácidos (libres o en forma de proteína) y vitaminas creemos que pueden brindar esta solución con un mínimo de inversión.

2. *Por adición directa de nutrientes*

Una de las técnicas más simples de fortificación, con posible aplicación a los productos del maíz, es la adición directa (en polvo o en solución) de los nutrientes con que se desea fortificar el producto final.

Considerando la naturaleza del suplemento y que el proceso de producción, tanto de la tortilla como de la arepa, presenta una etapa de cocción del grano después de la cual el líquido es descartado, no es difícil deducir que la fortificación por este método estaría limitada a la etapa de molienda y/o a etapas posteriores en el proceso de elaboración de estos productos.

Las Figuras Nos. 2-5 ilustran la fortificación por adición directa de nutrientes a nivel de molienda durante la producción de la tortilla.

Las Figuras Nos. 6 y 7 ilustran gráficamente (usando carmín o carbón como indicador) que este método de fortificación es eficiente cuando los nutrientes se agregan en forma de polvo pero no cuando se hace en forma de solución, ya que en este caso no se obtiene una distribución uniforme.

Esta técnica de fortificación, aun cuando es relativamente simple y de fácil aplicación, la consideramos recomendable únicamente para los procesos industriales de fabricación de harinas precocidas de maíz, en los cuales la adición del suplemento podría controlarse eficientemente. Creemos que el bajo nivel educacional de nuestras poblaciones rurales en general, imposibilitaría o dificultaría sobremanera este control a nivel casero o aun a nivel comunal, pudiendo llegar a hacer inefectivo un programa nacional de fortificación.

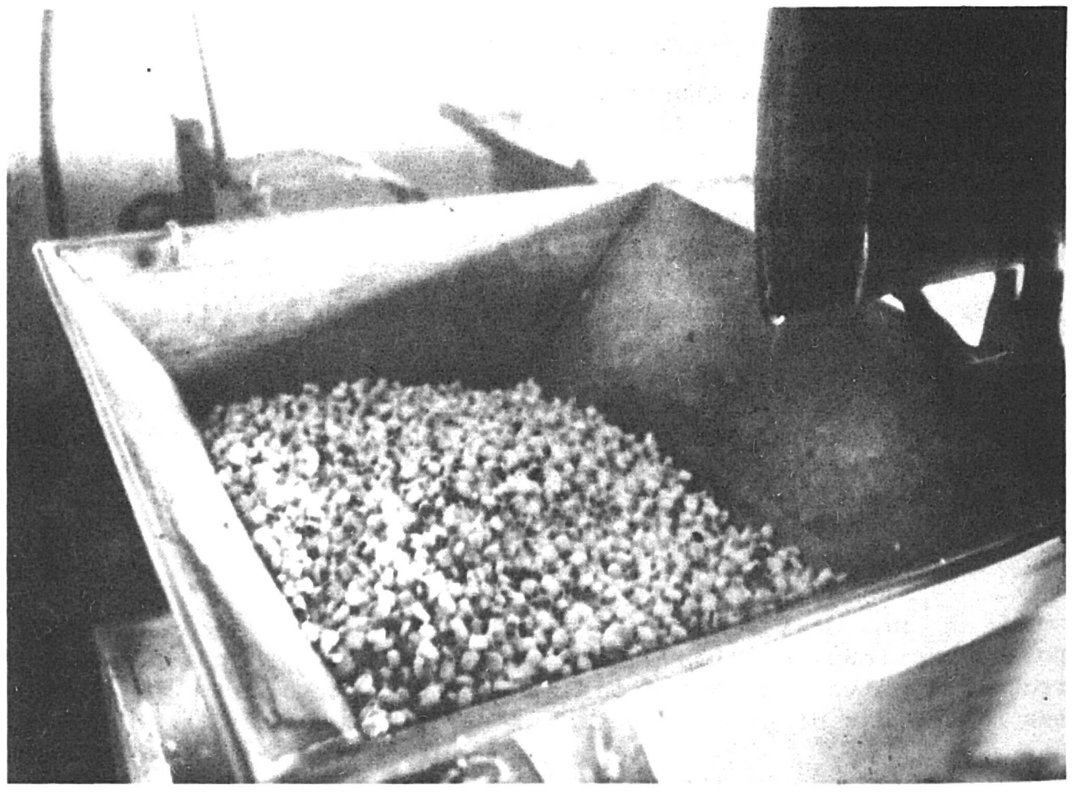


FIGURA No. 2

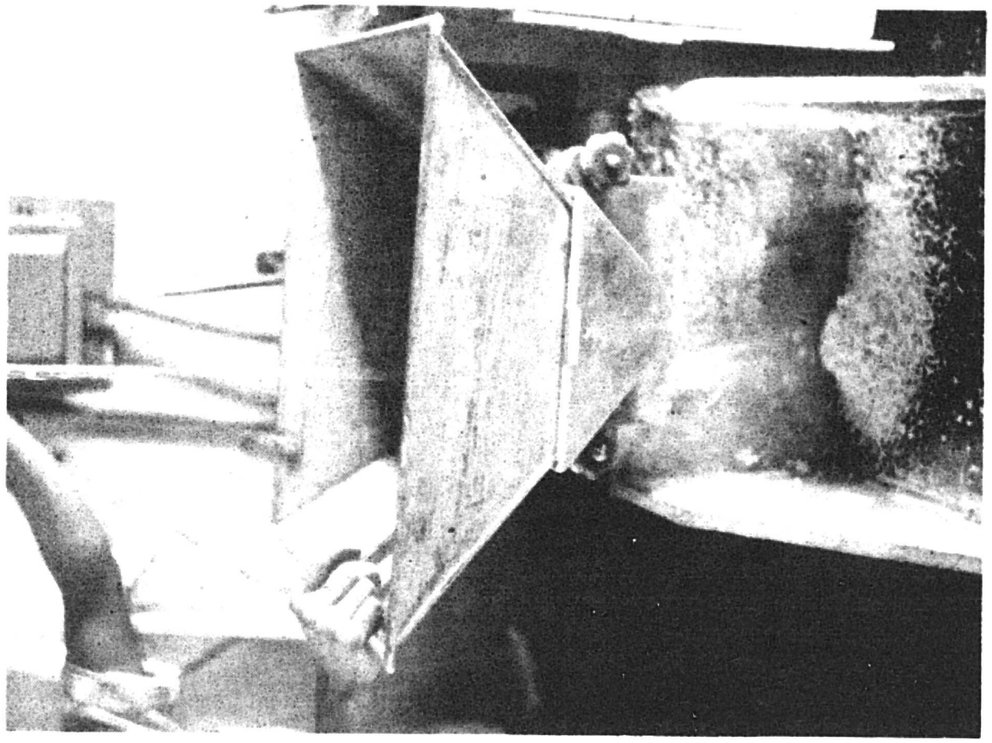


FIGURA No. 4

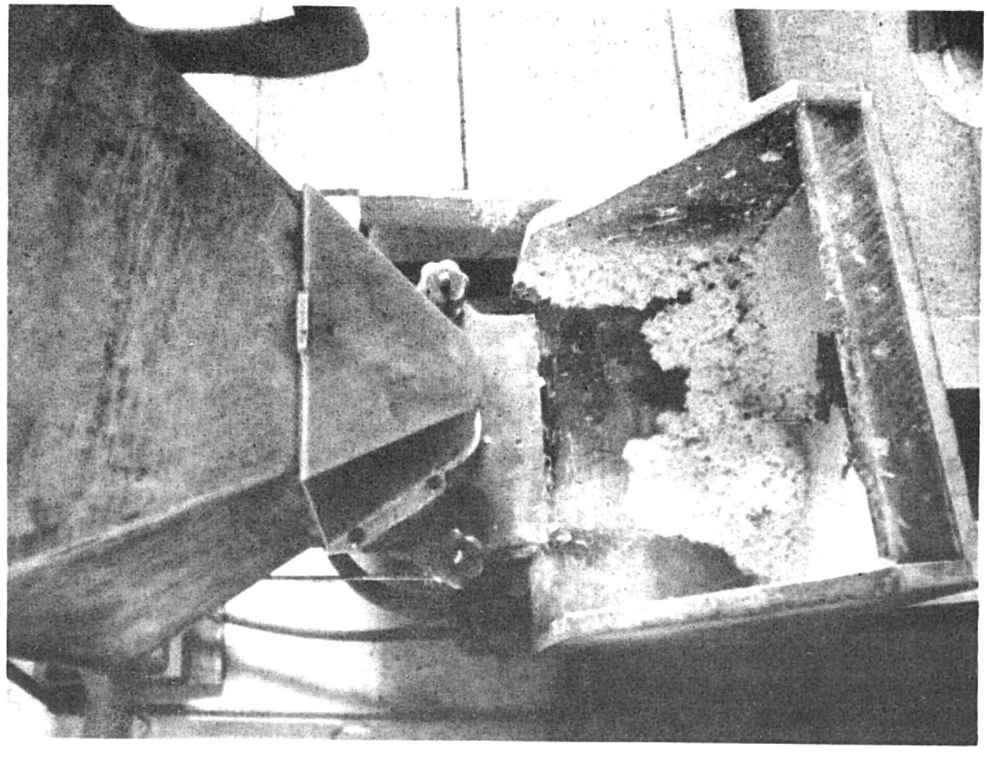


FIGURA No. 3

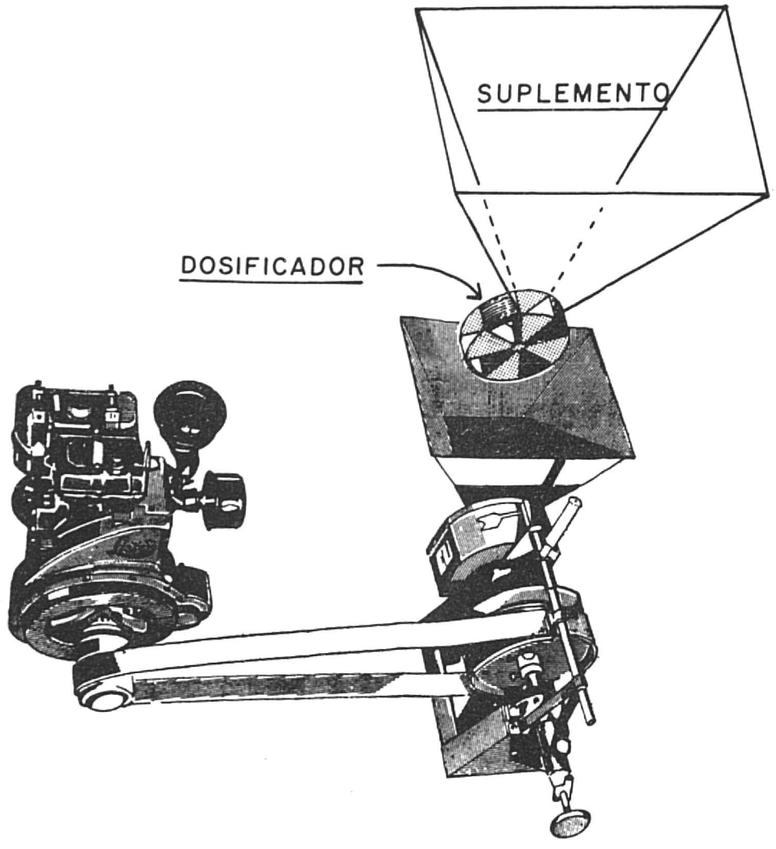


FIGURA No. 5

Molino de nixtamal

Considerando el bajo nivel de consumo de las harinas precocidas de maíz producidas industrialmente (20) y que el suplemento es destinado primordialmente a las poblaciones rurales, ya que son éstas las más necesitadas, creemos que, por el momento, es conveniente buscar otra técnica de fortificación que pueda ofrecer un mayor alcance.

Cabe mencionar que esta técnica de adición directa de nutrientes permite el agregado de toda clase de ellos y/o aditivos como vitaminas, concentrados proteínicos, etc. Es interesante también saber que aun cuando durante la preparación de la tortilla existe una fase de calentamiento del producto, que alcanza una temperatura promedio de 212°C por aproximadamente 3 minutos, ésta no afecta la estabilidad de los aminoácidos lisina y triptofano aun cuando sean agregados en forma libre (7).

Otra posible tecnología de fortificación semejante a la de adición directa y aplicable al maíz, consiste en recubrir los granos con una capa del material proteínico que se use como suplemento. Dicha técnica ya ha sido señalada como posible para el maíz por Blessin *et al.* (21). Ellos lograron aumentar el contenido de lisina de un maíz común, pelado por tratamiento alcalino, de 0.22 a 1.17% mediante su recubrimiento por atomización con una solución alcohólica de zeína conteniendo 5% de lisina.

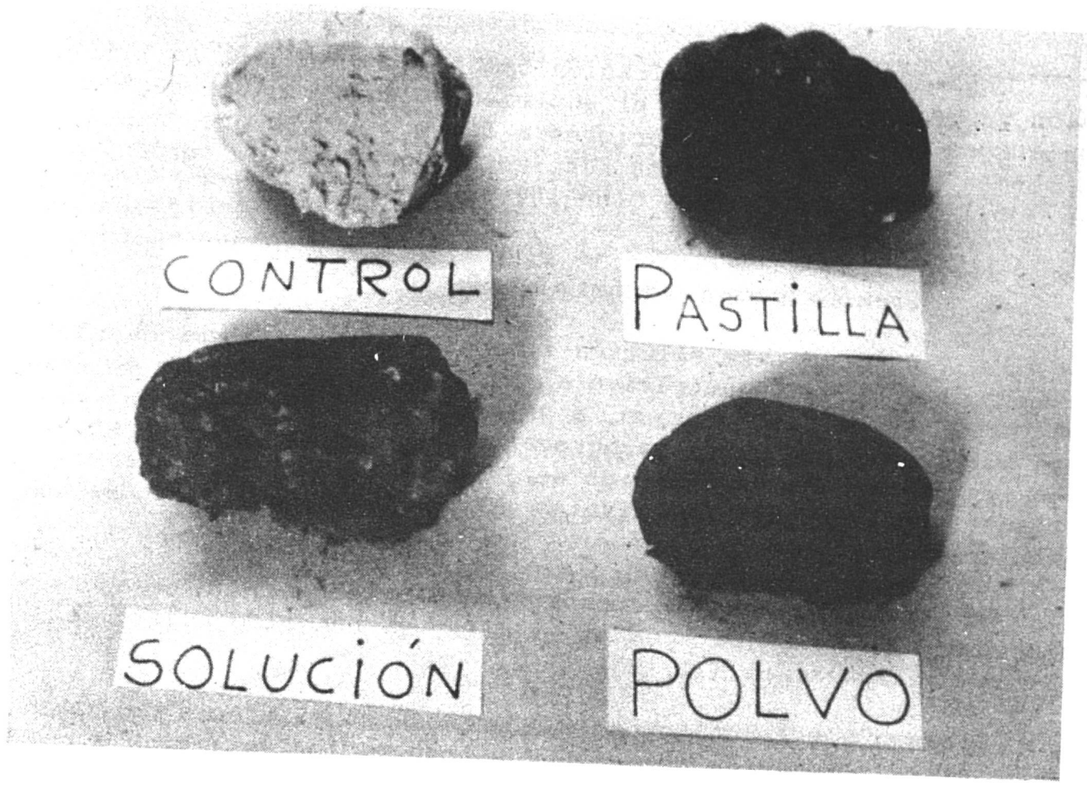


FIGURA No. 6

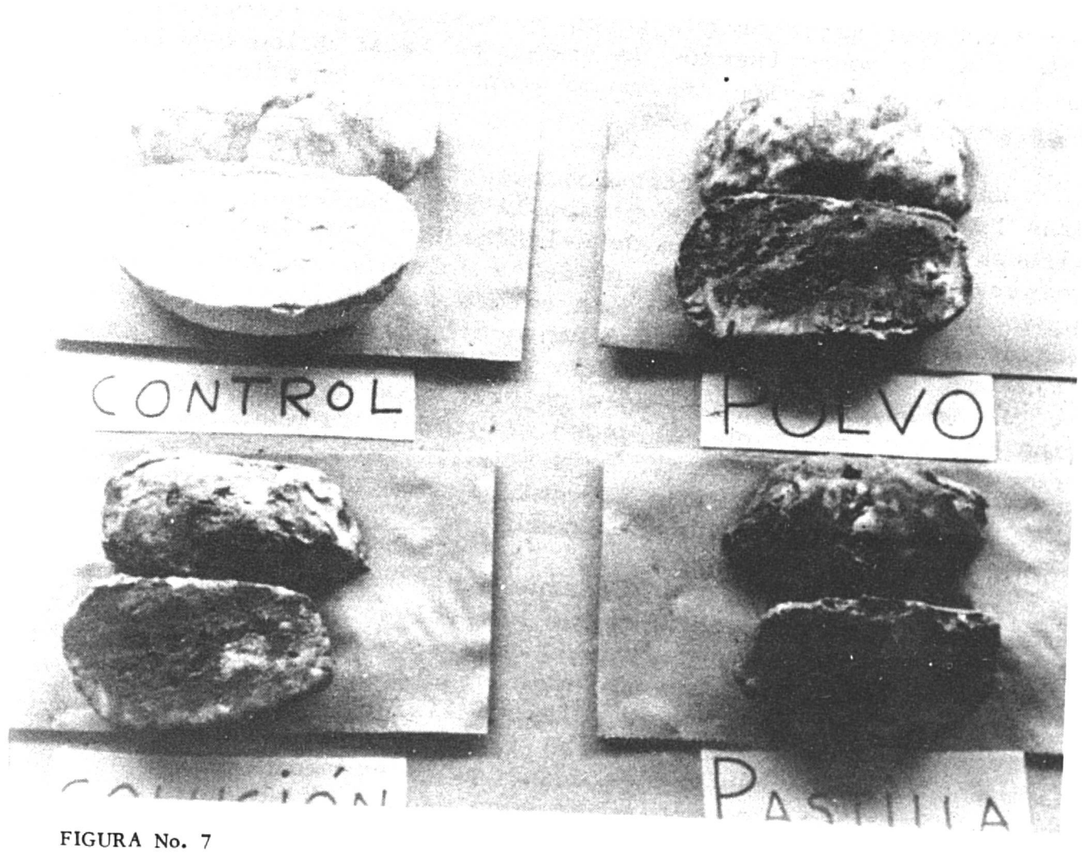


FIGURA No. 7

Al evaluar una solución de aislado proteínico de soya como agente recubridor Blessin *et al.* (21) encontraron que el contenido de lisina del maíz estudiado subía de 0.22 a 0.38% únicamente.

Este método de fortificación también presentaría la limitación ya mencionada, de que el suplemento tendría que agregarse en etapas del proceso posteriores a la cocción, ya que, muy probablemente, aquí también los nutrientes agregados se perderían en los líquidos de cocción o de lavado.

3. *Por medio de granos sometidos a infusión*

Otra posible solución tecnológica al problema de cómo añadir el suplemento nutritivo al maíz contempla someter el grano, previamente deshidratado, a un tratamiento de infusión con los nutrientes que se desea agregar. De los granos así tratados, un porcentaje establecido sería agregado a los granos corrientes para obtener los niveles preestablecidos y deseados de nutrientes.

El mecanismo y los factores físico-químicos y de secado que afectan la difusión de agua en el maíz, ya han sido objeto de varias publicaciones (22, 23).

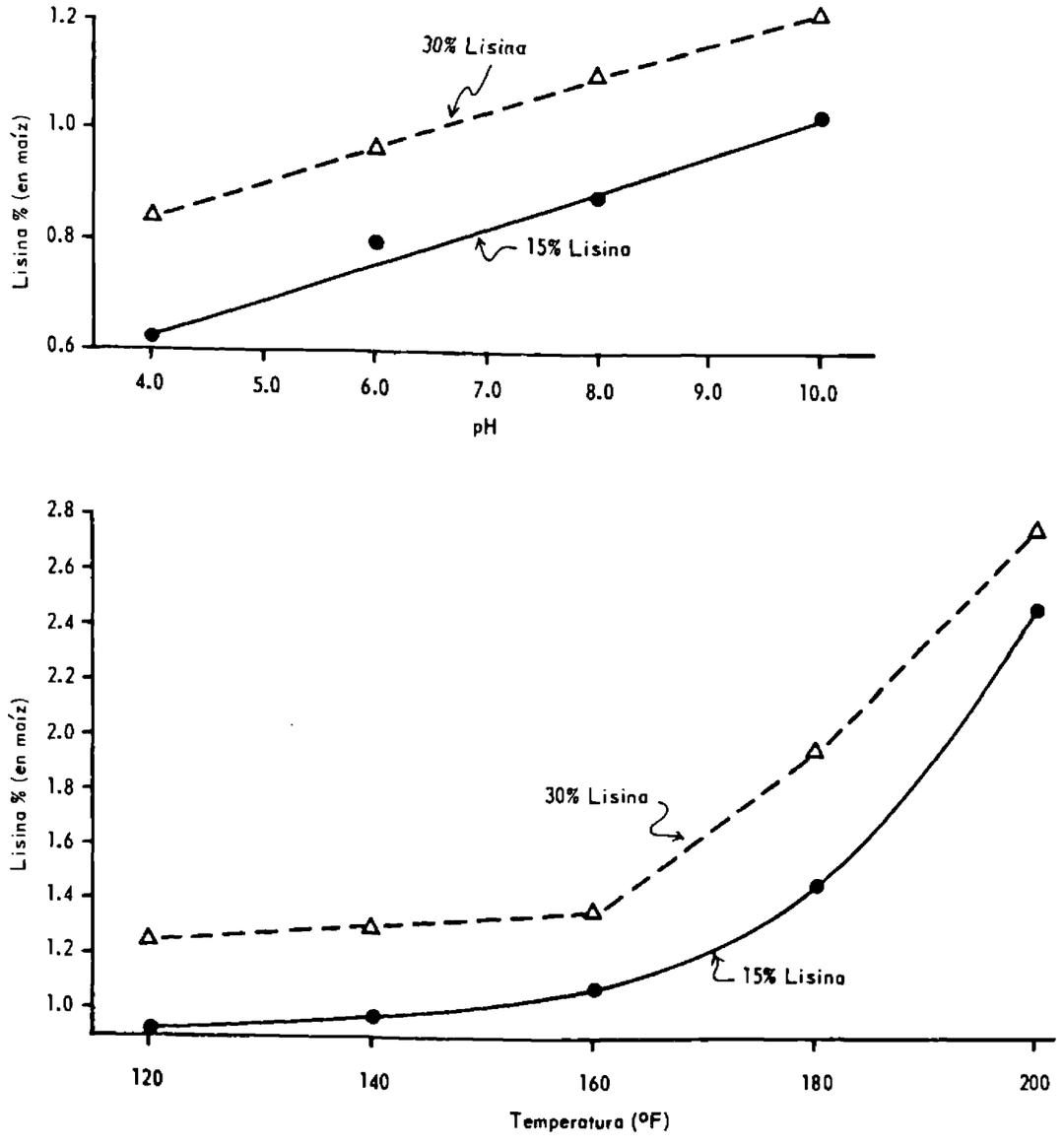
Blessin y colaboradores (21) estudiaron el efecto del pH, temperatura, tiempo de infusión y concentración de lisina sobre la eficiencia del proceso usando maíz secado por aire a temperatura ambiente (entre 1.6 y 16°C). En la Gráfica No. 1, se puede observar que la infusión es favorecida por un pH alto y una temperatura de procesamiento entre 71° y 93°C. En las Gráficas Nos. 2 y 3 podemos apreciar que tanto el aumentar el tiempo de infusión como la concentración de lisina en la solución con la que se efectúa la infusión, favorece grandemente la eficiencia de este proceso.

La Figura No. 8 ilustra los resultados obtenidos en nuestros laboratorios llevando a cabo la infusión con soluciones a diferentes concentraciones de L-lisina HCl (10, 20 y 30%), bajo temperatura ambiente y a un pH de la solución acuosa del aminoácido (6.8). El maíz usado era entero deshidratado por liofilización. Los resultados indican que la infusión fue proporcionalmente más eficiente cuando fue efectuada con la solución al 10% de lisina, obteniéndose un grano con un contenido de lisina 19 veces mayor que el grano original. Es más, según nuestros cálculos 126 g de este maíz sometido a infusión serían necesarios para proporcionar el contenido de lisina considerado como óptimo a un kilo de maíz común.

El método de infusión, aunque atrayente en cierta forma, presenta varias dificultades aún por solventar. Todos los resultados hasta ahora notificados han sido obtenidos usando sólo lisina y sabemos que para alcanzar efectos beneficiosos debemos suplementar la proteína del maíz con lisina y triptofano. De las dificultades que presente el introducir al maíz por difusión una molécula más grande e inestable en medio ácido, como es el triptofano, todavía no se sabe nada. Al presente este problema es estudiado en nuestros laboratorios.

Además podemos observar ya que este método estaría limitado al uso de aminoácidos libres como suplemento, ya que el introducir moléculas de concentrados proteínicos sería prácticamente imposible. El uso de vitaminas como suplemento también se vería afectado por iguales razones.

Así también, el tener que deshidratar el grano a baja temperatura para no alterar su permeabilidad (23), combinado con la necesidad antes mencionada de usar aminoácidos libres, posiblemente aumentaría el costo de la operación.

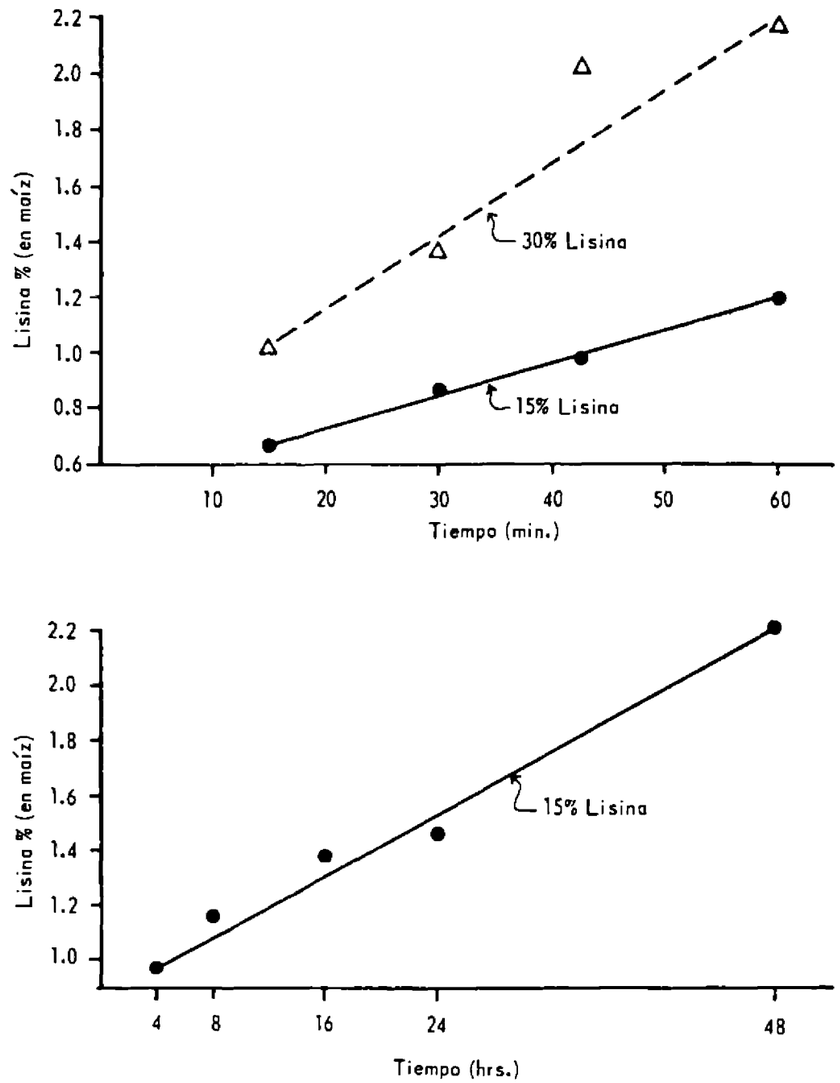


Información tomada de: Blessin, C. W. *et al.* (1970).

GRAFICA No. 1

Efecto de pH y temperatura sobre la infusión de maíz con lisina

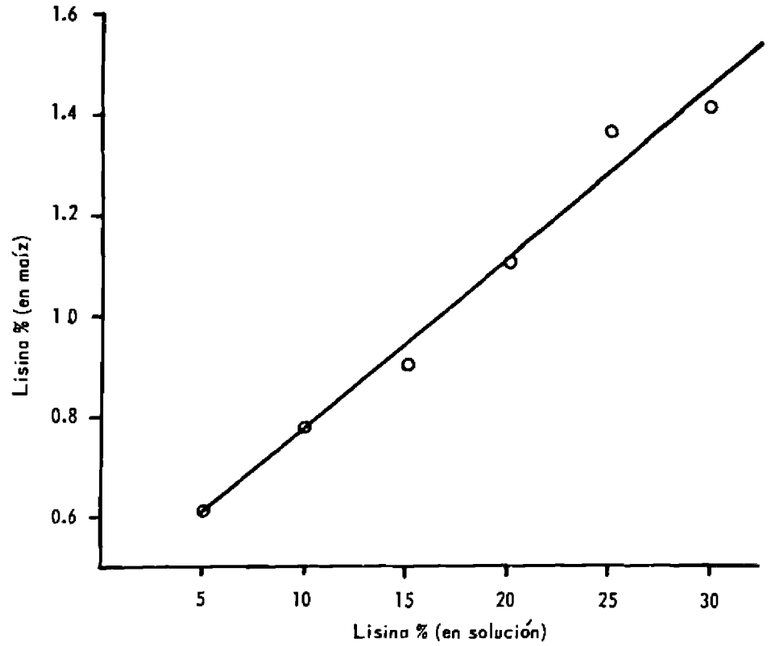
Otra posible limitación del método es que, a semejanza de la técnica de adición directa de nutrientes, los granos sometidos a infusión y usados como suplemento posiblemente tendrían que ser agregados en etapas del proceso posteriores a la cocción. Ello se debería a que es muy factible que los nutrientes agregados por infusión se pierdan en el medio de cocción y/o lavado si los granos suplementados fuesen agregados al inicio del proceso de producción de alimentos como la tortilla o la arepa.



Información tomada de: Blessin, C. W. et al. (1970).

GRAFICA No. 2

Efecto del tiempo sobre la infusión de maíz con lisina



Información tomada de: Blessin, C.W. et al. (1970).

GRAFICA No. 3

Efecto de la concentración sobre la infusión de maíz con lisina

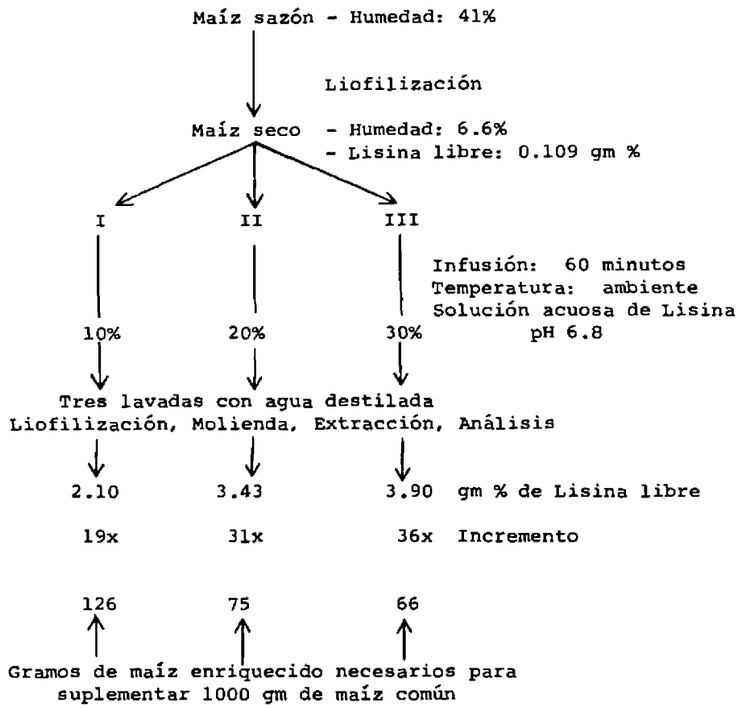


FIGURA No. 8

Mejoramiento de la calidad proteínica del maíz a través de infusiones de lisina y triptofano

Esta limitación, sin embargo, posiblemente pudiese obviarse recubriendo el grano-suplemento con una cubierta tipo entérica que impidiese el escape de los nutrientes agregados al medio de cocción o de lavado.

Cabe mencionar que la técnica de infusión ya ha sido señalada como satisfactoria para fortificar otros productos del maíz como el poporopo o palomitas de maíz (24).

4. *Por adición de granos fabricados*

Otro método contemplado por varios investigadores para efectuar la fortificación, en productos de cereales como el maíz, es el uso de granos fabricados a base de los nutrientes con los que se desea suplementar el producto (25).

Esta tecnología comprendería, en primer lugar, la fabricación de granos de gran semejanza al maíz común, tanto en color como forma, tamaño, densidad, textura, etc. Dicho obstáculo creemos no sería difícil de salvar si consideramos que la industria farmacéutica existente en muchos de nuestros países tiene ya los medios y facilidades tecnológicas para preparar tal producto.

Pruebas preliminares realizadas en Colombia (Figura No. 9) y en nuestros laboratorios (Figuras Nos. 10 y 11), utilizando moldes de yeso y harina de soya como base para el grano fabricado sustentan el concepto que, en gran escala y muy posiblemente en combinación con la industria farmacéutica no sería difícil, obtener troqueles que nos dieran un grano similar o idéntico al maíz común.

Tecnológicamente el grano podría prepararse incluyendo cualesquiera de los nutrientes mencionados como suplemento, aun la provitamina A o B-caroteno podría usarse como colorante en el caso de tratarse de maíz amarillo. Es más, dentro de la industria farmacéutica es perfectamente factible el pensar que el grano fabricado fuera recubierto de una capa tipo entérica que impidiese el escape de los nutrientes a los medios de lavado y cocción. Esto último permitiría la mezcla del grano fabricado con el grano de maíz crudo y, consecuentemente, efectuar así la fortificación a un nivel de expendio de grano crudo donde creemos no sólo podría ser controlada mejor y más fácilmente, sino tendría un mayor alcance en nuestro medio rural.

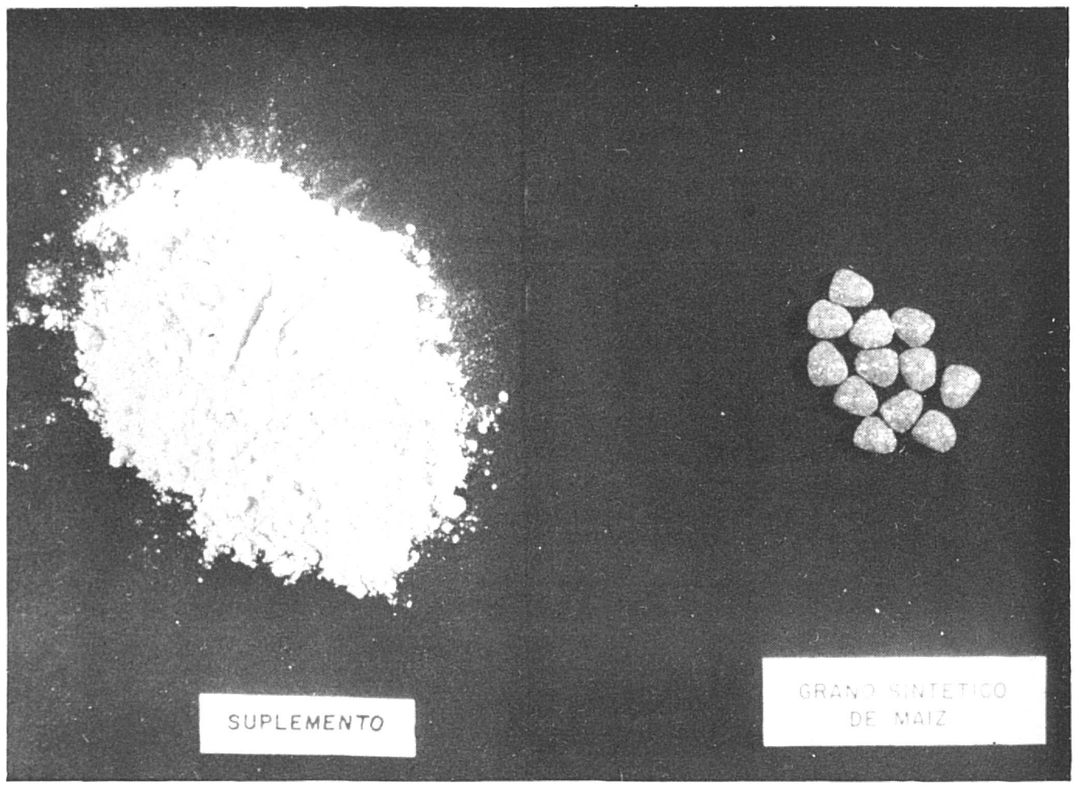


FIGURA No. 9

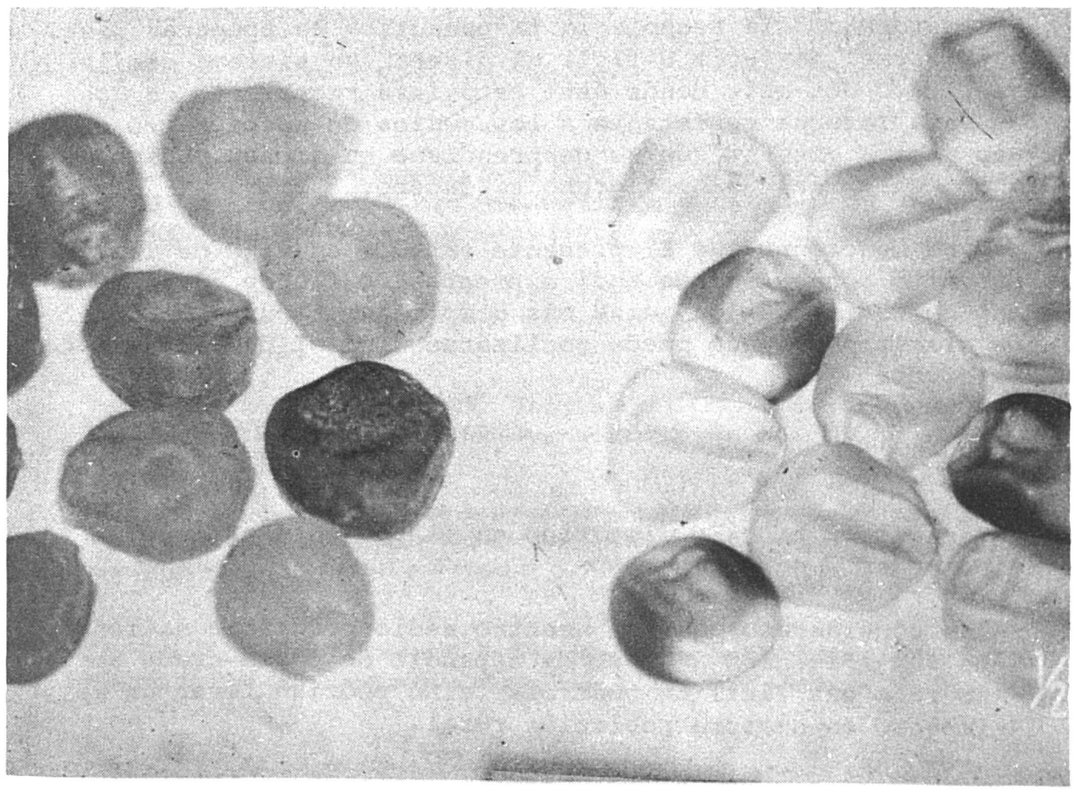


FIGURA No. 10

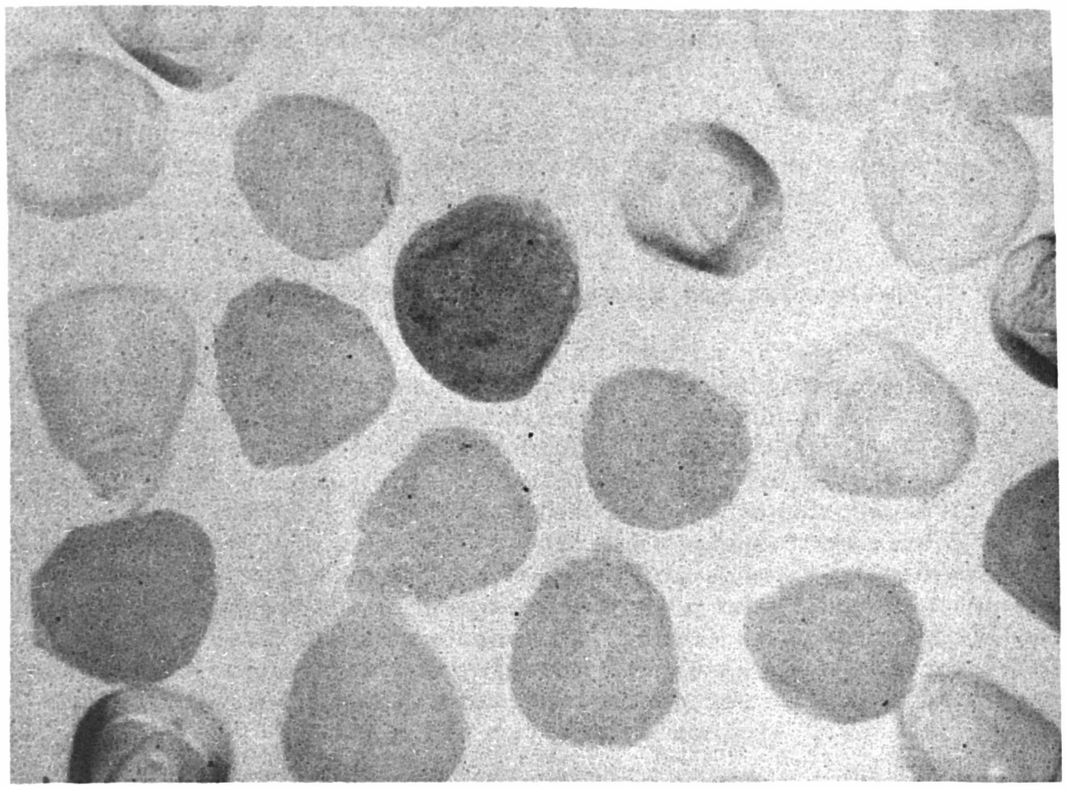


FIGURA No. 11

Considerando la tecnología farmacéutica de preparar pastillas en capas, no sería difícil el diseñar un sistema similar para el caso del maíz donde éste estuviera recubierto en dos capas, una interna resistente a los medios de cocción y/o de lavado y otra externa que se desprendiese en dichos medios, simulando así la cáscara del grano verdadero.

Cabe mencionar que al presente estamos en vías de iniciar un proyecto con las miras aquí expuestas, a fin de ofrecer un método de fortificación quizá más simple que algunos de los antes discutidos y que pueda realizarse a nivel de expendio de grano crudo.

Conclusiones

Basados en todo lo discutido en el presente artículo, creemos poder concluir:

1. Que consideramos que en nuestro medio programas nacionales de fortificación a nivel de expendio de grano crudo serían, no sólo más fácil de controlar sino podrían tener un mayor impacto en nuestra población rural.

2. Que para efectuar dicho programa sería deseable, la fortificación a base de un grano fabricado o por grano sometido a infusión recubierto de una capa protectora a los medios de cocción y de lavado.

3. Que la fortificación de harinas precocidas de maíz, preparadas industrialmente, puede efectuarse simplemente por el agregado directo de nutrientes en la etapa de molienda y/o posteriores.

4. Que las harinas precocidas de maíz preparadas industrialmente, al presente, tienen la desventaja de ser consumidas por un porcentaje muy bajo de la población como para poder ser consideradas en un programa de fortificación, en especial si éste es destinado al área rural.

Referencias

1. Flores, M. Hábitos dietéticos de poblaciones de Centro América y su posible relación con la salud dental. Publicación mimeográfica, INCAP, septiembre 1957.

2. FAO. El maíz en la alimentación. Estudio sobre su valor nutritivo. Roma, Italia, 1954. FAO Estudios sobre Nutrición, No. 9. 1954.

3. Mottern, H. H., T. S. de Buckle and C. Pardo. Protein enrichment of Colombian corn cakes. *Cereal Sci. Today*, 15:108-112. 1970.

4. Bressani, R. Enrichment of lime-treated corn flour with deodorized fish flour. En: *Fish in Nutrition. International Congress, Washington, D. C., 1961.* eds. Eirik Heen y Rudolf Kreuzer. London, England, Fish News (Books) Ltd., 1962, págs. 266-270. 1961.

5. Marenco, E. Estudio sobre la suplementación de la harina de masa de maíz con proteínas, aminoácidos y vitaminas. Tesis, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de El Salvador, El Salvador, C. A. Abril, 1961.

6. Bressani, R. Optimum levels of amino acid supplementation for lime-treated corn. *Fed. Proc.*, 19:320. 1960.

7. Bressani, R. A practical approach to the lysine and tryptophan supplementation of lime-treated corn. Final report to the Agency for International Development. Contract AID/csd 2500. 1st., July 1969 - 30 December 1970.

8. Bressani, R. and E. Marenco. Corn flour supplementation. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan, and vitamins. *J. Agr. Food Chem.*, 11:517-522. 1963.

9. Truswell, A. S., and J. F. Brock. The effect of amino acid supplementation on the nutritional value of maize protein for human adults. *S. African Med. J.*, 33:98-99. 1959.

10. Gilbert, C. and J. Gillman. Some methodological problems affecting the supplementation of maize assessed biologically with special reference to the value of skimmed milk powder, soybean, food yeast and casein. *S. African J. Med. Sci.*, 24:41-80. 1959.

11. Bressani, R., R. Paz y Paz and N. S. Scrimshaw. Corn nutrient losses. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. *J. Agr. Food Chem.*, 6:770-774. 1958.

12. INCAP. Evaluación nutricional de la población de Centro América y Panamá. Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (1969). Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP); Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (EE.UU.); Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social - Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala.

13. Bressani, R. and N. S. Scrimshaw. Lime-heat effects on corn nutrients. Effect of lime treatment on in vitro availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *J. Agr. Food Chem.*, 6:774-778. 1958.

14. Bressani, R. and R. Conde. Changes in the chemical composition and in the distribution of nitrogen of maize at different stages of development. *Cereal Chem.*, 38:76-84, 1961.

15. Gómez-Brenes, R. A., L. G. Elías y R. Bressani. Efecto del proceso de maduración del maíz sobre su valor nutritivo. *Arch. Latinoamer. Nut.*, 18:65-79. 1968.

16. Bressani, R., S. V. Castillo and M. A. Guzmán. Corn flours. The nutritional evaluation of processed whole corn flours. *J. Agr. Food Chem.*, 10:308-312. 1962.

17. Flores, M. y E. Reh. A. Estudios de hábitos dietéticos en poblaciones de Guatemala. I. Magdalena Milpas Altas. *Bol. Ofic. Sanit. Panam.* Suplemento No. 2, págs. 90-128. 1955.

18. Flores, M. y E. Reh. B. Estudios de hábitos dietéticos en poblaciones de Guatemala. II. Santo Domingo Xenacoj. *Bol. Ofic. Sanit. Panam.* Suplemento No. 2, págs. 129-148, 1955.

19. Deschamps, I., R. Calderon y P. Reyes. Preconcentración mecánico-neumática de fracciones de maíz común y maíz Opaco. Posibilidades de aprovechamiento industrial. En: *Recursos Proteínicos en América Latina.* Eds. Moisés Béhar y Ricardo Bressani. Guatemala, Guatemala, C. A. Publicación INCAP L-1, INCAP, 1971, págs. 268-281.

20. Gámez Duch, F. Producción industrial, mercadeo y distribución de harina de tortilla en Centro América. Artículo presentado en la conferencia El Mejoramiento Nutricional del Maíz, INCAP, Guatemala, Guatemala, C. A. Marzo 1972.

21. Blessin, C. W., G. E. Inglett, J. F. Cavins, W. L. Deatherage. Lysine fortification of dent corn. *Cereal Sci. Today*, 15:375-377, 394, 1970.

22. Fan, L. T., H. C. Chen, J. A. Shellenberger and D. S. Chung. Comparison of the rates of absorption of water by corn kernels with and without dissolved sulfur dioxide. *Cereal Chem.*, 42:385-396, 1965.

23. Tuite, J. and G. H. Foster. Effect of artificial drying on the hygroscopic properties of corn. *Cereal Chem.*, 40:630-637, 1963.

24. Blessin, C. W., J. F. Cavins and G. E. Inglett. Lysine-infused popcorn. *Cereal Chem.*, 48:373-377, 1971.

25. Howe, E. E., G. R. Jansen and M. L. Anson. An approach toward the solution of the world food problem with special emphasis on protein supply. *Am. J. Clin. Nut.*, 20:1134-1147. 1967.

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD PROTEINICA DE DIETAS DE BAJO VALOR NUTRITIVO A TRAVES DEL USO DE MAIZ FORTIFICADO Y DEL OPACO-2

Dr. Roberto A. Gómez-Brenes, Lic. Luiz G. Elías y Dr. Ricardo Bressani
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, Guatemala, C.A.

Introducción

El desarrollo de alimentos de buena calidad, ricos en proteína que favorezcan el crecimiento y el desarrollo normal del organismo humano, ha sido objeto de numerosas investigaciones (1, 3, 21). En muchos casos se ha logrado un éxito parcial pero desafortunadamente estos alimentos con alto valor nutritivo, no han estado disponibles para los sectores de población que realmente los necesitan.

En 1964 por ejemplo (4), se inició una nueva forma de modificar la calidad proteínica de un alimento como el maíz, a través de cambios en su composición genética, llegándose a obtener un grano con características nutricionales superiores a las del maíz común (5, 6, 7, 8). A pesar de que no existe ninguna duda respecto a la excelente calidad proteínica del maíz Opaco-2, su efecto en reducir la mortalidad infantil por desnutrición o en mejorar el crecimiento y desarrollo de niños tiene todavía que ser demostrado.

La introducción de variedades de maíz Opaco-2 en países consumidores de este cereal, ha sido sumamente lenta debido a numerosos factores que van desde poco o ningún interés, por parte de organismos gubernamentales, hasta bajos rendimientos por unidad de área cultivada y características muy poco favorables para procesamiento, almacenamiento y extensión agrícola adecuada. Sin embargo, tanto el maíz Opaco-2 como materiales similares pueden contribuir significativamente a solucionar los problemas nutricionales del mundo.

En los últimos años, la idea de fortificación y/o enriquecimiento ha renacido nuevamente debido a que los nutrientes necesarios son ahora más fáciles de conseguir, y los precios más razonables. A pesar de que la fortificación y/o enriquecimiento tienen muchas limitaciones, ofrecen, sin embargo, nuevas alternativas en la solución del problema nutricional que vale la pena de tomarlas en consideración. Desde hace algunos años se iniciaron en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), numerosas investigaciones cuyo objetivo fue desarrollar sistemas de enriquecimiento del maíz, en términos de cantidad y calidad de proteína, así como de otros nutrientes (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). Se ha avanzado bastante a nivel de laboratorio, pero la efectividad del sistema tiene que ser aún probada a nivel de campo.

En este trabajo se presentará un resumen de los estudios llevados a cabo, considerando: el tipo y cantidad de dieta consumida, la contribución de nutrientes a la ingesta total, el grado de limitación de nutrientes en comparación con patrones aceptados. Igualmente se incluye examen de la calidad de la dieta por métodos biológicos y la condición física en que los

alimentos son consumidos; así como algunos factores que deben de tomarse en consideración en un programa de enriquecimiento y/o fortificación.

En el caso de esta presentación, la iniciaremos con el estudio de una dieta típica consumida por niños de 2 a 5 años de edad, que pertenecen a las áreas rural y urbana de Guatemala (17, 18, 19) (Cuadro No. 1).

CUADRO No. 1

Composición de dietas consumidas por niños preescolares de Guatemala (g %)

Ingredientes	Rural	Urbana
Maíz cocido con cal	72.40	52.90
Frijoles cocidos	8.10	4.70
Raíces y tubérculos	5.70	9.40
Azúcar	13.80	14.60
Leche íntegra en polvo	--	15.80
Grasa	--	2.60
Total	100.00	100.00

Fuente: Véase referencia (17-19).

En éste Cuadro puede observarse que los ingredientes de la dieta son iguales para el área urbana y rural, con excepción de leche y grasa en la primera. Sin embargo, las cifras indican que las cantidades son diferentes con ingestas más altas de maíz y leguminosas en la dieta rural, que en la urbana. En base a los cuatro primeros ingredientes la dieta rural parece ser de mejor calidad ya que la relación entre frijol y maíz es de 1 a 9 mientras que en la urbana, la relación es de 1 a 10. La dieta urbana muestra un alto contenido de carbohidratos que diluyen el contenido de la proteína total derivadas del maíz y los frijoles. Sin embargo, a causa del consumo de leche y de grasa adicional, aun en las cantidades aparentemente pequeñas, uno puede predecir que la dieta urbana es de un valor nutritivo superior a la dieta rural. La calidad proteínica de los ingredientes individuales es la misma para ambas dietas, el maíz se consume tratado con cal y los frijoles cocidos, de la misma manera en las dos situaciones. A causa de esto, no se espera encontrar diferencias en la calidad o en el valor nutritivo de los ingredientes individuales. El Cuadro No. 2 indica que para ambas dietas la cantidad y frecuencia de consumo (17, 19), calculada en base al número de niños que consumen algunos ingredientes de la lista, es relativamente pequeña. El consumo de frijoles es significativamente alto, mientras que el de maíz es alto en cantidad, frecuencia, y número de niños. Los otros ingredientes de la dieta no se consideran importantes como fuentes de proteína, ya que su consumo es esporádico y muy bajo. Sin embargo, ellos pueden proveer cierta cantidad de vitaminas y minerales. La siguiente consideración es la composición química de la dieta y la

CUADRO No. 2

Cantidad y frecuencia de consumo de alimentos en niños preescolares del área rural y urbana de Guatemala

Alimentos	Rural		Urbana	
	Cantidad g/niño/día	Frecuencia %	Cantidad g/niño/día	Frecuencia %
Leche y productos lácteos	5	5	360	44
Huevos	4	16	18	44
Carne	14	45	8	22
Raíces y tubérculos	4	7	29	44
Frijoles	20	74	18	56
Maíz	178	100	169	100

Fuente: Véase referencia (17-19).

contribución de nutrientes que cada uno de los ingredientes aporta al total de la dieta. La composición química proximal se presenta en el Cuadro No. 3 (19).

Podemos observar en el citado Cuadro, que ambas dietas son bajas en proteína. En la dieta rural, el maíz tratado con cal contribuye 76% de la proteína total y los frijoles 23%. En la dieta urbana, el maíz aporta el 46%, los frijoles el 11% y la leche el 43% de la proteína total. Esta información indica que la dieta urbana tiene más posibilidades de ser nutricionalmente mejor que la dieta rural. Por otra parte, la dieta urbana es un poco más alta en calorías y tiene menos volumen que la dieta rural. La facultad de ambas dietas para suplir proteínas, calorías y otros nutrientes se presenta en el Cuadro No. 4 (17).

CUADRO No. 3

Composición química proximal de las dietas, expresados como porcentaje en base seca

	Dietas	
	Rural	Urbana
Grasa	3.1	7.8
Fibra cruda	2.3	2.0
Proteína	10.7	11.9
Ceniza	1.7	2.1
Carbohidratos totales	82.2	76.7
Calorías	400.0	422.0

Fuente: Véase referencia (19).

CUADRO No. 4

Valor nutritivo de las dietas rural y urbana de niños preescolares de Guatemala

Nutrientes	Porcentaje de Adecuación	
	Rural*	Urbana**
Calorías	69	99
Proteínas	56	141
Calcio	44	174
Hierro	127	106
Vitamina A	47	47
Tiamina	75	130
Riboflavina	28	124
Niacina	86	70
Vitamina C	50	192

* Santa María Cauqué, 1959.
** Ciudad de Guatemala, 1965.

Fuente: Véase referencia (17).

Como podemos notar, la dieta urbana es más adecuada que la dieta rural para llenar los requerimientos de calorías, proteínas, vitaminas y minerales. La exactitud de esta información ha sido corroborada por hallazgos bioquímicos en los mismos grupos de población. El patrón de aminoácidos esenciales de las dos dietas comparados con el de la leche se presenta en el Cuadro No. 5. El cálculo del contenido de aminoácidos esenciales de la proteína de estos alimentos se hizo utilizando los valores de la Tabla de Orr y Watt (20).

Estos datos muestran que la dieta rural es más deficiente que la dieta urbana, particularmente en los aminoácidos triptofano y lisina. Estos datos han sido corroborados experimentalmente como se demostrará más adelante. La dieta rural, por consiguiente, no solamente es más baja en proteína total que la urbana, sino que es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano, así como en otros nutrientes esenciales. Para la evaluación biológica de estas dietas se utilizaron ratas en crecimiento, las cuales fueron alimentadas durante seis semanas con estas dietas, y cuyos resultados se presentan en la Gráfica No. 1 (19).

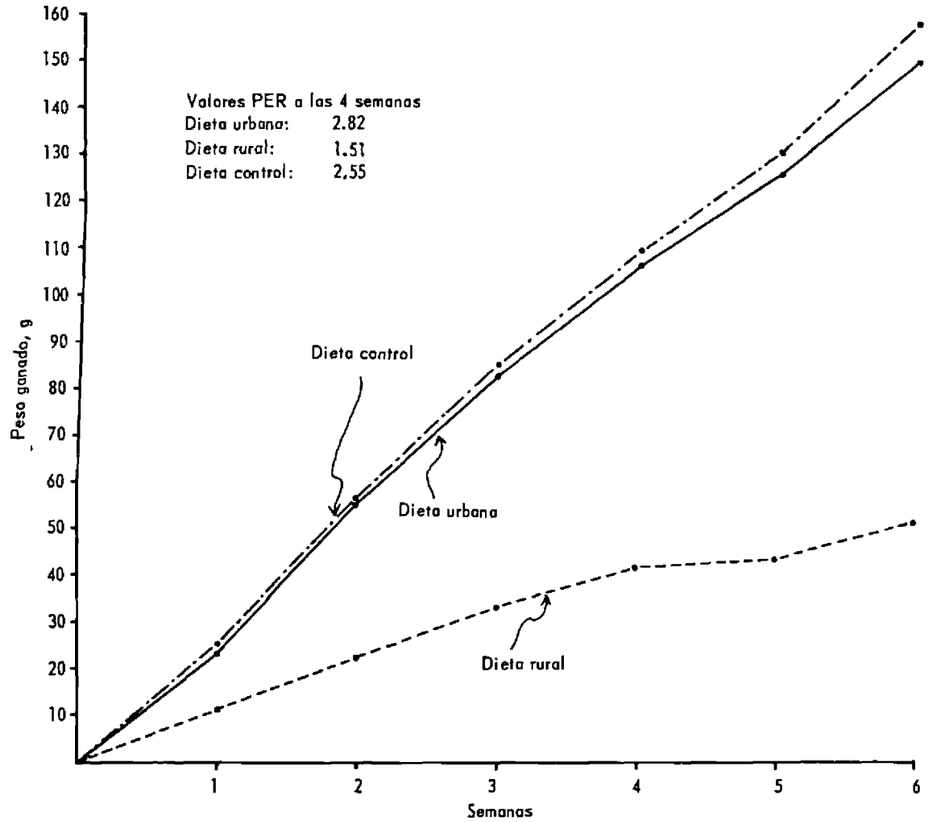
La calidad proteínica de las dietas se determinó a las cuatro semanas mediante el índice de eficiencia proteínica. Como puede observarse, los animales alimentados con la dieta rural ganaron peso progresivamente hasta las cuatro semanas, después de las cuales su velocidad de crecimiento disminuyó. En cambio los animales en la dieta urbana mantuvieron su velocidad de crecimiento hasta las seis semanas. Estos datos obviamente indican que la dieta rural necesita ser mejorada en su calidad y cantidad de proteína.

CUADRO No. 5

Contenido de aminoácidos esenciales de las dietas rural y urbana comparadas con leche (g de A.A./16 g N)

Aminoácidos	Dietas		Leche
	Rural	Urbana	
Triptofano	0.56	0.82	1.44
Treonina	3.09	3.52	4.70
Isoleucina	3.92	4.62	6.51
Leucina	9.63	9.47	10.02
Lisina	2.93	4.43	6.61
Sulfurados totales	2.43	2.67	4.05
Aromáticos totales	7.98	8.46	9.52
Valina	4.27	5.01	7.01
Arginina	3.36	3.30	3.73
Histidina	1.70	1.95	2.69
Nitrógeno	1.71	1.90	4.07

Por cálculo de los ingredientes.



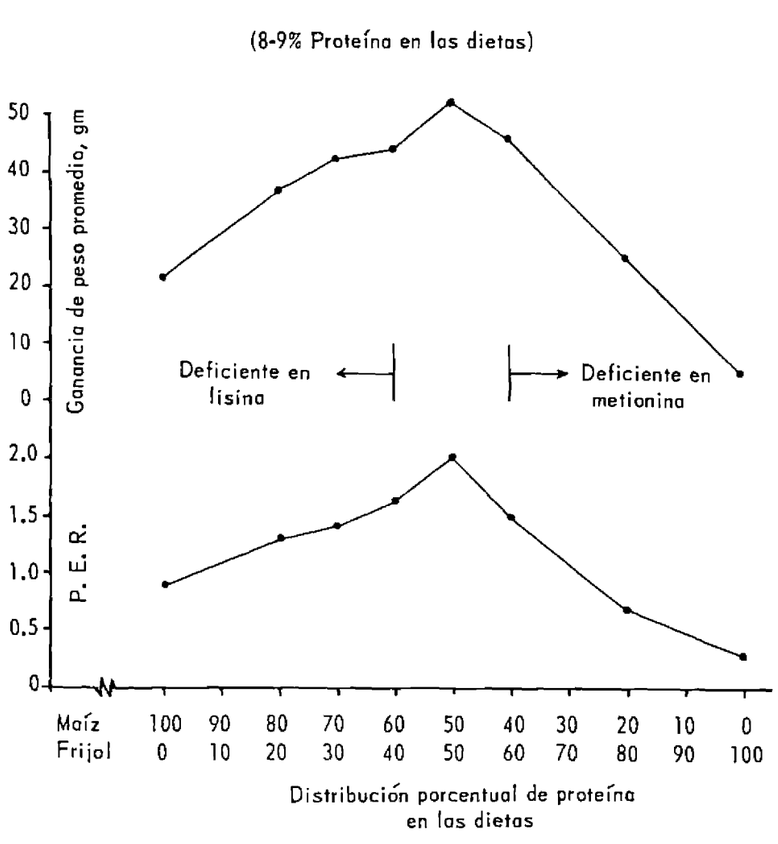
Fuente: Vease referencia (18).

GRAFICA No. 1

Ganancia en peso de ratas alimentadas con las dietas rural y urbana de niños preescolares de Guatemala

Calidad Proteínica de las Dietas a Base de Maíz y Frijol

En la Gráfica No. 2 se presentan los resultados de algunos estudios llevados a cabo sobre la calidad proteínica de combinaciones entre maíz y frijol (18). Estos datos indican que la mejor complementación entre las proteínas de maíz y de frijol, es aquella en que cada uno de los componentes aporta a la mezcla el 50% de la proteína. En base a peso, esta proporción de 50 a 50 es equivalente a 72 g de maíz y 28 g de frijol, o sea una proporción de 2.6 a 1. Los resultados de estos estudios indican también que la mezcla es deficiente en los aminoácidos lisina y triptofano, y que estas deficiencias se hacen más grandes cuando la cantidad de maíz en la mezcla de maíz y frijol es mayor de 2.6. Por otra parte, la deficiencia de estos aminoácidos disminuye cuando la proporción de maíz es menor de 2.6. En esta situación que equivale a una mayor cantidad de frijol en la mezcla, el aminoácido metionina constituye la principal deficiencia (14). Estos datos sugieren por lo tanto, que la dieta rural es deficiente en lisina y triptofano, ya que la proporción de maíz y frijol es de 9 a 1. El Cuadro No. 6 muestra el efecto de la suplementación con diferentes niveles de lisina y triptofano a una



Fuente: Vease referencia (19).

GRAFICA No. 2

Calidad proteinica de diferentes combinaciones de proteína de maíz y de frijol negro

CUADRO No. 6

Efecto de la suplementación con diferentes niveles de lisina y triptofano a una ración a base de maíz y frijol sobre el crecimiento de ratas jóvenes

Tratamiento a la ración basal[1]	Peso promedio ganado g/28 días[2]	Indice eficiencia proteínica
Harina de maíz	63	2.04
Harina de maíz + 0.10% Lis[3]	65	2.09
Harina de maíz + 0.20% Lis	58	2.04
Harina de maíz + 0.30% Lis	68	2.25
Harina de maíz + 0.025% Trip[4]	71	2.00
Harina de maíz + 0.050% Trip	66	2.10
Harina de maíz + 0.10% Trip	62	1.94

1 Proteína en la ración 8.62% (72.4% maíz + 8.10% frijol).
2 Peso promedio inicial: 46 gramos.
3 L-lisina HCl.
4 DL-Triptofano.

Fuente: Véase referencia (21).

ración a base de maíz y frijol (21). Los valores indican claramente que la lisina y el triptofano agregados independientemente a los niveles mostrados, mejoran significativamente la ganancia en peso de los animales o la calidad de la proteína, según se deduce por los valores de eficiencia proteínica. También se observa que la pequeña cantidad de frijol que posee la mezcla no aporta suficiente cantidad de esos aminoácidos para provocar un impacto en la calidad de la proteína del maíz. El Cuadro No. 7 muestra el efecto sobre el valor nutritivo de una dieta a base de maíz y de frijol de la adición de lisina y triptofano al maíz o de la metionina a los frijoles (22). Estos resultados muestran de nuevo que la lisina y el triptofano son los aminoácidos limitantes y que la adición de metionina a los frijoles, en la ausencia o presencia de los citados aminoácidos en el maíz, no mejora la calidad proteínica de la dieta.

Se estableció hace varios años, que para que la adición de aminoácidos fuera efectiva en mejorar la calidad proteínica, los aminoácidos limitantes tienen que ser agregados en la correcta proporción para lograr el mejor balance de aminoácidos esenciales. El Cuadro No. 8 resume los resultados de varias pruebas para encontrar los mejores niveles de lisina y triptofano que mejoran la calidad proteínica de la dieta a base de maíz y frijol (22); pueden observarse tres niveles de lisina (0.1, 0.2 y 0.3%), combinados con tres de triptofano (0.025, 0.050 y 0.1%). Los datos indican que en la combinación de 0.20% de lisina y 0.025% de triptofano dan los mejores resultados porque niveles más bajos o más altos no mejoran la calidad de la dieta medida por el índice de eficiencia proteínica. Los resultados de estudios de suplementación del maíz sólo con aminoácidos (22) indicaron que la calidad proteínica se mejora significativamente

CUADRO No. 7

Efecto de la adición de lisina y triptofano al maíz o de metionina a los frijoles sobre el valor nutritivo de una dieta a base de maíz y frijol* (Ensayo con ratas jóvenes)

Tratamiento	Peso promedio ganado[1] g/28 días	Indice eficiencia proteínica
Maíz Frijol	69	2.11
Maíz + Lis + Trip[2] Frijol	103	2.64
Maíz Frijol + Met[3]	66	1.93
Maíz + Lis + Trip Frijol + Met	108	2.69

* 72.4% maíz + 8.10% frijol.
1 Peso promedio inicial: 44 gramos.
2 0.30% L-lisina HCl, 0.10% DL-triptofano
3 0.30% DL-metionina.

Fuente: Véase referencia (22).

cuando se suplementa el maíz con 0.31 de lisina y 0.05% de triptofano. En contraste, con la combinación de 0.2% de lisina y 0.025% de triptofano, encontrados óptimos para la mezcla de maíz y frijol. Todos estos resultados indican que el alimento que debe ser fortificado, con aminoácidos, es aquel que provee la cantidad más grande de proteína a la dieta.

Significado Nutricional de otros Nutrientes Diferentes a los Aminoácidos

Los estudios presentados hasta este punto, se llevaron a cabo con el propósito de medir el efecto de los aminoácidos agregados sobre la calidad de la proteína de la mezcla de maíz y frijol. Por ello los experimentos se llevaron a cabo agregando todos los nutrientes, incluyendo vitaminas y minerales, a la dieta y dejando como única variable la proteína; pero sabemos que en la práctica esta situación no es real y que en muchas áreas, donde la dieta de maíz y frijol se consume, los niños no llenan sus requerimientos de calorías, vitaminas y minerales. Por consiguiente, se diseñó una serie de experimentos, cuyo objetivo fue el de estudiar el efecto adicional que tienen los demás nutrientes, ya sea en forma individual o en forma combinada (22). Parte de estos resultados se presentan en el Cuadro No. 9.

CUADRO No. 8

Efecto de la suplementación con lisina y triptofano a la dieta a base de maíz y frijol* (Ensayo con ratas)

Tratamiento al maíz	Peso promedio ganado** g/28 días	Indice eficiencia proteínica
Ninguno	65	2.02
+ 0.10% Lis + 0.025% Trip	80	2.36
+ 0.10% Lis + 0.050% Trip	94	2.49
+ 0.10% Lis + 0.10% Trip	96	2.61
+ 0.20% Lis + 0.025% Trip	108	2.76
+ 0.20% Lis + 0.050% Trip	110	2.78
+ 0.20% Lis + 0.10% Trip	108	2.81
+ 0.30% Lis + 0.025% Trip	105	2.77
+ 0.30% Lis + 0.050% Trip	102	2.79
+ 0.30% Lis + 0.10% Trip	96	2.69

* 72.4% maíz + 8.10% frijol.
** Peso promedio inicial: 48 gramos.
*** L-lisina HCl, DL-triptofano.

Fuente: Véase referencia (22).

CUADRO No. 9

Valor nutritivo de la dieta básica rural suplementada con vitaminas, minerales, calorías y aminoácidos (Estudio con ratas)

Dieta	Peso promedio ganado* g/28 días	Indice eficiencia proteínica
Basal	26 ± 2.35	1.11 ± 0.07
+ vitaminas	49 ± 4.03	1.55 ± 0.06
+ minerales	65 ± 4.35	1.94 ± 0.06
+ calorías	23 ± 1.23	0.95 ± 0.05
+ aminoácidos	26 ± 2.52	1.13 ± 0.08

* Peso promedio inicial: 44 gramos.

Fuente: Véase referencia (22).

La dieta básica sola, resultó en una ganancia de peso de 26 g, y una eficiencia proteínica de 1.11. De los nutrientes agregados individualmente, la mejor respuesta se obtuvo con la adición de minerales, con una eficiencia proteínica de 1.94, seguido de la adición de vitaminas que rindió un índice de 1.55. Es de interés llamar la atención sobre la dieta básica suplementada sólo con aminoácidos, ya que en este caso, no se obtuvo

ninguna mejora en comparación con la dieta básica sin suplementos. Es también interesante observar que la adición individual de minerales o vitaminas resultó en una mejora significativa, tanto en el incremento en peso, como en la eficiencia proteínica. Las combinaciones dobles estudiadas se presentan en el Cuadro No. 10 (21).

Podemos observar que las mejores respuestas correspondieron al suplemento de minerales con aminoácidos, minerales y vitaminas, minerales más calorías, vitaminas con aminoácidos y vitaminas y calorías, en ese orden. La adición de calorías más aminoácidos no mejoró significativamente, ni la ganancia en peso de los animales, ni el índice de eficiencia proteínica de la dieta.

CUADRO No. 10

Valor nutritivo de la dieta básica rural suplementada con vitaminas, minerales, calorías y aminoácidos (Estudio con ratas)

Dieta	Peso promedio ganado* g/28 días	Indice eficiencia proteínica
Basal	26 ± 2.35	1.11 ± 0.07
+ Vit + Min	70 ± 2.08	1.91 ± 0.05
+ Vit + Cal	45 ± 3.55	1.53 ± 0.09
+ Vit + AA	54 ± 3.92	1.73 ± 0.08
+ Min + Cal	54 ± 4.08	1.82 ± 0.10
+ Min + AA	89 ± 3.35	2.38 ± 0.06
+ Cal + AA	30 ± 1.70	1.22 ± 0.07

* Peso promedio inicial: 44 gramos.

Fuente: Véase referencia (21).

Las combinaciones triples estudiadas se presentan en el Cuadro No. 11 (22). Los valores en este Cuadro indican que una ingestión adecuada de vitaminas y minerales es necesaria para obtener el efecto óptimo de la adición de aminoácidos, ya que probablemente los animales alimentados con dietas ricas en aminoácidos desarrollan una deficiencia de vitaminas y minerales. Aunque esto parezca obvio, usualmente no se pone en práctica. Debe ser indicado que animales en las dietas con aminoácidos desarrollaron deficiencias de vitaminas y minerales y varios murieron. Esto se puede interpretar como una depauperación de estos nutrientes causada por el efecto catalítico de la buena calidad proteínica, sobre el potencial que tienen estos animales para responder a dicho estímulo. Como se ha observado por los Cuadros anteriores, se estudió también el efecto de agregar calorías a la dieta, lo que resultó en una pequeña disminución en la calidad proteínica de la dieta. Estos resultados sugieren que las calorías disminuyen el contenido proteínico de la dieta y, como consecuencia su calidad.

CUADRO No. 11

Valor nutritivo de la dieta básica rural, suplementada con vitaminas, minerales, calorías y aminoácidos (Estudio con ratas)

Dieta	Peso promedio ganado* g/28 días	Indice eficiencia proteínica
Basal	26 ± 2.35	1.11 ± 0.07
+ Vit + Min + Cal	59 ± 3.55	1.84 ± 0.06
+ Vit + Cal + AA	47 ± 3.38	1.55 ± 0.10
+ Min + Cal + Vit	80 ± 2.51	2.30 ± 0.05
+ AA + Min + Vit	107 ± 4.99	2.56 ± 0.06
+ AA + Vit + Cal + Min	89 ± 5.52	2.38 ± 0.06

* Peso promedio inicial: 44 gramos.

Fuente: Véase referencia (22).

Al iniciar esta presentación, se mencionó que una de las diferencias entre las dietas urbana y rural, es su contenido proteínico. Con el objeto de estudiar si un aumento en el contenido proteínico de la dieta proveniente de la misma clase de proteínas, como son el maíz y el frijol, podrían mejorar la respuesta de los animales, se llevaron a cabo varios estudios cuyos resultados se presentan en el Cuadro No. 12 (19, 21).

Los resultados en términos de peso ganado, índice de eficiencia proteínica y proteína utilizable, muestran que la proteína normal de maíz en la dieta es mejorada por la adición de lisina y triptofano. Un efecto mayor se obtiene también cuando el maíz usado tiene un alto contenido de proteína, particularmente en proteína utilizable. Lo que se considera importante es que con un maíz de alto contenido proteínico en la dieta, los aminoácidos agregados causan más del doble del aumento en el peso ganado, en el índice de eficiencia proteínica y en la proteína utilizable. Estos resultados sugieren que un efecto benéfico mayor puede ser obtenido si el suplemento de aminoácidos se agrega a un maíz con alto contenido proteínico. El mismo efecto podría lograrse al agregar el suplemento a un maíz de contenido proteínico normal, siempre que el suplemento provea una cantidad adicional de proteína, así como de aminoácidos limitantes.

Resultados similares se obtienen cuando se usa el doble del nivel de frijoles en la mezcla de maíz y frijol, lo que provee una mayor ingesta proteínica. El efecto de aumentar la cantidad de frijol pudo observarse tanto con el maíz de un contenido proteínico normal, como con el maíz de alto contenido proteínico. Por consiguiente, de estos resultados se pueden deducir dos conclusiones.

Primera: que el suplemento debe contener todos los nutrientes limitantes, y

CUADRO No. 12

Efecto de mejorar la calidad y cantidad de la proteína sobre el valor nutritivo de una dieta rural consumida por niños preescolares de Guatemala (Ensayos con ratas en crecimiento)

Tratamiento a la dieta basal*	% Proteína ración	Peso promedio ganado g/28 días	Indice de eficiencia proteínica	Valor nutritivo relativo	Proteína utilizable
Maíz-A (proteína normal) (8.3%)	9.7	45	1.67	44.7	4.33
Maíz-B (alto en proteína) (13%)	12.4	56	1.52	40.7	5.05
Maíz-A + Lis + Trip	10.0	81	2.49	66.7	6.67
Maíz-B + Lis + Trip	12.6	119	2.45	65.6	8.26
Aumento en proteína de frijol (2x)	10.5	72	2.12	56.8	5.96
Maíz-B + Lis + Trip + Aumento en proteína de frijol (2x)	11.9	100	2.34	62.7	7.46
Frijol + Metionina	9.0	41	1.65	44.2	3.98
Aumento en proteína de frijol (2x) + Metionina	10.8	70	1.98	53.0	5.72

* 72.4% maíz + 8.10% frijol

Fuente: Véase referencias (19, 21).

Segunda: que el suplemento debe también mejorar la concentración de proteína de la dieta.

Efecto de la Administración del Suplemento sobre la Calidad de la Dieta de Maíz y Frijol y la Respuesta de los Animales

En este trabajo mencionamos anteriormente que solamente el maíz tratado con cal acusaba una frecuencia de consumo de 100%. Esto indicaba que es consumido diariamente por todos los niños en cantidades apreciables; esto consideramos que es una razón suficientemente poderosa para fortificar el maíz de tal modo que aun cuando fuera consumido él solo, pudiera proveer la calidad de proteína necesaria para el crecimiento y desarrollo de los niños.

Numerosos experimentos llevados a cabo (19) han demostrado que después de la concentración proteínica, la frecuencia de consumo es muy importante. El Cuadro No. 13 y 14 (19-21) muestra que cuando el maíz suplementado con lisina y triptofano, como parte de la mezcla de maíz y frijol, fue suministrado diariamente, la ganancia en peso, el índice de eficiencia proteínica y la proteína utilizable mejoró significativamente, pero que estos valores disminuyeron cuando el suplemento fue dado cada dos o tres días; lo mismo se observa en el Cuadro No. 14, en este caso el maíz fue suplementado con 8% de harina de soya y 0.15% de L-lisina HCl (19, 21).

CUADRO No. 13

Mejoramiento de la calidad proteínica de la dieta a base de maíz y frijol a través de maíz suplementado con aminoácidos (Ensayo con ratas)

Tratamiento a la dieta basal	Frecuencia de suplementación	% proteína ingerida proveniente de: Basal	Suplemento	Peso promedio ganado g/28 d.	Indice eficiencia proteínica	Proteína utilizable g
Ninguno	--	100	--	35	1.49	3.47
Maíz+Lis+Trip*	Diario	---	100	74	2.19	5.87
Maíz+Lis+Trip	c/2 días	48.8	51.2	58	2.00	5.36
Maíz+Lis+Trip	c/3 días	49.4	50.6	61	1.94	5.20

* 0.31% L-Lisina HCl; 0.10% *DL-Triptofano*.

Fuente: Véase referencias (19, 21).

Los resultados en ese experimento, fueron un poco mejores que los anteriores, ya que el suplemento tenía un nivel más alto de proteína. Estas diferencias son más evidentes en términos de proteína utilizable, que es un mejor parámetro para analizar los resultados, ya que el índice de eficiencia proteínica depende de la ingesta de proteína. Para ambos tipos de suplemento, la disminución en la frecuencia de su consumo, indicada para cada segundo o tercer día, induce una disminución en la respuesta de los animales, demostrando en esta forma, la necesidad de que los

suplementos sean proporcionados diariamente. Puede notarse la diferencia muy pequeña que existe entre el segundo y tercer día del suplemento. Esto puede explicarse en bases a una más alta ingesta de alimentos provenientes de la mezcla de maíz y frijol fortificada, durante el día en que se puso en la jaula, porque en un período experimental fijo de 28 días, en el tratamiento de cada dos días se proporciona el suplemento catorce veces, mientras que el grupo en el tratamiento de cada tres días, la dieta suplementada fue ofrecida solamente nueve veces. Sin embargo, la ingestión proteínica para los dos grupos fue esencialmente igual. En la vida diaria, la posibilidad es para una ingestión relativamente uniforme de alimentos, lo cual refuerza aún más, la importancia de la frecuencia en la recepción del suplemento.

CUADRO No. 14

Mejoramiento del valor nutritivo de la dieta de maíz y frijol a través de maíz suplementado con proteína (Ensayo con ratas)

Tratamiento a la dieta basal	Frecuencia de suplementación	% Proteína ingerida proveniente de: Basal	Suplemento	Peso promedio ganado g/28 días	Indice eficiencia proteínica	Proteína utilizable g
Ninguno	--	100	--	35	1.49	3.47
Maíz + 8% harina de soya + 0.15% L-Lisina HCl	diario	-	100	74	2.26	6.71
Maíz + 8% harina de soya + 0.15% L-Lisina HCl	c/2 días	45.9	54.1	61	1.98	5.83
Maíz + 8% harina de soya +0.15% L-Lisina HCL	c/3 días	48.1	51.9	60	1.84	5.42

Fuente: Véase referencias (19, 21).

Con el propósito de evaluar la calidad de la dieta rural a base de maíz y frijol, usándose maíz con gen Opaco-2, se hicieron estudios de balance de nitrógeno, con perros adultos, cuyos resultados se detallan en el Cuadro No. 15 (23).

Según se observa, la adición de lisina y triptofano al maíz común, indujo un incremento significativo en la retención de nitrógeno, en compararación con la obtenida sólo con la dieta a base de maíz común. Ello se debió a una menor excreción de nitrógeno por la orina, siendo el nitrógeno fecal semejante con las dos dietas. Cuando el maíz común de la dieta fue reemplazado por el Opaco-2, las retenciones de nitrógeno fueron similares a las que se obtuvieron con la dieta básica suplementada con lisina y triptofano.

En el Cuadro No. 16 se presentan los resultados obtenidos con los perros jóvenes que recibieron 2.5 g de proteína/kg/día (23). En este caso los resultados fueron parecidos a los anteriores, en lo que respecta al mejoramiento en retención de nitrogeno cuando el maíz común fue suplementado con lisina y triptofano, o bien cuando la dieta contenía maíz Opaco-2, en lugar de maíz común.

CUADRO No. 15

Retención de nitrógeno de perros adultos alimentados con una dieta a base de maíz y frijol, con y sin suplementos*

Dieta basal	Balance de nitrógeno mg/kg/día: Ingerido	Fecal	Urinario	Absorbido	Retenido
Con maíz común	375	121	155	254	99
Con maíz común + lisina + triptofano	374	116	118	258	140
Con maíz común	356	117	151	239	88
Con maíz Opaco-2	385	124	122	261	139

* Promedio de 4 perros: Nos. 147A, 147B, 150A, 150B, y de tres balances de nitrógeno de 4 días cada uno, por tratamiento.
Ingesta de proteína: 2.5 g/kg/día.

Fuente: Véase referencia (23).

CUADRO No. 16

Retención de nitrógeno de perros jóvenes alimentados con una dieta a base de maíz y frijol, con y sin suplementos*

Dieta basal	Balance de nitrógeno mg/kg/día: Ingerido	Fecal	Urinario	Absorbido	Retenido
Con maíz común	399	152	206	247	41
Con maíz común + lisina + triptofano	374	156	143	218	75
Con maíz común	357	157	165	200	35
Con maíz Opaco-2	407	165	127	242	115

* Promedio de 6 perros y de tres balances de nitrógeno de 4 días cada uno, por tratamiento.
Ingesta de proteína: 2.5 g/kg/día.

Fuente: Véase referencia (23).

Conclusiones

De las evidencias presentadas, pueden derivarse varias conclusiones que deben ser consideradas si se desea obtener resultados óptimos en el mejoramiento de la calidad proteínica de dietas por medio de la fortificación.

1. La fortificación y/o enriquecimiento debe ser hecha en el ingrediente que aporta la mayor cantidad de proteína a la dieta.

2. Debe ser efectuada en el ingrediente consumido con mayor frecuencia.

3. La fortificación y/o el enriquecimiento debe incluir todos los nutrientes que limitan la calidad de la dieta.

4. Si la concentración proteínica de la dieta es insuficiente el suplemento debe proveer proteína adicional.

5. Los nutrientes deben ser agregados en la proporción correcta, para un mejor balance.

6. Los productos enriquecidos deben estar disponibles diariamente.

7. Los nutrientes agregados deben ser estables para ser procesados y almacenados.

8. El maíz Opaco-2 puede ser un buen elemento para enriquecer dietas de bajo valor nutritivo, ya que provee un buen patrón de aminoácidos esenciales.

Referencias

1. Bressani, R., L. G. Elías, A. Aguirre, N. S. Scrimshaw. All-vegetable protein mixtures for human feeding. III. The development of INCAP vegetable mixture Nine. J. Nut., 74:201-208, 1961.

2. Arroyave, G., D. Wilson, M. Béhar, F. Viteri. The development of INCAP vegetable mixtures. II. Biochemical testing. In: *National Research Council. Progress in Meeting protein needs of infants and preschool children.* Proceedings of an International Conference. Washington, D. C. pp. 49-55, 1961.

3. Bressani, R., J. E. Braham, R. Jarquín, L. G. Elías. Mezclas de proteínas vegetales para consumo humano. IX. Evaluación del valor nutritivo de la proteína de la mezcla vegetal INCAP 9 en diversos animales de experimentación. *Arch. Venez. Nut.*, 12: 229-244, 1962.

4. Mertz, E. T., L. S. Bates, O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964.

5. Bressani, R., L. G. Elías, R. A. Gómez Brenes. Protein quality of Opaque-2 corn. Evaluation in rats. J. Nut., 97:173-180, 1969.

6. Mertz, E. T., O. A. Veron, L. S. Bates, O. E. Nelson. Growth of rats fed on Opaque-2 maize. *Science*, 148:1741-1742, 1965.

7. Cromwell, G. L., J. C. Rogler, W. R. Featherson, R. A. Pickett. Nutritional value of Opaque-2 corn for the chick. *Poultry Sci.*, 46:705-712, 1967.

8. Bressani, R. La calidad proteínica del maíz con gen Opaco-2. *Turrialba*, 18:8-13, 1968.

9. Bressani, R., N. S Scrimshaw, M. Béhar, F. Viteri. Supplementation of cereal proteins with amino acids. II. Effect of amino acid supplementation of corn-masa at intermediate levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. J. Nut., 66:501-513, 1958.

10. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar, N. S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acids. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan and isoleucine on the nitrogen retention of young children. J. Nut., 80:80-84, 1963.

11. Bressani, R. Enrichment of lime-treated corn flour with deodorized fish flour. In: *Fish in Nutrition.* International Congress Washington, D.C., 1961 (E. Heen and R. Kreuzer, ed.), London, Fishing News Ltd., pp 266-270.

12. Bressani, R. Effect of amino acid imbalance on nitrogen retention. II. Interrelationships between methionine, valine, isoleucine, and threonine as supplements to corn protein for dogs. J. Nut., 79:389-394, 1963.

13. Bressani, R., E. Marenco. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan, and vitamins. J. Agric. Food Chem., 11:517-522, 1963.

14. Bressani, R., A. T. Valiente and C. Tejada. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans. J. Food Sci., 27:394-400, 1962.

15. Elías, L. G., R. Bressani. Efecto del procesamiento sobre la estabilidad de suplementos de lisina y triptofano en maíz y tortilla. Presentado en: *Primer Simposio sobre Proteínas Alimenticias.* Facultad de Medicina, Buenos Aires, Argentina 18-21 mayo, 1970.

16. Gómez Brenes, R. A. Enriquecimiento de los cereales con proteínas y/o aminoácidos: aspectos nutricionales. En: *Recursos Proteínicos en América Latina.* M. Béhar, R. Bressani, eds. Memorias de una conferencia de nivel Latinoamericano. INCAP (Instituto de Nutricion de Centro América y Panamá), Guatemala, 24-27 Febrero de 1970, pp. 333-352, 1971.

17. Braham, J E., M. Flores, L. G. Elías, S. de Zaghi, R. Bressani. Mejoramiento del valor nutritivo de dietas de consumo humano. I. Evaluación nutricional de la dieta de preescolares en tres comunidades rurales de Guatemala. *Arch. Latinoamer. Nut.*, 19:231-251, 1969.

18. Bressani, R. Formulation and testing of weaning and supplementary foods containing oilseed proteins. In: *Protein-enriched Cereal Foods for World Needs.* (Max Milner, ed). Published by the American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn., pp. 49-66, 1969.

19. Bressani, R., L. G. Elías, M. Flores. Basic information required before enrichment and/or fortification program. Workshop on Food Enrichment and Fortification Program. Washington, D. C., June 7-9, 1971.

20. Orr, M. L., B. K. Watt. Amino acid content of foods. Washington, D. C. U.S. Department of Agriculture 1957. Home Economics Research Report No. 4.

21. Elías, L. G., R. Bressani. Improvement of the protein quality of corn-bean diets by the use of fortified corn or Opaque-2 corn. In: *III Western Hemisphere Nutrition Congress.* Bal Harbour, Miami, Florida. August, 1971.

22. Elías, L. G , R. Bressani. Factores nutritivos limitantes en dietas rurales de Centro América. II Reunión de la Sociedad Latino Americana de Nutrición, llevada a cabo en Viña del Mar, Chile, Diciembre, 1970.

UN MODELO DE FORTIFICACION DEL MAIZ CON HARINA DE SOYA, LISINA Y OTROS NUTRIMENTOS, EN UNA COMUNIDAD RURAL DE BAJO NIVEL SOCIOECONOMICO

Dres. Leonardo J. Mata, Juan J. Urrutia, Srta. Bertha García, Ricardo Bressani
Paul Lachance y Miguel A. Guzmán
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, Guatemala, C. A.

Introducción

La deficiencia de proteínas y calorías es un problema serio en los países centroamericanos. Esta situación se debe en gran parte al bajo valor biológico de las proteínas de la dieta, y al aumento en las demandas y pérdidas de nitrógeno como resultado de la alta frecuencia de enfermedades infecciosas. Estudios llevados a cabo por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), han revelado que aun cuando la ingestión proteínica total es con frecuencia adecuada en cantidad, su calidad es baja por provenir de cereales. En Guatemala, más del 70% de las proteínas y calorías consumidas en comunidades rurales se deriva del maíz, y sólo una pequeña proporción de fuentes de origen animal.

Una solución al problema podría consistir en aumentar la producción y consumo de proteínas de origen animal, lo cual sería difícil de llevar a cabo en vista de las condiciones socioeconómicas que prevalecen en los países del área centroamericana. Una alternativa que ofrece una perspectiva favorable, es la fortificación (enriquecimiento) de la proteína de baja calidad, llevada a cabo a nivel de sectores extensos de la población. Tal medida reviste mucho más valor si el practicarla no cambia las características de la dieta usual, y si la misma no involucra una modificación importante de la infraestructura y la capacidad operacional de los países. Sin embargo, antes de comprometerse a una recomendación nutricional de tal naturaleza, es preciso demostrar que la misma es efectiva en el campo. Para desarrollar tal estudio es necesario contar con una comunidad rural en donde exista tanto el problema nutricional, como las condiciones necesarias para medir los posibles efectos de la intervención.

Las circunstancias requeridas para llevar a cabo tal demostración se hallan presentes en una localidad que ha sido intensamente estudiada por el INCAP desde 1963 (1, 2). La población, Santa María Cauqué, de la cultura Maya-Cakchiquel, está localizada en el altiplano de Guatemala, y posee características socioeconómicas que son típicas de la mayoría de las poblaciones rurales de Guatemala y otros países del Istmo.

El presente trabajo describe, sucintamente, los problemas de salud sobresalientes en la localidad, así como las consideraciones científicas y operacionales que se han tomado en cuenta en el desarrollo de un modelo de fortificación del maíz.

El Problema

Aun cuando el problema de salud en Santa María Cauqué, al igual que en la mayoría de las comunidades de Centro América, es

complejo, puede aseverarse que las dietas pobres y la alta incidencia de infecciones, son los principales factores responsables de la desnutrición y retardo en el crecimiento y desarrollo del niño.

Dieta

En el Cuadro No. 1 se indican las características de la dieta usual de la mujer durante la gestación. En general, existe una deficiencia en el consumo de calorías, proteínas, vitamina A y riboflavina (2), al comparar dichas dietas con las recomendaciones establecidas para el período de la preñez (3). La situación es mucho más grave si se considera que el consumo de proteína animal es de sólo el 14% del total en el primer trimestre, y de 10 a 11% en el segundo y tercer trimestres del embarazo; debe tomarse en cuenta que el maíz tiene un valor biológico bajo. El hierro aunque no parece ser deficiente, lo es por derivarse fundamentalmente de leguminosas (frijol: *Phaseolus vulgaris*), y por lo tanto es de una utilización limitada. No cabe duda que la dieta deficiente contribuye al bajo estado nutricional de la mujer, afectando la nutrición fetal y el crecimiento del niño dependiente del seno materno.

CUADRO No. 1

Promedio de ingestión diaria de 33 mujeres embarazadas, Santa María Cauqué, 1967

	Trimestres 1 N = 6	2 N = 9	3 N = 18	Recomendación*
Calorías	1755 ± 977	2218 ± 634	2082 ± 503	2200
Proteína total, g**	56 ± 32	65 ± 17	64 ± 18	75
Proteína animal, g	8 ± 4	7 ± 6	7 ± 6	
Hierro, mg***	22 ± 13	23 ± 11	21 ± 8	18
Vitamina A, mg	0,9 ± 0,5	0,8 ± 0,7	0,9 ± 0,7	1,6
Riboflavina, mg	0,6 ± 0,3	0,7 ± 0,3	0,7 ± 0,2	1,2

* INCAP (3).
** 80% o más proviene de maíz.
*** En gran parte proviene de leguminosas.

Con respecto a la ingestión de alimentos por el niño, la totalidad recibe el seno materno en forma exclusiva durante los primeros 3 a 6 meses de edad; la lactancia materna dura de 1 a 3 años acompañada de alimentación suplementaria (1, 2). La calidad y cantidad de leche materna consumida por los niños de Santa María Cauqué no ha sido determinada. Se sabe que en comunidades semejantes la leche materna comienza a ser deficiente después de 2 ó 3 meses de lactancia (4). Se ha establecido que el valor nutritivo del suplemento que acompaña a la leche materna, o de la dieta total después del destete completo, es deficiente en calorías y proteínas como se indica en el Cuadro No. 2 (5). La

mayoría de los valores no se aproxima a las recomendaciones establecidas para esas edades (3).

CUADRO No. 2

Ingestión promedio diaria de 45 niños estudiados desde el nacimiento hasta los tres años de edad, Santa María Cauqué, 1964 - 1970

Edad, meses	Número	Calorías	Proteína total* (g)	Actividad Vitamina A (mg)
12	45, lactantes**	225	4,6	0.036
24	33, lactantes	520	13,6	0.125
	12, destetados	614	17,2	0.164
36	11, lactantes	830	23,7	0.141
	31, destetados	927	25,3	0.272
Recomendaciones por año***	1o.	1100	20,0	0.600
	2o.	1250	25,0	
	3o.	1400	27,0	

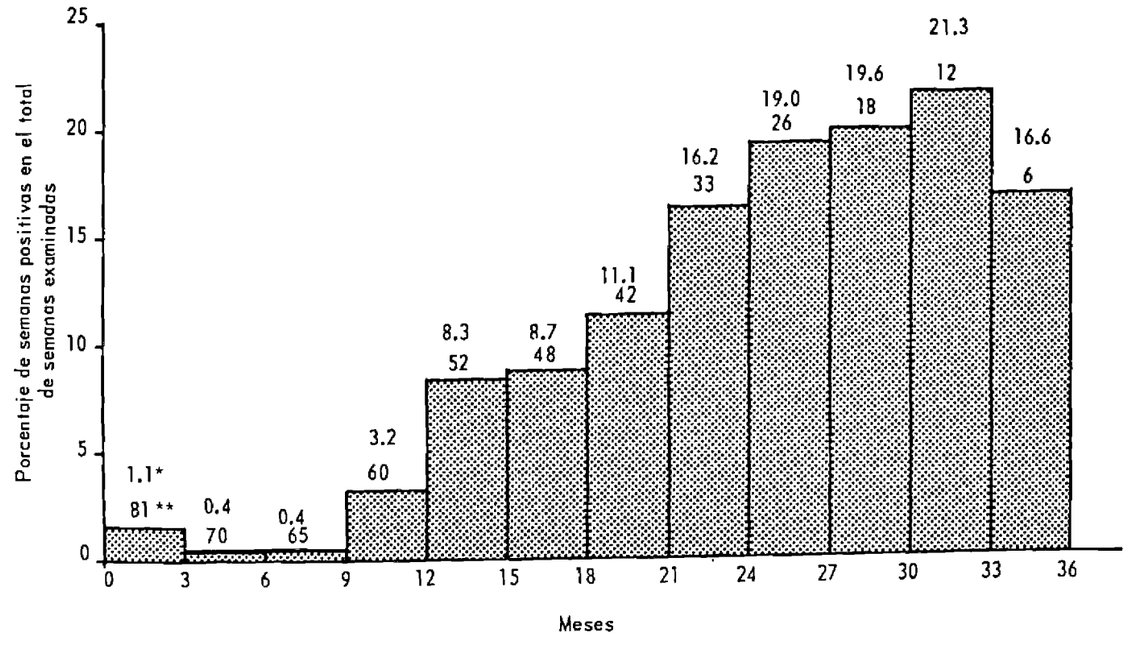
* 35 a 50% proviene de maíz. No se hizo la corrección para valor biológico.
** Al seno materno.
*** INCAP (3).

Resumiendo, la dieta del niño es deficiente durante la primera etapa de la vida debido a que en los primeros meses está constituida exclusivamente de leche de madres desnutridas y posteriormente, cuando el destete se inicia, se torna aún más deficiente porque consiste fundamentalmente de maíz y carece de proteínas de origen animal.

Infección

Se dispone de evidencia que indica que la infección intrauterina y las infecciones en la etapa postnatal, son mucho más frecuentes en los países en vía de desarrollo que en aquéllos industrializados (6). Las infecciones aumentan progresivamente con la edad, hasta alcanzar valores máximos durante el segundo y tercer año de vida (1, 2).

La magnitud de la infección se ilustra con un ejemplo en la Gráfica No. 1, que se refiere a bacterias enteropatógenas con capacidad invasora de la mucosa intestinal *(Shigella).* Las infecciones por shigelas son raras durante la alimentación predominante al seno materno, debido a factores presentes o asociados a la leche humana (7); pero conforme el niño va siendo destetado se tornan más frecuentes, dado que el 15 al 20% de los niños de 2 a 3 años de edad excretan los bacilos (8).



* Cifras con punto decimal son porcentajes de cultivos positivos para *Shigella.*
** Cifras enteras corresponden al número de niños estudiados en cada período indicado.

GRAFICA No. 1

Excreción de Shigella en heces de niños examinados semanalmente desde el nacimiento hasta los tres años de edad, Santa María Cauqué, 1964-1967 (8).

La alta prevalencia es el reflejo no sólo de la elevada frecuencia de infecciones sino de una mayor duración de las mismas. En el Cuadro No. 3 se muestra que las infecciones, clásicamente de 1 a 3 semanas de duración, son crónicas en un buen número de casos. Así, el 9% persistió durante 9 a 12 semanas, y un 10% adicional durante 13 a 38 semanas (8). Otros agentes infecciosos ofrecen un cuadro similar al que se ha descrito (6). El problema global de infección se refleja claramente en las altas tasas de morbilidad, principalmente de enfermedades entéricas y respiratorias, y en la elevada mortalidad durante los primeros años de vida. Probablemente la mayor duración y severidad de muchos procesos infecciosos en niños de comunidades como Santa María Cauqué, se debe a una menor capacidad del huésped desnutrido para controlar la infección (9). En todo caso, las infecciones, clínicas o asintomáticas, provocan alteraciones fisiológicas y metabólicas de diversos tipos, que se traducen en pérdidas de nitrógeno. Estas varían según la naturaleza y frecuencia de los procesos infecciosos (6).

Crecimiento

No es de extrañar que las dietas deficientes y la alta frecuencia de infección afecten el desarrollo del niño durante las diversas fases del desarrollo. En el Cuadro No. 4 se presentan

CUADRO No. 3

Duración de las infecciones por *Shigella* en niños de 0 a 3 años, Santa María Cauqué, 1964 - 1967*

Shigella sub-grupo	No. de infecciones	Duración (semanas) 1	2-4	5-8	9-12	13-16	17-38
dysenteriae	29	7	10	4	3	2	3
flexneri	75	18	21	18	9	5	4
boydii	21	14	6	1			
sonnei	7	7					
Total	132	46 (35)**	37 (28)	23 (17)	12 (9)	7 (5)	7 (5)

* Adaptado de Mata *et al.* (8)
** Cifras en paréntesis indican porcentajes.

CUADRO No. 4

Desarrollo fetal, 367 neonatos nacidos vivos, Santa María Cauque, 1964 - 1971*

Gestación semanas	Clasificación	Número y % relativo	Peso al nacer g
< 37	Prematuro	33 (9.0)	1713 ± 368**
≥ 37	Retardado	116 (31.6)	2272 ± 248
≥ 37	No retardado	218 (59.4)	2789 ± 218

* Según Mata *et al.* (6).
** Promedio ± desviación estándar

los datos sobre edad gestacional y peso al nacer para la comunidad bajo estudio, correspondientes a un período largo de tiempo en que pudieron ser estudiados más del 95% de todos los neonatos. El 40% de los recién nacidos vivos presentaron déficit de peso (menos de 2500 g) distribuyéndose así: una cuarta parte fue de prematuros por edad gestacional (menos de 37 semanas de gestación), y 3 cuartas partes nacieron a término, pero con peso menor de 2500 g, esto es, con evidencia de retardo del crecimiento fetal (6, 10).

Estos resultados son de interés no sólo porque evidencian desnutrición fetal frecuente, sino por la interrelación del peso del recién nacido con la mortalidad infantil. En ese sentido, se encontró que el peso al nacer está directamente relacionado con la supervivencia del niño, Cuadro No. 5. La mitad de los niños cuyo peso al nacer estaba por debajo del promedio menos una desviación estándar (esto es, menos de 2100 g) murió en el primer año. En niños de 2100 g a 2899 g (dentro del promedio ± una desviación estándar) la mortalidad infantil fue de 7 a 8%.

Ninguno con peso al nacer de 2900 g o más murió en el primer año de vida (10, 11).

CUADRO No. 5

Mortalidad infantil de acuerdo al peso al nacer, Santa María Cauqué, 1964 - 1971*

Peso g	No. de niños	Mortalidad 0-28 días	29 días-12 meses	Total
< 2100	33	6 (18.2)**	10 (30.3)	16 (48.5)
2100-2499	95	3 (3.1)	5 (5.3)	8 (8.4)
2500-2899	137	2 (1.4)	8 (5.8)	10 (7.3)
2900 +	53	0	0	0

* Según Mata (10).
** Número de muertes y porcentaje en paréntesis.

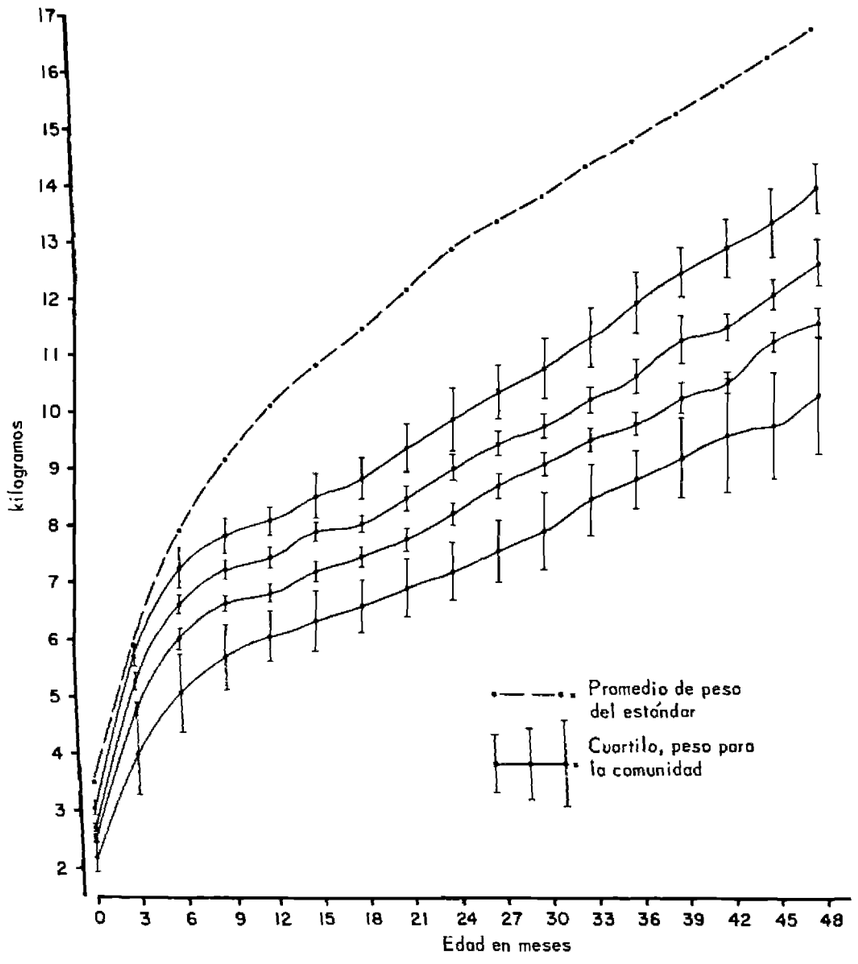
El crecimiento postnatal es adecuado durante los primeros tres meses de vida, según se ilustra en las curvas de peso para los niños que nacieron en la comunidad en 1964 y 1965, Gráfica No. 2. A una edad muy temprana, sin embargo, el crecimiento se retarda, y al año de edad todos los niños manifiestan un déficit marcado con referencia a cualquier estándar reconocido (6, 12).

Posibles Soluciones al Problema

Existe suficiente evidencia que demuestra la importante contribución de la mala dieta y las fuerzas de infección al deterioro de la nutrición, crecimiento y salud general de la población centroamericana. También se conocen medidas de cómo mejorar la nutrición y la higiene para corregir el problema. Sin embargo, promover medidas ortodoxas o convencionales no es práctico, y en muchos casos es virtualmente imposible si se toma en consideración el bajo nivel de desarrollo socioeconómico de los países. En el caso particular de la calidad de la dieta, medidas como el desarrollo agropecuario, y la diversificación de la dieta no son fáciles de realizar. En los países en vías de desarrollo, la ganadería, la agricultura y la industria de alimentos, generalmente se fomentan con metas a aumentar las exportaciones y no específicamente para mejorar la ingestión de alimentos por parte de la población. Por otra parte, la población normalmente no muestra tendencias marcadas hacia mejorar los hábitos dietéticos, según ha sido comprobado a través de varios años de trabajo del INCAP en el área centroamericana. Finalmente, el mejoramiento de la higiene ambiental y de la salud en general, no tiene alcance ni impacto político en estos países.

En vista de estas consideraciones, la investigación de otras alternativas como la fortificación de los cereales, a nivel de campo, es de alta prioridad. Las justificaciones para llevar a cabo tal empresa son: a) la existencia de un problema nutricional grave; b) la demostración en el laboratorio y sala metabólica

de la bondad de la fortificación; c) la necesidad de demostrar si la medida es efectiva a nivel de campo; d) la imposibilidad de establecer medidas alternativas bajo las condiciones prevalecientes; y, e) el bajo costo de la medida en función de los resultados que se esperan.



GRAFICA No. 2

Curvas de peso para los primeros cuatro años, por cuartilos, para Santa María Cauqué (6) en comparación con la curva estándar adoptada por el INCAP (20).

Estas consideraciones han llevado al diseño de un modelo de fortificación del maíz aplicable a nivel de toda una comunidad.

Enriquecimiento del Maíz

Estudios del INCAP han demostrado que la concentración de proteína en variedades de maíz de Guatemala oscila entre 6.5 y 10% (13, 14). Por otra parte, pruebas biológicas practicadas en animales indican que la lisina y el triptofano son los aminoácidos limitantes, y que la adición de 0.31% de L-lisina HCl

al "nixtamal" (maíz tratado con cal) eleva el índice de eficiencia proteínica (PER) de 1.2 a 1.5, en tanto que 0.31% de L-lisina HCl y 0.05% de DL-triptofano eleva el PER a 2.76 (15). Un resultado similar se logra agregando 8% de harina de soya (52% de proteína) y 0.125% de L-lisina HCl.

Con base en el conocimiento existente sobre las deficiencias nutricionales en la población rural de Guatemala y otros países del área, se ha calculado una formulación para un suplemento al maíz, a ser agregado en una concentración de 8% en relación al cereal seco (Cuadro No. 6). La formulación aporta aproximadamente 4 g de proteína a 7.8 g (promedio) de maíz, dando un total de 12 g % de proteína. El valor biológico se eleva considerablemente (PER de 2.5 o más), y al mismo tiempo se proveen las vitaminas y el hierro que son deficientes en la dieta. La concentración de vitaminas y hierro ha sido calculada con base en las necesidades y tomando en cuenta la cocción a que es sometido el maíz (16). Como se indica en el Cuadro No. 6, no se ha considerado un aporte de calorías, a pesar de que el estudio en Santa María Cauqué ha revelado que la ingesta calórica no es adecuada. Estudios del INCAP en ratas han demostrado que el suministro de calorías no ejerce un beneficio adicional cuando los animales reciben una dieta fortificada con aminoácidos y vitaminas. Más aun, la teoría referente a mantener la razón calorías/proteínas ha sido puesta a discusión (17) y existe evidencia de que cuando se corrige una deficiencia proteínica aumenta el apetito y mejora la ingestión de calorías totales en la dieta (18). La formulación que será usada en Santa María Cauqué no contempla, por lo tanto, un aporte adicional de calorías. La decisión además,

CUADRO No. 6

Mezcla fortificante para el maíz*

Ingrediente	Composición del suplemento %	Contenido en 8% adicionado al maíz, g
Harina de soya	97.5000	7.800000
L-lisina HCl	1.5000	0.120000
Tiamina	0.0268	0.002144
Riboflavina	0.0162	0.001296
Niacinamida	0.1930	0.015440
Ortofosfato de hierro**	0.6000	0.048000
Vitamina A 250-SD***	0.0313	0.002504
Almidón de maíz	0.1327	0.010616
Total	100.0000	8.000000

* Desarrollada por R. Bressani.
** Contiene 28.17% de Fe.
*** 75,000 mcg Retinol por g.

evita la introducción de un cambio notorio en el tipo de dieta, siguiendo la filosofía de no modificar el patrón dietético usual, de tanta importancia cuando se trabaja en la comunidad.

Modelo de Fortificación en el Campo

El modelo de fortificación está siendo aplicado en dos comunidades Maya-Cakchiquel del altiplano de Guatemala, con problemas similares socioeconómicos y de salud. Una comunidad, Santa María Cauqué (1500 habitantes), será identificada como la *Comunidad Fortificación;* la otra, Santo Domingo Xenacoj (2700 habitantes), como la *Comunidad Testigo.*

Comunidad Fortificación. En esta localidad, como es típico en Guatemala, existen molinos de maíz operados por gasolina. Los habitantes transportan el nixtamal hasta el molino, en donde son vaciados en la tolva para la molienda. El costo es de aproximadamente un centavo de peso centroamericano (dólar) por libra de maíz, precio estable para toda la región.

La fortificación se lleva a cabo en el momento de la molienda, habiéndose ya demostrado que la incorporación del suplemento a la masa es de casi 100%. Este proceso se efectuará en los dos molinos existentes, dejando que el desarrollo del proyecto se encargue de seleccionar un grupo de familias no cooperadoras que rehusarán el suplemento, es decir que no cooperen. En la comunidad han sido practicados 7 ensayos sobre pruebas de sabor, por el método del triángulo, empleando niños y adultos de ambos sexos, para determinar su capacidad discriminatoria de la tortilla fortificada. Los resultados de los ensayos se resumen en los Cuadros Nos. 7 y 8, que muestran que no existe capacidad discriminatoria del sabor de las tortillas enriquecidas. El Cuadro No. 7 ilustra 4 pruebas en 114 sujetos. En cada una se colocaron tres pilas de tortillas; una, dos, tres, o ninguna de las pilas contenían tortillas fortificadas. El Cuadro No. 8 ilustra otra prueba más en que se colocaron dos mesas, cada una con tres pilas de tortillas, una de las cuales era de fortificadas. La prueba fue repetida empleando tortillas preparadas el día anterior, recalentadas. En total, se hicieron 274 observaciones con 154 personas, obteniéndose respuestas correctas en sólo el 35.8%, que es lo que podría esperarse por azar. Puede concluirse con seguridad, que los habitantes de la comunidad no logran detectar ningún olor ni sabor en las tortillas fortificadas, frescas o recalentadas, diferente del usual en tortillas corrientes. Las tortillas fortificadas tampoco presentan color o textura diferentes.

Para llevar a cabo el experimento, se cuenta con un grupo de trabajadores de campo, con 5 a 10 años de experiencia en la comunidad, así como con capacidad de desarrollar metodología de campo que permita recoger información satisfactoria sobre los parámetros seleccionados. El grupo de trabajo incluye un médico, una técnica en encuestas dietéticas, tres enfermeras, un inspector sanitario y dos trabajadores de campo. Existen facilidades físicas y equipo para realizar estudios en nutrición, crecimiento, epidemiología, salud pública y microbiología. Los trabajadores de campo conocen ampliamente la manera de vida y costumbres

de los habitantes, y a través de los años han logrado la cooperación de casi la totalidad de las familias.

Comunidad Testigo. El INCAP administra el puesto de salud de Santo Domingo Xenacoj. Se cuenta con los servicios de un médico y una enfermera, y de algunos miembros del equipo de la Comunidad Fortificación que visitarán la Comunidad Testigo a intervalos regulares. Exploraciones preliminares han revelado el deseo de los habitantes de contar con la colaboración del INCAP en sus programas.

CUADRO No. 7

Pruebas para establecer capacidad discriminatoria del sabor de tortillas fortificadas*, Santa María Cauque, 1971 - 1972

Prueba	Número de adultos	Número de grupos de tortillas fortificadas	Respuestas acertadas	
			Observadas	Esperadas para $p < 0.05$
1	36	1	6(16.7)**	18
2	29	2	10(34.5)	16
3	24	3	9(37.5)	14
4	25	0	12(48.0)	14
Total	114		37(32.5)	> 50

* Fortificadas con 8% de suplemento. Las pruebas fueron por el método del triángulo.

** Número de respuestas y porcentaje en paréntesis.

CUADRO No. 8

Pruebas para establecer capacidad discriminatoria del sabor de tortillas fortificadas*, Santa María Cauqué, 1971 - 1972

	Respuestas acertadas	
	20 niños	20 adultos
Tortillas frescas		
1a. mesa	6**	9**
2a. mesa	8	7
Tortillas recalentadas		
1a. mesa	8	7
2a. mesa	7	9

* Fortificadas con 8% de suplemento. Las pruebas fueron por el método del triángulo.

** El número de respuestas acertadas para alcanzar significación ($p < 0.05$) es de 11 para cada grupo de 20 sujetos.

Estudio en mujeres embarazadas y recién nacidos. Comunidad Fortificación. Durante un período de 2 años, todas las mujeres embarazadas (aproximadamente 130) serán reclutadas en un grupo de estudio, y estudiadas prospectivamente durante 4 años. El embarazo es determinado por medio de un cuestionario bimensual y del examen mensual de la orina, y es estudiado hasta su conclusión.

Las determinaciones que se llevan a cabo en el niño se ilustran en el Cuadro No. 9. La metodología que se sigue en los diversos estudios ya ha sido parcialmente descrita (1, 2, 6, 8, 12). Se investiga la dieta, nutrición y morbilidad de la madre durante el embarazo y la lactancia. En el niño, se estudia la dieta, infección por *Shigella* morbilidad general, crecimiento y supervivencia.

Para la vigilancia de la fortificación se hacen análisis de control de calidad del suplemento cada vez que éste sea preparado. Además se recogen tortillas en una muestra representativa de familias (100 en total) a intervalos mensuales para determinar los niveles de lisina, que a su vez tienen valor como indicadores de cambios en el contenido del triptofano. Un supervisor vigila la incorporación del suplemento a nivel de los molinos, y mantiene un registro de las familias que rehusen la fortificación.

Otros estudios como análisis bioquímicos en sangre y orina han sido programados al inicio y al final de uno y dos años de haberse iniciado la fortificación del maíz. Asimismo, se han considerado evaluaciones del desarrollo sicomotor y capacidad neurointegrativa de los niños para cuando las técnicas adaptables a la cultura Maya-Cakchiquel estén disponibles.

CUADRO No. 9

Programa de exámenes para los niños de las comunidades de estudio

	Fortificación	Testigo
Peso, talla, circunferencia craneal	Al nacer Semanal (1 mes), Bimensual (1 año), Mensual (2 años)	Al nacer, Cada 3 meses (3 años)
Estudio del destete, Medición de la ingesta dietética	Semanal (3 años)	No
Evaluación clínica	Semanal (1 mes), Bimensual (1 año) Mensual (2 años)	No
Coprocultivo para *Shigella*	Semanal	No

Comunidad Testigo. Se reclutarán aproximadamente 200 mujeres embarazadas valiéndose del cuestionario bimensual, pero no se harán exámenes de orina. Sólo se estudia la morbilidad y estado general de la madre durante el embarazo. Se practican mediciones antropométricas en el niño durante el primer año de vida, y se estudiará su supervivencia (Cuadro No. 9).

Registro y análisis de datos. La experiencia de 9 años de estudio continuo en la Comunidad Fortificación ha permitido el establecimiento y desarrollo de un sistema de registro de datos en formularios precodificados, fácilmente transferibles a tarjetas IBM. La información será analizada en computadoras.

Grupos de comparación. La selección de dos localidades para el estudio, y la disponibilidad de gran cantidad de información básica sobre una de ellas, permitirá establecer diversas comparaciones como se ilustra en el Cuadro No. 10. Las cohortes de mujeres embarazadas y de niños podrán ser comparadas

Cuadro No. 10

Grupos de comparación

	Ambas Comunidades
A.	Cohortes de niños 1972 - 1976 desarrollo fetal desarrollo postnatal mortalidad infantil
	Comunidad Fortificación
B.	Cohortes de niños 1964 - 1971 vs 1972 - 1976 desarrollo fetal desarrollo postnatal ingestión dietética mortalidad infantil morbilidad infección por Shigella
C.	Cohortes 1964 - 1971 antes y después de la fortificación desarrollo postnatal ingestión dietética
D.	Cohortes 1972 - 1976 suplementados vs no suplementados igual que B

a) En la Comunidad Fortificación versus la Comunidad Testigo; b) en la Comunidad Fortificación, antes y después de la intervención; y c) en la Comunidad Fortificación de acuerdo a si aceptaron o no el suplemento. Debe hacerse énfasis en que, exceptuando la intervención nutricional en la Comunidad Fortificación, la única otra intervención introducida consiste en servicios

de salud en ambas comunidades con una intensidad similar. Es factible que al cabo de unos años la Comunidad Testigo pueda contar también con un programa de fortificación, estableciéndo se así un nuevo testigo experimental.

Fechas para el Desarrollo Modelo

La fase preliminar de censado, desarrollo de logística y revisión de metodología, ya ha sido llevada a cabo. Se efectuaron reuniones con los líderes de ambas comunidades, para explicar la naturaleza del estudio. Los habitantes recibieron el proyecto con beneplácito y están deseosos de que se continúe la incorporación del suplemento al nixtamal, que fue iniciado en junio de 1972. Los primeros resultados estarán disponibles para diciembre de 1973, pero el estudio concluirá en octubre de 1977. Para entonces deberán existir datos confiables sobre cualquier efecto que se haya manifestado en los parámetros investigados.

Metas del Modelo

Los objetivos del modelo son de orden biológico, administrativo y político. La meta biológica es demostrar una mejora importante en la salud de los habitantes, en particular de los niños, evidenciada por un aumento del peso del niño al nacer, una disminución en las tasas de infección y enfermedad infecciosa, una mejora en el crecimiento postnatal y una reducción en la mortalidad infantil.

La meta administrativa es demostrar que la fortificación del maíz es económicamente factible, y susceptible de ser vigilada y evaluada, con la participación de los habitantes de la localidad.

La meta política es demostrar, ante las autoridades responsables de la planificación de la salud, la factibilidad de la intervención a nivel de una comunidad, región o país.

Comentarios

Los problemas de nutrición y salud que confrontan los países centroamericanos, son tan graves como para que se exploren diversas alternativas para la solución de los mismos. Dadas las condiciones socioeconómicas y políticas que prevalecen en esos países, se esperan cambios muy limitados en lo referente a las medidas convencionales para mejorar la nutrición de la población.

La fortificación de los cereales, que constituyen la base de la dieta, se ofrece como una solución de gran potencialidad. Estudios cuidadosos en animales de experimentación y en niños, en la cama metabólica, han demostrado que la fortificación del maíz eleva significativamente su valor nutritivo (19). No se sabe, sin embargo, si el maíz fortificado podría mejorar la nutrición y la salud a nivel de la comunidad, en donde existen

otros factores contribuyentes a la desnutrición, como son las infecciones y otros tipos de stress. Por lo tanto, la medida debe ser estudiada a la mayor brevedad posible y sin escatimar esfuerzos.

La existencia en el INCAP de un estudio a largo plazo que ha permitido la observación de niños desde la etapa embrionaria hasta los 7 años, en su propio ecosistema, y mediante un enfoque multidisciplinario (1) brinda una oportunidad única de intervenir el ambiente con una medida nutricional, fortificación, para determinar su efecto.

El estudio a que se alude ha demostrado una alta frecuencia de retardo en el desarrollo fetal, un crecimiento físico postnatal deficiente, una alta frecuencia de infección intestinal y de morbilidad en general, y una alta mortalidad en niños en los primeros 4 años de vida. Siendo la dieta deficiente uno de los factores más importantes en la génesis de esos problemas, se espera que una considerable mejora de la misma permita apreciar cambios en esos parámetros.

Existen ya los conocimientos básicos, el personal, la metodología de investigación, y la capacidad analítica para determinar esos cambios. Se espera por lo tanto, que el ensayo de fortificación del maíz a nivel de la comunidad se realice sin mayores tropiezos, y que el modelo genere observaciones de importancia para los países en vías de desarrollo.

Resumen

El maíz es el alimento principal en cientos de comunidades centroamericanas, constituyendo el 70% o más de la proteína y calorías totales de la dieta usual. Un estudio a largo plazo en una de esas comunidades, en el altiplano de Guatemala, ha revelado que: a) el 40% de todos los niños experimentan retardo del crecimiento fetal o son prematuros; b) la mayoría de los niños muestra retardo físico al año de edad; c) la mortalidad infantil es de 100 por 1000 nacidos vivos; y d) ciertas enfermedades infecciosas tienden a ser crónicas. En esta localidad, al igual que en la mayoría de las comunidades guatemaltecas, el "nixtamal" (maíz cocinado con cal) se muele en molinos mecánicos. Tomando esto en consideración se está llevando a cabo un estudio en el cual se agrega un suplemento al nixtamal durante la molienda. El suplemento, en una concentración de 8%, provee 7.82% de harina de soya, 0.12% de lisina y una mezcla de vitaminas A, B_1 y B_2, niacina y hierro. Ensayos de campo por el método del triángulo, mostraron que el suplemento no es detectado por los habitantes, ya que las tortillas fortificadas tienen propiedades organolépticas similares a las de las tortillas regulares. Los habitantes han aceptado el producto, y la fortificación se iniciará en junio de 1972. Los efectos de la intervención podrían observarse en el desarrollo fetal, curvas de crecimiento en el primer año de la vida, mortalidad infantil, y duración de las enfermedades. Los controles serán: a) cohortes de niños reclutados durante el período 1964-1971; b) cohortes nacidas a partir de 1972 de familias que no reciban el suplemento; y c) cohortes de niños estudiadas en una comunidad cercana, con problemas similares

de salud a los de la comunidad de estudio, pero donde la fortificación no se lleva a cabo. Se espera que la intervención nutricional tendrá un efecto marcado sobre los parámetros estudiados.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Moisés Béhar el estímulo y colaboración necesaria para emprender el estudio. Esta investigación está financiada por la Agencia para el Desarrollo Internacional, la Oficina Sanitaria Panamericana, y la Dirección General de Servicios de Salud de la República de Guatemala. La lisina utilizada en esta prueba es donada por Ajinomoto Co. Inc., Japón.

Se agradece a las señoritas Silvia Corado y Patricia Solé la colaboración en la preparación del manuscrito.

Referencias

1. Mata, L. J., J. J. Urrutia y B. García. Effect of infection and diet on child growth: experience in a Guatemalan village. In: *Nutrition and Infection.* Ciba Foundation Study Group No. 31. Edited by G.E.W. Wolstenholme and Maeve O'Connor. London, Great Britain, J. & A. Churchill Ltd., 1967, pp. 112-126.

2. Mata, L. J., J. J. Urrutia y A. Lechtig. Infection and nutrition of children of a low socioeconomic rural community. Presented at the Tenth Annual Meeting The American Society of Clinical Nutrition, Atlanta, Georgia, May 2, 1970. *Am. J. Clin. Nutr.*, 24:249-259, 1971.

3. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Recomendaciones nutricionales diarias para las poblaciones de Centro América y Panamá. Publ. Cient. INCAP, Recop. No. 5, 1966, p. 75-76.

4. Martínez, C., y A. Chávez. Nutrition and development in infants of poor rural areas. I. Consumption of mother's milk by infants. *Nutr. Rep. Internatl.*, 4:139-149, 1971.

5. García, B., L. J. Mata y J. J. Urrutia. Dieta del niño preescolar en una comunidad rural de bajo nivel socio-económico. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 21:233, 1971 (Abstract).

6. Mata, L. J., J. J. Urrutia, A. Cáceres y M. A. Guzmán. The biologic environment in a Guatemalan rural community. *Proceedings of the Western Hemisphere Nutrition Congress* III, Miami Beach, Florida, Aug. 30-Sept. 2, American Medical Association (ed). In press.

7. Mata, L. J. y R. Wyatt. Host resistance to infection. *Am. J. Clin. Nutr.*, 24:976-986, 1971.

8. Mata, L. J., R. Fernández y J. J Urrutia. Infección del intestino por bacterias enteropatógenas en niños de una aldea rural de Guatemala, durante los primeros tres años de vida. *Rev. Latinoamer. Microbiol. & Parasitol.*, 11:102-109, 1969.

9. Scrimshaw, N. S., C. E. Taylor y J. E. Gordon. Interactions of nutrition and infection. Geneva, World Health Organization. *WHO Monograph Series*, No. 57, 1968.

10. Mata, L. J. Field studies on nutrition and infection. *Protein Advisory Group*, 1971. Bull. 11, pp. 18-21, 1971.

11. Urrutia, J. J., L. J. Mata y B. García. Relación entre el peso del recién nacido y su supervivencia. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 21:222, 1971 (Abstract).

12. Mata, L. J., J. J. Urrutia, C. Albertazzi, O. Pellecer y E. Arellano. Influence of recurrent infections on nutrition and growth of children in Guatemala. *Am. J. Clin. Nutr.* In press.

13. Bressani, R., G. Arroyave y N. S. Scrimshaw. The nutritive value of Central American corns. I. Nitrogen, ether extract, crude fiber, and minerals of twenty-four varieties in Guatemala. *Food Research*, 18:261-267, 1953.

14. Bressani, R., L. G. Elías, N. S. Scrimshaw y M. A. Guzmán. Nutritive value of Central American corns. VI. Varietal and environmental influence on the nitrogen, essential amino acid, and fat content of ten varieties. *Cereal Chem.*, 39:59-67, 1962.

15. Bressani, R., L. G. Elías y E. Braham. Suplementación, con aminoácidos, del maíz y de la tortilla. *Arch. Latinoamer. Nut.*, 18:123-143, 1968.

16. Bressani, R., R. Paz y Paz y N. S. Scrimshaw. Corn nutrient losses. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. *J. Agr. & Food Chem.*, 6:770-774, 1958.

17. Hegsted, D. M. In: *Beaton and McHenry's Nutrition: A comprehensive treatise*, vol. I, p. 168. Academic Press, 1964.

18. Culbertson, D. P. In: *Beaton and McHenry's Nutrition: A Comprehensive Treatise*, vol. I, (Section X, Chapter 8), 1964.

19. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar, y N. S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acids. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan and isoleucine on the nitrogen retention of young children. *J. Nutr.*, 80:80-84, 1963.

20 Jackson, R. L. y H. G. Kelly. Growth charts for use in pediatric practice. *J. Pediat.*, 27:215-229, 1945.

Perspectivas para otros alimentos
Ricardo Bressani 297

Resumen de la Conferencia
Aaron M. Altschul 318

Resumen de la Conferencia
Moisés Béhar 323

PERSPECTIVAS PARA OTROS ALIMENTOS

Dr. Ricardo Bressani
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, Guatemala, C. A.

Hoy día ya está bien establecido y aceptado que la solución al problema de suplir cantidades adecuadas de proteína de alta calidad nutritiva a una población mundial, cada día mayor, especialmente en los países en vías de desarrollo, no es una tarea fácil. Se ha reconocido que es un problema difícil y sumamente complejo que requiere múltiples medidas para su solución.

Hace algunos años, una de las soluciones propuestas y llevada a cabo en algunos países, fue el desarrollo de alimentos con un alto contenido de proteína de buena calidad, preparados de fuentes de proteína no convencionales (12). Mucho trabajo todavía se está llevando a cabo, sin embargo, el éxito que han tenido en suministrar la proteína necesaria, sobre todo para los niños, puede calificarse de un éxito muy moderado. La experiencia que se ha adquirido a causa de la práctica de esa medida ha sido la de mostrar un gran número de dificultades que deben ser consideradas y de problemas que deben ser resueltos, desde la fase de producción de las materias primas con las que esos alimentos están elaborados y de su procesamiento hasta los problemas de distribución, mercadeo y consumo. Todos estos obstáculos deben de ser superados para que esas medidas sean mucho más efectivas de lo que hasta ahora han sido. Esa solución también ha demostrado lo atrasada que se encuentra la tecnología en los países en vías de desarrollo.

La revolución verde, la más reciente de las soluciones llevadas a cabo, tenía y tiene todas las características de una medida de mucho éxito (11). Su valor es evidente, sobre todo cuando se sabe que la disponibilidad *per capita* de alimentos es menor cada día. Sin embargo, las repercusiones e implicaciones que la revolución verde podría causar, se principian a sentir en estos momentos. Por ejemplo, la producción de trigo en la India, aumentó significativamente por medio de la introducción de las nuevas variedades, sin embargo, la ingesta de proteína por grupos vulnerables de población, disminuyó. Según datos publicados esto fue debido a una disminución en la disponibilidad y consumo de frijol. En México, la producción de trigo también aumento; sin embargo, durante 1971, había déficit de fuentes de proteína en ese país, habiendo sido calificados sus pobladores, por un médico nutricionista, como los habitantes de la cultura del hambre. El problema causado por el trigo, podría repetirse con el arroz también, y se ha predicho que va a suceder cuando las nuevas variedades de este cereal de alto rendimiento sean introducidas. Esta solución también demuestra el gran atraso de la tecnología en los países en proceso de desarrollo. La revolución verde ha sido y es una revolución en los cereales con limitados y tal vez con efectos negativos, en términos de proteína de alta calidad nutricional.

Tanto la primera como la segunda solución propuestas, alimentos ricos en proteína, y la revolución verde, tienen sus

grandes méritos y renovados esfuerzos deben continuarse a pesar de los problemas que han enfrentado o creado. Asimismo, otras soluciones deben de buscarse y practicarse. Existen muchos informes que indican que en la mayor parte de los países de bajo ingreso, la disponibilidad de proteína está disminuyendo, no sólo por el aumento en población, sino también porque las fuentes de proteína de origen animal o vegetal tienen un buen mercado en países de alto ingreso. Los países del área de Centro América, recientemente han encontrado una manera buena y efectiva para obtener divisas. Esta es la exportación tanto de carne como de torta de semillas oleaginosas. Bajo el punto de vista económico, es una buena medida, sin embargo, tiene varias complicaciones, entre las cuales se debe mencionar que la carne es ya un alimento de alto costo en nuestros países y su baja disponibilidad local lo hace más alto aún. La exportación de ese alimento debe continuarse y deben buscarse las medidas necesarias para que su producción sea más efectiva. Más importante aún deben buscarse alimentos que la sustituyan ya que lo que en realidad es necesario hacer, es mantener un balance entre todos los productos agropecuarios usados como alimentos. Aun cuando, es difícil substituir la carne, el alimento más apropiado y que es parte de los hábitos alimentarios de nuestras poblaciones, es el frijol. Por consiguiente, este producto vegetal debe recibir más atención, tanto desde el punto de vista de su producción, como de su conservación y valor nutritivo. Debe prestarse atención no solamente al frijol para consumo humano, sino también a aquellas semillas leguminosas que puedan ayudar significativamente a llenar los déficits de proteína en nuestros países.

Finalmente, muchos señalan que la solución al problema de proteína y de una dieta nutritiva es la de aumentar el ingreso económico de los pobladores en países en vías de desarrollo. Esta idea ha surgido porque en los países de bajo ingreso, existen muchas personas que no obtienen el ingreso económico necesario para adquirir el alimento, que les proporcionaría una buena nutrición. En 1969, Francois (8) demostró que el efecto potencial del ingreso, en reducir o eliminar la deficiencia proteínica es muy lento, necesitando muchos años. Parece ser que todas las soluciones son a largo plazo, pero aún así, es necesario hacer énfasis sobre la importancia de cada una de ellas y buscar soluciones adicionales. Algunas de éstas serán discutidas a continuación.

Posibles Nuevas Soluciones

1. *Semillas leguminosas*

Las semillas leguminosas han sido consumidas por el hombre desde hace mucho tiempo. Según datos de FAO, para 1968, del total de proteína ingerida, las fuentes de origen vegetal proporcionaron el 71% del cual alrededor del 13% provinieron de leguminosas de grano. La mayor ingesta de semillas leguminosas, para proporcionar mayor consumo de proteínas suplementarias a la dieta humana, tiene varias ventajas. Estas son: 1) las leguminosas de grano son alimentos que ya están presentes en la dieta de la población de todo nivel socioeconómico, y de todas las

edades; sin embargo, no son consumidas con la frecuencia necesaria. 2) Se cultivan en muchos países, tanto en los de bajo como en los de alto ingreso. 3) Contienen, comúnmente, concentraciones de proteína que varían entre 18 y 25%, y 4) La proteína contiene un patrón de aminoácidos esenciales capaz de complementar aquél deficiente de los cereales.

En el Cuadro No. 1 se demuestra que la adición de 10% de frijol al arroz, al maíz, al maicillo y al trigo incrementa la proteína aproximadamente en un 30% y mejora la calidad de ésta en un porcentaje que varía del 8% para el arroz, al 58% para el maicillo. El potencial nutritivo del frijol como un suplemento proteínico a los cereales, es mayor aún si su ingesta pudiera ser aumentada.

CUADRO No. 1

Mejoramiento de la calidad proteínica de cereales por medio de la adición de 10% de frijol

	100% cereal		90% cereal 10% frijol		Porcentaje aumento en calidad proteínica
	Proteína	P.E.R.	Proteína	P.E.R.	
Maíz	8.5	1.05	10.3	1.47	40
Arroz	6.9	2.15	7.9	2.32	8
Trigo	11.0	1.43	12.0	1.83	28
Sorgo	7.7	1.07	8.6	1.69	58
Caseína	-	2.71	-	-	--

Algunos ejemplos se presentan en el Cuadro No. 2. El Cuadro muestra las proporciones de proteína de cada alimento que, según datos experimentales, han dado el valor nutritivo mayor (3, 4, 6, 7). Los valores indican que cuando los dos alimentos se combinan en la proporción indicada, producen un alimento de un valor proteínico superior al valor proteínico de los componentes individuales. La cantidad de frijol en términos de porcentajes, es de alrededor del 28%, lo que representa una ingesta de 2 a 2.5 veces mayor de la ingesta usual. El aumento en calidad, cuando estas cantidades de frijol son consumidad, varía entre 17% para el arroz al 120% para el maíz. Este aumento es dos veces mayor que el que se obtiene cuando la ingesta de frijol representa el 10% de la dieta. Además, como ya fue indicado, aumenta el contenido de proteína, lo cual tiene muchas ventajas entre las cuales la más importante, posiblemente, es que se reduce la ingesta de materia seca. Esto es significativo, especialmente para el niño, ya que las dietas a base de cereales son por lo general, de un volumen muy grande.

2. *Esfuerzos agronómicos y genéticos*

El mejoramiento de la cantidad y calidad de la proteína de los cereales está hoy día recibiendo mucha atención, en

CUADRO No. 2

Valor proteínico de las combinaciones óptimas entre cereales y leguminosas

Distribución de proteína en la dieta, %		Calidad proteínica	Aumento %
De cereal	De frijol		
100 Arroz	0 Frijol	2.25	
80 Arroz	20 Frijol	2.62	16.4
100 Maíz	0 Frijol	0.90	
50 Maíz	50 Frijol	2.00	122.2
100 Maíz	0 Cowpea	1.22	
50 Maíz	50 Cowpea	1.84	50.8
100 Trigo	0 Frijol	47	
73 Trigo	27 Frijol	70	48.9

particular el mejoramiento por medios agronómicos y genéticos. Este esfuerzo, que en realidad no es nuevo, reviste gran importancia, sobre todo después del significativo hallazgo de los maíces con el gen Opaco-2 y Harinoso-2 (10).

Estos esfuerzos ya principian a dar resultados. En 1966 el Instituto Internacional sobre Investigaciones del Arroz, principió a seleccionar de 7,419 variedades de arroz, aquéllas de mayor contenido de proteína. De ese número, 126 selecciones contenían 13% de proteína y 6 de esas variedades demostraron tener valores de 16.7%. Estas 6 selecciones se han usado para cruzarlas con la variedad IR 8 de alto rendimiento desde 1967, y los cruces ya se han llevado hasta la octava generación filial (1).

La información de la que hoy día se dispone, indica que es posible obtener variedades de arroz de alto rendimiento y con un contenido de proteína de 20 a 25% mayor que la de variedades comunes. Ya que un alto rendimiento es esencial para que el agricultor acepte estas variedades de superior contenido proteínico, se lleva a cabo gran variedad de trabajos para lograr dicho objetivo. Por ejemplo, se le está prestando atención tanto a los aspectos agronómicos de cultivo como a las características que dan resistencia a la enfermedad y ataque de insectos, todos estos elementos de importancia en lograr altos rendimientos.

El arroz como fuente de proteína, tiene una gran desventaja, y es que entre los cereales, éste es el que presenta el contenido más bajo de proteína. Sin embargo, la calidad de la proteína del arroz es de las mejores entre los cereales. Por consiguiente, los esfuerzos que se llevan a cabo para aumentar el contenido de proteína del arroz son recomendables, sobre todo si la calidad de la proteína no disminuye significativamente.

En este sentido es de interés mostrar (Cuadro No. 3) los resultados de ensayos biológicos que se llevaron a cabo con 4 variedades de arroz de las Filipinas (5). Tres de esas variedades son del Instituto Internacional para el Arroz, y la cuarta, de una institución agrícola de ese país.

CUADRO No. 3

Calidad proteínica de arroz de contenido proteínico diferente

Variedad de arroz	Contenido proteínico %	Contenido de Lisina g/16.8 gN	Coeficiente de regresión ingesta proteínica-ganancia ponderal	Calidad relativa de la proteína en relación a caseína %
INTAN	5.7	4.27	3.49	110.4
IR 8 L.P.	7.3	3.77	3.25	100.0
IR 8 H.P.	9.7	3.69	3.04	91.4
Caseína	87.7	7.46	3.23	100.0
BPI-76-1	14.3	3.35	2.78	72.4
Caseína	87.7	7.46	3.63	100.0

Las cuatro muestras de arroz que difieren en contenido proteínico, fueron suministradas a ratas jóvenes, en dietas que proporcionaron diferentes niveles de proteína. Ecuaciones de regresión fueron calculadas entre la ingesta de proteína y el aumento en peso, relación que es linear, a niveles bajos de ingesta. El coeficiente de regresión es equivalente a un índice de calidad proteínica. Como lo indican los resultados, la variedad de arroz de inferior contenido de proteína tiene un nivel de lisina y una calidad proteínica superior al de las variedades con mayor cantidad de proteína. Debe reconocerse que aun cuando la calidad de la proteína disminuye, la cantidad total de proteína utilizable es ligeramente mayor, para la variedad de arroz alto en proteína. Parece por lo tanto, que al menos para el arroz, la selección de variedades de un alto contenido proteínico, es recomendable aun cuando una mejora en su calidad resultaría en un alimento superior, nutricionalmente hablando.

El mismo tipo de trabajo se está efectuando con el trigo. El resultado de las investigaciones ha demostrado que el contenido de proteína del grano es una característica hereditaria y, por medio de cruces, ha sido posible aumentar el contenido de proteína, hasta en un 25%. Se ha indicado además, que en los granos de mayor contenido proteínico, también se encontró mayor cantidad de lisina, metionina y treonina, por unidad de peso. El problema con estos resultados, es que el contenido de los citados aminoácidos por unidad de proteína, disminuye lo cual sugiere que la eficiencia de utilización de la proteína también baja. Al igual que con el arroz y el trigo, la misma clase de investigaciones

están llevándose a cabo con el maicillo, mijo y otros cereales. En estos casos, los resultados esperados serán similares a los obtenidos con arroz, trigo y maíz (1).

No se ha hecho mucha investigación genética y agronómica sobre los aspectos de cantidad de proteína y contenido de aminoácidos en el frijol. Sin embargo, los resultados disponibles indican que en ellos también existe variabilidad en el contenido de proteína y aminoácidos. Esto sugiere que puede ser posible seleccionar aquellas variedades que son mejores nutricionalmente. Esta variabilidad en composición se ha notado en unos estudios en los cuales un grupo grande de cultivares de frijol fueron analizados. El Cuadro No. 4, por ejemplo, muestra la variación en el contenido de nitrógeno de 269 muestras de frijol. El valor más bajo, en 3 muestras, fue de 2.69% y el más alto, en una muestra, de 4.52%. Esta variabilidad demuestra el potencial de elevar el contenido de proteína en el *Phaseolus vulgaris* (2).

CUADRO No. 4

Variación en el contenido de nitrógeno, metionina, cistina y lisina de cultivares de frijol *(Phaseolus vulgaris)*

Nutriente	Número de muestras	Contenido (g %)		
		Max.	Min.	Promedio
Nitrógeno	269	4.52	2.69	3.44 ± 0.17
Metionina	129	0.355	0.087	0.183 + 0.040
Cistina	130	0.208	0.075	0.134 ± 0.024
Lisina	129	2.390	0.800	1.51 ± 0.030

La concentración de metionina también se encontró ser muy variable. Como puede notarse, esta variabilidad fue de 0.087%, en 6 muestras, hasta 0.355%, en 11 muestras. La cistina presentó un cuadro similar, con una variabilidad de 0.075 a 0.208%. Esta oscilación en aminoácidos azufrados es sumamente importante, ya que estos aminoácidos limitan la utilización eficiente de la proteína del frijol. Es necesario indicar sin embargo, que el frijol como suplemento proteínico para los cereales, debe contener, en nuestra opinión, más proteína y lisina que aminoácidos azufrados. Cuando la dieta básica está constituida de tubérculos, los aminoácidos azufrados asumen mayor importancia. El mismo Cuadro muestra la variación en el contenido de lisina en 129 muestras analizadas. Los valores variaron de 0.80%, en 2 muestras, a 2.39%, en una muestra, siendo el promedio de 1.51%. Esta información indica, por consiguiente, que las leguminosas de grano contienen cantidades variables de proteína y aminoácidos, lo que puede ser de gran valor para poder, a través del frijol, mejorar la calidad de la proteína de dietas a base de cereales. Por el momento, sin embargo, es más importante encontrar la manera de producir mayores cantidades de frijol y aumentar su consumo. Las investigaciones agronómicas y genéticas con las semillas leguminosas, también deberían de considerar la selección de variedades con menor concentración de antimetabolitos

y toxinas factores de flatulencia y mayor aceptabilidad por parte de la población. Asimismo, debe tomarse en cuenta la relación entre variedades y métodos de procesamiento y entre variedad y digestibilidad de la proteína que en varios casos da valores del 60%.

3. *Actividades en fortificación*

Los cereales son y continuarán siendo la fuente principal de nutrientes para la mayor parte de la población mundial, debido a su mayor rendimiento de calorías, por unidad de área cultivada y por sus otras cualidades como alimentos, por ello ofrecen juntamente con la fortificación, otro camino para contribuir a resolver el problema de proteína en el mundo. No es la solución perfecta y tiene muchas desventajas, pero se cree que proporcionará una solución parcial como lo están haciendo ya otras alternativas.

Existen algunas indicaciones de que todos los años aumenta la emigración de las poblaciones rurales hacia las ciudades. Este hecho sugiere que estos grupos dependerán más y más de los alimentos procesados como ya se indicó en esta Conferencia. Tales alimentos tienen, por consiguiente, ser los vehículos de una proteína de mejor calidad. Por otra parte, el incremento del uso de estos alimentos procesados es aparentemente lento, lo cual sugiere que el impacto nutricional del consumo de alimentos fortificados con proteína será igualmente lento.

A pesar de esto, hoy día ya existen varios intentos encaminados a la fortificación de los cereales, con aminoácidos, así como con pequeñas cantidades de proteína. Por ejemplo, en los Estados Unidos, y en otros lugares, la harina de trigo, para el pan, contiene cantidades pequeñas de harina de soya o de leche, que aún siendo pequeñas aumentan el contenido y la calidad proteínica del pan. El consumo de pan está aumentando en los países en desarrollo, entonces, ¿por qué no adaptar esa medida en estos países? La respuesta es probablemente de naturaleza económica, ya que el trigo es un producto importado por muchos países en desarrollo. Durante los últimos años, la tendencia ha sido la de substituir parte de la harina de trigo por harina de tubérculos, como la yuca, papa y otros alimentos feculosos. Esta práctica deteriora la calidad de la proteína de un alimento que ya de por si es baja. Asimismo, reduce la cantidad de proteína, a menos que alguna fuente proteínica sea incorporada juntamente con los productos farináceos. Ya se han producido, con cierto éxito, fórmulas experimentales, a nivel de laboratorio y de industria de pequeña escala. Se espera que este tipo de pan fortificado con proteína contribuya a solucionar el problema proteínico.

La calidad de la proteína del trigo también puede ser mejorada a través de la fortificación con aminoácidos, principalmente lisina. Los efectos de esa adición, se están estudiando en pruebas de campo, y a pesar de que se ha rumorado que hasta ahora no se ha encontrado ningún efecto atribuible al agregado de lisina, las razones de esto deben ser determinadas antes de concluir que el efecto es negativo. Debe recordarse que existe más evidencia

experimental y conceptos bien definidos y demostrados que respaldan los efectos benéficos de la lisina adicionada al trigo, que resultados negativos.

Las pruebas de campo y los estudios de laboratorio que se llevan a cabo para probar el efecto de la adición de aminoácidos, tienen que ser muy bien planeados. Las pruebas de campo, en particular, son extremamente difíciles de controlar, ya que existen muchas variables que pueden fácilmente obscurecer la prueba de la hipótesis de que la calidad proteínica mejora por la adición de aminoácidos.

Otro caso que está bajo estudio a nivel de campo, es la fortificación del arroz con granos simulados de arroz, que contienen lisina y treonina, los dos aminoácidos limitantes en la proteína de este cereal. Existe valiosa evidencia que demuestra, a nivel de laboratorio, que la adición de los dos aminoácidos aumenta la calidad de la proteína del arroz.

El Cuadro No. 5 resume algunos resultados del efecto de granos simulados de arroz, sobre la calidad proteínica de este cereal (3). Los resultados presentados en el Cuadro, se explican por si solos mostrando que el aumento en calidad proteínica es significativo. La adición de 2.0% de grano simulado de arroz, aumentó el índice de eficiencia proteínica de 1.94 a 3.32 y el peso de los animales de 45 a 108 g.

CUADRO No. 5

Suplementación del arroz con granos simulados de arroz*

Adición al arroz	Proteína en la dieta %	Promedio de ganancia ponderal** g	PER
Ninguna	7.2	45	1.94
1% arroz simulado	7.3	86	3.04
2% arroz simulado	7.6	108	3.32
3% arroz simulado	7.7	103	3.29

* Contiene: 75.59% L-lis HCl + 15.12% L-treo + Vit.
** Peso inicial: 45 g.

El uso de estos granos de arroz está en pruebas de campo en Tailandia, donde el arroz contribuye con el 80 al 85% de la ingesta de calorías diaria (1). Para probar el efecto de los granos simulados, se han elaborado planes bien definidos, observando si se producen o no cambios en la cantidad de alimento ingerido, en medidas antropológicas y bioquímicas, así como en otros muchos aspectos. Sin embargo, todo este planeamiento, esfuerzo y dinero, puede fracasar, si no se toman las medidas necesarias para saber si en realidad el suplemento como tal, llega a la boca del consumidor. Lo que se desea indicar se presenta en el Cuadro No. 6, el cual muestra algunos resultados de estudios

CUADRO No. 6

Crecimiento de ratas* jóvenes alimentadas con arroz corriente y arroz suplementado con granos sintéticos (Crudo y cocido)

	Ganancia en peso g	Indice de eficiencia proteínica
Arroz sin suplemento		
crudo	36.4 ± 3.7	1.84 ± 0.14
cocido	41.0 ± 2.1	2.02 ± 0.05
Arroz + 1% PA_1		
crudo	87.0 ± 8.4	3.03 ± 0.16
cocido	70.9 ± 6.6	2.87 ± 0.12
Arroz + 1% PA_2		
crudo	65.9 ± 7.1	2.73 ± 0.11
cocido	40.1 ± 4.5	1.94 ± 0.13
Caseína	106.8 ± 7.1	2.85 ± 0.13

* 8 ratas /grupo (4 hembras y 4 machos).
Peso promedio inicial: 46 gramos.

en los que el arroz sin y con el suplemento, fueron sometidos a cocción. Las muestras crudas y cocidas, fueron luego ofrecidas en dietas a ratas recién destetadas. Los resultados indican que las muestras cocidas que llevaban el suplemento ya no causaban el incremento en valor proteínico, como lo hicieron las muestras crudas (9). El suplemento se perdió durante la cocción. Las posibles desventajas en incorporar aminoácidos por infusión, ya fueron indicadas en esta reunión, y los investigadores que realizan el estudio en Tailandia, obviamente han considerado estas posibles pérdidas. El ejemplo se ofreció solamente para indicar que un plan complicado y costoso, puede fracasar, debido a algo tan sencillo en comparación con la magnitud de otras variables o fuentes de variabilidad.

Finalmente, la fortificación puede ser también aplicada a aquellos alimentos que por su naturaleza son ya suplementos proteínicos, por ejemplo, el frijol *(Phaseolus vulgaris)* que puede ser uno de los vehículos de proteína adicional de mejor calidad. Los resultados de algunos estudios, a nivel de laboratorio, se presentan en el Cuadro No. 7. En este ejemplo, el frijol en una dieta de maíz-frijol, fue modificado en las formas indicadas en el Cuadro. La adición de metionina no influyó sobre el crecimiento de los animales; el aumento de frijol en la mezcla sí causó un efecto, pero éste fue inferior al que se obtuvo aumentando la cantidad y calidad del 8% de frijol en la dieta, cuando éste había sido mejorado, usando proteína de soya. Estos resultados fueron interpretados en base a que la proteína de soya agregada al frijol *(Phaseolus vulgaris)* le proporcionó al maíz, no sólo más proteína y lisina, sino también más triptofano (2).

CUADRO No. 7

Mejoramiento de la calidad proteínica de una dieta de maíz-frijol por medio del uso de un frijol fortificado

Dieta	Tratamiento al frijol	Proteína en dieta, %	Ingesta de alimento g/rata/día	Aumento en peso g/día
82% maíz + 8% frijol	común	8.3	4.9	2.3
82% maíz + 8% frijol	+ 0 3% DL-met	8.3	13.7	2.3
82% maíz + 18% frijol	común	11.3	16.2	4.7
82% maíz + 8% frijol	+ 8% proteína soya	15.2	20.2	7.2

Conclusión

Para finalizar esta discusión, deseo mostrar algunos cuadros más, que posiblemente pueden ser útiles en relación a la fortificación de los cereales. El objetivo principal de la fortificación de las proteínas con aminoácidos es, en mi opinión, el de hacer un uso más efectivo de la proteína ingerida.

Muchos de nosotros hemos escuchado que si usamos la gasolina X con los aditivos ZY-72, en nuestros automóviles, no sólo el motor sufrira menos daño, sino también la misma cantidad de gasolina fortificada, nos llevará un poco más lejos, siendo por consiguiente, más económica. Muchos de nosotros, compramos esa gasolina voluntaria o involuntariamente y otros cuando la obtienen, lo hacen simplemente porque creen, o porque lo han probado. Cómo es posible que nuestros automóviles reciban mejor tratamiento que nuestros compatriotas menos privilegiados?

La pregunta referente al mejoramiento de la proteína de los cereales a través de la adición de los aminoácidos limitantes, en forma sintética, como proteína o en combinación, ha sido discutida extensamente muchas veces. Aquellos que no están de acuerdo con los efectos de esta medida para mejorar el estado nutricional de poblaciones que no pueden alimentarse bien o, para respaldar su opinión, utilizan los siguientes argumentos: 1) Que la mayor parte de la evidencia que existe demostrando efectos benéficos de la suplementación de los cereales con aminoácidos, es el resultado de estudios en ratas, llevados a cabo bajo condiciones bien controladas. 2) Que esos estudios se han realizado con dietas con niveles subóptimos, en contenido proteínico, situación que hasta cierto punto aumenta las deficiencias de aminoácidos. 3) Que sólo un pequeño número de estudios en humanos, especialmente niños, han mostrado efectos positivos por la adición de los aminoácidos limitantes. 4) Que ingestas más altas de los cereales, para que provean las necesidades de calorías, proporcionan los niveles necesarios de los aminoácidos esenciales, y 5) Que los cereales no son los únicos que constituyen la dieta, ya que otros alimentos también tienen proteína y ésta puede llenar las necesidades del hombre.

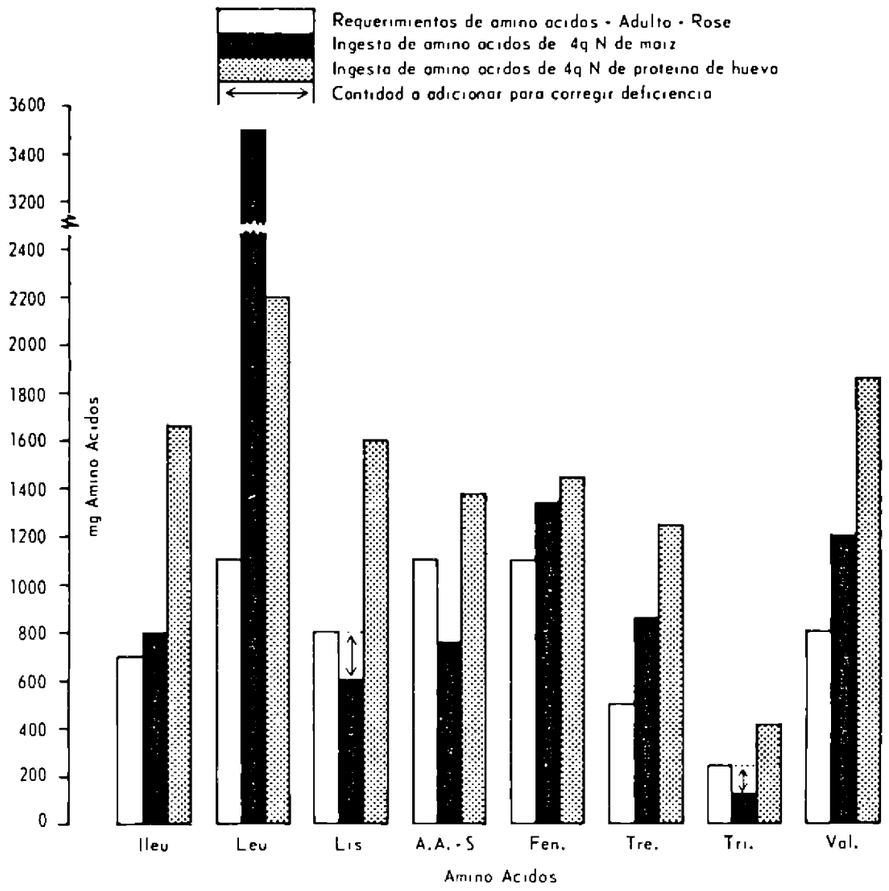
No existe duda que tales argumentos son válidos hasta cierto punto, y son bien reconocidos por aquellos que están a favor de la fortificación como un medio para mejorar la calidad proteínica.

Deseo repetir, que el objeto de la fortificación con aminoácidos es hacer uso más eficiente de la proteína ingerida, eficiencia que existe a todo nivel de ingesta aun cuando sólo puede medirse a niveles bajos. En este punto es donde el animal de laboratorio ha servido para probar una y otra vez la eficiencia resultante de la adición de aminoácidos. Los estudios en humanos que han sido llevados a cabo cuidadosamente, sólo han venido a corroborar los resultados en animales.

Es importante recordar también que no es posible recomendar mayor ingesta de cereales, primero, porque no se encuentran tan disponibles como se cree, ya que disponibilidad *per capita* va disminuyendo con el tiempo; y segundo, porque las ingestas existentes son ya bastante altas. Si bien es cierto que los cereales se consumen con otros alimentos, éstos deben ser, y son en general, reconocidos como portadores de poca proteína, a excepción del frijol, que no se consume diariamente, como se ha sugerido, sino solamente cuando es posible obtenerlo.

La revolución verde, que es sólo una revolución de cereales, sin embargo, está incrementando la cantidad de cereales, así que es de esperarse un mayor consumo de ellos. Es de interés estudiar la solución del problema de la proteína, a través de un mayor consumo de cereales o del consumo actual con cereales fortificados.

Para lo anterior resulta interesante observar la Gráfica No. 1. Las barras blancas, representan los requerimientos de los aminoácidos esenciales para humanos adultos, a pesar de que los argumentos que trataré de usar pueden ser demostrados y aceptados más facilmente para el caso de los niños. Las barras punteadas, representan el nivel de ingesta de aminoácidos esenciales provenientes de 4 g de nitrógeno de maíz, o 4 g de nitrógeno de proteína de huevo. Esta Gráfica muestra: 1) Que 4 g de nitrógeno de maíz no puede suplir todos los aminoácidos en las cantidades que son necesarias. En este caso, son 3 los que están en deficiencia: lisina, aminoácidos azufrados y triptofano. 2) Esta cantidad de nitrógeno de maíz, proporciona cantidades excesivas de ciertos aminoácidos, como leucina, fenilalanina y otros. 3) Los 4 g de nitrógeno de huevo proporcionan más del doble de los aminoácidos requeridos y mucho más que 4 g de nitrógeno de maíz. 4) La fortificación con aminoácidos persigue aumentar los niveles de los que son deficientes, para que exista un mejor balance entre ellos y los demás. La proteína de huevo, según datos experimentales de muchos años, posee el balance ideal. La proteína del huevo, en el ejemplo, a pesar de que proporciona la misma cantidad de nitrógeno que el maíz, contribuye con más aminoácidos por contenerlos en mayor concentración. Pero eficiencia de utilización, no es sólo concentración, sino también balance, un concepto poco apreciado, pero muy real y difícil de explicar. La eficiencia en evaluar el balance de aminoácidos es más difícil a medida que aumenta la

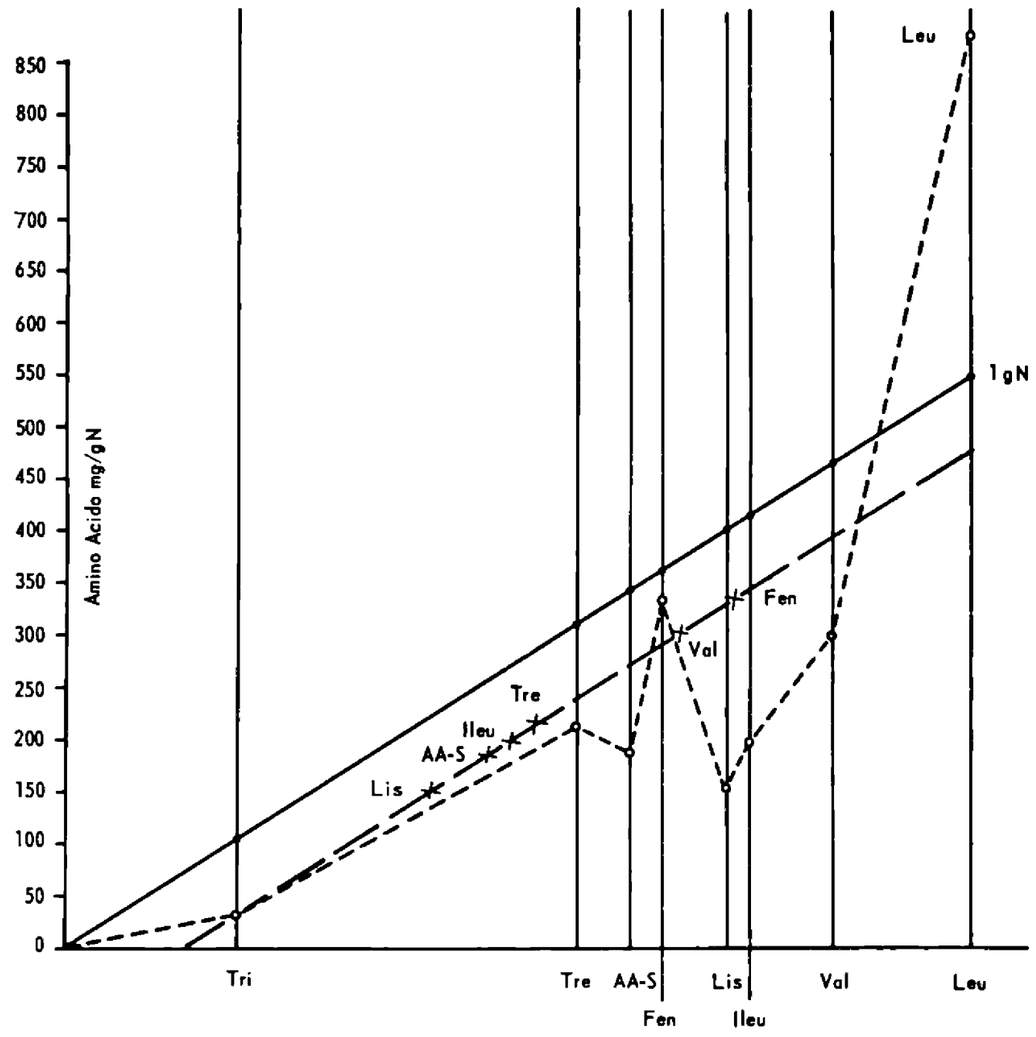


GRAFICA No. 1

Ingesta de aminoácidos de la proteína de maíz, de huevo y requerimientos

ingesta de nitrógeno, por lo cual, esta evaluación se hace a niveles reducidos de nitrógeno.

El concepto de balance trataré de explicarlo con la Gráfica No. 2. Las cantidades de aminoácidos en un gramo de nitrógeno de huevo, fueron calocadas en la abscisa, en el orden indicado, para que aparecieran en la línea diagonal que se inicia en la intersección de la abscisa y la ordenada. Los niveles de aminoácidos en un gramo de nitrógeno de maíz, se colocaron luego en el lugar que les corresponde y están representados por los puntos redondos. La línea quebrada indica que están completamente fuera de proporción con los de huevo, de lo contrario se obtendría una línea diagonal paralela. Con una regla puesta en el origen y llevándola a 0^{o} hacia los 90^{o} nos va indicando el orden de deficiencia de los aminoácidos en el maíz, el cual es: triptofano, lisina, isoleucina, azufrados, treonina, valina y fenilalanina. Ahora bien, como no sólo interesa triptofano, como referencia, se traza una línea a través de este aminoácido para



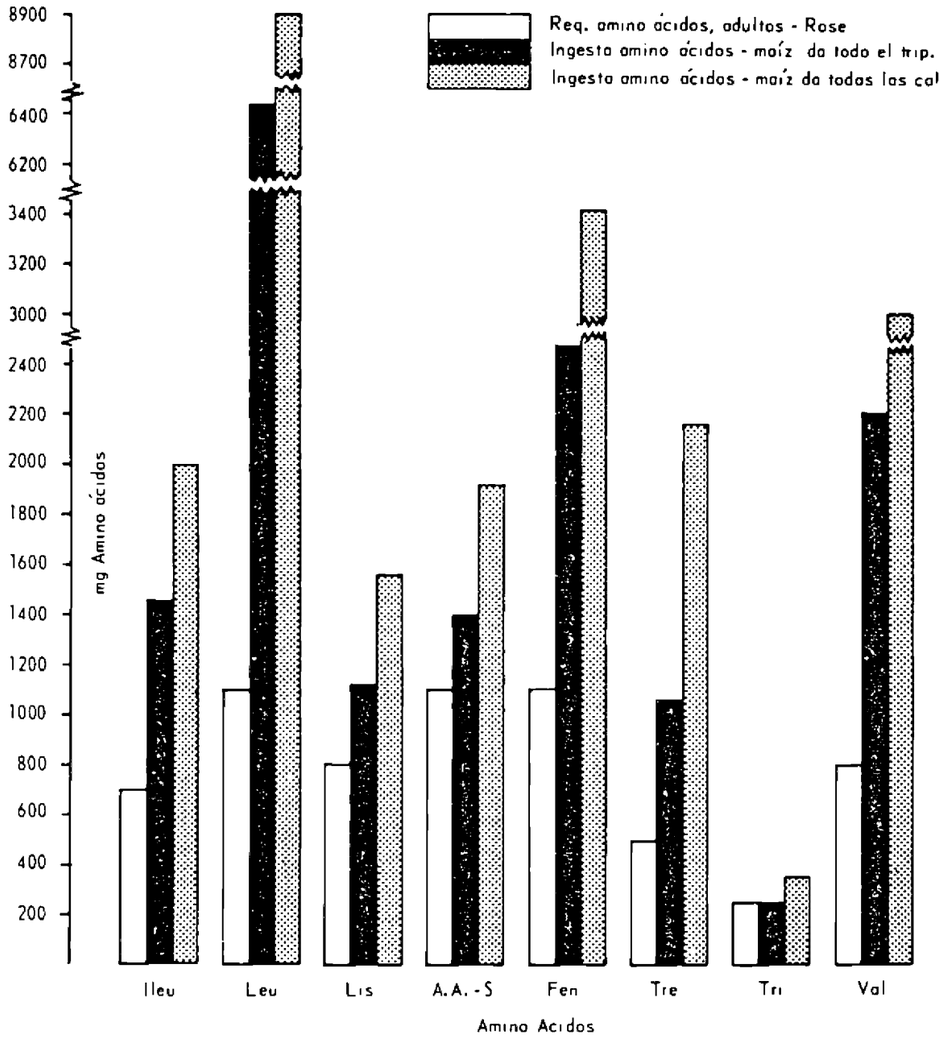
GRAFICA No. 2

Concepto de deficiencia y balance de aminoácidos en relación a valor proteínico

el maíz, pero paralela a la del huevo. En esta línea se han colocado, con una cruz, los niveles de los otros aminoácidos que entrarían en balance con la cantidad de triptofano. Puede notarse que las cantidades de aminoácidos en el maíz, tienen que cambiar para entrar en balance con el triptofano, sin embargo, el balance deficiente de aminoácidos del maíz persiste, independientemente del nivel de ingesta.

Cuál es el resultado, entonces, de una mayor ingesta de nitrógeno de maíz? Esto se indica en la Gráfica No. 3. El significado de las barras, es el mismo ya señalado. Como la ingesta de nitrógeno aumentó ya sea para cubrir el aminoácido más deficiente, representado por la del centro, o para llenar necesidades de calorías, la tercera barra, aparentemente no existe

deficiencia de aminoácidos. Pero no existe balance y la deficiencia de utilización aún persiste, a pesar de que los medios de que disponemos hoy día, indican que si se obtiene mayor utilización, pero ésta es de poca eficiencia. Esta aparente mejor utilización solo representa una pérdida de nitrógeno, el cual no podemos darnos el lujo de utilizar mal, porque se encuentra poco disponible. Es importante considerar también cuál es el efecto a largo plazo de una ingesta alta en nitrógeno ineficientemente utilizado. Tiene que ser metabolizado y posiblemente a un costo biológico muy elevado que no conocemos, pero que tal vez estamos viendo hoy día, en el estado de subdesarrollo de nuestros pueblos. Lo que sí se ha podido medir en todas las especies animales, incluyendo al hombre, es que una ingesta alta de nitrógeno del alimento, reduce la digestibilidad de la proteína así como el valor biológico de aquélla absorbida. Esto quiere decir que la cantidad realmente utilizada es menor. Estos conceptos pueden



GRAFICA No. 3

Ingesta de aminoácidos de la proteína de maíz, y requerimientos para el hombre adulto

apreciarse mejor al estudiar la información presentada en el Cuadro No. 8. En este caso, como se ha indicado, sujetos humanos adultos están en equilibrio de nitrógeno cuando la ingesta de maíz es de 250 g del Opaco-2 y 547 g del común. Esto significa que con estas ingestas el individuo no está ni ganando ni perdiendo nitrógeno. Asumiendo una misma concentración proteínica por 100 g para las dos clases de maíz, la ingestión de proteína del Opaco-2 es igual a 27.4 g y 43.8 g para el normal. Al corregir estas dos cifras por su respectivo factor de eficiencia de utilización (valor biológico) se obtiene la cantidad real de proteína retenida y la cantidad perdida para cada tipo de maíz,

CUADRO No. 8

Comparación entre el valor de la proteína y la ingesta de aminoácidos de los maíces común y Opaco-2

	Opaco-2		Común	
ingesta de maíz para obtener equilibrio de nitrógeno, g/día	250*		547**	
ingesta de proteína, d/día	27.9		43.8	
Valor biológico de la proteína, %	82***		46.5****	
Proteína retenida, g	23		21	
Proteína desperdiciada	5		23	
Aminoácidos en proteína retenidos	g/16 g N	% EA total inge.	g/16 g N	% EA total inge.
Isoleucina	1.01	8.63	2.00	10.53
Leucina	2.70	23.08	5.60	29.49
Lisina	1.34	11.45	1.25	6.58
metionina	0.60	5.13	0.80	4.21
cistina	0.55	4.70	0.56	2.95
Fenilalanina	1.33	11.37	1.96	10.32
Tirosina	1.14	9.74	2.64	13.90
Treonina	1.10	9.40	1.72	9.06
Triptofano	0.39	3.33	0.26	1.37
Valina	1.54	13.16	2.20	11.58
Total aminoácidos esenciales	11.70		18.99	

* Clark et al.[36]
** Kies et al.[37]
*** Young et al.[38]
**** Valor calculado de Kies et al.[37]

el cual es para el Opaco-2, 23 y 5 g, respectivamente. Es necesario indicar que debido a que estos cálculos son aplicables solamente bajo condición de equilibrio nitrogenado, no hay una retención proteínica neta. En realidad, los 23 g de proteína del maíz Opaco-2 y los 21 g del maíz común, representan las cantidades de proteína que es reemplazada del cuerpo, de tal manera, que no existen ni pérdidas ni aumentos. El Cuadro muestra la "retención" de aminoácidos esenciales, indicando que se necesitan menos cuando la proteína es del maíz Opaco-2 en comparación con la proteína del maíz normal, y que los factores que controlan estas cantidades son los aminoácidos lisina y triptofano. Las diferencias en las cantidades de estos dos aminoácidos en la proteína "retenida" entre las dos fuentes proteínicas, son las menores. Las cantidades de aminoácidos esenciales indicados en el Cuadro, representan una aproximación muy cerca de las necesidades por estos nutrientes para propósitos de mantenimiento para adultos y muestran la importancia de la calidad proteínica representada por el balance de aminoácidos y medida por el valor biológico.

La misma clase de análisis ha sido realizada de los resultados de balances de nitrógeno obtenidos con niños alimentados con maíz común, común suplementado con lisina y triptofano y con el maíz Opaco-2. Estos resultados se muestran en el Cuadro No. 9. Los resultados experimentales han indicado que con niños, la ingesta de nitrógeno que da equilibrio nitrogenado para maíz común, maíz común suplementado con lisina y triptofano y Opaco-2 son 360, 176 y 135 mg/kg de peso corporal/día. Estas ingestiones corresponden a 272, 158 y 99 mg N absorbido por kg por día. Ya que valor biológico es una medida de la eficiencia de la utilización de la proteína, la corrección de las cifras anteriores por este valor indica la cantidad del nitrógeno absorbido que es utilizado durante el estado de equilibrio nitrogenado, que da valores equivalentes a 84, 84 y 71 mg, respectivamente. De acuerdo al ejemplo para adultos del Cuadro No. 8, en este caso también no hay una ganancia neta de proteína, ya que estos cálculos son aplicables solamente en el estado de equilibrio nitrogenado. Por consiguiente, el nitrógeno o aminoácidos bajo la columna titulada utilizados en el Cuadro representa las cantidades de nitrógeno o de aminoácidos que reemplazan una cantidad igual de nitrógeno o aminoácidos corporales. El análisis de las columnas tituladas aminoácidos utilizados para las 3 fuentes de proteína, muestran valores similares para todos los aminoácidos, excepto para lisina y triptofano, los cuales son menores para el maíz común. Estas cifras probablemente representan cantidades menores para propósitos de mantenimiento.

El análisis efectuado en los Cuadros 8 y 9 recalcan de nuevo la importancia de la calidad proteínica para adultos y niños, siendo obvia la necesidad de obtener una alta eficiencia de utilización ya sea por medio de variedades nutricionalmente mejores, por suplementación, o por la ingesta correcta de alimentos proteínicos que darán una mayor utilización de los nutrientes ingeridos.

Tratar de cubrir las deficiencias proteínicas, a través de proteínas con un balance de aminoácidos desventajoso, es como ofrecerle a un individuo que está en el medio del océano,

CUADRO No. 9

Comparación de la calidad proteínica de varias muestras de maíz estudiadas en niños

	Maíz común			Maíz + Lis + Tri			Opaco-2		
N ingerido a equilibrio N*	360			176			135		
N absorbido a equilibrio N*	272			158			99		
Valor biológico, %	31			53			72		
N utilizado a equilibrio N*	84			84			71		
	Aminoácidos en nitrógeno, mg/kg/día								
Aminoácido	Absorbido	Utilizado	Utilizado	Absorbido	Utilizado	Utilizado	Absorbido	Utilizado	Utilizado
Arginina	52	16	30	30	16	29			
Histidina	41	13	24	24	13	13			
Isoleucina	74	23	43	43	23	17			
Leucina	203	63	118	118	63	43			
Lisina	47	14	43	43	23	21			
Aminoácidos azufrados	59	18	34	34	18	15			
Aminoácidos aromáticos	150	46	87	87	46	37			
Treonina	65	20	38	38	20	17			
Triptofano	4.9	1.5	14	14	7.6	6.6			
Valina	76	23	44	44	23	24			

* mg/kg/día

agarrado de un pequeño trozo de madera, que se le dará uno más grande para que pueda salvarse. Con esta madera de mayor tamaño, ya no serían los tiburones quienes acabarían con él, pero sí el sol, la sed, y la desesperación, y es ahí adonde estamos llegando.

Los argumentos descritos hasta ahora pueden ser o no aceptados. A las poblaciones con hambre, o con desnutrición proteínica, esto les importa poco; lo importante para ellos es el alimento, y nosotros tenemos la obligación de dárselos, y éstos deben ser nutritivos. Pero cómo lograr esto, a través de la fortificación, alimentos mejor procesados, más proteína animal, o con una mayor ingesta de cereales? Mi opinión personal es que no debe hacerse por medio de una mayor ingesta de cereales, ni para niños, ni para adultos. La razón no es solo de naturaleza nutricional como trataré de demostrar para finalizar esta discusión. Nuevamente se usará el maíz como ejemplo.

La Figura No. 1 sintetiza el concepto anterior. Varios investigadores han informado que con una ingestión de 8.7 g de nitrógeno de maíz, se alcanza en adultos un balance de nitrógeno positivo (13, 14). Esto significa que 8.7 g de nitrógeno de maíz proporcionan, posiblemente con amplitud, todas las cantidades de aminoácidos esenciales. Por consiguiente, el individuo está bien, bajo este punto de vista. Estos datos no pueden discutirse. Sin embargo, cuál es el costo en dinero, de esta retención positiva?

La cantidad de 8.7 g de nitrógeno de maíz, equivale a 640 g de grano. Como la ingestión es alta, el factor de digestibilidad que debe ser aplicado es el de 82%, cifra experimental derivada de humanos adultos. Si la ingestión fuera menor, la digestibilidad sería más alta. El producto de la ingestión de proteína 54.4 g, equivalentes a 640 g de maíz, por el porcentaje de digestibilidad da la cantidad de proteína absorbida y la cantidad perdida por las heces. Estos cálculos dan 44.6 g de proteína absorbida y 9.8 g como desperdiciada en las heces. De la proteína absorbida, solamente el 45% permanece en el cuerpo y el resto se pierde en la orina. El factor 45% es el valor biológico, el cual ha sido obtenido de estudios en seres humanos adultos, e indica la cantidad que de la proteína absorbida ha sido retenida (13, 14). Esta corrección indica que 20.1 g se retienen y 24.5 g se pierden por la orina. La suma de desperdicio de proteína total, heces y orina, es igual a 34.3 g, cifra equivalente a 403 g de maíz. Esta pérdida de maíz, representa el 23% de la producción anual de maíz, en Guatemala, y tiene un costo de 11 millones de quetzales, cotizado a 7 centavos por kilogramo. Ahora bien, si la misma cantidad de maíz es ingerida, pero su calidad proteínica ha sido mejorada, ya sea genéticamente como el Opaco-2, por fortificación con proteína o aminoácidos, o por ingestas adecuadas de alimentos proteínicos suplementarios, como frijol o proteínas de origen animal, el primer efecto de esto es aumentar la digestibilidad de la proteína a 90% (15). El mismo cálculo anterior nos da una pérdida de proteína en heces, de 5.4 g y una absorción de 49 g. Como la calidad o sea el balance de aminoácidos, ha sido mejorado, el valor biológico aumenta a un valor conservador de 75%. Esto indica que 12.3 g

de proteína se pierden en la orina y 36.7 g se retienen. La suma total de pérdidas es de 17.7 g que equivale a 208 g de maíz. Si se considera que un millón de individuos consumen esas cantidades de maíz, en un año, habrá un pérdida de 76 millones de kilogramos, a un costo de 5.3 millones de quetzales. La diferencia con el caso anterior, permite una economía de 71 millones de kilogramos de maíz, equivalente 11% de la producción anual y una economía en dinero de 5 millones de quetzales. Este grano entonces, puede ser usado para la industria animal, la cual a su vez será más eficiente en términos de producción y disponibilidad. Estos alimentos entonces, reducirán la cantidad de maíz ingerido. El efecto de esto y de la proteína de origen animal aumentarán la utilización, proporcionando un aumento en la disponibilidad de maíz, que puede ser usada para aumentar más la producción animal. Y así, cada ciclo va mejorando la situación, hasta lograr una reducción en la dependencia del maíz. El esquema que los dioses Mayas tuvieron en mente, necesita para

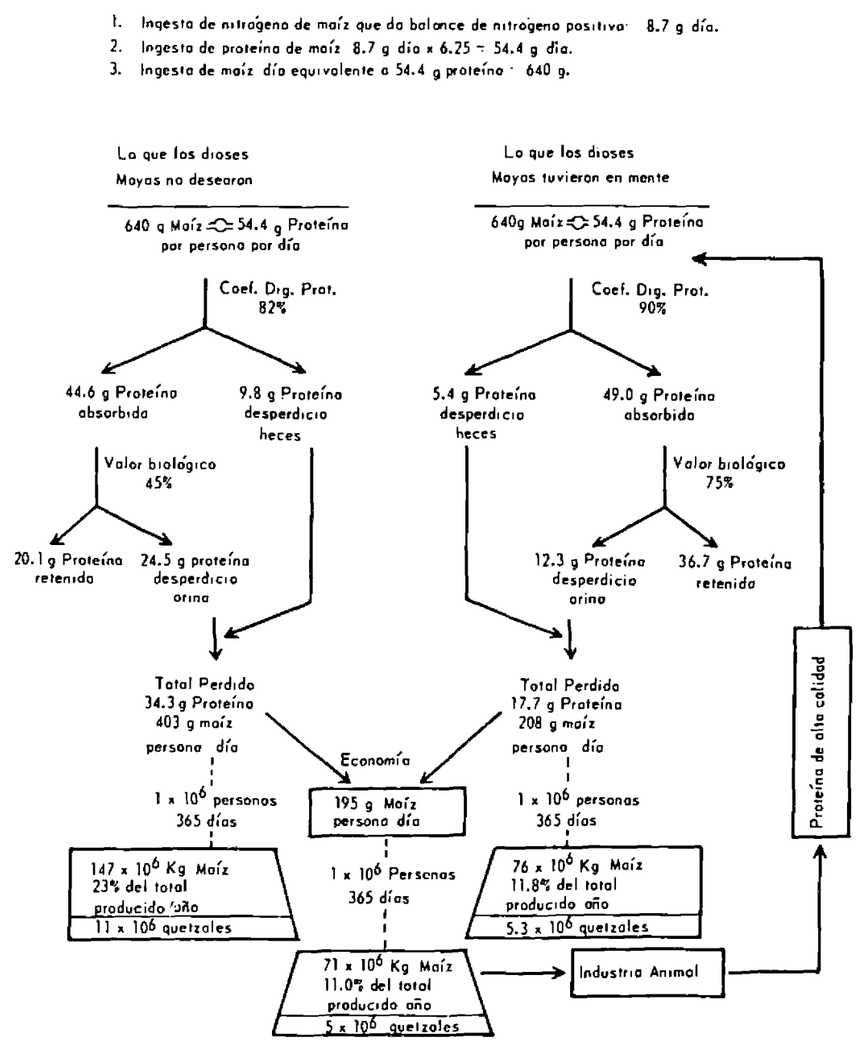


FIGURA No. 1

Ventajas económicas y nutricionales del mejoramiento de la calidad nutricional del maíz

ponerlo en marcha, un inyección de calidad proteínica. Esto es necesario hacerlo lo más pronto posible, ya que nuestros países están poniendo atención sólo al incremento en la producción de cereales, y al mismo tiempo se exporta la proteína de mejor calidad, recibiendo en cambio proteína de cereales. Si nuestros países logran liberarse hasta donde sea conveniente del maíz, entonces creo que sí hemos interpretado bien los deseos de los dioses Mayas, cuando indicaron que "Del maíz crearon el músculo y vigor del hombre".

En esta era de constante expansión tecnológica, el hombre ha logrado conquistas grandiosas y significativas, en todas las ramas de la ciencia; pero, lo que hace realmente aún más grandes y admirables estos avances, no es sólo el hecho de teorizar y probar la hipótesis en cuestión, sino que plasmar en la realidad las conquistas logradas en el laboratorio.

Estoy seguro que todos los participantes de esta reunión de una manera o de otra, estamos conscientes de la responsabilidad de hacer efectivo este concepto. Conviene mencionar, que en el deseo de realizar este propósito, el tiempo es un factor limitante, y la espera no debe, ni puede ser prolongada, en beneficio de aquellos que la necesitan. Recordemos siempre: primero, el hombre y después todo lo que se construye alrededor del hombre.

Referencias

1. The American Association of Cereal Chemists. Protein-Enriched cereal foods for world needs. (Max Milner, ed.). St. Paul, Minn. 55104. Public. AACC, 1969.

2. Schertz, L. P. The success of agriculture in meeting world food needs. Foreign Economic Development Service U.S.D.A., A.I.D. Presented at: American Institute of Biological Sciences, The National Biological Congress, Oct. 25, 1971, Miami, Florida.

3. Francois, P. J. Effects of income projection on the protein structure of the diet. Nutrition Newsletter. *Food and Agric. Organization Unit. Nations*, Vol 7 No. 4, p. 12. Oct-Dec., 1969.

4. Bressani, R. El valor nutricional del arroz en comparación con el de otros cereales en la dieta humana de América Latina. En: *Políticas Arroceras en América Latina.* Cali, Colombia, Octubre 10-14, 1971.

5. Bressani, R. and L. G. Elías. Studies on the use of Opaque-2 corn in vegetable protein-rich foods. *Agric. & Food Chem.*, 17:662, 1969.

6 Bressani, R., A. T. Valiente, C. Tejada. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans. *J. Food Sci.*, 27:393, 1962.

7. Carpenter, K. J. Nutritional considerations in attempts to change the chemical composition of crops. *Proc. Nut. Soc.*, 29:3-12, 1970

8. Mertz, E. T., L. S. Bates and O. E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279-280, 1964.

9. Agency for International Development (AID). Improving the nutrient quality of cereals. *Report of Workshop on Breeding and Fortification.* Washington, D. C. 20523. AID, June, 1971.

10. Bressani, R., L. G. Elías, B. O. Juliano. Evaluation of the protein quality of milled rices differing in protein content, *Agr. & Food Che.*, 19:1028, 1971.

11. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Datos no publicados.

12. Bressani, R. Variación en el contenido de nitrógeno, metionina, cistina y lisina de selecciones de frijol. *Programa Cooperativo para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios.* XV Reunión Anual, 1969, San Salvador, El Salvador, Feb. 24-28, 1969.

13. Truswell, A. S. and J. F. Brock. Effects of amino acid supplements on the nutritive value of maize protein for human adults. *Amer. J. Clin. Nut.*, 9:715-728, 1961.

14. Truswell, A. S. and J. F. Brock. The nutritive value of maize protein for man. *Amer. J. Clin. Nut.*, 10:142, 1962.

15. Young, V. R., I. Ozalp, B. V. Cholakos and N. S. Scrimshaw. Protein value of Colombian Opaque-2 corn for young adult men. *J. Nut.*, 101:1475-1482, 1971.

SUMARIO DE LA CONFERENCIA

Dr. Aaron M. Altschul
Universidad de Georgetown, Washington, D. C.
Estados Unidos

Se me ha solicitado que recapitule las discusiones de esta Conferencia, y quisiera, por lo tanto, hacer algunos comentarios sobre lo que se ha dicho aquí durante los últimos dos días y medio, sabiendo perfectamente que muchos de ustedes aquí presentes saben mucho más que yo acerca de la materia.

Mejoramiento Socioeconómico

No debemos nunca olvidar que aquí estamos tratando un problema de pobreza de grandes grupos de población, que al mismo tiempo sufren de lo que podríamos llamar desnutrición provocada por la pobreza. La solución clásica a tal problema es el mejoramiento socioeconómico. Esta solución es necesaria y válida para cualquier problema relacionado con el mejoramiento de la calidad de la vida en general. La desventaja del mejoramiento socioeconómico - que por supuesto es el proceso final - es su lentitud y su lenta filtración hacia la población que realmente lo necesita y, hablando específicamente de nutrición, generalmente requiere un estado de cosas en que es necesario un exceso de alimentos para el adulto para que éste pueda producir suficientes alimentos para los grupos vulnerables. No importa lo que tratemos de hacer con respecto al mejoramiento del maíz, la base de tal esfuerzo tiene que ser el mejoramiento socioeconómico. Si esto último no sucede, todo lo que hemos discutido aquí es de muy poco valor. Pero suponiendo que haya un deseo de mejorar la situación socioeconómica y que, de hecho, esto se esté realizando, entonces, el desafío para nosotros como tecnólogos consiste en reducir el rezago existente entre el desarrollo socioeconómico y una reducción en la desnutrición, para alcanzar aquél más rápidamente y a un menor costo.

Se han propuesto muchas estrategias para alcanzar este fin; aquéllas a las que nos referimos requieren el mejoramiento de la dieta para todos, pero con la esperanza de que esto sea orientado de tal manera que los pobres resulten más favorecidos y entre los pobres aquéllos más vulnerables. Posiblemente, para algunos habrá un exceso de proteína, pero esto probablemente costará menos que cualquier otro sistema alternativo de distribución.

En lo que Podemos Estar de Acuerdo

Voy a enumerar algunos aspectos sobre los que todos podemos estar de acuerdo:

1. Podemos convenir en que el maíz enriquecido, ya sea con soya o con aminoácidos, o el maíz mejorado por medios genéticos es superior al maíz corriente y tiene un valor nutricional adecuado. No creo que sea necesario demostrar más este punto. El único objeto de seguir llevando a cabo experimentos de laboratorio o clínicos sobre el mejoramiento del valor nutricional,

por cualquiera de estos dos medios, es el de aportar bases para calcular los costos comparativos.

2. Ya no hay necesidad de seguir insistiendo sobre el problema de calidad contra cantidad proteínica. Las dos están relacionadas y pueden ser relacionadas por una ecuación; el aspecto común en ambas es la cantidad de proteína utilizable. Este es realmente el meollo del problema, cómo puede resolverse, es relativamente de poca importancia. La sugerencia, hecha por el Dr. Béhar, de vincular este criterio con el consumo calórico es apropiada y nos proporciona un cuadro completo de la situación.

3. Cuando se habla del enriquecimiento con soya es obvio, por los datos que se han presentado aquí, que la mejor manera de hacerlo es combinar la soya con el aminoácido que todavía es deficiente que es la lisina. Al hacer esto se logran dos cosas: el valor nutricional del producto final es mejor, y hay necesidad de usar menos soya lo que hace que el producto mejorado sea más fácilmente aceptado por los consumidores.

4. Además de tratar de mejorar la calidad nutritiva del maíz original que se usa en la elaboración de tortillas, arepas u otras preparaciones, se puede ganar mucho si se evita la inactivación de la lisina durante el proceso. Se ha presentado amplia evidencia de que esto en realidad ocurre. En los lugares donde la harina de maíz se produce industrialmente, debe prestarse especial atención al control de la temperatura del proceso a manera de reducir al mínimo el daño ocasionado por el calor. En la actualidad existen buenas medidas para determinar exactamente de qué magnitud ha sido el daño ocasionado.

5. La sugerencia hecha por el Dr. Arnold Schaefer, de que no se deben olvidar las deficiencias vitamínicas cuando se trata de mejorar el maíz, es algo que siempre debe de tenerse en mente.

Pruebas de Campo

¿En qué posición estamos en lo que respecta a ensayos de campo y pruebas de demostración, sobre el mejoramiento de la calidad de los cereales, en general, para una comunidad entera o una sociedad? Como se ha dicho, existen en la actualidad amplias pruebas de demostración sobre el enriquecimiento de trigo con lisina en Túnez, de arroz con lisina y treonina en Tailandia, y ahora ustedes han escuchado los planes para principiar las pruebas de enriquecimiento de maíz con lisina y soya aquí en Guatemala. Actualmente, se discuten en El Brasil pruebas de enriquecimiento de casava con aislados proteínicos de la soya. El propósito de todas estas pruebas es, principalmente, el de proveer una base para tomar medidas que aseguren que el público recibe el cereal principal de su dieta con la calidad más alta posible.

¿Qué tenemos, en una escala comparable, sobre el mejoramiento de variedades de maíz que generalmente se clasifican bajo el nombre genérico de Opaco-2? Todavía no existe nada en este sentido. Creo que estamos listos para empezar algunas de las pruebas prácticas de aceptabilidad, costos y posibles efectos que

deberían iniciarse en México, Colombia y El Brasil y tal vez en otros lugares. Por lo que hemos oído de los representantes de El Africa, parece ser que el estado de desarrollo del Opaco-2 allí no está lo suficientemente avanzado para tales pruebas.

Quisiera hacer algunos comentarios sobre la cuestión económica. La gente está siempre alerta - y esto es natural - a tratar de presentar sus ideas bajo el mejor aspecto posible. Existe por lo tanto una tendencia a comparar el rendimiento del maíz con gen Opaco-2 con los rendimientos más bajos del maíz corriente. Este es, sin embargo, un concepto que no tiene ningún valor de supervivencia. A medida que los países se modernizan y su agricultura mejora, la producción de maíz buscará los niveles tecnológicos más altos. Por lo tanto, fundamentalmente, la economía del maíz con gen Opaco-2 debe compararse con lo mejor que la tecnología puede ofrecer para cualquier maíz; de otro modo, la ventaja temporal que se ganaría sería a expensas de convertirse en vulnerable a una estructura de costos diferente a medida que la tecnología cambia.

No creo que sea necesario llevar a cabo más pruebas masivas sobre el enriquecimiento del maíz; las pruebas que se han proyectado para Guatemala están bien diseñadas y aportarán información muy útil para todos aquellos que estén interesados en el maíz como un cereal básico.

Papel que Juegan las Instituciones

Los dos tipos de procedimientos para mejorar la calidad nutritiva del maíz dependen de la existencia de estructuras institucionales y sociales; los dos requieren una industria de molienda, controles de precios de la producción agrícola, educación al nivel de extensión agrícola, regulación de la industria alimentaria, etc. Donde no hay instituciones es muy difícil hacer algo, ya sea relativo al enriquecimiento o al mejoramiento genético. Lo que se ha hecho hasta ahora ha dependido de cierta fuerza institucional. Vale la pena, preguntar si existen otras fuerzas institucionales de las cuales pueda obtenerse provecho.

Harinas de maíz preparadas industrialmente

Una de las tendencias más fuertes, como ha sido obviamente demostrado por muchas de las presentaciones que se han hecho aquí, es el desarrollo de alimentos de conveniencia en la forma de harinas precocidas para la preparación de tortillas y arepas. Esto constituye un cambio de importancia en los hábitos dietéticos y, por lo tanto, una oportunidad ideal para introducir otros cambios. Cuando la idea es todavía nueva y está en la fase de crecimiento, es mucho más fácil insistir en el enriquecimiento de las harinas a medida que ellas se convierten en alimentos de conveniencia. Idealmente, todas estas harinas deberían enriquecerse para lograr la mayor accesibilidad posible de proteína así como para proveer vitaminas y otros micronutrientes, según sea necesario. La gente pobre no usa mucho la harina ahora; pero la usará a medida que pase el tiempo y finalmente toda la población

la utilizará. Por lo tanto debemos preguntarnos qué podemos hacer ahora acerca de esta tendencia.

Para llegar a la meta del enriquecimiento completo se necesita acción gubernamental, y, por lo tanto, el problema es qué camino debe seguirse para influenciar a los gobiernos. Tal vez en ciertos países esto puede hacerse ahora y directamente por algunos de los aquí presentes, o a través de otras personas a las que ustedes pueden influenciar. Creo que el desarrollo de una política pública general en el sentido de que todas las harinas producidas deben ser completamente enriquecidas amerita la más seria consideración. Y quiero añadir otro punto: cuando el trigo se empiece a usar más frecuentemente en un país dado, podría ser la fuente más completa de nutrientes y debería ser también completamente enriquecido.

Otras instituciones

Podemos muy bien preguntarnos cuáles otras instituciones pueden usarse como instrumentos para mejorar la nutrición. Una que me viene a la mente es el programa de almuerzos escolares. Los alimentos en los almuerzos escolares deben de ser atractivos, de la más alta calidad y deben ser del más bajo costo posible. Esto sugiere que el mejoramiento de los cereales debe de ser considerado, y podría ser una buena manera de iniciar el mejoramiento de los cereales en El Africa.

Hay otras instituciones que deben de ser tomadas en consideración y entre éstas podemos incluir la alimentación a nivel de fábrica, a nivel de finca y de los centros de atención materno-infantil que, hasta ahora, proveen medicinas y educación y que podrían ser lugares donde podría introducirse el enriquecimiento de cereales.

Un Dilema del Enriquecimiento

Voy a discutir ahora un dilema al que todos nosotros debemos hacer frente. Estamos tratando aquí de un problema de política nutricional. Si tenemos completo éxito en nuestro programa de mejoramiento de maíz, el producto enriquecido no se podría distinguir del producto convencional sin fortificación. Esto elimina el problema de tener que desarrollar nuevos hábitos de alimentación y de aceptabilidad por parte de los consumidores. Pero, por el mismo motivo, ¿cómo vamos a pedirle al consumidor que pague más por esto o pedirle al gobierno que subvencione su manufactura y distribución, si nadie puede diferenciar entre los dos productos? El mejoramiento del valor nutricional no aumenta el placer de comer; el nivel hedonista y la estimulación sensorial son los mismos. Podremos comprender mejor este problema si comparamos esta proposición con una tendiente a aumentar el consumo de carne, que también mejora la calidad de la dieta. La última proposición es extremadamente más cara y completamente fuera de la realidad. Sin embargo, cuando se obtiene buena nutrición de esta manera, también se obtiene más satisfacción, estando el consumidor anuente a pagar más si tiene los recursos

para hacerlo, y el gobierno puede llevarse todo el crédito de mejorar no sólo el nivel hedónico de la dieta sino también su calidad nutritiva.

Por lo tanto, cuando nos referimos al mejoramiento del maíz estamos tratando de un concepto abstracto. Esto ha sido efectivo en algunos casos puesto que el enriquecimiento ha tenido éxito en algunos lugares, pero éste es un concepto sofisticado; requiere que el consumidor derive algún sentimiento de unas pocas palabras que se han impreso en el envoltorio del producto o en el afiche que anuncia que éste ha sido mejorado.

Si las diferentes pruebas de campo que se realizan actualmente o que se piensa efectuar tienen éxito en mostrar un verdadero mejoramiento, entonces habrá evidencia tangible que puede ser mostrada a quellos encargados de tomar las decisiones; esto, sin embargo, tomará tiempo, ¿qué podemos hacer mientras tanto? Creo que podemos utilizar la evidencia clínica y aquella obtenida en animales y extrapolar a lo que puede esperarse en la vida real. Entonces tal vez podamos unir éste a otros programas gubernamentales donde los costos de ambos puedan ser menores debido al mejoramiento de la nutrición. Por ejemplo, cualquier clase de programa gubernamental que tiene como objetivo el mejoramiento de la salud y bienestar de los pobladores y, que por lo tanto, está involucrado en la distribución de medicinas, puede ser un buen programa para acoplarlo al de enriquecimiento. Los efectos de medicina preventiva del enriquecimiento reducirían el costo total de proveer atención médica. De cualquier modo, el dilema, en lo que respecta a la fortificación, es serio y merece la atención de ustedes cuando traten de llevar sus ideas a la práctica.

Conclusiones

Quisiera hacer un comentario final. Caulquiera de las dos formas de mejorar el valor nutricional del maíz, ya sea por medios genéticos o por enriquecimiento, tendrá un costo. Tenemos que ser disciplinados y pragmáticos y pensar en cuál es la mejor manera de hacerle frente al problema, para que su solución tenga éxito a la mayor brevedad posible en una comunidad dada. Además, debemos también estar preparados para cambiar nuestro enfoque del problema y adoptar otras soluciones o combinaciones de soluciones a medida que la situación cambie. He notado con placer la ausencia de discusiones competitivas acerca de cuál es la mejor solución al problema. Las dos soluciones son buenas; la cuestión es cuál será más efectiva y rápida en una situación dada.

Espero que como resultado de esta Conferencia, millones de gente se alimentarán mejor. Cuánto tiempo tomará para que un país dado alcance esta meta depende en gran parte de la intensidad de propósitos de las personas reunidas en este salón.

RESUMEN DE LA CONFERENCIA

Dr. Moisés Béhar
Director, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
Guatemala, Guatemala C. A.

El maíz es el alimento básico en extensas regiones de Meso-América, el norte de América del Sur y Africa. En estas regiones los sectores de población de bajo nivel socioeconómico derivan del maíz una proporción considerable de la proteína de su dieta. Esto, debido a la baja concentración y al pobre valor nutritivo de las proteínas del maíz, es un factor contribuyente a la alta prevalencia de deficiencia proteínica, particularmente en niños, en esas regiones.

Al revisar este problema en la Conferencia, se concluyó que ambos factores, la baja concentración y el bajo valor biológico de las proteínas deben considerarse simultáneamente y que expresiones como por ciento de proteína utilizable por unidad de maíz o NDPcal% reflejan mejor el valor nutricional proteínico del maíz, y pueden servir para evaluar mejor los cambios de este valor en diferentes variedades de maíz o como efecto de la fortificación del maíz o sus productos.

Aún cuando el maíz se consume como parte de una dieta mixta y no como alimento único, con frecuencia este cereal forma una proporción tan alta de la dieta y su consumo es tan regular, que se puede obtener, como también se demostró en la Conferencia, un gran beneficio nutricional de estas dietas si se logra mejorar el valor nutricional del maíz.

Existen actualmente dos posibilidades principales de mejorar el valor nutricional proteínico del maíz, a saber:

a) la introducción de variedades genéticamente mejoradas; y,

b) la fortificación.

Variedades Genéticamente Mejoradas

El mejor valor nutritivo de las proteínas de los maíces con el gen Opaco-2 está perfectamente demostrado y son encomiables y de gran interés los esfuerzos que se han hecho particularmente en Colombia, El Brasil y México para introducir estos maíces. De las experiencias hasta ahora obtenidas derivan sin embargo, las siguientes observaciones:

1. La introducción del gen Opaco-2 resulta con frecuencia en maíces con una concentración de proteína ligeramente inferior a la de los maíces comunes. A pesar de esta reducción, el porcentaje de proteína utilizable aumenta como resultado del mejoramiento en el valor biológico. Esta situación deberá tomarse en cuenta por la importancia que tiene la concentración de proteína, particularmente en el caso de niños. Idealmente, se deberá tratar de mejorar la calidad de la proteína en maíces con alta concentración de nitrógeno.

2. En general, el rendimiento de los maíces con gen Opaco-2 es ligeramente inferior al de los híbridos base. Esto es una limitación seria para la introducción de estos maíces, particularmente en los casos de productores en escala comercial. Se informó en la Conferencia, que bajo condiciones de cultivo muy primitivas, como las habituales en nuestros campesinos, el rendimiento de variedades de maíces con gen Opaco-2 no es inferior, e incluso puede ser superior, al de las variedades que ellos están usando. Aunque esto podría parecer una ventaja, no debe considerarse así ya que implicaría mantener condiciones de cultivo con muy poca o ninguna tecnología y que en general resultan en muy bajos rendimientos.

3. En parte el bajo rendimiento de los maíces con gen Opaco-2 es debido a la menor densidad del grano, es decir a un menor peso por unidad de volumen.

4. Las características físicas de los maíces con gen Opaco-2 con granos harinosos y suaves constituyen al presente la mayor dificultad para la introducción de estos maíces. El grano con estas características no es muy aceptado por la población en general, es muy susceptible a ataques por insectos y se comporta con frecuencia en forma diferente que los maíces comunes cuando es sometido a procesamientos industriales. Se considera, por lo tanto, que los esfuerzos que se están haciendo para obtener variedades de maíz con las características nutricionales del Opaco-2, pero manteniendo hasta donde sea posible la composición cristalina y dura de los maíces comunes son de gran trascendencia y deben continuarse con gran empeño.

5. La introducción del maíz con gen Opaco-2 requiere una infraestructura agrícola suficiente (centros experimentales, centros de producción y distribución de semillas, servicios de extensión agrícola, agricultores con suficiente comprensión y capacidad, etc.), pero además hay dos factores que se consideran fundamentales para este propósito.

Primero, que haya una fuerte decisión del Gobierno para introducir esos maíces y que se establezcan los mecanismos necesarios a través de las agencias gubernamentales, con apoyo a la iniciativa privada. Segundo, que exista un incentivo económico para la producción de esos maíces. Este incentivo puede ser o bien la mayor utilización de ellos para la crianza de animales, como parece ser el caso en El Brasil, o bien un precio más alto del maíz con gen Opaco-2 para consumo humano. Este precio más alto puede ser asegurado por las agencias gubernamentales competentes o por la industria. No es razonable esperar que los agricultores produzcan estas variedades de maíces exclusivamente en base a que son de mayor valor nutricional. El uso del maíz con gen Opaco-2 para reemplazar parcialmente a la harina de trigo en los productos preparados convencionalmente con esta harina, tales como pan y pastas, o en general la preferencia del maíz con gen Opaco-2 en todos los procesamientos industrializados del maíz para productos alimenticios, puede constituir un recurso adecuado para estimular la producción de maíz en base a un mejor precio.

Fortificación

Se ha demostrado que las harinas de maíz o los productos tradicionales preparados con este cereal (arepas, tortillas, etc.) pueden ser fortificados para mejorar su valor nutricional. El uso de concentrados proteínicos tales como los derivados de soya más los aminoácidos que sean aún limitantes particularmente lisina, parece ser la forma más indicada de fortificación proteínica, porque mejora tanto la concentración como la calidad en los productos de maíz. En todos los casos de fortificación con proteína deberá también tomarse en cuenta la necesidad de adicionar al mismo tiempo las vitaminas y minerales que puedan ser deficitarios en la dieta habitual de la población, ya que de otra manera no se lograría un adecuado beneficio nutricional aún mejorando el valor proteínico de los productos de maíz.

La fortificación de productos de maíz en la forma indicada debería ponerse en práctica sin mayor demora en los productos industrializados, tales como las harinas de maíz, sobre todo en aquellas regiones donde éstas son un alimento de aceptación popular y con suficiente nivel de consumo.

Los estudios que se están llevando a cabo para establecer las características organolépticas y físico-químicas de los productos tradicionales de maíz tales como la arepa y la tortilla, y de las harinas para prepararlas, son de gran interés práctico y ayudarán no sólo a obtener productos de mayor aceptabilidad sino que también facilitarán la fortificación y cualquier otro esfuerzo de mejoramiento nutricional de estos productos.

Deben continuarse los estudios encaminados a determinar la forma en que el maíz que no es procesado al nivel industrial sino al nivel del pequeño poblado o aún del hogar, pueda también ser sometido a procesos de fortificación.

El trabajo conjunto y coordinado de agrónomos, economistas, nutricionistas, y planificadores, tanto en las agencias gubernamentales como en la iniciativa privada es fundamental para lograr resultados positivos en programas tales como el mejoramiento nutricional del maíz en los que ya se tiene la mayor parte de la información técnica necesaria, pero en los cuales hay que vencer aún dificultades de tipo principalmente económico o administrativo.