

Efecto de la fertilización con elementos menores sobre el valor proteico del maíz y del maicillo ¹

RODOLFO ARAGÓN H.² Y RICARDO BRESSIANI³
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
Guatemala, C. A.

Desde el punto de vista económico y nutricional, el maíz representa, en diversas partes del mundo, un alimento básico de suma importancia, tanto en la dieta humana como en la de animales (1). Como consecuencia, muchos investigadores han tratado de mejorar su valor nutritivo, no sólo por medios genéticos, sino también valiéndose de fertilizantes (2). En ambos casos el objetivo ha sido, desde luego, la obtención de variedades de este cereal que al mismo tiempo que sean de alto rendimiento contengan mayores cantidades de los aminoácidos limitantes en la proteína del maíz, que son la lisina y el triptofano (3).

Entre los primeros estudios llevados a cabo para determinar el efecto de la fertilización de los suelos sobre la composición química de los cultivos que en ellos se producen, cabe mencionar los de Stubblefield y De Turk (4), quienes encontraron que la aplicación de fertilizantes completos a suelos

1 Este trabajo se llevó a cabo con asistencia financiera de la Fundación Rockefeller, con sede en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos de América.

2 La presente publicación se basa en el trabajo de tesis presentado por el señor Rodolfo Aragón H. ante la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a obtener el título de Ingeniero Agrónomo. El señor Aragón H. realizó tales investigaciones en la Estación Experimental del INCAP, "San Antonio Pachalí", San Juan Sacatepéquez, Departamento de Sacatepéquez, Guatemala, y en los laboratorios centrales del Instituto como becario de la Institución.

3 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.
Publicación INCAP E-345.

pobres tendía a incrementar el porcentaje de nutrientes en el grano. Hamilton y colaboradores (5) demostraron, por otro lado, que el germen del maíz cultivado en suelos poco fértiles era alrededor del 17% más pequeño y que contenía menos grasa y fósforo que el del maíz promedio. Comprobaron, asimismo, que todas las fracciones físicas del grano contenían menos proteína.

Varios investigadores (4, 6) han informado sobre el efecto de la fertilización con abonos nitrogenados sobre el valor nutritivo de la proteína del maíz. En todos estos estudios se pudo constatar que la aplicación de fertilizantes nitrogenados al maíz daba como resultado mejores rendimientos y un grano de mayor contenido proteico. Sin embargo, se demostró que dicho incremento proteico ocurría principalmente en la zeína, proteína que es deficiente en lisina y triptofano. Por consiguiente, la calidad de la proteína de dicho grano era inferior a la del maíz corriente (7). Estudios nutricionales efectuados en ratas (8) y cerdos (9) corroboraron tales resultados químicos.

Sheldon y colaboradores (10), en una serie de estudios de fertilización, comprobaron que la aplicación de elementos menores mejoraba el contenido de aminoácidos en la parte vegetativa de ciertas plantas forrajeras. Al llevar a cabo investigaciones similares en maíz, Koehler y Albrecht (11) encontraron que la calidad de la proteína del grano mejoraba. La aplicación de sulfato de magnesio, por ejemplo, produjo un grano de maíz cuyo índice de eficiencia de utilización del alimento (FE)* en conejos fue de 5.48. El agregado de elementos menores (Cu, Na, Zn, Co y S) dio 5.72; el lote control, 7.97, y el tratamiento con nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), 8.28. Los autores indican, en su informe, que el contenido de lisina, triptofano y metionina aumentó en el maíz de las parcelas fertilizadas con los elementos traza.

Hasta la fecha no se han realizado estudios similares en maicillo, a excepción de algunos trabajos sobre su valor nutritivo, los cuales revelan que éste es similar al del maíz (12).

En consideración a lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue investigar si la aplicación de elementos menores,

* FE =
$$\frac{\text{Peso alimento consumido}}{\text{Cambio de peso del animal}}$$

solos y combinados con otros fertilizantes, mejoraba o no el valor proteico del maíz y del maicillo.

MATERIALES Y METODOS

Semillas

Para llevar a cabo los diferentes estudios aquí descritos se emplearon dos selecciones de maíz (amarillo y blanco) y una variedad de maicillo.

Las selecciones de maíz usadas fueron del tipo harinoso que se conoce como "criollo de montaña". De grano grande, redondo y suave, se acostumbra sembrarlo a una altura aproximada de 4.500 pies sobre el nivel del mar. El maicillo utilizado fue la variedad Hegari. De tallos delgados, jugosos y dulces, su ciclo vegetativo es de 90 a 120 días; su grano es blanquizo y ligeramente moteado y puede cultivarse a cualquier altitud.

Fertilizantes

Elementos mayores.—En el desarrollo de estos experimentos se utilizó, en término de porcentaje: nitrógeno (N), 19; superfosfato, como fuente de fósforo (P^2O^5), 13, y potasio (K^2O), 7.

Elementos menores.—La mezcla de elementos menores se preparó conforme los requerimientos por cantidad (13) que se detallan en el Cuadro N^o 1. Dicho material se homogeneizó perfectamente en una mezcladora eléctrica, durante una hora, y luego fue tamizado.

Abono orgánico.—El abono orgánico consistió en estiércol de pollo, deshidratado, con el siguiente análisis químico expresado en g./100 g.; humedad, 10.6; extracto etéreo, 1.80; fibra cruda, 11.70; nitrógeno, 2.85; ceniza, 26.60 calcio, 1.37 mg./100 gramos, y fósforo, 1.30 mg./100 g.

Diseño experimental

Para cada uno de los cultivos empleados se utilizó el diseño de bloques seleccionados al azar, los que se sometieron a 6 tratamientos de fertilización, teniendo en cuenta las parcelas testigo. Cada tratamiento incluyó 6 réplicas el primer año (1961) y 4 el segundo (1962), en los cuales los elementos menores se

aplicaron solos o en combinación. Dichos tratamientos se agruparon de la siguiente manera:

1. Nitrógeno-fósforo-potasio (N-P-K).
2. N-P-K + elementos menores.
3. Abono orgánico.
4. Abono orgánico + elementos menores.
5. Elementos menores.
6. Testigo.

Se prepararon parcelas rectangulares de 8×4 metros y en cada una se hicieron 4 surcos longitudinales de 8 metros. Cada réplica constaba de 18 parcelas, 6 para cada uno de los cultivos.

En el caso del maíz, cada parcela incluía 4 hileras de 8 grupos de plantas cada una, estando integrado cada uno de dichos grupos por 3 plantas.

En análisis del material únicamente se consideraron las dos hileras interiores de cada parcela, descartándose los dos grupos de plantas de cada extremo con el objeto de eliminar cualquier efecto que los bordes pudieran haber ejercido sobre el crecimiento de la planta. En el caso del maicillo se usó también el mismo sistema, salvo que cada 9 pulgadas se dejó un grupo de plantas.

Siembra

La siembra se llevó a cabo en la segunda quincena de junio de 1961 y en el mes de mayo de 1962, cuando se repitió el experimento.

Maíz.—Se usó el sistema de siembra por estaca, introduciéndose en cada hoyo cinco granos a la distancia de un metro al cuadro. Las plantas emergieron a los 6 días de sembradas y a los 10 días se aplicó el abono orgánico, usando para el maicillo 8 libras por hilera, y para el maíz una libra por grupo de plantas. A los 28 días se aplicó el fertilizante químico (N-P-K) en la proporción de 320 g. por hilera para el maicillo y 40 g. por grupo de plantas para el maíz.

Se procedió de esta manera teniendo en cuenta que la descomposición del abono orgánico es más tardía y que así sus nutrientes podían ser aprovechados por las plantas. Luego se dispersaron las plantas de maíz, dejando únicamente 3 por cada grupo. La cosecha de ambos experimentos (1961 y 1962) se llevó a cabo ocho meses después de la siembra. Todas las

mazorcas fueron cortadas, exceptuando las de las hileras de los bordes. Se eliminaron las brácteas de cada mazorca y seguidamente se desgranaron, transportándose luego al laboratorio, donde el material se limpió cuidadosamente. El grano, ya limpio, se pesó, y luego se molió en un molino Wiley en partículas medianas a un grueso de 30 mallas. Para los análisis químicos se tomó una muestra y el resto se almacenó en un cuarto refrigerado a 4°C. para emplearlo posteriormente en los ensayos biológicos.

Maicillo.—Las mismas operaciones a que se sometió el maíz se llevaron a cabo con el maicillo, con la diferencia de que el grano se desprendió a golpes y luego se limpió usando un ventilador.

Métodos químicos

Todas las muestras cosechadas en 1961 y utilizadas para llevar a cabo los diferentes experimentos fueron analizadas en duplicado con el fin de determinar su contenido de humedad, nitrógeno, extracto etéreo, ceniza y fibra cruda, valiéndose de los métodos de la AOAC (14). Las muestras de 1962 fueron analizadas para establecer su contenido de nitrógeno únicamente.

Métodos microbiológicos

Las muestras de maíz amarillo, maíz blanco y maicillo se analizaron todas para determinar su concentración en los aminoácidos triptofano, lisina, leucina e isoleucina, utilizando para el caso los métodos microbiológicos descritos por Wooley y Sebrell (15) y por Horn y colaboradores (16). Para las determinaciones de lisina, leucina e isoleucina se usaron hidrolizados ácidos empleando el organismo *Leuconostoc mesenteroides*, y en el caso del triptofano, un hidrolizado alcalino, haciendo uso de la bacteria *Lactobacillus arabinosus*. En todos los ensayos microbiológicos se emplearon medios Difco.

Métodos biológicos

Los ensayos biológicos se realizaron con ratas Wistar de 22 a 25 días de edad, de la colonia animal del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Las ratas se

distribuyeron de acuerdo con el sexo y peso, de tal manera que cada grupo estaba integrado por 4 ratas macho y 4 hembras, con el mismo peso inicial promedio por grupo. Los animales fueron alojados en jaulas individuales con fondos levantados de tela metálica y se alimentaron *ad libitum* por un período de 35 días, anotándose semanalmente las variaciones en peso y el alimento ingerido. Los animales tuvieron libre acceso al agua todo el tiempo que duraron los ensayos.

Los índices de eficiencia del alimento y de utilización proteica se calcularon a partir de los aumentos en cuanto a peso, alimento y consumo de proteína. La composición parcial de las dietas se detalla en el Cuadro N° 2.

La harina que se usó en cada dieta provenía de las parcelas que recibieron el mismo tratamiento de fertilización. Las raciones fueron ajustadas a un mismo nivel proteico con el objeto de eliminar esta variable, empleándose almidón de maíz para completar 100%. Todas las dietas fueron suplementadas con una mezcla de minerales (17) y de vitaminas (18).

RESULTADOS

Maíz (amarillo y blanco)

Los datos sobre rendimiento correspondientes a los dos años, 1961 y 1962, figuran en el Cuadro N° 3, mientras que el Cuadro N° 4 muestra los resultados de nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda y ceniza.

El análisis de variancia para rendimiento reveló que la variación debida a los diferentes bloques es significativa al nivel del 1%, lo cual es también el caso en lo que concierne a los tratamientos de fertilización aplicados al final de dos años de estudios. La variación debida a fertilizantes fue altamente significativa, siendo mayor el rendimiento de las parcelas tratadas con N-P-K y abono orgánico. Los elementos menores no influyeron en los rendimientos.

Composición química.—Como lo indica el análisis estadístico, hubo diferencias significativas debidas a fertilizantes en el contenido de proteína. Se encontró un aumento de 6% en los lotes fertilizados con abono orgánico y de 18% en los que fueron tratados con N-P-K, en contraste con los lotes testigo. La adición de elementos menores no tuvo ningún efecto sobre

la cantidad de nitrógeno del grano de maíz y tampoco se encontró diferencia alguna entre las dos variedades.

En lo que a contenido de extracto etéreo se refiere, hubo diferencias altamente significativas debidas a fertilizantes, habiéndose encontrado que, en comparación con los que sirvieron de testigo, había un aumento de 22% en el maíz proveniente de los lotes abonados con N-P-K, y de 14% en el caso de los lotes a los que se aplicó abono orgánico. La fertilización con elementos menores no influyó sobre la cantidad de extracto etéreo del grano de maíz. Las diferencias en cuanto a contenido de fibra cruda no fueron significativas en ninguno de los tratamientos que formaron parte del estudio.

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de ceniza, siendo estas diferencias mayores para las parcelas que recibieron abono orgánico.

Valor nutritivo de la proteína.—Los resultados de los ensayos biológicos llevados a cabo en ratas, utilizando maíz, figuran en detalle en el Cuadro N^o 5.

a) *Aumento de peso.*—Las variaciones en aumento de peso resultaron ser significativas al nivel estadístico del 1% entre las diferentes dietas. El mayor incremento ponderal se obtuvo con la dieta a base del maíz proveniente de las parcelas fertilizadas sólo con elementos menores. Durante el primer año esta dieta dio un aumento de peso de 30.8 g. en contraste con 20.1 para la dieta preparada con el grano obtenido de las parcelas fertilizadas con N-P-K; en cambio, en el segundo año, la dieta procedente de los lotes tratados con elementos menores por sí solos incluyó un incremento de 30.3 g., mientras que con el abono orgánico éste fue de 20.2.

Al analizar cada una de las dietas se observó que siempre hubo mayor aumento de peso en las ratas alimentadas con las raciones que contenían elementos menores, ya fuese solos o adicionados de otros fertilizantes. Las tres dietas que provenían de parcelas fertilizadas con elementos menores dieron en 1961 un aumento de 9% por encima de las que no los contenían, y en 1962 este incremento alcanzó el 11%.

b) *Índice de eficiencia proteica (PER).*—Las diferencias en cuanto al índice de eficiencia proteica entre las diversas dietas no llegaron a ser significativas (Cuadro N^o 5). Sin em-

bargo, el PER siempre fue mayor en todas las dietas elaboradas con el maíz de las parcelas fertilizadas con elementos menores. La comparación de las tres dietas que contenían elementos menores reveló el primer año un aumento de 7% por encima de las que no los contenían, y el segundo año, un incremento de 11%.

Concentración de aminoácidos.—Los datos referentes a las concentraciones de triptofano, lisina, isoleucina y leucina se detallan en el Cuadro N^o 6.

La concentración de triptofano, lisina y leucina presentó diferencias altamente significativas resultantes de los distintos tratamientos de fertilización del suelo. Lo mismo puede decirse en lo que concierne a las diferencias debidas a variedades (1%), siendo éstas significativamente mayores en la variedad de maíz blanco, salvo en lo que respecta a la concentración de isoleucina, que no presentó diferencias significativas entre ambas selecciones de maíz.

En cuanto a elementos menores, la variación en la concentración de triptofano, isoleucina y leucina resultó ser significativa al nivel del 5%, y para lisina, al 1% en el caso del maíz proveniente de las parcelas fertilizadas con elementos menores, ya fuesen usados solos o en combinación. El aumento en triptofano, lisina, isoleucina y leucina sobrepasó en 8%, 6% y 6%, respectivamente, a las muestras de maíz no fertilizadas con elementos menores.

Maicillo

Rendimiento.—Los rendimientos que se detallan en el Cuadro N^o 3 no se tuvieron en cuenta en el análisis correspondiente al primer año (1961), considerando que hubo pérdidas apreciables debido a que los pájaros se aprovecharon de parte de la cosecha. Sin embargo, en el segundo año no ocurrieron estas pérdidas y los lotes que recibieron tratamientos nitrogenados (N-P-K y abono orgánico) tuvieron mejores rendimientos que el testigo; tales diferencias fueron significativas al nivel del 1%. Los elementos menores, en cambio, no tuvieron ningún efecto sobre los rendimientos del grano de maicillo.

Composición química.—El Cuadro N^o 7 presenta los datos de los análisis químicos en el maicillo. Al igual que señalan los datos referentes al maíz, las diferencias debidas a fertili-

zantes también fueron altamente significativas en lo que a contenido proteico ($N \times 6.25$) se refiere. El maicillo tratado con N-P-K sobrepasó al testigo en 17%, y el que recibió tratamiento con abono orgánico presentó 10% más de contenido proteico que el maicillo que sirvió como control. Estos hallazgos ocurrieron en el primer año, pero en el segundo (1962) no se observó ninguna diferencia debido a que la cantidad de nitrógeno del grano de los lotes testigo aumentó en este último período. La fertilización con elementos menores no afectó la cantidad de nitrógeno, extracto etéreo y fibra cruda presente en el grano de maicillo. En lo referente a ceniza, los resultados fueron muy similares a los obtenidos con el maíz. La variación debida a fertilizantes resultó ser altamente significativa, siendo el porcentaje de ceniza superior en el maicillo fertilizado con abono orgánico. La fertilización con elementos menores no afectó el contenido de ceniza de este cereal.

Valor nutritivo de la proteína.—Los resultados de los ensayos biológicos llevados a cabo en ratas, utilizando maicillo, se detallan en el Cuadro N° 5.

Aumento de peso.—Las variaciones en aumento de peso demostraron ser altamente significativas (1%) entre las diferentes dietas. Como se puede apreciar, la variación debida a elementos menores también tuvo importancia estadística (1%), pues las tres dietas que contenían maicillo fertilizado con elementos menores dieron un aumento de peso de 16% por encima de las que no fueron fertilizadas con éstos. En el segundo año de replicaciones del experimento, los aumentos de peso, en general, fueron mayores.

Índice de eficiencia proteica (PER).—Las variaciones en PER fueron significativas al nivel del 1% entre las diferentes dietas, y la debida a elementos menores, al nivel del 5%. Las dietas preparadas con maicillo procedente de lotes tratados con elementos menores dieron un PER de 0.81 en contraste con 0.71 que revelaron las que no los contenían, o sea una diferencia de 12% a favor de las primeras. Asimismo, se considera importante destacar que el PER fue superior en las dietas testigo que en las fertilizadas con abono orgánico y N-P-K.

Concentración de aminoácidos.—Las concentraciones de los aminoácidos triptófano, lisina, isoleucina y leucina se presentan en el Cuadro N° 6.

Estadísticamente, la concentración de triptofano, lisina e isoleucina no fue significativa para los diferentes tratamientos de fertilización a que se sometió el maicillo. Sin embargo, se pudo observar que todas las muestras provenientes de parcelas fertilizadas con elementos menores o con sus combinaciones presentaron cierto incremento en los niveles de estos aminoácidos.

Los tres tratamientos que incluían el uso de elementos menores se tradujeron en un aumento de triptofano de 7% sobre los que no fueron fertilizados con éstos.

Las muestras testigo que, según se dijo, contenían un menor porcentaje de proteína demostraron tener un mayor contenido de lisina que las fertilizadas con N-P-K o con abono orgánico. Estas diferencias fueron significativas al nivel del 1%.

La variación en isoleucina, debida a fertilizantes, tuvo alto significado estadístico, siendo 8% mayor en las parcelas testigo que en las tratadas con N-P-K.

Los análisis estadísticos no revelaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos de fertilización a que se sometió el maicillo en cuanto a los valores de leucina.

DISCUSION

El rendimiento de maíz y de maicillo y el contenido proteico del grano de ambos cultivos fue altamente significativo para los tratamientos nitrogenados, ya fuesen éstos en forma química u orgánica. Estos resultados eran de esperarse, ya que se sabe que el nitrógeno forma parte de todos los tejidos vegetales, haciendo también que las plantas utilicen más eficazmente otros elementos nutritivos, así como la energía solar, para los procesos fotosintéticos.

En el caso del maíz, el porcentaje de extracto etéreo fue altamente significativo para los tratamientos con N-P-K y abono orgánico. Es posible que esto se deba al hecho de que tales tratamientos aumentan el tamaño del germen, el cual contiene la grasa. Se explica así también el incremento observado en este mismo sentido en el maicillo, el cual demostró contener más lípidos en las muestras fertilizadas con abono orgánico. Este hallazgo hace suponer que el abono orgánico

contiene ciertos minerales y otros componentes orgánicos que pueden ser aprovechados por las plantas y transportados al grano durante el proceso de su desarrollo. Los elementos menores no influyeron en el contenido de nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda y ceniza de los granos. Es también de interés tomar nota de que el uso de abono orgánico siempre produce un incremento en el contenido de ceniza de los cereales mayor que el resultante de la aplicación de los otros tratamientos.

Las variaciones en aumento de peso, en ambos cultivos, fueron altamente significativas entre las diferentes dietas, lo que debe atribuirse a las diferencias en calidad de la proteína presente en cada una de las raciones, puesto que éstas eran isoproteicas.

Todas las dietas elaboradas con maíz o maicillo procedente de las parcelas fertilizadas con elementos menores, ya fuese por sí solos o en combinación, dieron un aumento de peso superior al que se logró con las que no los contenían. Estas diferencias, que fueron más pronunciadas en el maicillo, hacen suponer que el tratamiento con elementos menores mejora su valor proteico. El índice de eficiencia de utilización del alimento (FE) fue menor en todas las dietas preparadas con granos de parcelas abonadas con elementos menores, hecho que señala una mayor utilización del alimento en ambos cultivos. Todas las dietas que contenían elementos menores dieron, en ambos cultivos, un mejor índice de eficiencia proteica (PER).

Fundados en los hallazgos de que se ha dado cuenta, parece ser que la aplicación de fertilizantes que contienen elementos menores o sus combinaciones con otros abonos se traduce en un mayor valor proteico del grano del maíz y del maicillo. Este incremento no debe atribuirse al efecto de los elementos menores requeridos por la rata y que el cereal concentra en el grano, ya que las dietas empleadas para los estudios biológicos fueron todas suplementadas con sales minerales, las cuales contienen los elementos menores que este animal requiere.

Es posible que haya ocurrido una disminución de la cantidad de zeína presente en el grano, ya que aparentemente existe cierto incremento en la concentración de los aminoácidos limitantes del maíz, en los cuales la zeína es deficiente, o que alternativamente la planta haya podido producir proteínas con un mejor balance de aminoácidos.

En las dos variedades de maíz investigadas, las diferencias en cuanto a concentración de triptofano, isoleucina y leucina, debidas a elementos menores, fueron significativas al nivel del 5%, y la lisina, al 1%. Aun cuando éste no fue el caso con el maicillo, sí se notó cierto incremento que desde el punto de vista biológico es muy importante. El incremento observado en las muestras fertilizadas con elementos menores se explica en el supuesto de que en los procesos enzimáticos éstos pueden actuar como cofactores, ayudando a la formación de ciertos aminoácidos dentro de la propia proteína.

Es posible que exista un efecto simultáneo de varios elementos menores en el desarrollo de microorganismos del suelo y en la intensidad del proceso de oxirreducción de las plantas. También puede haber cierto aumento en el valor de la fotosíntesis, en el metabolismo proteico y en la reacción enzimática de las plantas.

La ingesta diaria *per cápita* de productos a base de maíz en Guatemala fluctúa entre 371 y 562 gramos (19). La conversión de estas cifras a los aminoácidos estudiados da una ingesta de 0.26 a 0.39 g. de triptofano; de 1.34 a 2.03 de lisina; de 2.56 a 3.88 de isoleucina, y de 4.84 a 7.33 g. de leucina. La fertilización con elementos menores hace que estas cifras aumenten de la siguiente manera: triptofano, de 0.28 a 0.42; lisina, de 1.46 a 2.21; isoleucina, de 2.56 a 4.02, y leucina, de 5.05 a 7.64 g. El aumento en el contenido de aminoácidos resultante de los procesos de fertilización es de suma importancia. Como ya se ha dicho, los productos de maíz son la fuente principal de proteínas de la gran mayoría de los habitantes del área centroamericana, y la aplicación de estos procedimientos en forma rutinaria incrementaría, por ende, su ingesta de aminoácidos. Esto, no es necesario destacar, tiene grandes implicaciones, ya que ello permitiría un mejoramiento del estado nutricional de nuestras poblaciones que en el presente no consumen sino cantidades muy bajas de proteínas de origen animal.

RESUMEN

Se investigó el efecto de la aplicación de ciertos fertilizantes químicos, orgánicos y de elementos menores, sobre la composición química y el valor proteico del grano de dos varie-

dades de maíz (*Zea mays*) amarillo y blanco, y una de maicillo (*Sorghum vulgare*), la variedad Hegari.

Los fertilizantes utilizados en términos de porcentaje fueron los siguientes: una mezcla de nitrógeno-fósforo-potasio (N-P-K) en la proporción de 19-13-7; estos mismos compuestos con el agregado de elementos menores (Mg, Ca, Fe, Mn, Bo, Cl, Cu, S, Zn, I, Mo); abono orgánico (consistente en estiércol de pollo); abono orgánico más elementos menores; elementos menores y parcelas testigo.

Para el desarrollo de los experimentos se utilizó un diseño en arreglo factorial de bloques al azar.

En lo que a composición química se refiere, se observó que la aplicación de los dos tratamientos que contenían N-P-K y abono orgánico produjeron un aumento significativo (al nivel del 1% de probabilidad) del porcentaje de proteína. Estos mismos tratamientos incrementaron también en forma significativa (1%) el contenido de extracto etéreo de las muestras de maíz, lo que no sucedió en el caso del maicillo. En lo referente a ceniza, su contenido aumentó significativamente (también al nivel del 1% de probabilidad) cuando se aplicó abono orgánico. Los elementos menores no influyeron sobre el contenido de nitrógeno, extracto etéreo ni ceniza de ninguno de los dos cultivos. Tampoco se determinaron diferencias en cuanto al contenido de fibra cruda debidas a la aplicación de los tratamientos sometidos a prueba en este estudio.

Fundados en los resultados de aumento de peso, índices de eficiencia de utilización del alimento y de eficiencia proteica, se llegó a la conclusión de que la cantidad de proteína de ambos cereales puede mejorarse por medio de fertilización nitrogenada, pero que la aplicación de este proceso disminuye, a la vez, la calidad de dicha proteína. Es posible que en el caso del maíz esto ocurra debido a la mayor cantidad de zeína que contiene el grano. En ambos cultivos se observó un incremento significativo en cuanto al valor proteico de todas las dietas preparadas con granos de plantas procedentes de las parcelas abonadas con elementos menores o con sus combinaciones.

Se determinaron los aminoácidos triptofano, lisina, isoleucina y leucina, observándose un aumento estadísticamente significativo en el contenido de éstos en todas las muestras de maíz procedentes de lotes experimentales que habían sido fer-

tilizados con elementos menores o con combinaciones de éstos.

Los hallazgos de que se ha dado cuenta confirman la hipótesis de que la aplicación de elementos menores es un medio positivo de mejorar la proteína del grano del maíz, ya que incrementa significativamente su contenido de aminoácidos. Su uso en las prácticas agrícolas debería, pues, fomentarse, considerando que dicho cereal constituye uno de los alimentos básicos de la dieta de nuestros pobladores.

SUMMARY

The effect of chemical and organic fertilizers and of a mixture of minor elements on the chemical composition and protein value of two varieties of corn (*Zea mays*), white and yellow, and one of sorghum (*Sorghum vulgare*), Hegari variety, was studied.

The fertilizers used, in percentage terms, consisted of: 1) a combination of N-P-K (19-13-7); 2) this same formula plus a minor element mixture containing S, Mg, Ca, Fe, Mn, Bo, Cl, Cu, Zn, I, and Mo; 3) organic fertilizer (dry chicken manure); 4) organic fertilizer plus the minor element mixture; 5) the minor element mixture alone, and 6) control plots. A factorial design with randomized blocks was used.

The chemical composition showed that treatment with N-P-K and the organic fertilizer resulted in a significant increase in the protein content of both cereals. There was also a significant increase in the ether extract content of the corn but not of the sorghum samples. The ash content increased when the organic fertilizer was used but there was no effect on crude fiber. Treatment with minor elements had no effect on the proximate composition of the samples.

Biological trials indicated that fertilization with nitrogen increased the amount of protein but decreased its quality. In the case of corn this is probably due to an increase in zein content. When the samples of both cereals fertilized with minor elements were fed to rats, significantly higher weight gains and protein efficiency ratios were obtained.

Microbiological determinations of tryptophan, lysine, isoleucine and leucine the corn samples showed a significant increase of these aminoacids in those samples fertilized with minor elements either alone or in combination with other fertilizers.

These results confirm the hypothesis that fertilization with minor elements is a positive way by which the protein of corn can be improved. Fertilization with minor elements, therefore, should be encouraged in those areas where corn is one of the main staple foods.

CUADRO N° 1

CANTIDADES DE MINERALES USADAS EN LOS TRATAMIENTOS ¹

Tratamientos	lb/ experimento	Componentes usados	Cantidad, g. por grupo de plantas
Nitrógeno	12.10	N-P-K 19-13-7%	40
Fósforo	2.60		
Potasio	10.80		
Calcio	4.90	Ca(OH) ₂	30
Magnesio	4.40	MgSO ₄ 7H ₂ O	
Azufre	3.00	Fe SO ₄ 7H ₂ O	
Hierro	0.30	MnSO ₄ H ₂ O	
Manganeso	0.03	H ₃ BO ₃ ZnCl ₂	
Boro, cloro, yodo, zinc, cobre, molibdeno	trazas	KI CuSO ₄	

¹ Según valores establecidos por Scarseth y Völke (13).

CUADRO N° 2

COMPOSICION PARCIAL DE LAS DIETAS ¹

%

Ingredientes	D I E T A No.					
	1	2	3	4	5	6
Maíz amarillo (1961)	71	74	83	87	90	86
Almidón de maíz	19	16	7	3	0	4
Maíz amarillo (1962)	76	71	79	88	77	81
Almidón de maíz	14	19	11	2	13	9
Maíz blanco (1961)	70	72	82	80	88	88
Almidón de maíz	20	18	8	10	2	2
Maíz blanco (1962)	68	72	77	72	90	70
Almidón de maíz	22	18	13	18	0	20
Maicillo (1961)	72	74	79	79	89	90
Almidón de maíz	18	16	11	11	1	0
Maicillo (1962)	81	81	90	86	86	88
Almidón de maíz	9	9	0	4	4	2

¹ Todas las dietas fueron suplementadas con 4% de minerales Hegsted (17), 5% de aceite de algodón y 1% de aceite de hígado de bacalao (cortesía de Mead Johnson International); además se agregó 5 ml. de solución de vitaminas por cada 100 g. (18).

CUADRO N° 3

RENDIMIENTO DEL MAIZ (BLANCO Y AMARILLO) Y DEL MAICILLO
EN LOS DOS AÑOS QUE INCLUYO EL ESTUDIO ¹

(Datos expresados en Kg.)

Tratamiento	MAIZ AMARILLO		MAIZ BLANCO		Maicillo ²
	1961	1962	1961	1962	1962
N-P-K	5.08	5.24	4.29	4.99	1.87
N-P-K + EM	4.88	5.12	3.88	4.64	1.72
Abono orgánico	3.61	4.89	3.55	4.54	1.91
Abono orgánico + EM	3.97	3.71	3.78	4.88	1.50
EM	1.61	1.93	1.86	1.98	0.72
Testigo	1.56	1.84	1.65	1.65	0.70

¹ Las cifras representan el promedio del rendimiento de seis réplicas por tratamiento.

² No se incluyen los datos para 1961, debido a pérdidas en el campo durante ese año.

CUADRO Nº 4
 COMPOSICION QUIMICA DEL MAIZ BLANCO Y AMARILLO RECOLECTADO EN LA PRIMERA COSECHA (1961)
 %

Tratamiento	A M A R I L L O				B L A N C O			
	Nitrógeno	Fibra cruda	Ceniza	Extracto etéreo	Nitrógeno	Fibra cruda	Ceniza	Extracto etéreo
N-P-K	1.44 (1.22)	2.76	1.19	8.08	1.37 (1.29)	3.06	2.05	10.20
N-P-K + EM	1.39 (1.27)	2.85	1.79	8.77	1.40 (1.25)	3.71	1.97	10.11
Abono orgánico	1.24 (1.14)	3.28	2.29	9.79	1.24 (1.15)	3.14	2.35	8.99
Abono orgánico + EM	1.19 (1.12)	3.03	1.82	9.12	1.20 (1.17)	3.28	2.48	9.44
EM	1.14 (1.08)	2.61	1.68	8.15	1.12 (1.06)	2.93	1.84	8.05
Testigo	1.20 (1.05)	3.59	1.84	8.74	1.16 (1.12)	2.50	1.91	7.76

Las cifras representan el promedio de seis réplicas por tratamiento. Las cifras entre paréntesis representan el contenido de nitrógeno del maíz cosechado en 1962. Todos los datos fueron ajustados al 10% de humedad y se expresan en g./100 g.

CUADRO Nº 5

AUMENTO DE PESO E INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (PER) DEL MAIZ (BLANCO Y AMARILLO)
Y DEL MAICILLO

Tratamiento		M A I Z				M A I C I L L O			
		1961		1962		1961		1962	
		Aumento de peso ¹ g.	PER ²	Aumento de peso g.	PER	Aumento de peso g.	PER	Aumento de peso g.	PER
N-P-K	A	19.9	0.94	26.0	1.26	12.5	0.65	18.7	0.75
	B	20.4	1.07	21.4	1.10				
	\bar{X}	20.1	1.00	23.7	1.18				
N-P-K + EM	A	18.9	0.99	21.5	1.00	13.5	0.65	19.4	0.74
	B	20.9	1.05	24.4	1.19				
	\bar{X}	19.9	1.02	22.9	1.09				
Abono orgánico	A	24.4	1.25	20.5	1.08	10.9	0.59	15.7	0.62
	B	26.0	1.28	20.0	0.97				
	\bar{X}	25.2	1.26	20.2	1.02				
Abono orgánico + EM	A	28.1	1.35	25.0	1.45	16.9	0.80	20.9	0.83
	B	23.0	1.13	21.4	1.16				
	\bar{X}	25.6	1.24	23.2	1.30				
EM	A	32.7	1.32	25.1	1.20	23.5	0.93	25.4	0.92
	B	28.9	1.28	35.5	1.44				
	\bar{X}	30.8	1.30	30.3	1.32				
Testigo	A	25.1	1.24	22.4	1.05	18.9	0.79	23.2	0.87
	B	23.2	0.92	25.0	1.13				
	\bar{X}	24.2	1.08	23.7	1.09				

¹ Peso promedio inicial: 46 g.

² Duración del ensayo: 35 días.

A = variedad amarilla; B = variedad blanca.

CUADRO N° 6

CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL MAIZ (BLANCO Y AMARILLO) Y DEL MAICILLO

(Datos expresados en mg. de aminoácido/g. de nitrógeno)

Tratamiento	MAIZ AMARILLO				MAIZ BLANCO				MAICILLO			
	Trip- tofanó	Lisina	Isoleu- cina	Leucina	Trip- tofanó	Lisina	Isoleu- cina	Leucina	Trip- tofanó	Lisina	Isoleu- cina	Leucina
N-P-K	45	222	554	1025	60	310	508	992	28	144	372	758
N-P-K+EM	53	273	595	1083	64	365	558	1170	28	141	373	753
Abono orgá- nico	54	275	574	1046	59	330	550	1042	26	151	387	774
Abono orgá- nico + EM	50	278	604	1062	74	353	565	1119	30	153	393	755
EM	54	284	573	1005	72	357	558	1143	31	167	404	762
Testigo	51	265	528	902	64	305	545	1161	29	153	406	750

CUADRO N° 7

COMPOSICION QUIMICA DEL MAICILLO

Tratamiento	Nitrógeno	Extracto etéreo	Fibra cruda	Ceniza
N-P-K	1.86 (1.79)	3.22	2.96	1.39
N-P-K + EM	1.78 (1.77)	3.18	3.25	1.35
Abono orgánico	1.68 (1.60)	3.50	3.20	1.51
Abono orgánico + EM	1.67 (1.68)	3.31	3.30	1.46
EM	1.54 (1.62)	3.22	3.20	1.25
Testigo	1.47 (1.65)	3.14	2.74	1.33

La cifras en paréntesis representan el contenido de nitrógeno del maicillo cosechado en 1962 y constituyen promedios de 6 réplicas por tratamiento. Todos los datos fueron ajustados al 10% de humedad y se expresan en g./100 g.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.—El maíz en la alimentación. Estudio sobre su valor nutritivo. Roma, Italia, 1954. Estudios sobre Nutrición N° 9, p. 81 (Cuadro 19).
- (2) Sauberlich, H. E.; Chang, W.-Y., y Salmon, W. D.—The amino acid and protein content of corn as related to variety and nitrogen fertilization. *J. Nutrition* 51: 241-250, 1953.
- (3) Völker, L.—Effect of a late supplementary application of nitrogen on the content of some amino acids in cereal proteins. *Landwirtsch. Forsch.* 13: 307-316, 1960. (cf. *Nutrition Abst. & Rev.* 31: 795, 1961).
- (4) Stubblefield, F. M., y De Turk, E. E.—The composition of corns, oats and wheat, as influenced by soil, soil treatment, seasonal conditions and growth. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 5: 120, 1940.
- (5) Hamilton, T. S.; Hamilton, B. C.; Johnson, B. C., y Mitchell, H. H.—The dependence of the physical and chemical composition of the corn kernel on soil fertility and cropping system. *Cereal Chem.* 28: 163-176, 1951.
- (6) Hansen, D. W.; Brimhall, B., y Sprague, G. F.—Relationship of zein to the total protein in corn. *Cereal Chem.* 23: 329-335, 1946.
- (7) Showalter, M. F., y Carr, R. H.—Characteristics of protein in high and low protein corn. *J. Am. Chem. Soc.* 44: 2019-2023, 1922.
- (8) Hogan, A. G.; Gillespie, G. T.; Koctürk, O.; O'Dell, B. L., y Flynn, L. M.—The percentage of protein in corn and its nutritional properties. *J. Nutrition* 57: 225-239, 1955.
- (9) Dobbins, F. A.; Krider, J. H.; Hamilton, T. S.; Earley, E. B., y Terril S. W.—Comparisons of high and low protein corn for growing fattening pigs in dry-lot. *J. Am. Sci.* 9: 625-633, 1950.
- (10) Sheldon, V. L.; Blue, W. G., y Albrecht, W. A.—Biosynthesis of amino acids according to soil fertility. II. Methionine content of the plants and the sulfur applied. *Plant and Soil* 3: 361-365, 1951.
- (11) Koehler, F. E., y Albrecht, W. A.—Biosynthesis of amino acids according to soil fertility. III. Bioassays of forage and grain fertilized with trace elements. *Plant and Soil* 4: 336-344, 1953.
- (12) Bressani, R., y Ríos, B.—The chemical and essential amino acid composition of twenty-five selections of grain sorghum. *Cereal Chem.* 39: 50-58, 1962.
- (13) Scarseth, G. D., y Völke, N. J.—Why do plants starve? En: *Hunger signs in Crops; A Symposium.* Washington, D. C., The American Society of Agronomy and the National Fertilizer Association, 1949, p. 1-18.
- (14) Association of Official Agricultural Chemists.—Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 7th ed., Washington, D. C., 1950.

- (15) Wooley, J. G., y Sebrell, W. H.—Two microbiological methods for the determination of l (—)-tryptophane in proteins and other complex substances. *J. Biol. Chem.* 157: 141-151, 1945.
- (16) Horn, M. J.; Jones, D. B., y Blum, A. E.—Microbiological determination of lysine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.* 169: 71-76, 1947.
- (17) Hegsted, D. M.; Mills, R. C.; Elvehjem, C. A., y Hart, E. B.—Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.* 138: 459-466, 1941.
- (18) Manna, L., y Hauge, S. M.—A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J. Biol. Chem.* 202: 91-96, 1953.
- (19) Flores, M.—Food patterns in Central America and Panama. En: *Tradition Science and Practice in Dietetics. Proceedings of the 3rd. International Congress of Dietetics, London, July 10-14, 1961.* Yorkshire, Great Britain, Wm. Byles and Sons Ltd. of Bradford, 1961, p. 23-27.