UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

VALOR NUTRITIVO DE DIFERENTES RELACIONES GERMEN-ENDOSPERMO EN EL GRANO DE MAIZ (Zea mays L.)

Tesis

Presentada a la Honorable Junta Directiva

de la Facultad de Agronomía de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

ARNOLDO AMILCAR GARCIA SOTO

En el acto de su investidura como

INGENIERO AGRONOMO

en el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre, 1979

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR: Lic. SAUL OSORIO PAZ

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Dr. ANTONIO SANDOVAL S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Vocal 2o.	
Vocal 3o.	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal 4o.	Br. Juan Miguel Irías
Secretario.	Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano a.i.	Ing. Agr. Salvador Castillo
Examinador	Ing. Agr. Roderico Chang
Examinador	Ing. Agr. Carlos Aguirre
Examinador	Ing. Agr. Carlos Aldana
Secretario	Ing. Agr. Oswaldo Porres

SECTOR PUBLICO AGRICOLA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS
5a. Av. 12-31, Zona 9 - Edificio "El Cortez", 2o. y 3er. Niveles
Teléfonos: 66985 - 310581 - 67935
Guatemala, C. A.

Guatemala
16 de noviembre de 1979

Dr. Antonio Sandoval
Decano
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Guatemala

Estimado Señor Decano:

En mi calidad de Asesor del P.A. Arnoldo García Soto, tengo el agrado de recomendar su trabajo de Tesis Profesional titulada "VALOR NUTRITIVO DE DIFERENTES RELACIONES GERMEN:ENDOSPERMO EN EL GRANO DE MAIZ (Zea mays L.)", que realizó como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo en esa Facultad.

El P.A. García Soto ha demostrado un alto nivel de conocimientos y capacidad científica en el transcurso del mencionado trabajo, asegurándole una gran competencia en su futuro desarrollo profesional.

Atentamente,

Dr. Federico R. Poey

FRP/mr

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA

OFICINA SANITARIA PANAMERICANA
OFICINA REGIONAL DE LA
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

HONDURAS
NICARAGUA
PANAMÁ

APARTADO POSTAL 1188

TELEFONOS 43762 AL 43767

CARRETERA ROOSEVELT ZONA 11
GUATEMALA, C. A.

CABLE: INCAP

Guatemala
16 noviembre 1979

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval
Presente

Estimado Dr. Sandoval:

Por medio de la presente deseo notificarle que he revisado el trabajo de tesis de grado para obtener el título de INGENIERO AGRONOMO del Br. Arnoldo Amilcar García Soto. Dicho trabajo titulado "VALOR NUTRITIVO DE DIFERENTES RELACIONES GERMEN-ENDOSPERMO EN EL GRANO DE MAIZ (Zea mays L.)", ha sido encontrado enteramente satisfactorio y, en mi opinión, llena ampliamente los requisitos para su aceptación con tal.

Por lo anteriormente indicado, agradeceré mucho que usted se sirva revisar el trabajo, a fin de dar su visto bueno para que el Sr. García Soto pueda llevar a cabo su examen de tesis respectivo.

Agradeciendo su atención, lo saluda,

Atentamente,

Ricardo Bressani

Dr. Ricardo Bressani, Jefe
División de Ciencias Agrícolas
y de Alimentos

RB/mr

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De acuerdo a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado "VALOR NUTRITIVO DE DIFERENTES RELACIONES GERMEN-ENDOSPERMO EN EL GRANO DE MAIZ (Zea mays L.)".

Con el propósito de llenar con él, el último requisito para optar al título de INGENIERO AGRONOMO en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,

P.A. Arnoldo Amilcar García Soto

A:

MIS PADRES

A:

VICTOR M. AREVALO

AGRADECIMIENTO SINCERO A TODAS LAS PERSONAS QUE COLABORARON EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

EN ESPECIAL A:

DR. FEDERICO POEY

DR. RICARDO BRESSANI.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

III. HIPOTESIS

IV. OBJETIVOS

V. MATERIALES Y METODOS

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

VII. CONCLUCIONES

VIII. RECOMENDACIONES

IX. BIBLIOGRAFIA

X. APENDICES

I. INTRODUCCION

El maíz constituye la base alimenticia de la mayoría de la población de Centro América; el consumo de este cereal disminuye de norte a sur en la región.- En Guatemala, El Salvador y Honduras, el maíz es el alimento consumido en mayor proporción por la población rural, como fue demostrado en la evaluación nutricional de la población de Centro América y Panamá en 1969 (40).- En este estrato poblacional, el maíz aporta hasta un 59 % de las calorías y un 45 % de la proteína en la ingesta diaria.- La población indigena de esta área llega a consumir hasta dos libras por persona por día. (8)

Por otro lado, las encuestas nutricionales llevadas a cabo en Centro América y Panamá han demostrado que el principal problema nuticional del área es la desnutrición proteico-calórica, que afecta severamente a la infancia. (40)

Lo anterior hace evidente la importacia que tiene el maíz en la dieta de estos paises.

El grano de maíz está constituido de dos estructuras esenciales, el endospermo y el germén.- De estos, el endospermo constituye el mayor porcentaje (80-85 %), (27); por la misma distribución anterior la mayoría de la proteína total del grano está proporcionada por el endospermo (79 %), (7).- Esta proteína es de baja calidad por su deficiencia en lisina y triptófano, como consecuencia de estar constituida básicamente de Prolaminas (Zeína), la cual es deficiente en los mencionados aminoácidos.- Además de las deficiencias citadas, la proteína del endospermo tiene desbalances en otros aminoácidos, principalmente por una alta concentración de leucina en relación a la cantidad de isoleucina presente.- Se ha demostrado que ese exceso de leucina no solo hace que la isoleucina sea limitante sino tambien responsable en el aumento de las necesidades de niacina.- Cuando la dieta es solo a base de maíz y no se obtiene niacina de otras fuentes,se induce la pelagra. (8)

El resto de la proteína del grano es proporcionada por el germen, la cual es de buena calidad, ya que está constituida principalmente de albúminas, globulinas y glutelinas; estas proteinas estan bien balanceadas en su contenido de aminoácidos esenciales. (8)

Es por lo anterior que se han llevado a cabo numerosas investigaciones para tratar de mejorar la calidad nutricional del maíz.-

Uno de los hallazgos más éxitosos en este campo es que los genes Opaco-2 y harinoso-2 mejoran notablemente la calidad de la proteína del endospermo.

En los maices opacos y harinosos se está tratando de superar algunas de sus características desfavorables, tales como, susceptibilidad a insectos, baja densidad del grano y otros.

Otra forma como se ha tratado de mejorar la calidad nutricional del maíz ha sido atravéz de la tecnología de alimentos, por medio de complementación, suplementación y fortificación del grano natural y de sus productos. (41).- En el aspecto de suplementación y enriquecimiento, uno de los problemas es el alto costo, razón por la cual muchos agrónomos y nutricionistas coinciden con que es mejor tener un alimento de buen valor en forma natural, que tratar de mejorarlo posteriormente.-

Finalmente, otra posibilidad es alterar la relación germen-endospermo a una proporción mayor de germen y poder fijarla a una relación que sea más favorable en terminos de calidad nutritiva.-

II. REVISION BIBLIOGRAFICA:

Dentro de la familia de las gramineas, el maíz se asigna a la tribu Maydeas, formada por ocho géneros, cinco de los cuales son orientales y tres americanos.- La especie Zea mays L. es la que comprende todas las variedades cultivadas.

Los diversos tipos de maíz se diferencian por ciertas características químicas y físicas.- Los principales tipos son: "Dentado", Zea mays L. indentata; "Duro", Zea mays L. indurata; "Rojo Harinoso", Zea mays L.erythrolepsis; "Dulce", Zea mays L. rugosa; "Reventon", Zea mays L. praecox.- De estos, los dos primeros tipos, son los que tienen mayor importancia como alimento humano fundamental.- El maíz "Duro" o cristalino posee un grano consistente, mientras que el "Dentado", asi llamado por el profundo canal longitudinal que lleva en el ápice, tiene una mayor proporción de endospermo blando y harinoso.- Ambas variedades pueden ser de granos amarillos o blancos.-

El maíz es un cereal de grano relativamente grande.- Su semilla, como la de muchos cereales, comprende la envoltura, el endospermo y el germén.-

La envoltura o capa exterior del grano, es una cubierta protectora dura y fibrosa, que encierra el grano.- Comprende el pericarpio, la testa y la cofia ó pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege el embrión.- La envoltura equivale al cinco ó seis por ciento del peso total del grano.-

El endospermo, que forma la mayor parte del grano, 80-85 %, contiene en su superficie una capa llamada aleurona, cuyo espesor está formado por una célula, capa que es muy rica en proteínas y grasas.- El contenido de proteína de la aleurona asciende a casi un 20 %, lo cual es igual o superior al del germén.- Debajo de la aleurona, se hallan el endospermo córneo, que es traslúcido y duro, y el endospermo harinoso ó parte interior más amilácea.-

El germen ó embrión está situado en el extremo más bajo y a un costado del grano.- Es inusitadamente grande para un cereal y ocupa del 9.5 al 12 % del volumén total del grano.

Las diversas partes del grano de maíz, tienen distinta composición química.- El endospermo, que constituye el mayor porcentaje del volumén total del grano, contiene más del 80 % del almidón.- Contiene, asimismo, un 75 % ó más de sus proteínas.-

En el germen se encuentra casi todo el aceite y la mayor parte de los minerales.-

Existe una gran variación entre las diversas variedades de maíz en cuanto a su contenido de proteínas y grasas, fluctuando la proteína de 6 a 15 % y la grasa de 3 a 6 %.

Con excepción de la avena, el maíz es el cereal más rico en grasa, y los granos de las variedades altamente oleaginosas pueden contener hasta un 7 % de estas substancias.- El contenido medio es de aproximadamente 4.5 %.-

En el grano de maíz, cerca del 22% de la proteína está en el embrión y el resto en el endospermo.-

II.1 INFLUENCIA DEL GERMEN SOBRE EL GRANO ENTERO

La domesticación por el hombre primero, y la consistente metodología para mejorar la producción despúes, ha resultado en un gran desarrollo del endospermo en el tamaño del maíz, lo cual reduce la influencia nutricional del germen en el grano entero.- La actual proporción de germén a endospermo es consecuencia de la presión de selección y no de una relación funcional ó biológica requerida por la planta.

La función especializada del germen, responsable del desarrollo de la planta, demanda consistencia de sus tejidos protoplasmáticos para inducir la división y diferenciación primaria de las células de acuerdo al código genético de su material nuclear, comparado con el endospermo, el cual es funcionalmente una estructura de reserva para el desarrollo del embrión.

Una modificación genética inducida en los componentes químicos del germen puede interferir con los procesos metabólicos, causando muerte o desarrollo anormal de la planta.

Cambios en la composición química del endospermo, por otro lado, pueden no tener efectos drásticos sobre el desarrollo normal de la planta; esto se explica porque el tamaño del endospermo es más grande que lo funcionalmente requerido para el proceso de germinación del grano.- Debido a su consistencia química, el germén influirá sobre la composición química del grano entero, en cuanto a su proporción relativa.- Tambien el germen

por su contenido de proteínas y aceites, ofrece más variabilidad para selección.-

Una amplia variación para peso de grano y relación germen/endospermo fue demostrada en doce variedades de maíz de México y Guatemala.- El peso promedio, la desviación estandar y el coeficiente de variación para peso de grano y porcentaje de germen en el grano, indican que el peso de grano entre poblaciones varia menos que dentro de poblaciones, mientras que el porcentaje de germén muestra una tendencia opuesta. (23)

La correlación medida entre peso de grano y porcentaje de germén dio valores no significativos (r=0.005).- Considerando el peso de grano como un componente importante de rendimiento, estos resultados sugieren buenas posibilidades de mejorar la proporción de germen sin afectar el potencial de rendimiento.-

Bjarnason y Pollmer, en Alemania en 1972, (4) encontraron una correlación no significativa con un valor de -0.16 en una evaluación de 92 mazorcas de lineas S_1 y S_2 de 5 grupos de maíz cristalino, semicristalino, opaco y retrocruzas y sintéticos de IHP (Illinois High Protein).- La contribución del germen al grano varió de 9.5 a 18.5 % del peso de granos individuales y de 11.9 a 16.2 % sobre un grupo control.-

La influencia del germen sobre la proteína total del grano entero, puede afectar la variabilidad en calidad y cantidad de la proteína total del grano.-

Johnson y Vasal en 1972, (43), reportaron la contribución del germen en 43 materiales de diversos origenes, encontrando valores de 3.1 a 23.6 % de la proteína total del grano que es contribuida por el germen, con una media de 10.3 %.- Las mismas variedades con el gene opaco-2 demostraron más del doble, con una media de 22.4 %, confirmando el enunciado que la contribución del germén resulta de efectos pleiotrópicos de ese mutante.-

La variabilidad en la proteína del germen depende, en alto grado, del contenido de aceite en el germen. (4, 9)

El contenido de aceite está altamente correlacionado con el peso del germen, en consecuencia, la selección para germen

grande resulta en una relativa reducción en el contenido de proteína del germen.- Estas y otras correlaciones entre aceite y proteína, sin embargo, generalmente implican muestras seleccionadas para alto contenido de aceite, con un criterio de selección no simultáneo para contenido de proteína.- Estos materiales determinan una correlación negativa entre aceite y proteína lo cual no necesariamente ocurre en poblaciones no seleccionadas para contenido de aceite.-

En cuanto a reportes sobre una correlación negativa entre proteína (cantidad y calidad) y producción, estos pueden ser explicados en base a muestras donde solo una variable ha recibido presión de selección.- Correlaciones estimadas en muestras previamente no seleccionadas para proteína ó producción no muestran una correlación significativa, (57), por lo que se asume, que la selección para producción y proporción de alto germén es considerada teóricamente posible si ambos criterios son conducidos bajo propias y balanceadas presiones de selección.-

A continuación se describe el contenido de elementos nutritivos y la composición del maíz en función de sus valores medios:

II.2 HIDRATOS DE CARBONO:

Casi un 73 % del grano de maíz está formado por hidrátos de carbono bajo la forma de almidón, azúcar y fribra (celulosa).- El almidón se encuentra principalmente en el endospermo; el azúcar, en el germen, y la fibra ó celulosa en la cubierta.-

II.3 PROTEINAS:

El contenido promedio de proteínas en el maíz integral, es de 8-10 %, aproximadamente la mitad ó las tres cuartas partes se hallan en la porción de "gluten córneo".-

El germen, si bien constituye solo aproximadamente de 10-15 % del peso del grano, encierra la quinta parte del total de proteínas del grano entero.-

El maíz contiene cuatro tipos de proteínas: prolaminas, principalmente en forma de zeína; globulina, glutelina y albúmina.- La zeína aporta casi la mitad de la proteínas totales del grano entero y aproximadamente la mitad de las contenidas en el endospermo.-

En el germen se hallan presentes solo pequeñas cantidades de zeína, siendo la glutelina la principal fracción de proteína de este órgano. (55)

La zeína es una proteína imperfecta para propósitos de nutrición, desprovista de un aminoácido importante, la lisina, y muy deficiente en triptófano, del que solamente contiene residuos; ambos aminoácidos son esenciales para la alimentación de los animales monogástricos.-

Si bien el maíz presenta el inconveniente de contener una proporción tan elevada de zeína en su conjunto de proteínas, en cambio, su glutelina y la mezcla de las proteínas que existen en el germén estan relativamente bien provistas de todos los aminoácidos esenciales y tienden a compensar las deficiencias de la zeína cuando se consume el maíz entero.

II.4 GRASAS:

El contenido de grasas del grano entero es de un 4.5 %. Más del 80% de esta cantidad se concentra en el germen y el resto en la proción exterior (córnea) del endospermo.-

La linolina del aceite de maíz constituye cerca del 50 % de las grasas totales; de forma que es una buena fuente de ácido linoléico, uno de los ácidos grasos esenciales no saturados que deben hallarse presentes en los alimentos ingeridos, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo animal.- Otro ácido graso que predomina en el maíz es el ácido oleico.- De los otros ácidos esenciales, el linolénico y el araquidónico, el maíz contiene solo cantidades insignificantes.-

II. 5 VALOR NUTRITIVO DEL GERMEN Y ENDOSPERMO:

Valores reportados indican entre 2 a 3 veces mayor concentración de proteína en el germen que en el endospermo; practicamente todo el aceite y de 3 a 4 veces más lisina y triptófano estan en el germen, mientras que el contenido de aminoácidos azufrados es menor que en el endospermo. (23)

Incrementando la calidad y cantidad de proteína en granos con alto contenido de germén se incrementa su valor calórico. (24)

El valor biológico del germen, endospermo y grano entero de cuatro materiales de Guatemala, incluyendo una variedad de opaco-2, demostraron una eficiencia, medida como Razón de Proteína Neta, de 50-100 % más alta en el germén que en el endospermo. (24)

Los mejores valores biológicos del germén sobre el endospermo y grano entero justifica la posibilidad de mejorar el valor nutricional del grano de maíz mediante su aumento.- Criterios de producción, sin embargo, deberan ser considerados simultaneamente para evitar una selección indirecta hacia endospermo más pequeño.-

Basándose en experimentos efectuados con ratas, el valor biológico determinado para las proteínas del maíz ha resultado considerablemente inferior al correspondiente a las proteínas del trigo o del arroz integral. (5).- Sin embargo, algunas investigaciones indican que la mezcla de proteínas en el grano de maíz entero no es inferior en valor biológico al de la mezcla en otros cereales. (65)

Dobins, et al. (12), concluyeron en que la proteína del maíz de bajo contenido tiene mayor valor biológico que la de lineas ricas en proteína.-

Debe tambien recordarse que el maíz en Guatemala se consume con más frecuencia en forma de harina elaborada con el grano entero, mientras que el trigo ó el arroz se consumen a menudo como productos "refinados", cuyas proteínas combinadas tienen un valor biológico inferior al que tendría el grano entero.-

La "Razon de Eficiencia Proteíca" (PER) ó sea la ganancia en peso, expresada en gramos, correspondiente a los gramos de proteína ingerida, constituye una medida útil de la capacidad que tienen las proteinas para ayudar al crecimiento, especialmente cuando los experimentos para su determinación son de larga duración.-

Bloock y Mitchell, (5), resumierón la información de ciertos valores de PER para maíz y otros cereales.- El valor dado para las proteínas del maíz integral, 1.2, es mucho menor que el determinado para el arroz, 1.7, ó para el trigo integral, 1.5, si bien no inferior al calculado para la harina blanca, 1.0.- Los resultados de otros ensayos comparativos con proteínas de maíz y trigo integral han demostrado que las primeras son solo ligeramente inferiores. (6)

Bressani, (8), reporta valores de PER de 0.87 para maíz, el cual es menor que el determinado para otros cereales, excepto para el sorgo, que con 0.88 no presentó una diferencia significativa.-

Pruebas efectuadas con zeína pura han demostrado que ésta es absolutamente incapaz para ayudar al crecimiento de las ratas, pero cuando se utilizó en unión de glutelina pura de maíz, pudo observarse alguna ganancia en peso. (55)

La proteína del germen de maíz administrada como el residuo molido despúes de la obtención del aceite, demostró un PER de 2.56 cuando se la utiliza como única fuente de proteína en una dieta experimental. (50)

Mitchell y Beadles, (50), encontrarón que el germen del maíz posee un valor biológico igual al de la prtoeína de carne de bovino.-

Bressani, et al, (8), reportan que al evaluar el maíz opaco-2 en niños, este presentó una calidad de proteína que equivale a un 90 % de la proteína de la leche; resultados similares son reportados por Pradilla y colaboradores. (41)

II.6 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD NUTRITIVA DEL MAIZ

II.6.1 MEJORAMIENTO DE LA PROTEINA:

En los últimos años, mediante la obtención de nuevas variedades, se han conseguido mejoras muy señaladas en el rendimiento y calidad del maíz destinado a usos especiales.- Sin embargo, el comportamiento agronómico y, en particular, el rendimiento del maíz de alto contenido de proteína no han sido muy alentadores en su conjunto.- Recientemente se ha concedido una mayor importancia al mejoramiento de la calidad de la proteína de distintas variedades, sobre todo en la proporción de los aminoácidos esenciales presentes, lisina y triptófano, más bien que a un aumento en el contenido total de proteínas.- En su conjunto, los resultados han sido poco halagadores, con excepción del descubrimiento de los genes opaco-2 y harinos-2.-

La mayoría de los investigadores han encontrado que la proporción de proteinas presentes en forma de zeína, aumenta algo más rapidamente que el contenido total de proteína, (21, 22, 30, 31).- En estas investigaciones se pudo notar un aumen-

to significativo en la proporción entre zeína y las proteínas totales, a medida que era mayor el contenido total.-

Mitchell, et al, (51), en un estudio de diversas muestras de maíz con un contenido de proteínas que variaba entre un 7.3 y un 21 %, encontraron que la proporción soluble en alcohol, zeína, ascendia regularmente desde un 23.2 hasta un 56.6 % del total, a medida que aumentaba el vehículo.- El valor biológico de las proteínas totales, determinado a bse de ensayos de nutrición con ratas en crecimiento, era más bajo para las muestras con elevado contenido de proteínas de diferentes clases.- Al mismo tiempo, se manifestó un descenso en el porcentaje de lisina y triptófano, en relación con el total de proteínas.-

Frey y colaboradores, (20), lograron un aumento de un 13 % en el contenido de triptófano del maíz, por medio de cruzamientos selectivos, sin que lograran ningún mejoramiento en la proporción de proteínas distintas de la zeína.-

Woodworth y Jugenheimer, (69), informan de los experimentos realizados en Illinois, Estados Unidos, para aumentar proteína a lineas autofecundadas normales, satisfactorias en otros aspectos agronómicos.-

Se cruzaron las lineas autofecundadas Hy, Wf9, 187-2, L317, 3811 y A con la selección IHP (Illinois High Protein).- Despúes cruzaron regresivamente los híbridos con ambos progenitores.- Trás de lo cual, las descendencias de las cruzas regresivas se autofecundaron durante varios años.- Durante el período de autofecundación la selección para alto contenido de proteína se efectuó escogiendo mazorcas de grano duro y cristalino.- Se seleccionarón tanto segregantes amarillos como blancos.- No se hicieron análisis químicos hasta el comienzo de las pruebas para determinar la aptitud combinatoria.- Prácticamente, todas las lineas recuperadas eran mucho más ricas en proteína que las lineas típicas o normales.- El contenido en estas nuevas lineas variaba del 11 al 22 %, mientras que el de las lineas originales típicas oscilaba del 11 al 14 %.- Además, se vió que las cruzas regresivas con el IHP producian nuevas lineas con un contenido más alto de proteína que las cruzas regresivas con las lineas autofecundadas típicas=-

Hamilton, et al. (30), informan que los granos de maíz cultivado en suelos de poca fertilidad eran un 26 % más pe-

queños que los del maíz cultivado en parcelas fertilizadas, y el embrión ocupaba un 17 % menos del grano.- La semilla de las parcelas no fertilizadas eran inferiores a lo normal en fósforo, grasa y proteína.-

La riqueza en proteína esta significativamente correlacionada con la maduración, la altura de la planta, la longitud de la mazorca, el encamado del tallo, el rendimiento de grano y la resistencia a ciertas enfermedades e insectos.- Existen evidencias de que la cantidad de proteina es un caracter cuantitativo por el complejo modo de herencia típico de dichos caracteres. (30)

East y Jones, (17), declararon que la riqueza en proteina se debe a un número grande de factores hereditarios.-

Frey, (21), informa que la proteína, la zeína, el triptófano, la valina, la leucina y la isoleucina, estan determinados por 22, 6, 15, 8, 8 y 6 genes respectivamente.- Tambien concluyó que la naturaleza general de la interacción de los genes que determinan los porcentajes de proteína, zeína, triptófano, valina, leucina e isoleucina, es de tipo aditivo en las cruzas de maíz rico con maíz pobre en proteína.- Bajo contenido en proteína, en zeína, en valina y en isoleucina han sido identificados como de una acción génica dominante.-

Según Hunter, (30), la riqueza en proteína del maíz en los Estados Unidos, había bajado del 9.5 % ó más, al 8.5 % en diez años.- Añadió que harian falta 2 250 000 toneladas de harina de soya, ó su equivalente, para dar a la parte de la cosecha estadounidense de maíz destinada a la alimentación de ganado, una riqueza en proteína del 9.5 %.-

Las proteínas son un elemento caro, pero necesario, en alimentos y forrajes.- Experimentos efectuados en Illinois sobre la selección, puso de manifiesto que la riqueza de proteína del maíz puede aumentarse ó disminuirse mediante el mejoramiento genético. (69, 70)

East y Jones, (17), observaron que la autofecundación reducia el rendimiento, el tamaño de la mazorca, el tamaño del grano y el número de granos por mazorca.- Utilizando un sistema en que se alterna la autofecundación con la cruza de las lineas, obtuvieron lineas más ricas en proteína, gran vigor y buen rendimiento de grano.

Hayes, (33), produjó varias lineas autofecundadas con un porcentaje de proteína que variaba del 15 al 18 %.- El grano rico en proteína tenia un endospermo duro y cristalino, mientras que que el grano pobre tenia un endospermo blando y poco brillante.- Comparando con una mazorca pobre en proteína, la rica era más corta, de circunferencia más pequeña y tenia un número de hileras ligeramente más alto.- El Illinois Rico en Proteína mostraba mucho color rojo en el tallo, en la vaina y en la hoja.- Tenia mayor tendencia al ahijamiento que el pobre en proteína y era un poco más precoz en lo que a la aparición de los estigmas se refiere.- La altura del tallo y la altura en que aparecia la mazorca eran casi las mismas en las dos lineas.-

Mertz y Bates, (47), reportarón que el endospermo de maices con èl gene opaco-2 presentaba un contenido mayor de lisina que los maices normales.- Al comparar los valores de lisina y triptófano del maíz opaco-2 con los de maices normales, puede observarse que el incremento de dichos aminoácidos ocurre solamente en el endospermo, pareciendo no afectar la composición del germén.-

East y Jones, (17), estudiaron los efectos genéticos y ambientales de la relación germen/endospermo en las lineas autofecundadas y sus cruzamientos.- En cuanto a efectos genéticos concluyeron que la heterósis disminuye la relación germén/endospermo.- Los efectos ambientales, por otro lado, tienden a afectar el desarrollo del endospermo en forma más directa que al germén, lo cual provoca una relativa baja adaptación ó potencial de rendimiento de campo.- Sin embargo, lo anterior indicó que la producción de grano, contenido y calidad de proteína fueron correlacionados negativamente y que cuando se seleccionaba para uno de estos criterios los otros se reducian; estas tendencias pueden ser explicadas en base a la síntesis preferencial de carbohidrátos en el endospermo, que incrementa la producción de grano, pero, concomitantemente, reduce el contenido de proteina de esta estructura.- Mientras que seleccionando para calidad de proteína en el grano entero, el germen se incrementa a expensas del endospermo, lo que reduce la producción potencial del grano.- Por otro lado, seleccionando solo para alta proteína en el grano entero resulta en el incremento de la fracción de la proteína del endospermo de baja calidad, zeína, lo que reduce su calidad.-

El mejoramiento de variables no correlacionadas puede ser conseguido atrávez de modificaciones adecuadas a muestreos y metodologías de mejoramiento.- Ejemplo importante y conocido es el desarrollo de híbridos precoces y de alta producción en el norte de la faja maicera de los EE.UU. y en Canada; el CIMMYT provee tecnología y materiales para reducir el tamaño de plantas, mientras se incrementa el potencial de producción en los trópicos; estas dos caracteristicas son tambien inversamente correlacionadas.-

Algunas investigaciones sobre mejoramiento en cereales concluyen positivamente sobre el mejoramiento simultaneo del rendimiento y la calidad y cantidad de la proteína.-

Lineas de trigo previamente identificadas para alta proteína demostraron una segregación transgresiva para contenido de proteína altos y bajos, asimismo para lisina; sugiriendo buenas posibilidades para el mejoramiento simultáneo de estos caracteres.-

Entre los cereales, el arroz tiene el mejor balance de aminoácidos, por lo que a los mejoradores les interesa principalmente incrementar el contenido de proteína, mientras mantienen ó mejoran el potencial de producción.- Investigaciones conducidas en el IRRI, (International Rice Research Institute), Filipinas, han identificado lineas con 2 % más de proteína y con una producción comparable a las variedades conocidas.-

Arroces de alta proteína tienden a ser de alta dureza, mayor producción de grano entero durante la molienda y tambien de alta resistencia a la molienda abrasiva que el arroz de contenido de proteína normal. (44)

Con relación al maíz, la correlación negativa entre producción y contenido y calidad de la proteína ha sido reportado frecuentemente. (38, 69, 70)

Alexander, et al, en 1978, (1), reportaron que en dos ciclos de selección de una población Lancaster mejorada se obtuvieron ganancias al involucar un indice de producción y proteína.

II.6.2 MEJORAMIENTO DE LA GRASA:

La grasa del maíz es un subproducto muy valioso en la

industria, y tiene un valor energético alto para la alimentación.

Los maices ricos en grasa, que tienen una alta proporción de embrión a endospermo, seran igualmente buenos para la industria o la alimentación.-

Schneider, et al, (58), concluyeron que el maíz rico en grasa tiene un valor biológico más alto que el maíz pobre en grasa.-

Trás cincuenta generaciones de selección en la Universidad de Illinois, el contenido medio de grasa del Illinois rico en grasa era del 15.4 %, comparado con la selección hacia abajo contenido de grasa que no tenia sino el 1.0 %.- Sin embargo, esas lineas de polinización abierta, ricas en grasa, son de bajo rendimiento.-

El contenido de grasa de 579 híbridos diferentes, que fueron objeto de ensayos de rendimiento en Illinois, variaba del 2.9 al 6.1 % con un promedio de 4.6 %.- La selección por riqueza en grasa se llevó a cabo escogiendo las mazorcas que tenian el grano con embrión grande.- El contenido de grasa de las nuevas lineas autofecundadas variaba del 4 al 10 %, mientras que el de las lineas originales era del 2 al 5 %. (39)

Sprague, (63), informa que el procedimiento para aumentar el contenido de grasa por selección recurrente, al terminar un periodo de 5 años, era 2.6 veces más eficaz que la selección hecha durante la autofecundación; en este experimento no se prestó gran atención al rendimiento de grano.-

El Illinois 6063, híbrido experimental de cruza doble, producido por Jugenheimer, produjó un 14 % de proteína, un 32 % más de grasa y un rendimiento 8.5 % más alto que el U.S. 13, híbrido caracteristico por su buen rendimiento de grano.

Parece que la expresión de la riqueza en grasa no sufre tanto la influencia del medio ambiente como la riqueza en proteína.-

Student, (64), calculó que en la herencia de la grasa, entraban, por lo menos, de 20 a 40 genes y posiblemente, de 200 a 400.-

II. 7 CONSIDERACIONES SOBRE MEJORAMIENTO

El mejoramiento para germen más grande y producción de grano simultánea representa una producción extra de proteína y aceite que si solo se aumenta la producción.- El costo en energía para producir proteínas o moléculas de lípidos es más alto que para carbohidrátos.- Estos costos han sido estimados en plantas y son de 1 gramo de glucosa para producir 0.83 gramos de carbohidrátos, 0.40 gramos de proteína ó 0.33 gramos de lípidos.- Por lo que la producción extra de proteína requerirá un incremento en el nitrógeno absorbido por la planta. (3) Este argumento puede ser interpretado como un dilema de selección donde algunos componentes del grano deben ser sacrificados para favorecer a otros.- Esto requerirá, de una planta que produzca a un nivel óptimo de eficiencia en el aprovechamiento de energía y nitrógeno absorbido, lo cual depende de factores genéticos y ambientales.- Las variedades tropicales son notablemente ineficientes en este aprovechamiento, por lo que mejorando su eficiencia metabólica deber ser posible mejorar su calidad nutricional a la vez que el rendimiento.-

La eficiencia en la utilización de energía por la planta de maíz se puede inferir mediante el indce de cosecha (grano/forraje).- El indice de cosecha para maices tropicales ha sido reportado entre 0.26 -0.36, con producciones experimentales raramente arriba de 5 ton. de grano/Ha., mientras que materiales templados muestran indices de cosecha entre 0.50 - 0.60, con un potencial de rendimiento arriba de 9 Ton. de grano/Ha. (71).- Estos datos evidencian que el costo de energía de los maices tropicales es relativamente alto y que entre estos límites la eficiencia puede ser objeto de mejoramiento. (25, 26)

Investigaciones exploratorias actualmente conducidas en Chapingo, México,* seleccionando divergentemente para germen grande y pequeño y para alta producción en ambas subpoblaciones, contribuiran con información sobre la posibilidad de mejorar rendimiento y valor nutritivo de una población de maíz trópical con endospermo normal.- En un ciclo de selección divergente, el 13 % de familias puras con una proporción grande de germen/endospermo (G/E) y el 13 % con una población pequeña de G/E, fueron seleccionadas de 400 familias originales de Tuxpeño Planta Baja y recombinados.-

Resultados parciales muestran un 4.2 % de incremento de G/E en el grupo de germen grande y un 7.6 % de reducción en el grupo de germen pequeño.- El peso de grano/planta en la

selección de germen grande fue 84 .3 g., mientras que en la selección de germen pequeño fue de 69.4 g., sugiriendo una menor producción de grano en la última.- Estos resultados sugieren efectos no negativos en producción al seleccionar para alta proporción G/E, asumiendo que la producción por planta estima la producción de grano por hectárea.-

Selección visual para alta concentración G/E correlaciona bien con la actual proporción de peso, confirmando esto un reporte previo de Bjarnason y Pollmer. (4)

* GARCIA, M.A. Comunicación personal sobre su tésis de maestria, ENA, Chapingo, México. 1979.

III. HIPOTESIS:

En su utilización como alimento, el grano de maíz en nuestra región es consumido en forma completa; considerando que el endospermo es la estructura limitante en contra posición al germen en cuanto al valor nutritivo del grano entero, se plantea la hipótesis de que " AL AUMENTAR EL TAMAÑO RELATIVO DEL GERMEN EN EL GRANO ES POSIBLE AUMENTAR EL VALOR NUTRITIVO DEL MISMO, SIN LLEGAR A PERDER LAS CARACTERISTICAS FISICAS QUE HACEN ACEPTABLE EL GRANO PARA AGRICULTORES Y CONSUMIDORES".- Dentro de esta hipótesis general el presente trabajo se enmarca en la siguiente hipótesis especifica: "AL AUMENTAR LA PROPORCION RELATIVA DE GERMEN SOBRE EL 12 %, NIVEL PROMEDIO DE MAICES COMUNES, SE MEJORA LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL GRANO ENTERO COMO CONSECUENCIA DE UN INCREMENTO EN EL CONTENIDO DE PROTEINA TOTAL, GRASA Y LA ADECUACION DE LOS NIVELES DE LOS AMINOACIDOS LISINA Y TRIPTOFANO HASTA EL NIVEL EN QUE LOS AMINOACIDOS AZUFRADOS SE CONSTITUYAN COMO LIMITANTES".-

La hipótesis se basa en la posibilidad de modificar la relación germen/endospermo mediante selección fenotípica sin perjuicio del rendimiento.- El fundamento de esta posibilidad es que la función biológica del germen y del endospermo son diferentes y la constitución de sus proteinas está determinada por diferentes mecanismos genéticos.-

IV. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar química y nutricionalmente diferentes relaciones de germen/endospermo en el grano de maíz.

IV.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Caracterización de proteinas, grasa y aminoácidos del germen y endospermo de maíz y de muestras de maíz con diferentes relaciones germen/endospermo.-

2. Evaluación biológica del germen y endospermo del grano de maíz.

3. Evaluación biológica de dietas a base de maíz con diferentes relaciones de germen/endospermo.-

V. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo con las variedades de maíz Compuesto Blanco, se zona alta y la variedad ICTA B-1 de zona baja; ambas de grano color blanco.- El maíz ICTA B-1 presenta una proporción natural de 15 y 85 % de germen y endospermo respectivamente (23); la variedad Compuesto Blanco consta de 13 y 87 % de germen y endospermo respectivamente (23)

Parte del material anterior fue fraccionado manualmente con cuchillas sin la adición de agua ó remojo; separandose el germen y endospermo en cada grano.-

El endospermo fue molido en un pequeño molino de martillos con tamiz No. 40; se molió grano entero en las mismas condiciones.-

El germen obtenido, se fragmentó en una licuadora, ya que por su alto contenido de grasa no es posible utilizar un molino convencional.-

Para obtener las diferentes relaciones de G/E a estudiar se partió del grano completo y se agregó germen o endospermo, según se trató de simular las diferentes relaciones de G/E; dichas mezclas se homogenizaron, obteniendose asi lo que se denominó GRANO SINTETICO.-

TABLA No. 1 RELACIONES DE G/E ESTUDIADAS.

	% germen	% endospermo
Grano sintético 1	9	91
Grano sintético 2	12	88
Grano Natural (1)		
Grano sintético 3	18	82
Grano sintético 4	21	79
Grano sintético 5	24	76

(1) Grano natural para ICTA B-1: 15 % germen, 85 % endosp.
" " " Comp. Bco: 13 % " , 87 % "

El presente estudio se realizó en tres etapas; la primera etapa consitió en la caracterización química de los componentes del grano (germen, endospermo), asi como de diferentes relaciones de G/E.

El material estudiado, grano entero, endospermo, germen y las diferentes relaciones de G/E se analizarón para determinar su contenido de grasa (2), proteína (2), y los aminoácidos lisina, triptófano y metionina (2).

V.1 ENSAYOS BIOLOGICOS:

Para los ensayos biológicos se emplearon ratas de 21 dias, recien destetadas, de la raza wistar de la colonia del INCAP, utilizando seis animales por grupo.- Las ratas se distribuyeron según su peso inicial, de manera que el peso promedio de cada grupo no variara en más de un gramo con respecto a los otros grupos.-

Los animales se colocaron en jaulas individuales de tela metálica con fondo levantado y recibieron alimento y agua ad libitum durante diez días.-

La segunda etapa de este estudio consistió en la evaluación biológica de granos enteros de diversas variedades de maíz y de sus partes componentes (germen y endospermo).-

Para la presente etapa se realizaron ensayos que consistieron en dietas a base del amterial a evaluar; las dietas a base de grano entero y endospermo contenian 95 % del grano bajo estudio, 4 % de sales minerales (35); 1 % de aceite de bacalao y 5 mililitros de solución de vitaminas del complejo B (45), por cien gramos de dieta.- En el caso del germen, por su alto contenido de proteína fue necesario estandarizar las dietas a un 10 % de proteína.-

La tercera etapa, evaluación biológica de las diversas relaciones G/E de dos variedades de maíz, se efectuó con dietas en las que teniendo como variables el contenido de proteína y grasa, que son los parametros más afectados por la variación de la relación G/E, se estudió el efecto de esta variación a travez de diferentes combinaciones de la variables mencionadas.-

Como control se usó un grupo de dietas a base de caseína y un grupo con una dieta libre de nitrógeno, a base de almidon.

Esta etapa se subdividió de manera tal que la primera parte consistió en la evaluación biológica de dietas a base

de maíz con diferentes relaciones de G/E.-

Estas dietas no se estandarizaron para contenido de proteína ni grasa y consistieron de 95 % de maíz bajo estudio, 1 % de aceite de bacalao, 4 % de minerales y 5 Ml. de Sol. de vitaminas del complejo B.-

Se utilizó como referencia una dieta a base de caseína, con 10 % de proteína y 5 % de grasa.-

La segunda parte consistió en evaluar dietas a base de maíz con diferentes relaciones de G/E en las cuales el contenido de grasa se estandarizó a un 7.5 % para las dietas a base de maíz Compuesto Blanco y a 6.5 % para las dietas a base de ICTA B-1, dejando como única variable el contenido de proteína.-

Como control se uso una dieta a base de caseína con 10.4 % de proteína y 5.0 % de grasa.-

Una tercera parte consitió de dietas, tambien a base de los maices estudiados, en las cuales se estandarizó tanto el contenido de proteína como el de grasa.- El contenido de grasa y proteína de las dietas a base de maíz Compuesto Blanco se estandarizó a 7.0 % y 7.5 %; las dietas a base de maíz ICTA B-1 a 8.0 % y 6.5 % de proteína y grasa respectivamente.-

La cuarta parte de esta etapa se realizó con dietas a las cuales se les suplementó los aminoácidos lisina, triptófano y metionina.- La suplementación se realizó de manera que los aminoácidos se nivelaran con los contenidos más altos de las diferentes relaciones G/E; en el caso de la lisina y triptófano, la relación 24/76 y para metionina el de la relación 12/88.-

Para la variedad Compuesto Blanco los contenidos de aminoácidos se nivelaron a 4.0 g. de lisina, 0.9 g. de triptófano y 2.5 g. de metionina; las dietas a base de la variedad ICTA B-1 se suplementaron nivelando su contenido de lisina a 3.2 g, el triptófano a 0.9 g. y la metionina a 2.0 g., todos expresados en base a 100 gramos de proteína.

La última parte de esta etapa se basó en dietas isocalóricas é isoproteicas a base de maíz con 24/76 de G/E a las cuales se adicionó niveles de 0.1, 0.2, 0.3 y0.32 % de metionina.

A partir del alimento consumido, de la proteína ingerida, y del aumento de peso, se calculó la calidad nutritiva de la proteína en base a las razones conocidas como NPR y eficiencia del alimento.-

La calidad proteinica de las dietas fue evaluada utilizando los métodos de NPR (Razón Proteinica Neta) estandarizado y operativo.- La diferencia entre estos dos procedimientos consiste en que en el primer caso (NPR estandarizado) se establece un nivel fijo de proteína para las dietas; en cambio cuando se usa el NPR operativo, el contenido de proteína de las dietas varia de acuerdo a la cantidad de ese nutriente en los diferentes granos sintéticos estudiados.- El NPR es una medida de calidad equivalente al Indice de Eficiencia Proteinica ó PER.-

$$NPR = \frac{\text{Peso grupo Exp. - Peso grupo dieta libre } N_2}{\text{Proteína ingerida grupo Exp.}}$$

La eficiencia como alimento, de las dietas se cuantificó atravez de:

$$\text{Eficiencia del alimento} = \frac{\text{Alimento ingerido, g.}}{\text{Peso ganado, g.}}$$

Para evaluar las dietas bajo estudio, se hizo un análisis estadistico de los valores de NPR, incremento en peso y eficiencia del alimento de las dietas, usando para ello el diseño de Bloques al azar. (61)

VI. RESULTADOS Y DISCUSION:

La variedad Compuesto Blanco de 7.0 % de proteína y 4.1 % de grasa para el grano con 9/91 de G/E aumenta a 9.2 % y 7.6 % de proteína y grasa respectivamente para el grano con la relación 24/76; en la variedad ICTA B-1 de 8.1 % y 3.7 % para el grano con 9/91 de G/e aumenta a 9.1 % y 6.4 % de proteína y grasa respectivamente en el grano con la relación 24/76 (Cuadro 1)

Observandose en las dos variedades un aumento en el contenido de proteína y grasa, según aumenta la proporción de germen, lo cual nos indica que el efecto sobre el aumento de proteína y grasa en los granos sintéticos se debe al alto contenido de estos componentes en el germen.- El incremento energético en el maíz es importante como calorías y ácidos grasas esenciales al aumentarse los valores de grasas en el grano.-

La variedad Compuesto Blanco presenta valores más altos que la variedad ICTA B-1 en cuanto al contenido de aminoácidos lisina, triptófano y metionina.- Se observa tambien que el contenido de aminoácidos lisina y triptófano se incrementa en forma directamente proporcional al contenido de germen en la relación, mientras que el contenido de metionina disminuye según aumenta elgermen en el grano de maíz. (Cuadro 2).

Los valores más altos de NPR y % del valor de la caseína se obtuvieron con los germenes, en los que se observa una variación entre 65.7 % y 90.6 % del valor de la caseína.- Siendo el valor más alto el correspondiente al germen de la variedad Cuarenteño, 90.6 %, y el más bajo para la variedad Amarillo con un 65.7 % del valor de la caseína (Cuadro 3).

Los valores correspondientes a endospermos fueron los más bajos de las fracciones estudiadas, con un rango entre 40.9 % y 77.0 % del valor relativo a caseína.- El endospermo de la variedad opaco-2 presenta el valor más alto, 77.0 % y el más bajo, 40.9 % corresponde a la variedad Amarillo. (Cuadro 3)

Los valores relativos a caseína de NPR para grano entero, que oscilarón entre 42.5 % y 81.4 %, presentaron la misma distribución entre variedades que en el endoseprmo en lo referente al valor más alto y bajo. (Cuadro 3)

Por los resultados anteriores se puede notar que la proteína del endospermo es inferior en calidad a la del grano entero original y significativamente inferior a la del germen. Ahora bien, existe un caso, el del maíz con el gene opaco-2, en el cual el valor del endoseprmo es tan alto como el del grano entero y el germen. Este efecto se atribuye al alto contenido de los aminoácidos lisina y triptófano existentes en el mismo (8).- En la variedad Cuarenteño los valores relativamente más altos para grano entero y germen, se considera pueda deberse a la relación G/E existente en el grano, ya que en esta variedad el tamaño del grano es muy pequeño, lo cual puede afectar la relación existente favoreciendo a la proporción de germen.

El hecho de que esxista una gran variación en la calidad proteinica delgermen, sugiere que se podría seleccionar por calidad entre muestras de este tejido, además de seleccionar por tamaño y de esa manera incrementar aún más la calidad del grano.- Esta variabilidad en calidad del germen sugiere diferencias en el contenido de aminoácidos y posiblemente en el contenido de metionina.-

Para la Variedad Compuesto Blanco, el contenido de proteína de las dietas varió de 6.6 % a 8.7 % y el de grasa de 3.9 % a 7.2 %, aumentando según aumentaba la proporción de germen en la relación.- La eficiencia de utilización de la proteína del alimento, medida como NPR, se incrementa de 2.10, para la relación 9/91, a 3.24 para la relación 21/79; disminuyendo su valor, 3.01, para la dieta con la relación 24/76.- La ganancia en peso y la eficiencia del alimento presenta similar tendencia al NPR, ya que a partir de la relación 9/91, el valor se incrementa hasta la relación 21/79, disminuyendo para la relación 24/76. (Cuadro 4)

Para la variedad ICTA B-1, el mayor valor de NPR, 3.06, se obtuvo con la relación 21/76, presentandose valores de 1.97, 2.10, 2.45, 2.86, 3.06 y 2,79 para las relaciones 9/91, 12/88, GN, 18/82, 21/79 y 24/76.- La ganancia en peso de las dietas varió entre 2.76 g. y 10.4 g. siendo la mejor dieta la de la relación 24/76.- En lo relativo a eficiencia del alimento, la mejor se obtuvo para la dieta con 21/79, mejorando la eficiencia según aumenta la proporción de germen en la relación, hasta valores de 21 %, ya que para 24 % de germen la eficiencia disminuye. (Cuadro 5)

La caseína reportó un valor de NPR de 4.10; una ganancia en peso de 27.5 g. y una eficiencia de alimento de 3.14.-

Los resultados de los cuadros 4 y 5 indican que las mejores respuestas se obtuvieron enlas dietas con la relación 21/79.- Estos resultados indican la existencia de un factor limitante en las dietas, dicho factor limitante afecta el valor nutricional del grano, ya que la mayor cantidad de proteína y grasa en la dieta con la relación 24/76 no demostró mayor incremento en los indices estudiados. (Cuadros 4 y 5)

En el cuadro 6 se muestran los valores de proteína, NPR, ganancia en peso y eficiencia del alimento, para los maices de la variedad Compuesto Blanco, con diferentes relaciones de G/E en las que se estandarizó el contenido de grasa al 7.5 %.

Los valores de NPR aumentaron de 2.25 para la dieta con la relación 9/91, a 3.32 para la dieta con Grano Natural (GN).

La ganancia en peso se incrementó de 3.5 g. a 11.8 g. a partir de la dieta con 9/91 a la de 21/79, disminuyendo en la dieta con 24/76.-

La mejor eficiencia de alimento se obtuvo con la dieta de maíz con 21/79 de G/E.

Para las dietas de maíz ICTA B-1 en las que se estandarizó el contenido de grasa a 6.5 %, Cuadro 7, los valores de proteína fluctuaron de 7.4 % a 8.8 %, aumentando en relación directa al contenido de germen en el grano.- El mejor valor nutritivo (NPR), 2.92, se obtuvo en la dieta con la relación 18/82, observandose una disminución hacia la dieta de 24/76.- La mejor ganancia en peso, 11.0 g., se obtuvo en la dieta con maíz de 21 % de germen, asimismo, la mejor eficiencia, 8.7, se obtuvo con la misma dieta.-

Los valores de la dieta a base de caseína fueron 10.4 % de proteína, 4.20 para NPR, 34.3 g. y 2.77 para ganancia en peso y eficiencia de alimento respectivamente.-

Al dejar como única variable la cantidad de proteína en las dietas se observa nuevamente la existencia de un factor limitante en la calidad de la proteína, ya que a mayor incremento de proteína no se obtuvo una respuesta favorable.- Para

el caso de las dietas con maíz de la variedad Compuesto Blanco, el NPR más alto se obtuvo con el grano natural (GN), considerando que en este caso en particular, esto pueda deberse a un efecto de los niveles de grasa sobre la utilización de la proteína, lo cual hizó más eficiente su utilización al nivel del grano natural (GN); tambien para este caso en particular, convendria considerar la calidad de la grasa del germen que se aplicó; el germen al separarse del endospermo podría sufrir un efecto de oxidación de sus grasas, lo cual afectaría la calidad de la misma, revelandose esto en la respuesta obtenida en los valores de NPR, que si bien a partir de la dieta con maíz de 18/82 disminuye hacia la dieta con 24/76, no llega a tomar los valores de las dietas con menor relación que el GN.

Para las dietas a base de maíz Compuesto Blanco en las que la proteína se estandarizó a 7.0 % y la grasa a 7.5 %, (Cuadro 8) los valores de NPR obtenidos fluctuaron de 2.89 a 3.61; aumentando de la dieta con 12/88 hasta la dieta con 21/79, donde se inició un leve descenso.- La ganancia en peso aumentó de 9.17 g. a 15.0 g. en las dietas con 12/88 y 21/79 de G/E respectivamente.-

La eficiencia de alimento mejoró en forma proporcional al incremento de germen en la relación hasta el 21 %, ya que para la dieta con 12/88 fue de 7.86 y para la dieta con 21/79 de 4.96, disminuyendo su eficiencia en la dieta con 24/76.-

En el cuadro 9 se presentan los valores para la variedad ICTA B-1; en estas dietas la proteína se estandarizó a 8.0 % y la grasa a 6.5 %.-

Los valores de NPR, variarón entre 2.94 y 3.42, obteniendose el mayor para la dieta con la relación 18/82.-

La ganancia en peso, 14.0 g. correspondiente a la dieta con 18/82 de G/E fue el valor más alto; fluctuando los valores entre 9.0 y 14.0 g.-

La eficiencia de alimento, varió de 7.10, para la dieta con 12/88 a 5.24 para la dieta con 18/82, observandose una perdida en la eficiencia al aumentar la proporción de germen a más de 18 %.-

La dieta control de caseína fue estandarizada al 10 % de

proteína y 5 % de grasa, presentando un NPR de 4.84, una ganancia en peso de 26.67 g. y una eficiencia de alimento de 3.32.

Por los resultados anteriores puede confirmarse la presencia de un factor limitante en la calidad nutricional de la proteína que actua entre los valores de 18/82 y 21/79 de G/E.

De acuerdo al análisis de aminoácidos realizado a muestras de maíz con las diferentes relaciones (Cuadro 2), se considera que el factor limitante en estos granos podría ser el aminoácido azufrado, metionina.- Esto es sugerido por los valores bajos tanto de los granos con relación variable de G/E, asi como los valores del germen y endospermo solos.- La deficiencia de metionina en el germen ha sido reportada por otros autores, (Mertz, et al, 1960, Villasis, 1971).

En el cuadro 10 se presentan los NPR de dietas isocalóricas e isoproteicas a base de maíz Compuesto Blanco y suplementadas con los aminoácidos lisina, triptofano y metionina y un control sin suplementación de aminoácidos.- Se observa un incremento en los vabres de NPR de las dietas suplementadas en comparación con los valores del control sin suplementación.- El valor más alto para dietas suplementadas se obtuvo con la dieta con maíz de 15/85 de G/E + lisina, triptófano y metionina; mientras que en el grupo control, sin suplementación, el valor más alto fue en la dieta con 21/79.-

Las dietas isocalóricas e isoproteicas a base de la var. de maíz ICTA B-1 suplementadas con los aminoácidos lisina, triptófano y metionina y no suplementadas se presentan en el cuadro 11.- Al observar los resultados para esta variedad, el valor más alto, 3.15, en dietas suplementadas se obtuvo para el maíz grano natural + lisina y triptofano, mientras que el valor más alto para el control no suplementado fue para la dieta a base de maíz con 18/82 de G/E.- Los valores de NPR de las dietas suplementadas fueron relativamente más altos que para la dieta control no suplementada.-

Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por otros autores (41) en los cuales la suplementación con los aminoácidos lisina y triptofano incrementa el valor nutritivo de las dietas a base de maíz, ya que estos se presentan como los aminoácidos más limitantes en el grano.- Asimismo, esto se comprueba con los análisis de dichos aminoácidos para el germen y endospermo, donde se observa que el endospermo es de-

ficiente en lisina y triptófano y con valores altos de metionina, mientras que para el germen sus valores de lisina y triptófano son altos mientras que se observa una deficiencia en metionina, esto se considera como efecto del contenido de la fracción zeína, la cual es deficiente en lisina y carente de triptófano, mientras que su contenido de metionina es más alto que en el germen.-

Al nivelar el contenido de los aminoácidos lisina, triptófano y metionina a los valores más altos encontrados en las relaciones estudiadas, se considera que el balance de aminoácidos de los diferentes granos puede ser afectados por otro aminoácido, que aparece como limitante, posiblemente isoleucina, que sería el que afectaría el valor nutritivo de la proteína de los diferentes granos estudiados.-

En el cuadro 12 se presentan los resultados de dietas isocalóricas e isoproteícas a base de maíz con 24/76 de G/E, en las cuales se adicionó diferentes niveles de metionina.-

El valor más alto de NPR se observa al adicionar 0.3 % de metionina a la dieta.-

Considerando esta dieta como la más deficiente en metionina se observa que sí existe una respuesta positiva a la adición de metionina a la dieta, hasta cierto nivel donde la calidad de la dieta se ve afectada por otro factor limitante ajeno al contenido de metionina.-

La obtención de un grano natural con una alta calidad nutritiva es uno de los objetivos de los fitomejoradores y nutricionistas, para ello debe considerarse una serie de alternativas que lleven a la realización de este propósito.-

Al mejorar poblaciones de maíz, una de las caracteristicas más importantes a mejorar es el rendimiento de grano, tanto por planta como por unidad de área, el cual debe tomarse com primer criterio de selección.- Simultaneamente deberan seleccionarse los parámetros relacionados a la calidad del grano.- La selección de calidad en grano entero de poblaciones normales puede lograrse seleccionando dentro de la relación Germen/Endospermo, es decir, seleccionando dentro de un mismo tamaño de grano los germenes de mayor tamaño, bajo el supuesto, demostra-

do en este trabajo, de que el germen contiene una mayor cantidad relativa de aminoácidos esenciales que el endospermo, lo cual incrementa el valor nutritivo de un grano con una mayor proporción de germen.-

Al mejorar la calidad del grano por medio del incremento de la proporción de germen, se conservan todas las caracteristicas físicas del grano, lo cual no afecta la aceptabilidad del grano por los consumidores ni agricultores al no modificar la estructura del endospermo como sucede con los genes opaco-2 y harinoso-2; el rendimiento de campo no debe afectarse si se selecciona paralelamente con el de la relación germen/endospermo.-

VII. CONCLUCIONES

El contenido de proteína y grasa del maíz aumenta en relación directa a la mayor proporción de germen en los materiales y rangos estudiados.-

El valor nutritivo de la proteína del germen es mayor significativamente que el del grano entero y endospermo; con excepción del maíz con el gene opaco-2, en el cual el endospermo presenta valores más altos.-

El grano con la relación 21/79 de germen/endospermo presenta los mejores resultados según sus parámetros de calidad proteínica (NPR) y eficiencia como alimento.-

La relación de germen/endospermo óptima encontrada es consecuencia de la limitación presentada por el contenido de metionina, cuya proporción se reduce relativamente al aumentar el germen.-

Los aminoácidos lisina y triptófano, limitantes en el grano normal, no parecen afectar la calidad sino hasta relaciones mayores de 24/76 de germen/endospermo suplementado con metionina ó aminoácidos azufrados.-

VIII. RECOMENDACIONES:

Incorporar el concepto de la relación germen/endospermo en la selección que realizan los programas de mejoramiento de maíz, seleccionando por tamaño de germen como criterio posterior al rendimiento de grano.-

Evaluar la variación existente en calidad nutricional en germen, con el objeto de mejorar cualitativamente las selecciones de mayor tamaño de germen.-

Continuar estudios biológicos para identificar con mayor precisión los nuevos factores limitantes en los granos con alta relación germen/endospermo.-

Estudiar el efecto de las calorías sobre la utilización de la proteína a variables relaciones de germen/endospermo.-

BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, D.E., LAMBERT, R.J., DUDLEY, S.W. "Breeding maize for oil and protein". Lima, Perú. 1978. (Trabajo presentado en la VI Reunión de Maiceros de la Zona Andina).

2. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Washington, D.C., USA. Official Methods of analysis of the AOAC 9th Ed. Washington, D.C., USA 1960 532 p.

3. BATHIA, C.R., RABSON, R. Energetic considerations in cereal breeding for protein improvement. Science 194:1418, 1976.

4. BJARNASON, M., POLLMER, W.G. The maize germ, its role as a contributing factor to protein quantity and quality. Z. Pflanzenzuecht. 68:83, 1972.

5. BLOCK, R.J., MITCHELL, H.H. The correlation of the amino acids composition of proteins with their nutritive values. Nutr. Abst. and Rev. 16:249-278, 1946

6. BOAS-FIXSEN, M.A., HUTCHINSON, J.C.D., JACKSON, H.M. The biological values of proteins. IV The comparative biological values of the proteins of whole wheat, whole maize and maize gluten measured by the growth of young rats. Biochem. J. 28:592-601, 1930.

7. BRESSANI, R., ELIAS, L.G., SANTOS, M., DELIA NAVARRETE, SCRIMSHAW, N.S. El contenido de nitrógeno y de aminoácidos esenciales de diversas selecciones de maíz. Arch. Venez. Nutr. 10:85-100, 1960.

8. _____. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. En: Mejoramiento nutricional del maíz. Guatemala, INCAP. 1972. 36-45 pp.

9. BRUNSON, A.M., ESRLE, F.R., CURTIS, J.J. Interrelations among factors influencing the oil content of corn. J. Am. Soc. Agron. 40:180, 1948.

10. CABEL, C.A., ELLIS, N.R. The vitamin E content of certain varieties of wheat, corn and legumes as determined by rat assay. J. Nutr. 23:633-644, 1942.

11. CHATFIELD, C. Food composition tables for international use; Estudios de Nutrición No. 3. Washington, USA, FAO, 1949, 56 p.

12. DOBINS, F.A., Et al. Comparison of high and low protein corn for growing-fattening pigs in dry lot. J. Anim. Sci. 9:625-633, 1950.

13. DUDLEY, J.W., LAMBERT, R.J. ALEXANDER, D.E. "Seventy generations of selection for oil and protein concentration in the maize kernel". Dudley, J.W. Ed. Crop. Sci. Society of America, 1974 181 p.

14. DUNKER, C.F., et al. Stability of vitamin C in sweet corn to shipping, freezing and canning. Food Research, 2:41-50, 1937.

15. DUTRA DE OLIVEIRA, J.E., DE SOUZA, N. "El valor nutritivo de productos de la molienda de maíz, de la suplementación con aminoácidos y de mezclas de maíz común y de opaco-2". En: Mejoramiento Nutricional del Maíz, Guatemala, INCAP, 1972, 209 p.

16. EARLE, F.R., CURTIS, J.J., HUBBARD, J.E. Composition of the components parts of the corn kernels. Cereal Chem. 23:504, 1964.

17. EAST, E.M., Jones, A.F. Genetic studies on the protein of maize. Genetics, 5:543, 1920.

18. ELIAS, L.G. "Utilización de suproductos de trigo y de maíz en la elaboración de alimentos ricos en proteína". En: Recursos Proteínicos en América Latina. Guatemala, INCAP, 1971, 396 p.

19. FAO. El maíz en la alimentción, estudio sobre su valor nutritivo. Roma, Italia, FAO. 1954. 100 p.

20. FREY, K.J., BRIMHALL, B., SPRAGUE, G.F. The effect of selection upon protein quality in the corn kernel. Agron. J. 41:399, 1949.

21. _____. The inheritance of proteins and certain of its components in maize. Agron. J. 41:113-117, 1949.

22. _____. The interrelationships of proteins and amino acids in corn. Cereal Chem., 28:123-132, 1951.

23. GARCIA, A., CONDE, A., BRESSANI, R., POEY, F.R. Kernel characteristics and measurement of the germ-endosperm ratio in maize. Los Angeles, USA. Agronomy Abstracts. 1977, 115 p.

24. _____, POEY, F.R., BRESSANI, R. "Avances en el estudio del valor biológico del grano de maíz con variables proporciones de germen-endospermo". San Salvador, El Salvador, PCCMCA. 1978 (Trabajo presentado en la XXIV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador 1978).

25. GOLDSWORTHY, P.R., COLGROVE, M.L. Growth and yield of highland maize in Mexico. J. Agric. Sci. 83:213, 1974.

26. _____, PALMER, A.E., SPERLING, D.W. Growth and yield of lowland tropical maize in México. J. Agric. Sci. 83:223, 1974

27. GOMEZ, R., et al. Relaciones entre algunas característica físicas, químicas y nutricionales de maíces latinoamericanos normales y con el gene opaco-2 y harinoso-2. Turrialba 23: 462-470, 1973.

28. HALIM, A.H., WASSON, E.E., MITCHELL, A.L. Trypsin inhibitor in corn (Zea mays L.) as influenced by genotypes and moisture stress. Crop Sci. 13:405, 1973.

29. HAMILTON, T.S. "Nutritive value of corn proteins". Hybrid seed corn industry-research. 3:96, 1948.

30. _____, HAMILTON, B.C., et al. The dependence of the physical and chemical composition of the corn kernel on soil fertility and cropping system. Cereal Chem. 28:163-176, 1951.

31. HANSEN, D.W., BRIMHALL, B., SPRAGUE, G.F. Relationship of zein to the total protein in corn. Cereal Chem. 23:329-335, 1946

32. HAYES, H.K., GARBER, R.J. Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. J. Am. Soc. Agron. 11:309-318, 1919.

33. _____. Production of high protein in maize by mendelian methods. Genet. 7:237-257, 1922.

34. HEATHCOTE, J.G., HINTON, J.J., SHAW, B. The distribution of nicotinic acid in wheat and maize. Proc. Roy. Soc. 139: 276-287, 1952.

35. HEGSTED, D.M., et al. Choline in the nutrition of chiks. J. Biol. Chem. 138:459-466, 1941.

36. HOPKINS, C.G., SMITH, L.H., EAST, E.M. "The structure of the corn kernel and the composition of its different parts". Crop Science Society of America. No. 33: 145, 1974.

37. HOVE, E.L., CARPENTER, E., HARREL, C.G. The nutritive quality of some plant proteins and the suplemental effect of some proteins concentrates on patent flour and whole wheat. Cereal Chem. 22:287-295, 1945

38. HUNTER, J.E. What corn quality means to the feed mexer. Am. Seed Trade Assoc. Hybrid Corn Div. Indust-Res. 1:34-36, 1947.

39. INGLETT, G.E. Corn; culture, processing, products. Ed. G.E. Inglett, Westport, Conn. USA. The publishing AVI Co. Inc. 1970 368 p.

40. INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Guatemala, INCAP pp 25-30, 1969

41. _____. Mejoramiento Nutricional del Maíz. Guatemala, INCAP 325 pp, 1972

42. JOHNSON, V.A., MATTERN, P.J., SCHMIDT, J.W. "Genetic studies of wheat protein". Symposium seed proteins. Avi. Westport, USA, 1972. 126 p.

43. JOHNSON, E.C., VASAL, S.K. "Estudios para el mejoramiento del índice de proteína en maíz" Simposium Desarrollo y Utilización de maíces de alto valor nutritivo. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, ENA, 1973 113 p.

44. JULIANO, B.O., BEACHELL, H.M. "Status of rice improvement". High quality protein in Maize. Dowden, Hutchinson and Russ. Stroudsburg, USA, 1975. 457 p.

45. MANNA, L., HANGE, S.M. A possible relationship of vitamin B_{13} to orotic acid. J. Biol. Chem. 202:56, 1953.

46. MATTERN, P.J., et al. "Status of protein improvement on wheat". High quality protein in maize. Dowden, Hutchinson and Russ, Stroudsburg, USA, 1975. 387 p.

47. MERTZ, E.T., et al. Better protein quality in maize. Adv. Chem. 57:228, 1966.

48. MIDDLETON, G.K., BODE, C.E., BAYLES, B.B. A comparison of the quality and quantity of protein in certain varieties of soft wheat. Agron. J. 46:500, 1954.

49. MILLER, R.C., et al. Amino acids in high and low protein corn. Science, 112:57-58, 1950.

50. MITCHELL, H.H., BEADLES, J.R. Corn germ, a valuable protein food. Science 99:129-130, 1944.

51. _____, HAMILTON, T.S. The relationship between the protein content of corn and the nutritional value of the protein. J. Nutr. 48:461-476, 1952.

52. MORAN, T.T., SUMMERS, J.D., et al. Heat processing of wheat germ meal and its effect on utilization and protein quality for the growing chick. Cereal Chem. 45:304, 1968.

53. NELSON, O.E., MERTZ, E.T., BATES, L.S. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. Science, 150:965, 1949.

54. NORDSTROM, J.W., BEHRENDS, B.R., HEADE, R.J. Effects of feeding high oil corns to growing finishing swine. J. Anim. Sci. 35:357, 1956.

55. OSBORNE, T.B., MENDEL, L.B. Nutritive properties of protein of the maize kernel. J. Biol. Chem., 18:16, 1914.

56. POEY, F. Desarrollo y utilización del maíz con los genes opaco-2 y harinos-2. En: Recursos Proteínicos de América Latina. Guatemala, INCAP. pp 259-267, 1970.

57. _____. El mejoramiento integral del maíz. Tesis (Ph.D.) México, Chapingo, Colegio de Postgraduados, ENA, 1975 86 p.

58. SCHNEIDER, E.O., et al. Nitrogen fractions of the components parts of the corn kernel as affected by selection and soil' nitrogen. Agron. Jour., 44:161, 1952.

59. SCHICKEL, D.J., CLARK, W.L. "Status of protein quality improvement in oats". High quality protein in Maize. Dowden, Hutchinson and Russ. Stroudsburg, USA 1975 400 p.

60. SHOWLATER, M.F., CARR, R.H. Characteristics proteins in high and low protein corn. J. Am. Chem. Soc., 44:2019-2023, 1922.

61. SNEDECOR, G.W., COCHRAM, W. Métodos estadísticos. Ed. en español de 1a 6a. en inglés. Traducido por: J.A. Reinosa. México, D.F. Compañía Editorial Continental. 1971. 703 p.

62. SPRAGUE, G.F., BRIMHALL, B. Quantitative inheritance of oil in the corn kernel. Agron. J. 42:83-88, 1949.

63. _____. Relative effectiveness of two system of selection for oil content of the corn kernel. Agron. J. 43:83-88, 1950.

64. STUDENT, A. Calculation of the minimum numbers of genes in Winter's selection experiment. Ann. Eugen. London, 6:77, 1934.

65. SURE, B., HOUSE, E. The relative biological value of the protein in cereal grains. J. Nutr. 31:593-600, 1948.

66. SWARTZ, M.J., et al. Isolation and characterization of trypsin inhibitor from opaque-2 corn seeds. J. Biol. Chem. 252:8105 1977.

67. TERRIL, S.W., et al. Value of low and high fat corns for fattening hogs. J. Anim. Scie. 10:902, 1951.

68. VAN DUYNE, F.O., et al. Ascorbic acid content of freshly harvested vegetables. J. Amer. Dietet. Assoc. 21:153-154, 1945.

69. WOODWORTH, C.M., JUGENHEIMER, R.W. Breeding and genetics of high protein corn. Am. Seed Trade. Assoc. Hybrid Corn Div. Indus-Res. 8:75-83, 1949.

70. _____, LENG, R.W., JUGENHEIMER, R.W. Fifty generations of selection for protein and oil corn. Agron. J. 44:60-65, 1952.

71. YAMAGUCHI, J. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. Soil Sci. Plant Nutr., 20:145, 1974.

CUADRO No. 1

CONTENIDO DE PROTEINA Y GRASA EN DOS VARIEDADES DE MAIZ CON DIFERENTES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO

	% Proteína		% Grasa	
	C.B.	I.B.-1	C.B.	I.B-1
Germen	16.4	18.0	25.0	22.0
Endospermo	7.0	6.7	2.3	2.0
9/91	7.0	8.1	4.1	3.7
12 /88	7.4	8.4	4.8	4.1
GN	8.0	8.4	5.2	5.0
18/82	8.4	8.7	6.2	5.7
21/79	9.0	9.0	6.8	5.7
24/76	9.2	9.1	7.6	6.4

C.B. = Compuesto blanco

I.B-1 = ICTA B-1

CUADRO No. 2

CONTENIDO DE LISINA, TRIPTOFANO Y METIONINA EN DOS VARIEDADES DE MAIZ CON DIFERENTES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO (1)

	Lisina		Triptofano		Metionina	
	C.B.	I.B-1	C.B.	I.B-1	C.B.	I.B-1
Germen	6.5	5.6	1.8	1.6	1.0	1.0
Endospermo	2.3	2.0	0.6	0.5	2.2	2.0
12/88	2.2	1.7	0.6	0.5	2.5	2.0
GN	2.9	2.4	0.8	0.7	2.2	2.0
18/82	3.4	2.6	0.9	0.7	1.9	1.8
21/79	3.5	2.7	0.9	0.7	1.7	1.5
24/76	4.0	3.2	0.9	0.9	1.5	1.4

(1) Expresado como gAA/100 g de proteína

C.B. Compuesto balnco

I.B-1 ICTA B-1

CUADRO No. 3

EVALUACION BIOLOGICA DE GRANO ENTERO, GERMEN Y ENDOSPERMO DE MAICES DE GUATEMALA

	Variedades							
	Amarillo		Azotea		Cuarenteño		Opaco-2	
	NPR	%caseína	NPR	%caseína	NPR	%caseína	NPR	%caseína
Grano entero	2.18	42.5	1.88	44.3	2.65	65.4	4.11	81.4
Germen	3.37	65.7	3.41	80.4	3.67	90.6	4.32	85.5
Endospermo	2.10	40.9	1.78	42.0	1.88	46.4	3.89	77.0
Caseina	5.13	100.0	4.24	100.0	4.05	100.0	5.05	100.0

CUADRO No. 4

EFICIENCIA DE UTILIZACION DEL ALIMENTO, MEDIDA COMO NPR, GANANCIA EN PESO Y EFICIENCIA DE ALIMENTO DE DIETAS QUE CONTIENEN MAIZ COMPUESTO BLANCO CON VARIABLES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO (1)

G/E	Proteína %	Grasa %	NPR	Ganancia en peso, g	Eficiencia del alimento
9/91	6.6	3.9	2.10	3.0	20.16
12/88	7.0	4.6	2.27	3.8	17.18
G/N	7.6	4.9	2.87	6.5	10.30
18/82	8.0	5.9	3.09	10.2	7.92
21/79	8.6	6.5	3.24	11.7	6.98
24/76	8.7	7.2	3.01	9.4	8.22
Caseina	10.0	5.0	4.10	27.5	3.14

(1) Dietas no estandarizadas para contenido de grasa ni proteína.

CUADRO No. 5

EFICIENCIA DE UTILIZACION DEL ALIMENTO, MEDIDA COMO NPR, GANANCIA EN PESO Y EFICIENCIA DEL ALIMENTO DE DIETAS QUE CONTIENEN MAIZ ICTA B-1 CON VARIABLES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO[1]

G/E	Proteína %	Grasa	NPR	Ganancia en peso, g	Eficiencia del alimento
9/91	7.7	3.5	1.97	2.76	23.5
12 /88	8.0	3.9	2.10	3.00	19.4
G/N	8.0	4.8	2.45	5.50	15.9
18/82	8.3	5.4	2.86	8.7	11.2
21/79	8.6	5.4	3.06	10.4	8.8
24/76	8.6	6.1	2.79	9.7	9.4
Caseina	10.0	5.0	4.10	27.5	3.14

1 Dietas no estandarizas para contenido de aceite ni proteínas.

CUADRO No. 6

VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA, MEDIDO COMO NPR, GANANCIA EN PESO Y EFICIENCIA DE ALIMENTO PARA DIETAS CON MAIZ COMPUESTO BLANCO CON VARIABLES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO[1]

G/E	Proteína %	NPR	Ganancia en peso, g	Eficiencia del alimento
9/91	7.6	2.25	3.5	21.77
12/88	7.9	2.76	6.3	11.51
GN	7.8	3.32	10.0	7.53
18/82	8.1	2.98	11.0	7.71
21/79	8.4	2.96	11.8	7.25
24/76	8.9	2.90	11.3	7.56
Caseína	10.4	4.20	34.3	2.77

1 Dietas isocalóricas, con variable contenido de proteína

Grasa estandarizada a 7.5%.

CUADRO No. 7

VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA, MEDIDO POR NPR, GANANCIA EN PESO Y EFICIENCIA DE ALIMENTO PARA DIETAS CON MAIZ ICTA B-1 CON VARIABLES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO[1]

G/E	Proteína %	NPR	Ganancia en peso, g	Eficiencia del alimento
9 /91	7.4	2.16	3.2	22.0
12/88	7.8	2.39	5.2	18.5
GN	7.9	2.68	8.6	11.6
18/82	8.3	2.92	10.5	10.3
21/79	8.6	2.78	11.0	8.7
24/76	8.8	2.64	10.1	9.34
Caseína	10.4	4.20	34.3	2.77

1 Dietas isocalóricas, con variable contenido de proteína.

Grasa estandarizada a 6.5%

CUADRO No. 8

EFICIENCIA DE UTILIZACION DE PROTEINA, MEDIDA COMO NPR, INCREMENTO DE PESO Y EFICIENCIA DE ALIMENTO PARA DIETAS CON MAIZ COMPUESTO BLANCO CON DIFERENTES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO[1]

G/E	NPR	Ganancia en peso, g	Eficiencia de alimento
12/88	2.89	9.17	7.86
GN	3.06	9.17	5.83
18/82	3.56	11.50	6.08
21/79	3.61	15.00	4.96
24/76	3.37	13.50	5.78
Caseína	4.84	26.67	3.32

1 Dietas isocalóricas e isoproteícas

Proteína en dieta = 7.0%

Grasa en dieta = 7.5%

CUADRO No. 9

EFICIENCIA DE UTILIZACION DE PROTEINA, MEDIDA COMO NPR, INCREMENTO EN PESO Y EFICIENCIA DE ALIMENTO PARA DIETAS CON MAIZ DE LA VARIEDAD ICTA B-1 CON DIFERENTES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO[1]

G/E	NPR	Ganancia en peso, g	Eficiencia de alimento
12/88	2.94	9.00	7.10
GN	3.30	10.17	5.98
18/82	3.42	14.00	5.24
21/79	3.35	12.00	5.69
24/76	2.89	9.00	6.35
Caseína	4.84	26.67	3.32

1 Dietas isocalóricas e isoproteícas
Proteína en dieta = 8.0%
Grasa en dieta = 6.5%

CUADRO No. 10

VALORES DE NPR AL SUPLEMENTAR CON LISINA, TRIPTOFANO Y METIONINA DIETAS DE MAIZ COMPUESTO BLANCO CON VARIABLES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO[1]

G/E	NPR Suplementado	NPR Sin suplementación
GN + Lis. y Trip.	3.78	2.35
15/85 + Lis, Triptofano Metionina	3.89	2.76
18/82 + Lisina, Triptofano y Metionina	3.30	3.17
21/79 + Lisina, Triptofano y Metionina	3.12	3.28
24/76 + Metionina	3.18	2.79
Caseína		3.94

1 Dietas isocalóricas e isoproteícas

CUADRO No. 11

VALORES DE NPR AL SUPLEMENTAR CON LISINA, TRIPTOFANO Y METIONINA DIETAS CON MAIZ ICTA B-1 CON VARIABLES RELACIONES DE GERMEN/ENDOSPERMO[1]

G/E	NPR Suplementado	NPR Sin suplementación
GN + Lisina y Triptofano	3.15	1.84
GN + Lisina, Triptofano y Metionina	2.97	2.30
18/82 + Lisina, Triptofano y Metionina	2.97	2.55
21/79 + Lisina, Triptofano y Metionina	2.92	2.50
24/76 + Metionina	2.73	2.31
Caseína		4.17

1 Dietas isocalóricas e isoproteícas

CUADRO No. 12

EFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE METIONINA A DIETAS DE MAIZ COMPUESTO BLANCO CON UNA RELACION DE GERMEN /ENDOSPERMO DE 24/76, MEDIDO COMO NPR

Suplementación de metionina, % agregado	NPR
0	2.79
0.10	2.82
0.20	3.05
0.30	3.22
0.32	3.18

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA
Ciudad Universitaria, Zona 12.
Apartado Postal No. 1545
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

"IMPRIMASE"

Dr. Antonio A. Sandoval S.
D E C A N O

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS - FACULTAD DE AGRONOMIA
DECANO