

EL POTENCIAL DEL MAIZ DE ALTO VALOR NUTRITIVO EN PRODUCCION ANIMAL¹

Ricardo Bressani² y Alejandro Fuentes³

Publicación INCAP CE/012

INTRODUCCION

El maíz ha jugado un importante papel en alimentación humana y animal desde que el cereal principió a producirse en las épocas de las civilizaciones Maya y Azteca del Continente Latino Americano. Desde entonces a la fecha, el maíz continúa siendo un importante cereal y sus aplicaciones han trascendido su uso como alimento y ha encontrado lugares de gran significado económico como materia prima agroindustrial.

Con el objetivo de mejorar la calidad nutritiva de un ingrediente tan importante como es el maíz en las formulaciones para producción animal, se encontró en primera instancia, que este cereal al igual que los otros, contiene una proteína deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano. Además se estableció que su proteína contiene excesos del aminoácido leucina, que interfiere con la utilización biológica de la isoleucina y probablemente treonina.

En 1952 se inició un programa de investigación en la Universidad de Purdue bajo la dirección del Dr. E. T. Mertz cuyo objetivo fue el de buscar selecciones de maíz con mayor y estable contenido de lisina, ya que para esa época se sabía que había una variación genética natural en el contenido de ese aminoácido entre variedades de maíz. En 1962 el Dr. Mertz informó que de hecho se había encontrado un maíz conocido como opaco-2 que tenía un valor nutritivo de su proteína significativamente superior al maíz común. Este hallazgo dio origen a un programa de investigación a nivel mundial que todavía continúa para desarrollar maíces de alto valor nutritivo, de alto rendimiento, estables y que llenaran las características de uso necesarias en la industria y en alimentación humana y animal, que ha culminado en adelantos

¹ Presentado en el Congreso Latino Americano de Fabricantes de Alimentos Balanceados (ALAFAB), llevado a cabo en Guatemala del 5 al 7 de noviembre de 1992

² Consultor en Ciencias Agrícolas, de Alimentos y Nutrición. Investigador Universidad del Valle de Guatemala.

³ Ex-Coordinador del Programa de Maíz, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Bárcena, Guatemala.

significativos. De particular interés es el programa realizado en Guatemala por el ICTA en colaboración con CIMMYT y el INCAP, que culminó con el desarrollo de la variedad de QPM conocida como NUTRICTA.

¿Qué es el Maíz de Alto Valor Nutritivo?

La cantidad de proteína en el grano de maíz puede variar comúnmente entre 7 a 12% en base seca, sin embargo, el contenido de aminoácidos esenciales expresados en base a g/100g de A.A. de proteína es muy parecido entre variedades, como se ilustra en el Cuadro 1. En base al patrón de referencia de aminoácidos de FAO, se puede notar que la proteína del maíz es deficiente en los aminoácidos lisina y triptofano con niveles altos de leucina. Estas deficiencias se han confirmado en repetidas ocasiones a través de estudios de suplementación con esos aminoácidos como se indica en el Cuadro 2. La adición de 0.30 de lisina y la de 0.10 de triptofano incrementa significativamente la calidad de la proteína del maíz, cuando se agregan juntos, no así cuando se agregan en forma individual. La digestibilidad de la proteína es similar con o sin los suplementos de los dos aminoácidos.

La razón fundamental que explican las deficiencias de estos aminoácidos esenciales, así como el exceso de leucina, se debe a la distribución de las diferentes clases de proteína en el grano de maíz. Como lo indica el Cuadro 3 las proteínas del maíz se pueden clasificar en cuatro grupos que son: las albúminas, las globulinas, las prolaminas y las glutelinas. La fracción proteínica más abundante en el maíz es la prolamina, representando alrededor del 50% de las proteínas totales del grano. El análisis de aminoácidos en estas cuatro proteínas ya aisladas, ha demostrado, como se indica en el Cuadro 4, que las prolaminas son proteínas deficientes en lisina y triptofano con excesos de leucina. Este resultado más el hecho de que las prolaminas son las más abundantes en el grano de maíz, explican por qué la proteína del maíz es deficiente en lisina y triptofano y contiene excesos de leucina. Asimismo, maíces con menor contenido de prolaminas consecuentemente, contienen más lisina y triptofano, lo que explica la variabilidad reportada en el contenido de estos aminoácidos en la proteína del maíz.

En la búsqueda de maíces con mayor contenido de lisina y triptofano, se analizaron un gran número de muestras, incluyendo unas variedades con el gene opaco-2. Este gene utilizado como marcador genético en fitomejoramiento le da una característica harinosa al grano de maíz. De los estudios químicos de selección se encontró que los granos con el marcador

genético opaco-2, contenían cantidades significativamente mayores de lisina y triptofano que los maíces sin el marcador genético. El siguiente paso informado por Mertz y col. fue una demostración biológica que indicó sin lugar a dudas, que los maíces con el gene opaco-2 tienen una calidad proteínica significativamente superior a los maíces comunes, como se indica en el Cuadro 5 de datos de varios investigadores. La explicación de este hallazgo fue luego desarrollada y básicamente consiste en que los maíces con el gene marcador opaco-2 contienen un poco menos de la mitad de prolaminas (15-20%) que la de los maíces comunes con 45-55% de prolaminas, como se indica en el Cuadro 6. El gene Opaco-2 bloquea la síntesis de las prolaminas, explicando su bajo contenido en maíces que contienen este gene.

A los maíces originales con el gene opaco-2 se les llamó Opaco-2 y fueron útiles para demostrar su alto valor biológico en animales y seres humanos. Desafortunadamente lo ganado en calidad nutritiva se perdió en rendimiento, en resistencia a insectos y en pobres cualidades de procesamiento. Sin embargo, la investigación fitogenética realizada en CIMMYT permitió desarrollar granos de maíz con el gene opaco-2 pero con un endosperma cristalino duro, lo que permitió corregir las deficiencias agronómicas y los problemas de postcosecha. A estos maíces se les dió el nombre de QPM o maíces de calidad proteínica. Estos maíces fueron desarrollados en Guatemala por ICTA y se les conoce bajo el nombre de NUTRICTA. Hoy día ya se dispone de híbridos mejorando de esa manera las características de producción. Con el uso de la biotecnología, se espera en un futuro próximo, maíces de alto valor nutritivo producidos no por un cambio en la distribución de las cuatro proteínas indicadas, sino por cambios en la propia estructura de las proteínas. En la transformación genética de un maíz opaco-2 a un maíz QPM, hubo sin embargo, algunas pérdidas en el contenido de lisina, en particular. El Cuadro 7 resume información reciente al respecto. Con la excepción de lisina que está más alta, y de leucina que está un poco más baja en el maíz opaco-2 que en el QPM, el contenido de los otros aminoácidos esenciales es similar, y en los dos casos, superior al contenido en el maíz común.

Producción de NUTRICTA en Guatemala

Después de una serie de trabajos de recombinación y selección iniciados en Guatemala en 1956, se obtuvo en 1983 la variedad de QPM denominado NUTRICTA cuyo rendimiento fue de 5528 kilos por hectárea, promedio de 85 parcelas de más o menos media hectárea cada una,

contra un rendimiento de 4938 kilos por hectárea de su versión normal ICTA-B1, como se muestra en el Cuadro 8. La dureza del grano fue de 2.3 que es comparable a los maíces duros.

Estas parcelas se distribuyeron en el Departamento de Baja Verapaz en una extensión de 80 kilómetros, produciendo mazorcas más o menos semejantes entre NUTRICTA y B-1 por lo que los agricultores de esa región manifestaron su deseo de sembrarlo.

Con estos resultados y un mayor conocimiento de los efectos agronómicos y genéticos del gene Opaco-2, se revisó la metodología del mejoramiento del QPM, a fin de proporcionar a los agricultores una variedad de maíz de grano normal, estableciéndose dentro de la metodología el uso de genes modificadores para lograr una mayor dureza del grano, aprovechando el peso específico del mismo.

Para contar con una mayor información sobre la adaptabilidad del NUTRICTA en la zona tropical de Guatemala, en 1984 fue incluido para su evaluación en un ensayo uniforme de 30 materiales entre variedades e híbridos comerciales blancos nacionales y transnacionales en seis localidades, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 9.

De los resultados de este estudio se pudo observar lo siguiente:

1. NUTRICTA ocupó el 14 lugar de los 30 materiales estudiados, los cuales dieron un rendimiento promedio que varió de 3 a 50 kilos por hectárea.
2. NUTRICTA superó en rendimiento a 16 materiales entre variedades e híbridos comerciales de ICTA, entre ellos la variedad comercial actualmente muy difundida en Guatemala B-1 que es su versión normal y a 8 híbridos de casas comerciales nacionales y transnacionales.
3. NUTRICTA rindió 15% menos que el mejor híbrido comercial ampliamente difundido en Guatemala el ICTA HB-83.

En conclusión, se puede informar que se cuenta con información valiosa sobre las grandes posibilidades de NUTRICTA en la alimentación animal y es necesario reactivar la producción de semilla básica por parte de ICTA, para producir a nivel comercial, los

requerimientos de NUTRICTA para la agroindustria nacional. El valor nutritivo del NUTRICTA ha sido establecido varias veces con resultados similares a los QPM desarrollados en el CIMMYT y con otras instituciones.

Valor Nutritivo del maíz Opaco-2 y del QPM

Como ya fuera mencionado, el maíz opaco-2 contiene niveles de lisina y triptofano mayores que los del maíz común así como niveles menores de leucina. Aunque su mejor valor nutricional usado solo en las dietas, ha sido demostrado, lo importante es conocer su valor nutritivo en dietas mixtas. Un estudio al respecto se resume en el Cuadro 10. Como se puede observar una mezcla de 58 partes de maíz y 38 partes de harina de algodón, dio mejor valor nutritivo aquella con el maíz Opaco-2, que cuando fuera maíz común. La razón es que la proteína de la harina del algodón es deficiente en lisina, la cual es proporcionada por el maíz opaco-2 en la mezcla. Sin embargo, al utilizar 58% de maíz y 38% de harina de soya, no hubo una diferencia en la respuesta biológica observada entre las dos clases de maíz. Como es bien sabido, esto se explica a través del alto contenido de lisina en la proteína de la soya. Finalmente, al usar 58% de maíz, 19% de soya y 19% de harina de algodón, el valor nutritivo es superior con Opaco-2 que con maíz común. En este caso no solo lisina juega un papel, sino también la metionina, la cual se encuentra en niveles relativamente altos en las harinas de algodón.

El papel de la presencia de un alimento rico en lisina con el maíz QPM sobre la calidad de la proteína se puede observar en la Figura 1. En este estudio usando ratas como animal experimental, el maíz común y el QPM se ofrecieron solos o con diversas cantidades de harina de soya. La línea inferior es la respuesta al maíz común y la superior es la respuesta al QPM. En los dos casos la respuesta aumenta conjuntamente con el incremento en soya a un punto máximo igual para los dos tipos de maíz. Lo interesante además de lo anterior, es la diferencia entre maíces en cada nivel de soya. Esta diferencia fue máxima cuando no había soya y ninguna en el punto máximo de respuesta. En otra forma, cuando la harina de soya aporta más del 30% de la proteína de la dieta, desaparece el efecto del maíz QPM.

Resultados de Alimentación en Cerdos con Sólo Maíz

El Cuadro 11 resume información de un estudio en el que se utilizó solo maíz, para alimentar a los cerdos. Para esto, se utilizó un grupo control con 16% de proteína cruda

y un nivel alto (28.95%). En iniciación no hubo diferencia entre el maíz común y el QPM ni en aumento en peso ni en eficiencia de alimentación. Sin embargo, en finalización con dietas con 10.80% y 13.80% de harina de soya, respectivamente el QPM dio mejores aumentos en peso y eficiencia alimentaria que el maíz común con el nivel bajo de harina de soya. Los autores de este trabajos indicaron que cuando el nivel de lisina en la dieta es adecuado es difícil detectar diferencias nutricionales entre el QPM y el maíz común. Asimismo, concluyeron que en dietas con QPM se requiere menor cantidad de harina de soya suplementaria que cuando se utiliza maíz común. Por consiguiente, desde el punto de vista económico la porcicultura nacional podría beneficiarse significativamente haciendo uso de un maíz como el NUTRICTA, de alto valor nutritivo.

Bibliografía

1. BRESSANI, R., & E.T. MERTZ. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of differenc corn varieties. *Cereal Chem.* 35:227-235, 1958.
2. BRESSANI, R., L.G. ELIAS, & J.E. BRAHAM. Suplementación con aminoácidos del maíz y de la tortilla. *Arch. Lat. Amer. Nutr.* 18:123-134, 1968.
3. LANDRY, J. & T. MOUREAUX. Distribution and amino acid composition of protein groups located in different histological parts of maize grain. *J. Agr. Food Chem.* 28:1186-1191, 1980.
4. MERTZ, E.T., L.J. BATES, & O.E. NELSON. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145:279-280, 1964.
5. BRESSANI, R. La calidad proteica del maíz con gene opaco-2. *Turrialba* 18:8-13, 1968.
6. ORTEGA, E.L., E. VILLEGAS, & S.K. VASAI. A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chem.* 63:446-451, 1986.
7. BRESSANI, R. & L.G. ELIAS. Studies on the use of opaque-2 corn in vegetable protein-rich foods. *J. Agr. & Food Chem.* 17:659-662, 1969.
8. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA (ICTA). Informe 1983.

9. DARDON, MA.,. F.J. ASPUAC & A. FUENTES O. Formación y evaluación de híbridos intervarietales de maíz con alto calidad de proteína. Guatemala, 1984. XXXI Reunión Anual del PCCMCA. San Pedro Sula, Honduras 16-19 abril, 1985 (ICTA).
10. GOMEZ, G.G., J. H. MANER, Z. FLORES, C.A. FRANCIS & J. BUITRAGO. A comparison of vitreous and soft endosperm high-lysine and common maize in diets for growing rats and pigs. *J. Animal Sci.* 41:1638-1644, 1975.
11. MANNER, J.H., W.G. POND, J.T. GALLO, A. HENAO, R. PORTELA & F. LINARES. Performance of rats and swine fed Colombian floury-2, Colombian Opaque-2 or normal corn. *J. Animal Sci.* 33:791-796, 1971.
12. PICKETT, R.A. Opaque-2 corn in swine nutrition. p. 19-22, 1966. In: Proc. High Lysine Corn Conference. Corn Ind. Rec. Foundation Corn Refiners Assoc, Inc. 1001 Connecticut Ave., N.W. Washington, D.C. 20036.
13. SULLIVAN, J.S., D.A. KNABE, A.J. BOCKHOLT & E.J. GREGG. Nutritional value of quality protein maize and food corn for starter and growing pigs. *J. Animal Sci.* 67:1285-1292, 1989.
14. BURGUON, K.G., J. A. HANSEN, D.A. KNABE & A.J. BOCKHOLT. Nutritional value of quality protein amize for starter and finisher swine. *J. Animal Sci.* 70:811-817, 1992.

CUADRO 1

**CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN LA PROTEINA
DEL MAIZ (g/100g de Proteína)**

	PROTEINA EN MAIZ (%)						FAO
	8.2	9.8	11.4	12.4	14.0	18.2	
ARGININA	3.9	4.1	2.9	4.6	3.6	3.9	-
AZUFRADOS	3.2	2.4	2.6	2.7	2.9	2.5	2.5
HISTIDINA	2.8	2.2	2.1	2.3	2.0	2.2	1.9
ISOLEUCINA	3.3	3.4	3.0	3.5	3.7	4.0	2.8
LEUCINA	12.2	12.2	13.4	7.8	13.6	15.2	6.6
LISINA	2.9	2.6	2.3	3.2	2.1	2.0	5.2
AROMATICOS*	7.9	7.4	8.7	6.4	8.9	9.8	6.3
*							
TREONINA	3.3	3.1	3.0	3.2	3.1	3.3	3.4
TRIPTOFANO	0.49	0.51	0.44	0.56	0.43	0.44	1.1
VALINA	4.6	4.4	4.0	2.1	4.3	4.6	3.5

BRESSANI & MERTZ, 1958

* Metionina & Cistina

** Fenilalanina & Tirosina

Puntaje: Leucina 181%; lisina 43%; Triptofano 44%;
Treonina 94%.

BRESSANI-92

CUADRO 2

**MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL MAIZ
A TRAVES DE LA SUPLEMENTACION CON LISINA Y TRIPTOFANO**

TRATAMIENTO	AUMENTO EN PESO g	EFICIENCIA PROTEINICA
Maíz solo	32	1.21
Maíz + 0.30% L-Lis HCl	41	1.51
Maíz + 0.10% DL-Trip	22	1.15
Maíz + 0.31% L-Lis HCl + 0.10% DL-Trip	100	2.66

Bressani y col., 1968.

BRESSNI-92

CUADRO 3

DISTRIBUCION DE LAS PROTEINAS EN EL GRANO DE MAIZ

FRACCION	%
ALBUMINAS	7
GLOBULINAS	5
PROLAMINAS	52
GLUTELINAS	25
NITROGENO NO- PROTEICO Y NITROGENO RESIDUAL	11

LANDRY & MOREAUX, 1980.

CUADRO 4

**CONTENIDOS DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN LAS FRACCIONES
PROTEINICAS DEL ENDOSPERMO DEL MAIZ
(NO. DE RESIDUOS/1000 RESIDUOS)**

	ALBUMINAS	GLOBULINA S	PROLAMINAS	GLUTELINAS
LISINA	57	52	<u>1</u>	58
HISTIDINA	18	24	9	23
ARGININA	50	52	10	47
TREONINA	61	51	30	50
VALINA	72	61	36	72
METIONINA	11	14	10	12
ISOLEUCINA	42	35	29	46
LEUCINA	82	77	<u>187</u>	47
TIROSINA	25	29	35	26
FENILALANINA	32	36	51	42
TRIPTOFANO	-	-	<u>0</u>	-

LANDRY & MOUREAUX, 1980.

CUADRO 5

**RESUMEN DE ALGUNOS DATOS COMPARATIVOS DE LA CALIDAD
DE LA PROTEINA DEL MAIZ COMUN Y DEL MAIZ OPACO-2
EN RATAS**

CLASE DE MAIZ	AUMENTO EN PESO g/28 días	PER
COMUN (E.U.)*	27	1.60
OPACO (e.u.)	97	2.80
COMUN-GUATEMALA**	25	1.49
OPACO-2 (E.U.)	130	2.79
COMUN-COLOMBIA***	12 (17 DIAS)	1.40
OPACO-2 - COLOMBIA	53 (17 DIAS)	3.30

* MERTZ Y COL, 1965.

** BRESSANI, 1968.

*** MANNER Y COL., 1971.

BRESSANI-92

CUADRO 6

**DISTRIBUCION DE FRACCIONES PROTEINICA EN EL ENDOSPERMO
DEL MAIZ COMUN Y DEL QPM
(%)**

FRACCION	BLANCO DENTADO-1 QPM	TUXPEÑO-1 COMUN
ALBUMINAS + GLOBULINAS	31.5	16.0
PROLAMINAS	15.3	44.5
GLUTELINAS	44.8	32.4
RESIDUO	8.3	7.1

ORTEGA Y COL., 1986.

BRESSANI-92

CUADRO 7
CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES
(mg/gN)

AMINOACIDO	OPACO-2	QPM	NORMAL
ARGININA	414	421	350
HISTIDINA	218	236	192
ISOLEUCINA	211	204	233
LEUCINA	<u>562</u>	<u>580</u>	<u>783</u>
LISINA	<u>281</u>	<u>255</u>	<u>213</u>
METIONINA	98	108 ←	117 ←
FENILALANINA	274	261	323
TREONINA	225	229	240
TRIPTOFANO	<u>46</u>	<u>47</u>	<u>37</u>
VALINA	337	332	316

BURGOON Y COL., 1992.

CUADRO 8

**MEDIAS DE RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE
MATERIALES DE ALTA CALIDAD DE PROTEINAS Y ENDOSPERMO
DURO (EUT-15A) - SAN JERONIMO, 1983**

	RENDIMIENTO O Kg/ha	% NUTRICT A	DUREZA ENDOSPERM O
SAN JERONIMO (1)8140	6912	125	2.9
ACROS 8140	6188	192	2.3
SAN JERONIMO (2)8140)	6130	111	2.5
ACROS 7940	6096	110	2.3
POZA RICA 8140	5974	110	2.5
LOS BAÑOS 8140	5961	108	2.0
SAN JERONIMO 8039	5903	107	2.8
PICHILINQUE 8039	5367	97	2.5
ACROS 7726	5284	96	1.3
ACROS 8039	5219	94	2.8
NUTRICTA	<u>5528</u>	<u>100</u>	<u>2.3</u>
B-1	4938	89	1.3

ICTA 1983.

CUADRO 9

**RENDIMIENTO DE NUTRICTA (QPM) EN COMPARACION CON
OTRAS VARIEDADES DE MAIZ EN 6 LOCALIDADES DE GUATEMALA (1984)**

LOCALIDAD	RANGO RENDIMIENTO DE 29 VARIEDADES TM/ha	RENDIMIENTO DE NUTRICTA TM/ha	PROMEDIO GENERAL
CUYUTA	6.12-0.09	4.29	4.20
LA MAQUINA	5.81-0.46	4.65	4.28
TIQUISATE	5.35-0.34	3.26	3.61
CHIPO	1.63-0.04	1.54	1.06
JUTIAPA	4.61-2.02	4.41	3.69
SAN JERONIMO	5.91-0.69	4.95	4.05
TODOS	4.54-0.60	3.85	3.48

DARDON, ASPUAC, FUENTES, 1984.

CUADRO 10

**VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA DEL MAIZ QPM Y MAIZ COMUN
EN MEZCLAS CON CONCENTRADOS DE PROTEINA DE ALGODON Y DE SOYA**

MEZCLA	VALOR PROTEINICO (% DE CASEINA)	
	MAIZ COMUN	QPM
HARINA ALGODON 38 MAIZ 58	64	75
HARINA SOYA 38 MAIZ 58	80	78
HARINA ALGODON 19 HARINA SOYA 19 MAIZ 58	72	89

BRESSANI, 1969.

BRESSANI-92

CUADRO 11

COMPORTAMIENTO DE CERDOS EN CRECIMIENTO ALIMENTADOS CON DIETAS DE MAIZ COMUN, MAIZ OPACO-2 Y QPM

TRATAMIENTO	CERDOS No.	AUMENTO EN PESO Kg	ALIMENTO/AUMEN TO
CONTROL, 16% PROTEINA	7	0.62 ^c	2.67 ^c
CONTROL, 9.6% PROTEINA	7	0.51 ^d	3.55 ^d
MAIZ COMUN	7	0.17 ^e	5.81 ^e
MAIZ OPACO-2	8	0.48 ^d	3.52 ^d
QPM	8	0.43 ^d	3.51 ^d

GOMEZ Y COL., 1975.

BRESSANI-92

CUADRO 12

RESUMEN DE ALGUNOS DATOS COMPARATIVOS DE LA CALIDAD DE LA
PROTEINA DEL MAIZ COMUN Y DEL MAIZ OPACO-2 EN CERDOS

CERDOS		
CLASE DE MAIZ	AUMENTO Kg/DIA	FASE
COMUN - E.U.*	0.12	CRECIMIENTO
OPACO-2 - E.U.	0.43	CRECIMIENTO
COMUN - E.U.*	0.69	ACABADO
OPACO-2 E.U.	1.04	ACABADO
COMUN - COLOMBIA**	0.09	CRECIMIENTO
OPACO-2 - COLOMBIA	0.31	CRECIMIENTO

* PICKET Y COL., 1966.

** MANNER Y COL., 1971.

CUADRO 13

COMPORTAMIENTO DE CERDOS EN INICIACION Y EN DESARROLLO
ALIMENTADOS CON DIETAS CON MAIZ QPM, MAIZ DE CONSUMO HUMANO
Y MAIZ DE CONSUMO ANIMAL

NIVEL DE HARINA DE SOYA (19.66%)			
	QPM	MAIZ CONSUMO HUMANO	MAIZ CONSUMO ANIMAL
<u>INICIACION</u>			
ALIMENTO ING., Kg/día	0.57	0.61	0.55
AUMENTO, Kg/día	0.30	0.30	0.27
AUMENTO/ALIMENTO	0.52*	0.49	0.49
NIVEL DE HARINA DE SOYA (9.95%)			
<u>DESARROLLO</u>			
ALIMENTO ING., Kg/día	1.97	1.92	1.86
AUMENTO Kg/día	0.75*	0.66	0.63
AUMENTO/ALIMENTO	0.38*	0.34	0.34

SULLIVAN Y COL., 1989.

CUADRO 14

DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LOS COMPONENTES DE LA DIETA,
VALORES DE ENERGIA DE LAS DIETAS Y BALANCE DE NITROGENO

	QPM	MAIZ CONSUMO HUMANO	MAIZ CONSUMO ANIMAL
DIG. MATERIA SECA, %	89	90	89
ENERGIA CRUDA, DIG. %	90	90	89
ENERGIA DIG., Kcal/g	3.98	4.01	3.93
ENERGIA MET. Kcal/g	3.87	3.88	3.80
DIG. DEL NITROGENO, %	89	87	85
BALANCE DE N			
INGESTA, g/día	33.1	28.5	26.0
ABS., g/día	29.4	24.8	23.9
RET., g/día	19.6	12.0	11.2

SULLIVAN Y COL., 1989.

CUADRO 15

COMPORTAMIENTO DE CERDOS EN INICIACION Y FINALIZACION
ALIMENTADOS CON DIETAS CON MAIZ NORMAL O MAIZ QPM

	NIVEL DE HARINA DE SOYA			
	M.NORMAL	M. QPM	M.NORMAL	M. QPM
	BAJO (26.53%)		ALTO (28.95%)	
LISINA DIETARIA, %	0.99	1.05	1.05	1.11
ALIM. ING., Kg/día	0.47	0.48	0.48	0.51
AUMENTO PESO, Kg/día	0.29	0.29	0.30	0.30
ALIMENTO/AUMENTO	1.64	1.65	1.60	1.71
FINALIZACION	BAJO (10.80%)		ALTO (13.80%)	
LISINA DIETARIA, %	0.58	0.66	0.66	0.74
ALIM. ING., Kg/día	3.19	3.43*	3.31	3.37
AUMENTO PESO, Kg/día	0.93	1.03*	1.04	1.05
ALIMENTO/AUMENTO	3.44	3.31*	3.19	3.22

BURGOON Y COL., 1992.