

**ENSAYOS COMPARATIVOS DE MAICES RICOS EN
AMINOACIDOS ESENCIALES (RAE) CON VARIEDADES DE
GRANO COMUN (1976)**

I. Rendimiento en grano y contenido en lisina

*Por M. Rodríguez Pascual,
J. F. González Díez y
A. Suárez y Suárez*

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es, después del trigo y la cebada, el cereal que mayor importancia tiene en España, tanto por la extensión de su cultivo como por su producción. En el año 1977 se cultivaron 452.000 Ha con una producción total de 1.897.000 Tm de grano.

Sin embargo las importaciones de este cereal-pienso para atender las necesidades de nuestra cabaña, han aumentado durante los últimos años de una forma alarmante y, concretamente, en el año 1977 ascendieron a 4.121.639 Tm con un valor que supera los 34.000 millones de pesetas⁸.

Para ayudar a reducir este déficit de nuestra balanza comercial agraria, sería conveniente aumentar las superficies destinadas a este cereal e incrementar las producciones unitarias, mediante la utilización racional de híbridos.

Desde que hace veinte años se obtuvieron en nuestro país los primeros híbridos de maíz de alto contenido en azúcares¹, se ha venido trabajando para encontrar los más adecuados a cada una de las distintas regiones de nuestro país.

Estos híbridos, que dan óptimos rendimientos en grano, al mismo tiempo su parte aérea tiene en el momento de la recolección un valor forrajero que representa aproximadamente el 30 % del valor nutritivo del grano, ya que produce un equivalente a 3.000-5.000 Kg/Ha de azúcares³. Por otro lado este forraje, se mantiene con contenidos muy moderados de lignina por lo que resulta un alimento con gran valor energético y alta digestibilidad, lo que le

hace perfectamente utilizable para el ganado como forraje fresco o ensilado¹². Se trata pues de maíces con doble aprovechamiento: grano y forraje².

El grano de maíz, como la mayor parte de los cereales, es un alimento con contenidos muy bajos de lisina y triptófano de ahí el gran interés al encontrar un gen, el -opaco-2-, que incorporado homocigótico al maíz, duplicaba las proporciones de lisina y triptófano, e incrementaba un 50 % en el endospermo de dicho maíz, el contenido de arginina, ácido aspártico y glicina, con respecto al maíz de grano común^{7, 10}.

A partir de estas investigaciones, el Departamento de Investigaciones Antropológicas y Genéticas de Barcelona, viene trabajando con maíces RAE obtenidos al introducir el gen opaco-2 en alguno de sus híbridos. Incluso se han conseguido granos de maíz de elevado contenido de lisina dentro de algunos de los híbridos de alto contenido en azúcares en el tallo, y a los que nos hemos referido antes⁴.

Teniendo en cuenta el extraordinario interés de estos nuevos híbridos nacionales, hemos planteado un ensayo con 16 híbridos RAE y nueve híbridos comerciales de grano común, de diferentes ciclos vegetativos, para comparar sus rendimientos y contenido en lisina, al tiempo que encontrar los tipos más adecuados a esta región.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en una parcela de la finca «El Espino» de la Estación Agrícola Experimental de León.

La siembra se realizó a mano, el 10 de mayo de 1976, colocando cada híbrido en una hilera de 5 m de longitud. En cada una de ellas se hicieron 11 golpes a una distancia entre sí de 0,5 m y colocando en cada uno 4-5 semillas a una profundidad de 5 cm. La separación entre hileras fue de 0,8 m. Así, la parcela elemental fue de 5 por 0,8 m. Posteriormente cuando la planta tenía 2-3 hojitas se efectuó un aclareo, dejando alternativamente 3,2,... 2,3 plantas por golpe, quedando al final una densidad de 67.000 plantas/Ha.

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con seis repeticiones, dejando entre éstas un pasillo de 2 m.

Se aplicaron diez riegos abundantes durante el período vegetativo de la planta, los tres primeros por aspersión y a partir del cuarto por pie, cada 6-7 días.

Se efectuó un abonado de fondo de 150 unidades/Ha de N-P-K, y en cobertura de 250 unidades/Ha de nitrógeno, a las cinco semanas de la siembra.

Al llegar la fecha de floración se arrancaron las inflorescencias masculinas de los híbridos de grano común para evitar que el polen de estos polinice a las flores femeninas de los híbridos RAE, ya que este polen ocultaría el carácter RAE.

El número de variedades empleadas fue de 25, clasificadas de la siguiente

manera: De grano RAE, 16 y de grano común, nueve. De éstas, cuatro son híbridos comerciales USA de gran cultivo en España, dos son híbridos del CSIC reconocidos oficialmente y los tres restantes son híbridos experimentales del CSIC. Todos los híbridos CSIC y los de grano RAE ensayados, han sido obtenidos por el Departamento de Investigaciones Antropológicas y Genéticas de Barcelona.

Los ciclos de los híbridos ensayados, están comprendidos entre los 85 y los 130 días en la escala USA, o bien, desde los precoces (ciclo 300 FAO) hasta los semitardíos (ciclo 800 FAO).

La recolección se realizó del 18 al 22 de octubre, y aún existían híbridos en ese momento que por su ciclo no llegaron a madurar. En cada una de las 150 parcelas elementales (25 tratamientos y seis repeticiones), se tomaron los siguientes datos: Peso de mazorcas (sin rabo y sin espatas), número de plantas y número de mazorcas. De tres de las repeticiones se tomaron seis mazorcas representativas de todos los tratamientos, y ya en el laboratorio se desgranaron para determinar en cada muestra: El peso de grano húmedo, la humedad del grano y la proporción de materia seca de éste. La humedad del grano se determinó en estufa hasta peso constante, sin sobrepasar los 70°C.

Con los datos obtenidos, se calculó el rendimiento medio en kilogramos por hectárea de grano seco con el 15 % de humedad, de todos los híbridos ensayados.

La lisina del grano de maíz se determinó por el método rápido «DBC»⁹, comprobándose sistemáticamente cada diez muestras con un autoanalizador Carlo Erba.

Teniendo en cuenta que la composición en aminoácidos del grano de maíz dentro de un determinado genotipo, está decisivamente influenciado por el polen que haya hecho la fecundación y que cuando el maíz se cultiva extensivamente, la polinización se hace con su propio polen, y que en cambio en los ensayos en donde hay muchos híbridos diferentes, la polinización es muy variada, los análisis de la lisina del grano en cada híbrido, se han hecho solamente de los mismos híbridos, pero obtenidos por autofecundación en el Laboratorio de Genética del Centro antes citado, y el resultado es la referencia que creemos más fidedigna.

RESULTADOS

En las Tablas I y II, se expresan los rendimientos en grano (medias de seis repeticiones) en kilogramos de grano seco por hectárea con el 15 % de humedad, y el contenido en lisina, en porcentaje sobre el peso del grano y en kilogramos por hectárea, de los diferentes híbridos de maíz que componen el ensayo.

En ambas tablas se han ordenado los híbridos, por el grado de humedad del grano a la recogida, clasificándose en dos grupos: En el primero (Tabla I),

hemos incluido 14 híbridos con humedad inferior al 38 % y que se considera que alcanzaron la madurez en el momento de recogerlos. En el segundo (Tabla II), incluimos los restantes híbridos, con una humedad superior al 38 %, y que no alcanzaron la madurez.

Creemos que todos los híbridos del primer grupo maduran en años normales, como éste, y con cierta holgura.

DISCUSION

El análisis de la varianza de los rendimientos en grano fue altamente significativo ($P = 0,01$), siendo significativas al nivel ($P = 0,01$) las diferencias superiores a 1.550 Kg/Ha de grano.

En el grupo segundo (Tabla II) hay un predominio de híbridos con los mayores rendimientos, pero no es necesario llegar a ciclos tan largos, para alcanzar rendimientos semejantes. De hecho, uno de los híbridos más precoces (H-106) dio el máximo rendimiento de todo el ensayo (12.004 Kg/Ha).

Los híbridos tardíos hubieran dado, probablemente, mayores rendimientos, de no haber sido cosechados antes de la maduración, pero de igual manera, también podía haber sido interrumpido su ciclo por las bajas temperaturas o heladas tempranas. Queda así la divisoria de ciclos, con cierto margen de seguridad. Experiencias en marcha en éste Centro, podrán evidenciar mejor este criterio.

En el grupo primero (Tabla I), el rendimiento medio de los híbridos RAE (9.386 Kg/Ha) es superior en un 26,8 % al de los híbridos comunes (7.398 Kg/Ha). En el grupo segundo (Tabla II), la media de los híbridos RAE (10.100 Kg/Ha) fue superior en un 13,2 % a la de los híbridos comunes (8.915 Kg/Ha).

Si comparamos los híbridos RAE, con los testigos comerciales más productivos: En el grupo primero, todos los híbridos RAE (desde 8.085 hasta 12.004 Kg/Ha) superan al comercial más productivo (Inra-258: 7.212 Kg/Ha). En el grupo segundo, excepto el H-114, todos los híbridos RAE (desde 9.109 hasta 11.403 Kg/Ha) superan al comercial más productivo (Dekalb-872: 9.050 Kg/Ha).

Estos resultados coinciden con los obtenidos en otras localidades españolas y con los de zonas extranjeras donde se ensayaron estos mismos híbridos en condiciones semejantes⁵.

Por el contrario ensayos realizados en EE. UU. y Méjico, con variedades indígenas propias, indican, que los tipos de maíz de grano común rinden entre un 7 y 13 % más que los correspondientes de grano opaco-2 más productivos^{6, 11}.

Por lo que se refiere al porcentaje de lisina en el grano: En el grupo primero, el valor medio de los híbridos RAE (0,45 %), es un 66,6 % superior al de los normales o comunes (0,27 %). En el segundo grupo la media de los

TABLA I
Rendimientos medios en grano, y contenido en lisina de los híbridos de maíz con humedad inferior al 38 % a la recogida

Híbrido núm.	Nombre comercial	Tipo de grano	Ciclo días	Humedad grano (%)	Espigas por planta	Kgs/Ha grano 15 % hum.	Indice a su testigo	Lisina grano (%)	Kgs/Ha de lisina
135	INRA 258 Francia	N	85	28,25	1,21	7.212	100,00	0,28	20,19
130	Experimental CSIC	N	105	31,75	1,43	6.585	91,30	0,28	18,43
137	Wisconsin 355 USA	N	95	32,16	1,23	7.179	99,54	0,27	19,38
102		RAE	100	34,83	1,19	8.502	117,88	0,45	38,26
104		RAE	100	35,16	1,58	8.572	118,85	0,49	42,00
131	Experimental CSIC	N	110	35,16	1,43	6.741	93,46	0,29	19,55
100		RAE	100	35,33	1,22	8.085	112,10	0,47	38,00
101		RAE	90	35,66	1,17	9.394	130,25	0,48	45,09
106		RAE	100	36,25	1,53	12.004	166,44	0,42	50,42
166		RAE	105	36,50	1,59	9.468	131,28	0,46	43,55
122	Experimental CSIC	N	110	36,91	1,08	9.274	128,59	0,25	23,18
164		RAE	95	37,33	1,21	8.501	117,87	0,48	40,80
165		RAE	100	37,50	1,46	10.658	147,78	0,44	46,89
109		RAE	105	37,91	1,21	9.298	128,92	0,41	38,12

M.D.S. 5 %: 1.176 Kgs/Ha.

M.D.S. 1 %: 1.554 Kgs/Ha.

C.V.: 11,28.

TABLA II
Rendimientos medios en grano, y contenido en lisina de los híbridos de maíz con humedad superior al 38 % a la recogida

Híbrido núm.	Nombre comercial	Tipo de grano	Ciclo días	Humedad grano (%)	Espigas por planta	Kgs/Ha grano 15 % hum.	Indice a su testigo	Lisina grano (%)	Kgs/Ha de lisina
161		RAE	100	39,08	1,32	10.038	110,91	0,42	42,16
111		RAE	110	41,16	1,45	10.707	118,30	0,49	52,46
144	Dekalb 872 USA	N	130	42,75	1,01	9.050	100,00	0,25	22,62
142	Dekalb 534 USA	N	115	43,50	1,14	7.999	88,38	0,25	19,99
114		RAE	115	44,33	1,16	7.905	87,34	0,48	37,94
134	España-10 (CSIC)	N	130	45,66	1,30	8.505	93,97	0,25	21,26
133	España-22 (CSIC)	N	130	46,00	1,50	10.109	117,70	0,25	25,27
146		RAE	125	46,00	1,55	11.403	126,00	0,45	51,31
117		RAE	130	46,08	1,49	10.741	118,68	0,46	49,41
132	España-21 (CSIC)	RAE	125	46,50	1,36	9.109	100,65	0,41	37,35
147		RAE	115	47,50	1,47	10.799	119,32	0,42	45,36

M.D.S. 5 %: 1.176 Kgs/Ha.

M.D.S. 1 %: 1.554 Kgs/Ha.

C.V.: 11,28.

híbridos RAE (0,45 %) es un 80 % mayor que la de los comunes (0,25 %). Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores^{6, 7, 10}.

Si la comparación la hacemos con los kilogramos de lisina obtenida por hectárea: En el grupo primero, la media de los híbridos RAE (42,57 Kg/Ha), fue 111,2 % superior a la de los híbridos comunes (20,15 Kg/Ha). En el grupo segundo, el promedio de los híbridos RAE (45,14 Kg/Ha), superó en un 102,6 % el de los híbridos comunes (22,28 Kg/Ha).

Limitándonos únicamente al grupo primero: los híbridos RAE españoles, superan entre un 12,1 y 66,4 %, a los rendimientos en grano de los híbridos comerciales más productivos, en las condiciones en que tuvieron lugar los ensayos.

Además del notable incremento de los rendimientos unitarios, estos nuevos híbridos, proporcionan un excedente de lisina que oscila entre 17,81 y 30,23 Kg/Ha, lo que representa un incremento entre 88,2 y 149,7 % con respecto al comercial más productivo (Inra-258: 20,19 Kg/Ha).

Estos incrementos en los rendimientos, y en la calidad aminoacídica del grano, suponen importantes estímulos, para sustituir el cultivo de los híbridos comerciales por híbridos de grano RAE.

RESUMEN

En este ensayo se comparan los rendimientos en grano y contenido en lisina, de 16 híbridos de maíz de grano RAE (ricos en aminoácidos esenciales) con nueve híbridos de grano común, con ciclos de cultivo diferentes.

Se consideran adaptados a la zona del ensayo, todos los híbridos cosechados con humedad del grano inferior al 38 %.

El mayor rendimiento se obtuvo con el híbrido experimental H-106-RAE que dio 12.004 Kg/Ha.

SUMMARY

In this attempt are confront the harvested crops of grain and lysine content in 16 corn hybrid rich in essential amino acids (RAE) and 9 normal corn hybrid, with differents cycles of crop farming.

The harvested hybrid with a humidity less than 38 % has been considered as applied to this zone.

The bigger harvested has been found in the hybrid H-102 RAE with 12.004 Kg/Ha of grain.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) BLANCO, J. L., BLANCO, M. (1956).-Maize hybrids with high sugar content in the stalk at grain maturity. Ninth FAO Hybrid Maize Meeting. Cairo, Egypt. N.º FAO/56/11/8537.
- 2) BLANCO, M., BLANCO, J. L., VEIGUINHA, A. S. (1957).-Obtención de híbridos de maíz de tallo azucarado, de doble aprovechamiento -grano y planta-, y estudio comparativo, de su valor industrial, agrícola y económico. *Genet. Iber.*, **9**: 1-101.
- 3) BLANCO, J. L., BLANCO, M., LORENZO, A. (1971-73).-La genética y la producción de alimentos: Nuevos maíces híbridos españoles para contrarrestar el déficit nacional de proteínas de alta calidad. Publicaciones de la Obra Social Agrícola de la Caja de Pensiones para Vejez y de Ahorros. *Boletín Agro-Pecuario*, **74**: 51-66.
- 4) BLANCO, J. L. (1976).-Selection objectives for maximum yields of feed with hybrid maize. *Animal Feed Science and Technology*, **1**: 245-250.
- 5) BLANCO, J. L. (1977).-Comunicaciones personales.
- 6) DUDLEY, J. W., ALEXANDER, D. E., LAMBERT, R. J. (1977).-El mejoramiento genético del maíz de proteína modificada. En: *Simposio Internacional Cimmyt-Purdue sobre maíz de alta calidad proteínica*. Limusa, México, 127-143.
- 7) MERTZ, E. T., BATES, L. S., NELSON, O. E. (1964).-Mutant gene that changes protein composition and increase lysine content of maize endosperm. *Science*, **145**: 279-280.
- 8) MINISTERIO DE AGRICULTURA (1978).-*Boletín Mensual de Estadística Agraria*, **1**.
- 9) MOSSBERG, R. (1968).-Evaluation of protein quality and quantity by dye-binding-capacity: a tool in plant breeding. Panel on New Approaches to Breeding for Plant Protein Improvement at Svalöf, Sweden.
- 10) NELSON, O. E., MERTZ, E. T., BATES, L. S. (1965).-Second mutant gene affecting the aminoacid pattern of maize endosperm proteins. *Science*, **150**: 1.469-1.470.
- 11) SPERLING, D. (1977).-Aspectos agronómicos de la producción de maíz de alta calidad proteínica. En: *Simposio Internacional Cimmyt-Purdue sobre maíz de alta calidad proteínica*, Limusa, México, 165-177.
- 12) TREVIÑO, J., HERNÁNDEZ, M. T., CABALLERO, R. (1974).-Estudio del valor nutritivo de las hojas y tallo del maíz híbrido de tallo azucarado España-10. *Rev. Pastos*, **2**: 286-292.