

## INTRODUCCION DE GERMOPLASMA TROPICAL EN LA MEJORA DE MAIZ FORRAJERO

F. CASAÑAS  
L. BOSCH  
E. SANCHEZ

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Urgell 187. 08036 Barcelona

A. FERRET  
J. PLAIXATS  
E. ALBANELL

Facultat de Veterinària de la UAB. 08193 Bellaterra

F. NUEZ

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Valencia.  
Camino de Vera 14. 46022 Valencia

### RESUMEN

Se han estudiado caracteres de producción y de calidad nutritiva en tres «top-crosses» con testigo común implicando 44 poblaciones y «pools» exóticos de maíz (*Zea mays* L.) y las líneas probadoras adaptadas B73 y Mo17 (ciclo FAO 700-800). El objetivo a largo plazo es la obtención de híbridos forrajeros semiexóticos de ciclo FAO 900-1.000, adaptados al clima mediterráneo suave en condiciones de regadío.

Para la producción de espiga destacan los patrones de cruzamiento B73 × Tuxpeño, B73 × Cateto y B73 × Compuesto Centro Americano A. A nivel de población exótica las combinaciones que mayor producción de materia seca digestible total exhibieron y sus respectivos porcentajes de superioridad respecto al testigo Mo17 × B73 fueron: B73 × La Posta (40 p. 100), B73 × Brazil 1771 (38 p. 100), B73 × V465 (36 p. 100), B73 × Brazil 1792 (31 p. 100), B73 × Niro 8424 (29 p. 100), B73 × V464 (24 p. 100), B73 × XL-670 (25 p. 100) y Mo17 × Compuesto Centro Americano A (24 p. 100).

A partir de los resultados combinatorios se proponen estrategias de selección recurrente y recíproca recurrente para derivar líneas semiexóticas y exóticas.

**PALABRAS CLAVE:** Mejora genética  
Forraje  
Semiexótico  
Maíz tropical  
Híbridos de ciclo largo

### INTRODUCCION

Las posibilidades de incorporar material exótico como una vía para mejorar la producción de grano han sido ampliamente debatidas (Hallauer, 1977; Stuber,

Recibido: 6-7-93

Aceptado para su publicación: 10-1-94

Redactor asociado: José M. Lasa

1986; Vasal, Srinivasan, 1991) estudiadas desde un punto de vista teórico (Crossa, 1989) y llevadas a la práctica con éxito desigual pero en ningún caso espectacular (Gutiérrez-Gaitán *et al.*, 1986; Misevic, 1989; Mungoma, Pollak, 1988). En general se acepta que el material exótico puede ser una fuente interesante de variabilidad genética, tanto para producción como para resistencia a enfermedades. También puede abrir nuevos horizontes por lo que respecta a patrones heteróticos. Por contra, el material exótico, exige normalmente un proceso de adaptación, que incluye el acortamiento del ciclo debido a la sensibilidad al fotoperíodo y la mejora de caracteres como posición de la mazorca (habitualmente muy elevada), resistencia al encamado y a enfermedades, desfase entre la floración masculina y femenina, y producción de grano (Thompson, 1968; Hallauer, 1977; Stuber, 1986; Castillo-González, Goodman, 1989). Los resultados poco estimulantes alcanzados hasta ahora (Hallauer, 1990) no han favorecido el desarrollo de estudios sobre este tema, aunque existe información sobre algunas de las poblaciones de élite del CIMMYT (Vasal *et al.*, 1982; Crossa *et al.*, 1990; Vasal *et al.*, 1992a).

El material exótico, sin embargo, suele presentar un gran desarrollo de la parte vegetativa, lo cual pudiera hacerlo adecuado para la obtención de maíz forrajero (Stuber, 1986; Kaan, Derieux, 1986), especialmente si pretendemos obtener materiales de ciclo largo (Casañas *et al.*, 1991). Una estrategia razonable para el aprovechamiento de estos recursos genéticos sería cruzarlos con materiales adaptados a la zona donde pensamos cultivar finalmente los nuevos genotipos desarrollados.

Ya que los datos referentes a la producción forrajera son prácticamente nulos, se aborda en este trabajo el estudio de diversas combinaciones adaptado × exótico para determinar cuáles son las más favorables desde el punto de vista forrajero, comparando además estos resultados con los disponibles para grano. También se discuten propuestas de programas de mejora para obtener rápidamente materiales forrajeros de ciclo largo.

## MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 44 poblaciones tropicales de ciclo largo suministradas mayoritariamente por el CIMMYT (Tabla 1). Como probadoras se emplearon las líneas puras adaptadas Mo17, B73, L696 y L704. Las dos primeras se eligieron por ser representantes históricos de dos grupos complementarios muy conocidos: Lancaster e Iowa Stiff Stalk Synthetic (BSSS). Ello las hace adecuadas si se piensa en crear dos tipos de poblaciones semiexóticas base desde donde iniciar programas de selección recíproca recurrente. L696 y L704 son dos líneas procedentes del cruzamiento Mo17 × Va22, obtenidas en nuestro laboratorio, con respuestas forrajeras superiores a las de Mo17 cuando las cruzamos con B73; participaron únicamente en cinco cruzamientos cada una (Tabla 2) para valorar sus posibilidades como alternativas a Mo17. Las descendencias «top-cross» fueron ensayadas con objeto de evaluar sus posibilidades como punto de partida para obtener nuevos genotipos forrajeros adaptados a las características de la cuenca mediterránea y en condiciones de regadío.

En total se ensayaron 98 poblaciones semiexóticas procedentes del cruzamiento de las 44 poblaciones exóticas antes descritas con, predominantemente, las líneas Mo17 y B73 (Tabla 2). Para realizar el cruzamiento de los materiales tardíos tropicales con las líneas adaptadas se efectuaron siembras sucesivas de las

**TABLA 1**  
**MATERIALES EXOTICOS ENSAYADOS. INFORMACION DISPONIBLE**  
**SOBRE SU ORIGEN Y COMPOSICION**

*Exotic materials studied. Available information concerning their origins and composition*

Identificación	Información disponible
Across 8443. La Posta	Tropical Late White Dent, esencialmente Tuxpeño
BRAZIL-75	Cateto
BRAZIL-76	Cateto
BRAZIL-197	Cateto
BRAZIL-214	Cateto
BRAZIL-1646	Cateto
BRAZIL-1741	Cateto
BRAZIL-1729	Cateto
BRAZIL-1771	Cateto
BRAZIL-2332	Cateto
BRAZIL-2478	Cateto
BRAZIL-2485	Cateto
BRAZIL-2503	Cateto
Chiapas 13	Probablemente se trata de una mezcla de Comiteco y Olotón
Chiapas 26	Tepecintle
Compuesto Pira Naranja	Pira Naranja
Compuesto Caribeño M.C.2	Probablemente contiene Cubant Flints y Costal Yellow Flint/Dent
Compuesto Centroamericano 1	Compuesto procedente de Nicaragua
Compuesto Piracar	Mezcla de materiales caribeños
Compuesto Centroamericano 5	Compuesto procedente de Nicaragua
Compuesto Centroamericano A	Compuesto procedente de Brasil
Cuba 24	Costal Yellow flint
XL-670	Híbrido Tuxpeño × ETO
XL-605	Híbrido Tuxpeño × ETO
ETO Amarillo	Segregación amarilla dentro de ETO. ETO fue desarrollado en Colombia, a partir de 12 familias que procedían de diversos orígenes, USA, México, Puerto Rico, Cuba, Venezuela, Brasil, Argentina, con predominio de material colombiano
ETO Blanco	Segregación blanca dentro de ETO
F/O-85; CATETO	Cateto
GUAT-GPO-12-5-A	Olotón
GUAT-GPO-17-3-A	Comiteco
GUAT-GPO-18-2-A	Olotón
GUAT-GPO-18-3-A	Olotón
Nioro 8424	Antigua × Veracruz
Palmira 8422	Mezcla Tropical Blanco
Pepitilla	Pepitilla
Pool-23	Tropical Late White Flint
Pool-24	Tropical Late White Dent
Pool-25	Tropical Late Yellow Flint
Poza Rica 8521	Tuxpeño 1
Poza Rica 8529	Tuxpeño Caribe
TI-87A; CATETO	Cateto
Trophy R.M.P.	Mezcla de Caribeño, Tuxpeño y Cateto
USACA-MEX-1	Mezcla de Amarillo Bajío y varias razas mejicanas
V-464	Germoplasma procedente de Brasil. Probablemente Cateto
V-465	Germoplasma procedente de Brasil. Probablemente Cateto

TABLA 2

**VARIETADES EXÓTICAS INCLUIDAS EN LOS ENSAYOS.  
PROBADORES UTILIZADOS EN CADA UNO**
*Exotic varieties studied. Testers used in each trial*

<b>1989</b>					
ETO Amarillo	× 1&2*	Compuesto Centroamericano 1	× 1&2	GUATP-GPO-18-2-A	× 1&2
ETO Blanco	× 1&2	Compuesto Centroamericano 5	× 1&2	GUATP-GPO-18-3-A	× 1&2
Compuesto Pira Naranja	× 1&2	Cuba 24	× 1&2	Pepitilla	× 1&2
Compuesto Piracar	× 1&2	Chiapas 26	× 1&2	USACA-MEX-1	× 1&2
Compuesto Centroamericano A	× 1&2	GUATP-GPO-12-5-A	× 1&2	Chiapas 13	× 1&2
Compuesto Caribeño M.C.2	× 1&2	GUATP-GPO-17-3-A	× 1&2	V464	× 1&2
<b>1990</b>					
BRAZIL-2485	× 1	BRAZIL-1646	× 1&2	Poza Rica 8521	× 1&2
BRAZIL-214	× 1&2	BRAZIL-1729	× 1&2	Poza Rica 8529	× 1&2
BRAZIL-2503	× 1	BRAZIL-1741	× 2	Pool-25	× 1&2
TI-87A; CATETO	× 2	Pool 23	× 1&2	Niuro 8424	× 1&2
F/O-85; CATETO	× 2	Palмира 8422	× 1&2	Pool 24	× 1&2
BRAZIL-76	× 1&2	Across 8443	× 1&2	Trophy R.M.P.	× 1&2
<b>1991</b>					
BRAZIL-1771	× 1&2	BRAZIL-2503	× 2	BRAZIL-75	× 1&2
BRAZIL-2485	× 2,3&4	TI-87A; CATETO	× 1	BRAZIL-1741	× 1,3&4
BRAZIL-2478	× 1&2	BRAZIL-2332	× 1&2	V-465	× 1,2,3&4
BRAZIL-197	× 1,2,3&4	F/O-85	× 1,3&4	XL-670	× 1&2
XL-605	× 1&2				

Probadores: 1 = Mo17; 2 = B73; 3 = L696; 4 = L704

(\*) ETO Amarillo × 1&amp;2 significa que se han estudiado los semiexóticos Mo17 × ETO Amarillo y B73 × ETO Amarillo

líneas puras que permitieron sincronizar las floraciones. Las poblaciones semiexóticas se distribuyeron en tres ensayos distintos con testigo común (Tabla 2). En el primer año (1989) se incluyeron 36 poblaciones semiexóticas que se estudiaron en la localidad de Torrebonica (Noreste de España), mediante un diseño de tres bloques aleatorizados con parcelas elementales representadas por 36 plantas de cada población a una densidad de 66.000 plantas/ha. El segundo ensayo (año 1990) estaba constituido por 31 poblaciones semiexóticas que se estudiaron simultáneamente en las localidades de Riudellots, Les Franqueses y Torrebonica (todas en el Noreste de España), y con un diseño experimental en cada localidad idéntico al realizado en el primer grupo. El tercer ensayo (año 1991) constaba de 31 poblaciones semiexóticas, estudiadas en las localidades de Les Franqueses y Torrebonica mediante el mismo diseño que los dos grupos anteriores. En los tres ensayos además de las poblaciones semiexóticas se incluyó el híbrido Mo17 × B73 como testigo referencial.

Se consideraron una serie de caracteres que incluían la producción de mazorca expresada en kg de materia seca por ha (Pm), la producción de parte vegetativa también expresada en kg de materia seca por ha (Ppv), la digestibilidad de la parte vegetativa expresada en tanto por uno de la materia seca, estimada a partir del método enzimático descrito por Aufrère (1982). Asumiendo una digestibilidad constante de la mazorca de 0,83 (Deinum, Bakker, 1981) y atendiendo a la proporción de espiga y planta, se estimó la digestibilidad total de la planta expresada en tanto por uno de la materia seca (Dt) y la producción de materia seca digestible total expresada en kg por ha (PmsDt).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

Los mejores resultados para producción de espiga (Tabla 3), se obtuvieron con los semiexóticos que implicaban a la línea B73 y a los exóticos Compuesto Centroamericano A, V464, V465, Tuxpeño y Cateto. La buena combinación de BSSS × Tuxpeño ya había sido indicada anteriormente por Gracen (1986), y por Oyervides-García *et al.*, (1985). La combinación BSSS × ETO, destacada por estos últimos autores, queda también en nuestros ensayos entre las mejores.

TABLA 3

**CINCO MEJORES COMBINACIONES PARA LA PRODUCCION  
DE MAZORCA Y PARTE VEGETATIVA EN CADA UNO DE LOS TRES  
AÑOS DE ENSAYOS. VALORES DEL TESTIGO Mo17 × B73,  
Y PORCENTAJE DE INCREMENTO O DISMINUCION  
DEL SEMIEXOTICO CON RESPECTO DEL TESTIGO. VALORES  
MEDIOS DE LAS COMBINACIONES ×B73 y ×Mo17. (mds p ≤ 0,05)**

*Five best combinations for ear and stover production in each year of study.  
Values of check Mo17 × B73, and percentage of increase or decrease  
of the semiexotics with respect to the check. Mean values of the combinations  
×B73 and ×Mo17. (Isd p ≤ 0,05)*

Producción de mazorca	Kg/ha	(%)	Producción parte vegetativa	Kg/ha	(%)
<b>1989</b>					
B73 × Compuesto Centroam. A	11.100	+4	Mo17 × Compuesto Centroam. A	16.060	+125
B73 × V-464	10.800	+1	Mo17 × V-464	15.330	+115
<b>Mo17 × B73</b>	<b>10.700</b>	<b>0</b>	B73 × V-464	15.200	+113
B73 × USACA-MEX-1	9.220	-14	B73 × ETO Blanco	13.700	+92
B73 × ETO Blanco	9.060	-15	Mo17 × Chiapas 13	13.590	+91
B73 × Compuesto Piracar	8.950	-16	<b>Mo17 × B73</b>	<b>7.130</b>	<b>0</b>
mds	2.400		mds	2.300	
Media cruzamientos × B73	8.100	-24	Media cruzamientos × B73	11.390	+60
Media cruzamientos × Mo17	5.610	-48	Media cruzamientos × Mo17	12.110	+70
<b>1990</b>					
B73 × Across 8443. La Posta	11.230	+27	B73 × Niuro 8424	14.800	+80
B73 × Brazil-1792. Cateto	10.490	+18	B73 × Brazil-76. Cateto	14.700	+79
B73 × Brazil-1741. Cateto	10.170	+15	B73 × Across 8443. La Posta	14.610	+78
B73 × Brazil-1646. Cateto	9.640	+9	Mo17 × Across 8443. La Posta	14.560	+77
B73 × Pool 24	9.620	+8	Mo17 × Brazil-2485. Cateto	14.180	+73
B73 × Poza Rica 8529	9.540	+8	Mo17 × Pool 24	14.010	+70
<b>Mo17 × B73</b>	<b>8.870</b>	<b>0</b>	<b>Mo17 × B73</b>	<b>8.220</b>	<b>0</b>
mds	1.350		mds	1.250	
Media cruzamientos × B73	9.010	+2	Media cruzamientos × B73	12.590	+53
Media cruzamientos × Mo17	6.990	-21	Media cruzamientos × Mo17	12.740	+55
<b>1991</b>					
B73 × Brazil-1771. Cateto	10.780	+8	Mo17 × Brazil-2478. Cateto	15.780	+105
B73 × V465	10.290	+3	Mo17 × TI-87A; Cateto	15.610	+103
<b>Mo17 × B73</b>	<b>10.000</b>	<b>0</b>	Mo17 × V465	14.830	+93
B73 × XL-670	9.440	-6	B73 × V465	14.670	+91
B73 × Brazil-197	9.320	-7	Mo17 × Brazil-2332	14.310	+86
B73 × Brazil-2478	9.140	-9	<b>Mo17 × B73</b>	<b>7.690</b>	<b>0</b>
mds	1.420		mds	1.710	
Media cruzamientos × B73	9.220	-8	Media cruzamientos × B73	12.600	+64
Media cruzamientos × Mo17	7.310	-27	Media cruzamientos × Mo17	13.360	+74

Si observamos sin embargo las diferencias de producción de espiga entre el testigo Mo17 × B73 y los mejores semiexóticos (Tabla 3), vemos que los semiexóticos son significativamente superiores únicamente en los ensayos del año 1990 (resultados procedentes de tres localidades diferentes).

Para la producción de parte vegetativa prácticamente todas las combinaciones línea adaptada × exótico resultaron significativamente superiores al testigo Mo17 × B73 (Tabla 3). Son especialmente notables las combinaciones Mo17 × Compuesto Centroamericano A, Mo17 × V464, Mo17 × Cateto, B73 × Niro 8424 y B73 × Cateto. Prácticamente se repiten los materiales exóticos que destacaban para la producción de espiga (Tabla 3). Ello se traduce en una ordenación similar para la producción de biomasa total (Tabla 4).

El carácter más importante desde el punto de vista forrajero, la producción de materia seca digestible total, ofrece como mejores combinaciones Mo17 × composite Centroamericano A, B73 × Tuxpeño, y B73 × Cateto (Tabla 4). No existe pues un efecto modificador por parte de la digestibilidad. Los materiales más productivos no difieren suficientemente en la digestibilidad global (Tabla 5), como para modificar los valores de producción de biomasa. La también constante superioridad de los semiexóticos con respecto al testigo (Tabla 4), no es aquí tan elevada como en la producción de biomasa, ya que el híbrido testigo presenta sistemáticamente una superior digestibilidad global, atribuible esencialmente a una mayor proporción de espiga más que a una mayor digestibilidad de la parte vegetativa.

Se observa que para la producción de materia seca digestible total las mejores combinaciones se produjeron empleando poblaciones o variedades que han sido sometidas a un proceso de selección para grano como por ejemplo Across 8443. Gracen (1986) ya indica una buena aptitud combinatoria de esta población con Mo17 para grano, mientras que Vasal *et al.*, (1992a) detectan una elevada Aptitud Combinatoria General para producción de grano de esta variedad en cruzamientos con otros exóticos tardíos. Por tanto el camino recorrido por el CIMMYT para la obtención de poblaciones de élite para grano puede aprovecharse para incorporar estas poblaciones a la base de programas para la obtención de maíces forrajeros de ciclo largo. Los patrones heteróticos ETO × Tuxpeño, Suwan-1 × Tuxpeño, Tuxpeño × Cateto (Gracen, 1986; Hallauer, 1990; Beck *et al.*, 1991; Vasal, Srinivasan, 1991) o B73 × Pool 24, × Población 21, × Población 29, × Pool 23, × Pool 25, y Mo17 × Población 24, × Población 43, × Población 21 (Gracen, 1986) deberían ser reexaminados desde el punto de vista del forraje. El excelente comportamiento de Across 8443 (= Población 43) y Pool 24 en nuestros ensayos abona esta necesidad. Tampoco debe descartarse el uso de las líneas que el CIMMYT ha empezado a derivar recientemente a partir de materiales tropicales (Vasal *et al.*, 1992b).

Los datos aportados parecen indicar que para la producción de grano el patrón BSSS × exótico es superior al Lancaster × exótico, mientras que para la producción de planta la situación sería inversa. Sin embargo la superioridad de Mo17 para la producción de planta podría ser simplemente una consecuencia de su incapacidad para producir una gran cantidad de espiga. Por otro lado esta menor producción de espiga podría tratarse de una característica de Mo17 y no del patrón Lancaster. En efecto, Oyervides-García *et al.*, (1985), destacan como patrones heteróticos para grano justamente el Lancaster × Tuxpeño y Lancaster × ETO. Los resultados obtenidos en el año 1991, cuando se cruzaron los exóticos V465 y Brazil-197 con las líneas L696 y L704, además de con Mo17 y B73 abonan esta sospecha (Tabla 6). Por consiguiente Mo17 probablemente deberá ser sustituida por una de estas dos líneas, aunque falta aumentar el número de cruzamientos simultáneos con las cuatro líneas para llegar a conclusiones firmes.

**TABLA 4**  
**CINCO MEJORES COMBINACIONES PARA LA PRODUCCION TOTAL Y LA PRODUCCION DE MATERIA SECA DIGESTIBLE TOTAL, EN CADA UNO DE LOS TRES AÑOS DE ENSAYOS. VALORES DEL TESTIGO Mo17 × B73, Y PORCENTAJE DE INCREMENTO O DISMINUCION DEL SEMIEXOTICO CON RESPECTO DEL TESTIGO. VALORES MEDIOS DE LA COMBINACIONES ×B73 y ×Mo17. (mds p ≤ 0,05)**

*Five best combinations for total dry matter yield and total yield of digestible dry matter in each year of study. Values of check Mo17 × B73, and percentage of increase or decrease of the semiexotics with respect to the check. Mean values of the combinations ×B73 and ×Mo17. (lsd p ≤ 0.05)*

Producción Total	Kg/ha	(%)	Prod. Mat. Sec. Dig. Total	Kg/ha	(%)
<b>1989</b>			<b>1989</b>		
B73 × V-464	26.000	+46	B73 × V-464	15.390	+24
Mo17 × Compuesto Centroam. A	24.400	+37	Mo17 × Compuesto Centroam. A	15.350	+24
B73 × ETO Blanco	22.770	+28	B73 × ETO Blanco	14.970	+21
Mo17 × Cuba 24	22.080	+24	B73 × Compuesto Centroam. A	14.040	+13
B73 × Compuesto Centroam. A	21.400	+20	Mo17 × Cuba 24	13.730	+11
Mo17 × B73	<b>17.820</b>	<b>0</b>	Mo17 × B73	<b>12.410</b>	<b>0</b>
mds	2.970		mds	2.570	
Media cruzamientos × B73	19.490	+9	Media cruzamientos × B73	12.300	-1
Media cruzamientos × Mo17	17.730	-1	Media cruzamientos × Mo17	10.760	-13
<b>1990</b>			<b>1990</b>		
B73 × Across 8443. La Posta	25.840	+51	B73 × Across 8443. La Posta	16.480	+40
B73 × Brazil-1792. Cateto	24.040	+41	B73 × Brazil-1792. Cateto	15.350	+31
B73 × Brazil-76. Cateto	23.770	+39	B73 × Niro 8424	15.160	+29
B73 × Niro 8424	23.770	+39	B73 × Brazil-1741. Cateto	14.750	+25
B73 × Brazil-1741. Cateto	22.870	+34	B73 × Brazil-76. Cateto	14.570	+24
Mo17 × Across 8443. La Posta	22.390	+31	B73 × Pool 24	14.310	+22
Mo17 × B73	<b>17.090</b>	<b>0</b>	Mo17 × B73	<b>11.760</b>	<b>0</b>
mds	1.550		mds	1.490	
Media cruzamientos × B73	21.600	+26	Media cruzamientos × B73	13.740	+17
Media cruzamientos × Mo17	19.730	+15	Media cruzamientos × Mo17	12.350	+5
<b>1991</b>			<b>1991</b>		
B73 × V-465	24.960	+41	B73 × Brazil-1771. Cateto	16.810	+38
B73 × Brazil-1771. Cateto	24.920	+41	B73 × V-465	16.580	+36
Mo17 × Brazil-197	22.850	+29	B73 × XL-670	15.160	+25
B73 × XL-670	22.760	+29	B73 × Brazil-75	14.840	+22
B73 × Brazil-2478	22.700	+28	Mo17 × V465	14.810	+22
Mo17 × B73	<b>17.690</b>	<b>0</b>	Mo17 × B73	<b>12.160</b>	<b>0</b>
mds	1.870		mds	1.830	
Media cruzamientos × B73	21.820	+23	Media cruzamientos × B73	14.560	+20
Media cruzamientos × Mo17	20.660	+17	Media cruzamientos × Mo17	13.430	+10

TABLA 5

**CINCO MEJORES COMBINACIONES PARA LA DIGESTIBILIDAD TOTAL (Dt), EN CADA UNO DE LOS TRES AÑOS DE ENSAYOS. VALORES DEL TESTIGO Mo17 × B73, Y PORCENTAJE DE INCREMENTO O DISMINUCION DEL SEMIEXOTICO CON RESPECTO DEL TESTIGO. VALORES MEDIOS DE LAS COMBINACIONES ×B73 y ×Mo17. (mds p ≤ 0,05)**

*Five best combinations for whole plant digestibility of the dry matter in each year of study. Values of check Mo17 × B73, and percentage of increase or decrease of the semiexotics with respect to the check. Mean values of the combinations ×B73 and ×Mo17. (lsd p ≤ 0.05)*

	Dt	(%)		Dt	(%)
<b>1989</b>			<b>1191</b>		
Mo17 × B73	0,70	0	Mo17 × B73	0,69	0
B73 × USACA-Mex-1	0,66	-5,7	B73 × Brazil 1771. Cateto	0,67	-3,0
B73 × ETO Blanco	0,65	-7,1	B73 × V-465	0,66	-4,3
B73 × Compuesto Centroam. A	0,65	-7,1	B73 × D-XC 670	0,66	-4,3
B73 × GUATP-GPO-17-3-A	0,65	-7,1	B73 × Brazil-75	0,66	-4,3
B73 × Compuesto Piracar	0,62	-11,4	Mo17 × V465	0,66	-4,3
mds	-	-	mds	0,3	-
Media cruzamientos × B73	0,63	-10,0	Media cruzamientos × B73	0,67	-3,0
Media cruzamientos × Mo17	0,61	-12,9	Media cruzamientos × Mo17	0,64	-7,3
<b>1990</b>					
Mo17 × B73	0,69	0			
B73 × Brazil-1741. Cateto	0,65	-5,8			
B73 × Across 8443. La Posta	0,64	-7,2			
B73 × Brazil-1792. Cateto	0,64	-7,2			
B73 × Pool 24	0,64	-7,2			
B73 × Poza Rica 8529	0,64	-7,2			
B73 × Nioro 8424	0,64	-7,2			
mds	0,02	-			
Media cruzamientos × B73	0,64	-7,3			

TABLA 6

**COMPARACION DE LA MEDIA DE LOS DOS EXOTICOS QUE SE CRUZARON SIMULTANEAMENTE CON CUATRO LINEAS PROBADORAS. VALORES MEDIOS DE LOS CARACTERES ESTUDIADOS EN LOS CRUZAMIENTOS CON CADA UNA DE LAS LINEAS**

*Comparison of the mean of the two exotics which were crossed with the four tester inbreds. Mean values of the traits studied in the crosses for each inbred*

	Pm	Ppv	Pt	PmsDt	Dt
B73	9.800	13.000	22.800	15.130	0,66
Mo17	8.300	14.290	22.600	14.660	0,65
L696	10.420	14.550	24.960	16.390	0,67
L704	9.760	15.040	24.810	15.440	0,63

Pm = Producción de mazorca en kg/ha de materia seca; Ppv = Producción de parte vegetativa en kg/ha de materia seca; Pt = Producción de biomasa total en kg/ha de materia seca; PmsDt = Producción de materia seca digestible total en kg/ha; Dt = Digestibilidad de la parte vegetativa en tanto por uno de materia seca.

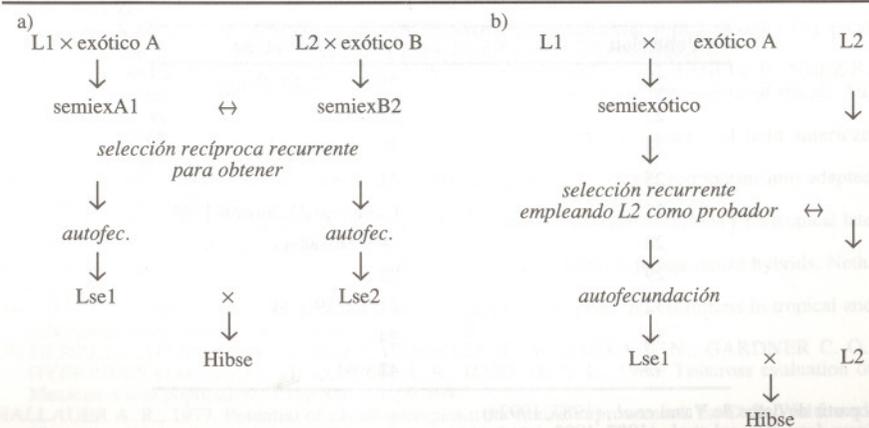
Ya que nuestro propósito es desarrollar híbridos forrajeros de ciclo largo, hemos utilizado, deliberadamente, dos líneas probadoras que cruzadas producen un híbrido buen productor de grano. Una posible vía de procedimiento a seguir en el programa de mejora se muestra en la Tabla 7a, donde debemos procurar también que el exótico A combine suficientemente bien con L2, y el exótico B con L1. Además el exótico A y el exótico B deberían ser el máximo de complementarios. La selección recíproca recurrente aumentaría aún más la elevada capacidad combinatoria inicial de las dos poblaciones semiexóticas. En el caso descrito en la Tabla 7b, se garantiza una mayor proporción de germoplasma adaptado en el híbrido semiexótico final, y una mayor rapidez en el proceso. A partir de la información de que disponemos es razonable utilizar B73 y L696 o L704 como líneas adaptadas, mientras que como material exótico destacarían Compuesto Centroeamericano A, V464 y V465, Across 8443 (Tuxpeño) y Brazil 1771 (Cateto). Cualquiera de ellos, cruzado con la línea complementaria de aquella con la cual produce mayor heterosis, sería bueno para empezar el programa de selección.

Si siguiéramos el esquema de la selección recíproca recurrente deberíamos trabajar con dos poblaciones semiexóticas y tener en cuenta para elegir las com-

TABLA 7

**DOS POSIBLES ESTRATEGIAS PARA UN PROGRAMA DE SELECCION, SIENDO L1 Y L2 LAS LINEAS ADAPTADAS COMPLEMENTARIAS; EXOTICO A, EL QUE MEJOR COMBINE CON L2; EXOTICO B, EL QUE MEJOR COMBINE CON L1; SEMIEXA1 Y SEMIEXB2, POBLACIONES SEMIEXOTICAS; LSE1 Y LSE2, LINEAS SEMIEXOTICAS; HIBSE, HIBRIDO SEMIEXOTICO**

*Two possible strategies for a breeding program, L1 and L2 being the complementary inbreds; exotic A, the one that combines best with L2; exotic B, that which combines best with L1; semiexA1 and semiexB2, semiexotic populations; Lse1 and Lse2, semiexotic inbreds; Hibse, semiexotic hybrid*



plementariedades de los materiales exóticos. Sabemos, por ejemplo, que ETO × Tuxpeño y Cateto × Tuxpeño son buenos complementarios. Disponemos también de estudios más detallados efectuados por el CIMMYT con «pools» y poblaciones concretas que deben ahorrar trabajo en las fases iniciales del proceso (Tabla 8).

Los esquemas hasta aquí descritos pueden refinarse hasta donde se quiera y se están desarrollando ya actualmente junto con estudios genéticos dentro de las poblaciones semiexóticas que permitan estimar las tasas de avance en la selección. Sin embargo existe un aspecto subyacente que quizás merezca ser comentado para finalizar. Se trata de la conveniencia de crear poblaciones semiexóticas para efectuar selección dentro de ellas, o bien realizar la selección dentro de materiales exóticos, derivar posteriormente líneas exóticas y cruzarlas finalmente con líneas adaptadas.

Es evidente que el manejo de materiales exóticos es especialmente engorroso por la altura de las plantas, asincronía de las floraciones, enfermedades, etc. Por tanto lo más sencillo es seguir el esquema que hemos propuesto anteriormente. La duda nace cuando autores como Peterson (1992) han empezado a sugerir que el escaso progreso que se ha conseguido en poblaciones derivadas de material exótico × adaptado es consecuencia de la rotura de «cassettes» de genes que funcionan coordinadamente en el material original. Si eso fuera cierto sería más favorable efectuar un proceso de selección dentro de las poblaciones exóticas que mantuviese intactos estos «cassettes» y al final derivar líneas exóticas que se cruzarían con líneas adaptadas. Las líneas adaptadas deberían usarse como probadoras durante el proceso de autofecundación de las poblaciones exóticas para derivar líneas. Sin embargo, la inversión en trabajo de campo que implica la selección dentro de los

**TABLA 8**

**COMBINACIONES HETEROTICAS MAS INTERESANTES  
PARA LA PRODUCCION DE GRANO ENTRE POBLACIONES  
CIMMYT DE CICLO MEDIO Y LARGO**

*The most interesting heterotic combinations for grain production among CIMMYT medium and late populations*

Población	×	Población
21		32, 25, 22, 43, Complejo 23
22		32, 43
24		36 y Suwan-1
25		21
27		Complejo 25, Suwan-1, 44
28		24 y Suwan-1
29		32
32		21, 22, 29 y 44
36		24
43		42 y 44

A partir de datos de Vasal *et al.*, (1987, 1992a)  
From data of Vasal *et al.*, (1987, 1992a))

exóticos, consideramos que obliga a incrementar las evidencias sobre la hipótesis de Peterson antes de optar por dicha estrategia.

**AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se ha realizado con una subvención de la CICYT n. Agr89-0373

**SUMMARY**

**Introduction of Tropical Germplasm in Forage Maize Breeding**

Crosses between late tropical populations and adapted inbreds (FAO 700-800) of maize (*Zea mays* L.) were compared in order to detect superior combination patterns. The final goal is the development of late forage semi-exotic hybrids (FAO 900-1.000) adapted to the mild mediterranean climate and cultivated under irrigation conditions.

Several traits of yield and quality of the forage have been studied through three top-crosses with a common check, involving 44 exotic populations and pools of maize (*Zea mays* L.) and the adapted tester inbred lines B73 and Mo17 (maturity range 700-800 FAO).

The crossing patterns B73 × Tuxpeño, B73 × Cateto and B73 × Compuesto Centroamericano A were outstanding for ear yield. The best semiexotic combinations for the production of digestible dry matter and their respective percentages of superiority compared to the check hybrid Mo17 × B73 were: B73 × La Posta (40 p. 100), B73 × Brazil 1771 (38 p. 100), B73 × V465 (36 p. 100), B73 × Brazil 1792 (31 p. 100), B73 × Niro 8424 (29 p. 100), B73 × XL-670 (25 p. 100), B73 × V464 (24 p. 100), and Mo17 × Compuesto Centroamericano A (24 p. 100).

Some breeding strategies for deriving semiexotic and exotic are proposed in light of the combining results.

**KEY WORDS:** Breeding  
Forage  
Semiexotics  
Tropical maize  
Late hybrids

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- AUFRERE J., 1982. Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par un méthode enzymatique. *Ann. Zootech.*, 31: 111-130.
- BECK D. L., VASAL S. K., CROSSA J., 1991. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-maturity maize germplasm. *Crop Sci.*, 31: 68-73.
- CASAÑAS F., BOSCH L., FERRET A., VERDU A. M. C., PLAIXATS J., ALBANELL E., NUEZ F., 1991. Optimization of the digestible dry matter yield from semi-exotic populations of maize. *An. Aula Dei*, 20: 41-50.
- CASTILLO-GONZALEZ F., GOODMAN M. M., 1989. Agronomic evaluation of latin american accessions. *Crop Sci.*, 29: 853-861.
- CROSSA J., 1989. Theoretical considerations for the introgression of exotic germplasm into adapted maize. *Maydica*, 34: 53-62.
- CROSSA J., VASAL S. K., BECK D. I., 1990. Combining ability estimates of CIMMYT's tropical late yellow maize germplasm. *Maydica*, 35: 273-278.
- DEINUM B., BAKKER J. J., 1981. Genetic differences in digestibility of forage maize hybrids. *Neth. J. Agric. Sci.*, 29: 93-98.
- GRACEN V. E., 1986. Sources of temperate maize germplasm and potential usefulness in tropical and subtropical environments. *Adv. Agron.*, 29: 127-172.
- GUTIERREZ-GAITAN M. A., CORTEZ-MENDOZA H., WATHIKA E. N., GARDNER C. O., OYERVIDES-GARCIA M., HALLAUER A. R., DARRAH L. L., 1986. Testcross evaluation of Mexican maize populations. *Crop Sci.*, 26: 99-104.
- HALLAUER A. R., 1977. Potential of exotic germplasm for maize improvement. En D. B. Walden ed. *Maize breeding and genetics*. John Wiley & Sons, 229-249 pp.

- HALLAUER A. R., 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica*, 35: 1-16.
- KAAN F., DERIEUX M., 1986. Use of exotic maize material and building up of broadly based populations for European breeders. En O. Dolstra, P. Miedema ed. *Breeding of silage maize*. Proc. 13th Congress Maize and Sorghum Section of Eucarpia. Wageningen, pp. 32-39.
- MISEVIC D., 1989. Heterotic patterns among U.S. corn belt, Yugoslavian, and exotic maize populations. *Maydica*, 34: 253-263.
- MUNGOMA C., POLLAK L. M., 1988. Heterotic patterns among ten corn belt and exotic maize populations. *Crop Sci.*, 25: 500-504.
- OYERVIDES-GARCIA M., HALLAUER A. R., CORTEZ-MENDOZA H., 1985. Evaluation of improved maize populations in Mexico and the U.S. Corn Belt. *Crop Sci.*, 25: 115-120.
- PETERSON P. A., 1992. Quantitative inheritance in the era of molecular biology. *Maydica*, 37: 7-18.
- STUBER C. W., 1986. Use of exotic sources of germplasm for maize improvement. En O. Dolstra, P. Miedema ed. *Breeding of silage maize*. Proc. 13th Congress Maize and Sorghum Section of Eucarpia. Wageningen, pp. 19-31.
- THOMPSON D. L., 1968. Silage yield of exotic corn. *Agron. J.*, 60: 579-581.
- VASAL S. K., BECK D. L., CROSSA J., 1987. Studies on the combining ability of CIMMYT maize germplasm. CIMMYT Research Highlights, CIMMYT, El Batán, México.
- VASAL S. K., ORTEGA A., PANDEY S., 1982. CIMMYT's Maize Germplasm Management, Improvement and Utilization Program. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batán, México.
- VASAL S. K., SRINIVASAN G., 1991. Breeding strategies to meet changing trends in hybrid maize development. Golden Jubilee Symposium of the Indian Society of Genetics and Plant Breeding. New Delhi.
- VASAL S. K., SRINIVASAN G., BECK D. L., CROSSA J., PANDEY S., DE LEON C., 1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical late white maize germplasm. *Maydica*, 37: 217-224.
- VASAL S. K., SRINIVASAN G., PANDEY S., CORDOVA H. S., HAN G. C., GONZALEZ F., 1992b. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. *Maydica*, 37: 259-270.