

VALORACION FORRAJERA DE 24 HIBRIDOS COMERCIALES DE MAIZ DE CICLO LARGO: PARAMETROS DE PRODUCCION DE BIOMASA Y DE CALIDAD NUTRITIVA

L. BOSCH¹
F. MUÑOZ²
F. CASAÑAS¹
E. SANCHEZ¹
F. NUEZ³

(1) Escola Superior Agricultura de Barcelona. Urgell, 187. 08036 Barcelona.

(2) Diputación General de Aragón. SIA. Montañana. 50080 Zaragoza.

(3) Escuela Técnica Superior Ingenieros Agrónomos. Camino de Vera. 46022 Valencia.

RESUMEN

Se analizan 24 híbridos comerciales de ciclo largo, para establecer cuáles son los factores que más influyen en las diferencias de Producción de Materia Seca Digestible total (PMSDt). También se estudia si existen relaciones antagónicas entre los caracteres de producción y de valor nutritivo.

Los ensayos, efectuados en tres localidades, revelaron que la producción de mazorca es el carácter más correlacionado con la PMSDt ($r = 0,76$), seguido por la producción de parte vegetativa ($r = 0,43$). Los caracteres de calidad nutritiva presentaron correlaciones bajas con la PMSDt debido, en parte, a su escasa variabilidad. El más interesante fue la Digestibilidad de la Pared Celular, tanto por su correlación con la PMSDt ($r = 0,34$), como por la escasa influencia del ambiente en su expresión.

Se sugiere la necesidad de alargar el ciclo e incrementar la variabilidad para la producción de parte vegetativa introduciendo germoplasma exótico, como punto de partida para obtener materiales de uso exclusivamente forrajero adaptados a zonas de clima suave.

PALABRAS CLAVE: Maíz forrajero
Híbridos de ciclo largo
Valor nutritivo
Producción de materia seca digestible
Digestibilidad de la pared celular
Mejora genética

INTRODUCCION

La utilización del maíz como forraje ha impulsado de manera creciente el interés hacia el conocimiento de su calidad nutritiva, junto con el interés básico de la producción. Se prefiere conocer la producción de materia seca digestible por hectárea en vez de limitarse a manejar la información de la producción de materia seca

Recibido: 16-1-92.

Aceptado para su publicación: 30-4-92.

Redactor asociado: José M. Lasa.

por hectárea. En países como Canadá, Francia, Bélgica, Holanda, Alemania y Hungría existe ya una considerable cantidad de datos disponibles sobre las cualidades nutritivas de los híbridos comerciales utilizados como forraje. Organizaciones internacionales como la FAO y Eucarpia han coordinado esfuerzos de diversos países para suministrar información generalizada sobre producción de materia seca digestible (Deinum, 1987). Sin embargo, por la naturaleza climática de la mayor parte de los países con tradición de investigación en el maíz forrajero —arriba mencionados—, los datos publicados se refieren principalmente a maíces de ciclo corto o medio.

En la cuenca mediterránea existen diversas zonas, incluyendo algunas españolas, donde se cultiva desde hace años maíz de ciclo largo para forraje. Estas zonas probablemente aumentarían en extensión con el auge adquirido por las explotaciones agropecuarias asociadas a nuevos regadíos en el Mediterráneo sur y oriental (Israel, Egipto, etc.). Tiene, por tanto, interés profundizar en el conocimiento de los maíces de ciclo largo utilizados desde la vertiente forrajera. Además, la aparición de nuevos híbridos en el mercado es constante, lo cual obliga a caracterizar los nuevos materiales para suministrar información actualizada sobre su comportamiento forrajero. Junto con este primer objetivo tratamos también en este trabajo de valorar la influencia del ambiente en el comportamiento productivo y de calidad nutritiva del forraje.

En España se han efectuado anteriormente estudios sobre la digestibilidad de la planta entera en híbridos comerciales (Alibés, 1976; Cañas *et al.*, 1987). Interesa sin embargo conocer el peso relativo de los diferentes factores que afectan la producción de materia seca digestible total. Teniendo presente que nos hallamos ante un colectivo de materiales de ciclo largo que han sido seleccionados exclusivamente para la producción de grano, se trata de ver si las diferencias en la producción de materia seca digestible están basadas en diferencias de producción y/o de digestibilidad. Estudios similares en materiales de ciclo corto a medio muestran que la digestibilidad de la parte vegetativa y de la pared celular de la parte vegetativa son factores de peso en la digestibilidad total de la planta (Deinum, 1987). También se pretende investigar si las diferencias de digestibilidad de la parte vegetativa de la planta son debidas a diferencias en la proporción de pared celular y/o a diferencias en la digestibilidad de la pared celular.

Finalmente nuestro último propósito es estimar las relaciones entre los parámetros de producción y los de calidad nutritiva para ver si existen tendencias antagónicas o no. La consideración conjunta de estas cuestiones permite valorar las expectativas de cara a obtener híbridos de ciclo largo adecuados a la explotación forrajera.

En resumen, los objetivos del trabajo son: 1) Caracterizar los híbridos de ciclo largo que actualmente se emplean como forrajeros. 2) Valorar la influencia ambiental en la producción y calidad nutritiva del forraje. 3) Comprobar la influencia de la proporción de pared celular y su digestibilidad en el valor nutritivo de la parte vegetativa de la planta. 4) Cuantificar las relaciones entre parámetros de calidad y producción. 5) Examinar las expectativas para la obtención de híbridos de ciclo largo de uso exclusivamente forrajero.

MATERIAL Y METODOS

Se emplearon un conjunto de híbridos (Tabla 1) suministrados por las casas comerciales en respuesta a una solicitud generalizada de materiales de ciclo largo que

puieran ser empleados como forrajeros. Se incluyó también un híbrido experimental de nuestro laboratorio (Experimental ESAB).

El ensayo se efectuó simultáneamente en las localidades de Riudellots (comarca de la Selva, provincia de Gerona), Les Franqueses (comarca del Vallés Oriental, provincia de Barcelona), y Torrebonica (comarca del Vallés Occidental, provincia de Barcelona), las tres con clima mediterráneo.

TABLA 1

HIBRIDOS QUE INTERVINIERON EN EL ENSAYO, FIRMA COMERCIAL DISTRIBUIDORA, TIPO DE HIBRIDO Y CICLO ATRIBUIDO POR LA CASA COMERCIAL

Hybrids involved in the experiment, commercial firm, kind of hybrid and maturity range assigned by the commercial firm

Nombre	Firma	Tipo híbrido	Ciclo Atribuido
Alios	Battle	simple	800
Pianosa	Cargil	simple	800
Paolo	Dekalb	simple	800
DK4F	Dekalb	simple	800
G4727	Funk's	simple	800
Prisma	Funk's	simple	800
Nepris	Shell	simple	800
Amanda	Pioneer	simple	800
Lorena	Pioneer	simple	800
AE7020	Agrar	3 vías	700
AE750	Agrar	simple	700
AE703	Agrar	simple	700
Vinicio	Dekalb	simple	700
Experimental	ESAB	simple	700
AD640	Fitó	simple	700
M770	Fitó	simple	700
Dracma	Funk's	simple	700
Bianca	Pioneer	simple	700
Comaro	Pioneer	3 vías	700
Polaris	Shell	simple	700
Granada	Fitó	simple	600-700
AE664	Agrar	simple	600
Logos	Dekalb	simple	600
Dakar	Funk's	simple	600

La siembra se realizó a mediados de mayo, siguiendo en cada localidad un diseño de 4 bloques aleatorizados con parcelas elementales representadas por un surco de 26 plantas, con una densidad de 83.000 pl/ha. Los surcos estaban separados 0,8 m y los puntos de siembra dentro de surco distaban 0,3 m. En cada punto de siembra se situaron dos plantas.

En todas las localidades el cultivo se realizó en condiciones de regadío. La frecuencia de riego alcanzó a dos veces por semana en la época de mayores necesidades hídricas. Se realizó un abonado de fondo con 1.000 kg/ha de 15/15/15, y un abonado de cobertera con 700 kg/ha de nitrato amónico del 33,5 p. 100. Antes de la siembra se efectuó un tratamiento herbicida con simazina-atrazina.

Se estudiaron las variables:

1. Días desde la siembra a la floración masculina (df).

2. Días desde la siembra hasta la cosecha (dc). Las plantas se cosechaban, separando la parte vegetativa de la mazorca, cuando la humedad media del grano en las cuatro repeticiones de un genotipo en una localidad se hallaba alrededor del 40 p. 100.

3. Altura total de la planta en cm (at), medida desde el suelo hasta la lígula de la hoja superior.

4. Altura desde el suelo hasta el punto de inserción de la primera mazorca, en cm (am).

5. Posición relativa de la mazorca (pm), expresada como $pm = am/at$.

6. Diámetro del tallo medido en cm (d), en la parte central del primer entrenudo observable completamente.

7. Índice de plantas infectadas por carbón (c), basado en una escala de 0 a 2. (0 = planta sin carbón; 1 = carbón afectando la parte vegetativa de la planta; 2 = producción de mazorca afectada seriamente por la presencia de carbón).

8. Porcentaje de plantas afectadas por virus enanizante (% v).

9. Porcentaje de plantas con el tallo roto por debajo de la mazorca principal en el momento de la cosecha (% tr).

10. Porcentaje de plantas con todas las hojas secas en el momento de la cosecha (% ps).

11. Porcentaje de mazorcas afectadas por podredumbre en el momento de la cosecha (% mp).

12. Porcentaje de hojas secas en el momento de la cosecha (% hs), como indicador de la persistencia verde.

13. Producción de la parte vegetativa de la planta expresada en kg de materia seca por ha (Pr pla). Se calculó a partir de la producción de materia fresca y del porcentaje de materia seca estimado en una muestra desecada a 105° C hasta peso constante.

14. Producción de mazorca, expresada en kg de materia seca por ha (Pr m). Se calculó de forma análoga a Pr pla.

15. Producción total de materia seca en kg por ha (Pr t).

En cada localidad, una muestra de la parte vegetativa de las cuatro repeticiones de un genotipo (previamente picada para forraje) se secó en una estufa de aire forzado a 60° C hasta peso constante, molturándose posteriormente hasta pasar a través de un tamiz de 1 mm. Con este material se efectuaron determinaciones por duplicado de:

16. Digestibilidad de la materia seca de la parte vegetativa (% Dig pl), empleando el método de incubación de la muestra con líquido ruminal propuesto por Tilly, Terry (1963).

17. Contenido en fibra neutro detergente (% FND) indicativo de la proporción de pared celular, empleando el método de Van Soest, Wine (1967).

18. Contenido en cenizas (c), estimado a partir de una muestra de 3-4 gr colocada en una mufla durante 3 h a 550° C.

19. Digestibilidad de la pared celular (% Dpc), por medio de la ecuación empleada por Struik (1983), $Dpc = 100 - [100 - (Dmo + 9)] (100 - c)/FND$. La Digestibilidad de la materia orgánica (Dmo) se calculó a partir de la expresión $Dmo = 0,96 \text{ Dig. pl.} + 0,17$; propuesta por Alós, Rodríguez (1987).

20. Producción de materia seca digestible total, en kg/ha (PMSDt). Se estimó asumiendo que la fracción mazorca presentaba un valor constante de digestibilidad (Deinum, Bakker, 1981).

Las correlaciones entre los diferentes caracteres se calcularon a partir de los valores fenotípicos medios de cada híbrido.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las diferencias en el ciclo hasta cosecha para forraje de los 24 híbridos ensayados se corresponden en general con la información suministrada por las casas comerciales referida al ciclo hasta cosecha para grano (Tablas 1 y 2).

Los tres caracteres que se emplearon para definir la morfología de la parte vegetativa (altura de la planta, posición de la mazorca y diámetro del tallo) presentaron diferencias estadísticamente significativas aunque los coeficientes de variación estuvieron comprendidos entre 2,7 y 4 p. 100 (Tabla 2).

TABLA 2

VALORES PROMEDIO, CONSIDERANDO LAS TRES LOCALIDADES, DE LAS VARIABLES DE VALORACION VEGETATIVA PARA CADA HIBRIDO

Mean values of the three locations for the vegetative traits of each hybrid. (Height and diameter in cm)

Híbrido	dc	df	at	pm	d	c	% v	% tr	% ps	% mp	% hs
Alios	128	73,9	250	0,57	2,3	0,083	3,6	9,7	2,3	17,1	5,5
Nepris	128	74,6	231	0,56	2,3	0,016	3,3	5,5	1	18,2	5,4
Lorena	128	74,4	241	0,57	2,3	0,025	3,7	2,6	3,7	8	5,5
M770	127,3	74,2	248	0,57	2,4	0,091	7,7	2,4	2	14,2	5,1
Comarco	127,3	74,4	243	0,56	2,3	0,000	3,2	9,2	1,4	16,5	5,3
G4727	126,7	73,8	233	0,53	2,4	0,050	2,9	3,6	2,9	15,2	4,8
Prisma	126,7	72,9	246	0,55	2,5	0,008	3,4	2,3	0,7	18,2	5,2
Pianosa	126,7	72,5	223	0,56	2,4	0,025	4,2	1	3,4	7,3	4,6
Dracma	126	74	234	0,54	2,5	0,008	2,3	0,7	0,8	22,5	4
Experim.	126	74	240	0,59	2,4	0,050	3,7	0,8	1,9	24,7	4,8
AD640	125,7	72,5	251	0,57	2,3	0,000	4,8	3,3	10,6	17,3	6,4
Paolo	125,7	74,5	235	0,59	2,3	0,066	10,2	1,2	3,8	15,3	5,2
Vinicio	125,7	73,3	252	0,57	2,4	0,025	5,0	3,8	0,7	15,4	4,4
AE703	125,3	72,9	235	0,58	2,3	0,041	5,3	0,7	16,6	18,7	7,6
AE7020	125	73,3	241	0,57	2,3	0,066	5,9	1,9	6,9	24,4	5,7
AE750	124,7	73,4	240	0,58	2,3	0,033	6,1	0,7	21,9	14,3	6,7
Bianca	124,7	73,1	256	0,53	2,3	0,025	1,9	1,1	1,6	11,8	4,5
AE664	124,3	71,8	220	0,56	2,3	0,033	10,7	0,0	8,9	21,8	5,8
Amanda	124,3	74,6	246	0,60	2,3	0,025	1,9	0,0	1,5	7,7	4,1
DK4F	124,3	76,3	248	0,61	2,3	0,016	1,9	7,4	1,1	7,5	3,6
Dakar	124,3	72,7	258	0,51	2,3	0,025	2,7	0,0	1,1	25,7	4,1
Granada	123	73,2	236	0,57	2,3	0,016	7,1	0,3	0,8	14,4	5
Polaris	123	73,3	233	0,57	2,3	0,033	4,5	0,0	2,7	16,1	5,4
Logos	120,7	72,7	225	0,55	2,3	0,008	3,9	0,7	0,0	16,5	3,3
m.d.s.*	3,6	1	14	0,03	0,1	0,052	ns**	ns	5,5	ns	1,5
c.v. %	1,4	1,3	4	3,9	2,7	75	51	113	129	32	18,5

dc: días a cosecha; df: días a floración; at: altura total; pm: posición mazorca; d: diámetro tallo; c: índice de carbón. % v: % virus; % tr: % tallos rotos; % ps: % plantas secas; % mp: % mazorcas podridas; % hs: % hojas secas.

dc: days to harvest; df: days to flower; at: total height; pm: ear position; d: stem diameter; c: smut index. % v: % virus; % tr: % broken stems; % ps: % dry plants; % mp: % rotten ears; % hs: % dry leaves.

* ($p \leq 0,05$)

** Efecto genotipo no significativo. Genotype effect not significant.

Por lo que respecta a los caracteres definitorios del estado de salud de las plantas (infección de carbón, infección vírica, podredumbre de la mazorca, plantas con todas las hojas secas) existió una gran variabilidad, lo mismo que para el número de hojas secas, estimador indirecto del carácter persistencia verde (Tabla 2).

TABLA 3

VALORES PROMEDIO, CONSIDERANDO LAS TRES LOCALIDADES, DE LAS VARIABLES DE PRODUCCION Y CALIDAD NUTRITIVA EN LOS HIBRIDOS ESTUDIADOS

Mean values of the three locations for the yield and nutritive value of the studied hybrids

Híbrido	Producción (kg/ha)			FND %	Digestibilidad %		
	MSDT	vegetativa	mazorca		total	veget.	pared
Experim.	16.780	11.902	12.422	24.324	66,5	55,4	49
Pianosa	16.504	10.284	13.806	24.090	68,9	50,4	44,5
Lorena	16.341	10.433	12.256	22.689	68,1	60,3	56,1
Bianca	16.177	11.099	12.920	24.019	68,5	50,3	43,8
G4727	16.177	9.570	12.422	21.992	64,6	62,6	56,6
Alios	15.937	10.794	12.920	23.714	67,8	49,5	42
Vinicio	15.934	11.461	11.731	23.192	62,3	55,1	45
Amanda	15.756	10.964	11.260	22.224	67,9	59,5	55,2
Prisma	15.717	10.616	13.225	23.841	65,0	45,9	34,8
Dracma	15.639	10.342	11.758	22.100	64,3	58	50,8
Comaro	15.557	10.192	12.422	22.614	69,2	52,7	47,3
Nepriis	15.313	9.885	12.478	22.363	67,6	51,4	44,3
Polaris	15.246	10.400	11.122	21.522	65,7	58,96	52,5
M770	15.065	11.006	12.533	23.539	67,7	43,5	34,2
AE750	14.833	9.753	12.201	21.954	68,4	49,5	42,9
Paolo	14.672	10.583	11.039	21.622	65,8	53,1	45,9
DK4F	14.671	11.287	10.458	21.745	66,5	54	46,5
AE664	14.641	9.686	10.956	20.642	62,8	58,4	49,8
AE7020	14.601	10.085	11.399	21.484	65,3	52,1	43,8
AE703	14.363	9.387	11.288	20.675	67,2	54,4	48,1
Granada	14.221	10.832	11.094	21.926	65,9	47,3	37,9
Logos	14.218	10.062	10.320	20.382	65,2	57,2	50,2
AD640	13.957	9.545	10.735	20.280	64,8	54	46
Dakar	13.731	10.267	10.735	21.002	60,5	48	34,1
m.d.s.*	1.403	938	1.826	1.909	4,0	6,4	7,3
c.v. %	5,4	6,1	7,8	5,4	3,3	8,9	13,5

Los híbridos estudiados presentaron diferencias muy elevadas respecto a algunos caracteres agronómicos como la resistencia a ciertas enfermedades. La no significación estadística de estas diferencias (Tabla 4) se debe a que solamente una de las localidades presentó valores elevados, pero con diferencias importantes y significativas entre híbridos en esta localidad. Este es el caso de mazorcas enfermas en Les Franqueses con valores del 13,8 al 77,1 p. 100 y de plantas viróticas en Riudellots, con valores del 1,2 al 30,9 p. 100.

Todos los caracteres productivos y de calidad nutritiva estudiados presentaron diferencias estadísticamente significativas entre híbridos (Tablas 3 y 4). El carácter con mayor coeficiente de variación fue la digestibilidad de la pared celular, mientras el

TABLA 4

VALORES DEL ESTADISTICO F Y SIGNIFICACION DE LOS DISTINTOS EFECTOS PARA CADA VARIABLE

F values and statistical signification for the different effects of each trait

Variable	Efecto			
	Genotipo	Localidad	Gen. × Loc.	Bloque
Días a floración	7,5***	231,5***	1,1	3,2***
Días a cosecha	2*	108***	No calc.	No calc.
Alt. Total	4,4***	6*	1,7**	21,2***
Posición mazorca	6,9***	5*	2,3***	9,3***
Diámetro tallo	3,4***	13,9***	1,8**	8,9***
Índice carbón	1,8*	8,1*	0,9	1,4
% mazorcas podridas	0,8	59***	2,9***	4,8***
% Plantas inf. virus	0,7	16,2***	3,2***	0,7
% Pl. tod. hoj. sec.	7,9***	0,5	0,7	1,6
% Plantas tallo roto	1,7	6,7*	2,8***	2,4*
Hojas secas	3,2***	18,4***	3,4***	2,4*
Prod. parte vegetat.	3,9***	17***	1,4*	4,7***
Prod. mazorca	2,2**	9,9**	3***	8,6***
Prod. Tot.	3,2***	9**	1,5*	8***
% Dig. parte vegetat.	4,7***	13,9***	No calc.	No calc.
% FND	2,4**	31,5***	No calc.	No calc.
% Dig. pared cel.	6***	2,2	No calc.	No calc.
Prod. Mat. Dig. Pl.	2,9***	30,3***	No calc.	No calc.
Prod. Mat. Dig. Tot.	3***	35,9***	No calc.	No calc.

* ($p \leq 0,05$); ** ($p \leq 0,01$); *** ($p \leq 0,005$).

que mostró un menor valor fue la proporción de pared celular en la parte vegetativa (13,5 y 3,3 p. 100 respectivamente, Tabla 3). El hecho de que exista esta gran variabilidad para la digestibilidad de la pared celular (Tabla 4) y dada la escasa influencia ambiental sobre la misma (Dolstra *et al.*, 1990), hace pensar que se trata de un carácter para el que mediante selección podrían alcanzarse elevadas respuestas. Ya que se trata de híbridos seleccionados para grano, la Dpc debe estar poco ligada genéticamente con la producción o características agronómicas importantes de estos híbridos. De no ser así, durante el proceso de selección para grano, se habría disminuido la variabilidad para el carácter a través de selección indirecta. Las correlaciones de la Tabla 7 corroboran esta interpretación (r entre % Dpc y Pr esp/Pr pla igual a $-0,17$ en ambos casos). Por otra parte la producción de materia seca digestible total presentó una gradación continua para el efecto genotipo (Tabla 3).

La influencia del ambiente en los caracteres estudiados fue importante, ya que el efecto localidad fue significativo para todos ellos, excepto para el número de plantas con todas las hojas secas (bajo cuando se cosecha para forraje) y para la digestibilidad de la pared celular, como ya se ha indicado anteriormente (Tabla 4). Lo mismo puede decirse del efecto bloque, que fue siempre significativo excepto para las infecciones de carbón y virus, y plantas con todas las hojas secas (Tabla 4). La influencia de las enfermedades parece pues ligada a la localidad y no al bloque dentro de localidad, lo cual indicaría que en una misma zona las infecciones están ampliamente extendidas y que dependen más de diferencias ambientales importantes que no de aquellas presentes entre bloques.

Por lo que respecta a las interacciones genotipo × localidad la mayoría de las calculables fueron significativas aunque con una magnitud pequeña (Tabla 4). Las que

presentaron unos valores mayores de F fueron: posición de la mazorca, porcentaje de mazorcas atacadas por podredumbre, porcentaje de plantas enfermas por virus, porcentaje de plantas con el tallo roto, porcentaje de hojas secas y producción de grano.

De hecho, las interacciones más interesantes desde el punto de vista agronómico pueden interpretarse como consecuencia de una diferente sensibilidad a las enfermedades y a una incidencia de dichas enfermedades, variando con la localidad, ya que la diferencia de plantas enfermas entre localidades fue estadísticamente significativa (Tabla 4). Así, en Torrebonica las enfermedades tuvieron una intensidad muy baja, mientras que en Riudellots hubo una fuerte incidencia de virus y en Les Franqueses se presentó un fuerte ataque de carbón y de podredumbre de la mazorca (Tabla 5).

TABLA 5

VALORES MEDIOS DE INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN LAS TRES LOCALIDADES ESTUDIADAS

Mean values of diseases incidence in the three locations

Localidad	Índice de Carbón	% mazorcas podridas	% plantas virus
Riudellots	0,019 b	4,9 b	9,2 a
Les Franqueses	0,058 a	43,6 a	3,2 b
Torrebonica	0,020 b	0,0 b	1,4 c

Valores de una misma columna seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según el test de Duncan.

In each column, mean, followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0,05$) after Duncan test.

Este ataque diferencial según localidad, debido a diferencias climáticas y/o de inóculo podría explicar, al menos parcialmente, las diferentes producciones de mazorca de algunos híbridos según la localidad, lo cual a su vez se refleja en el elevado valor de F que aparece en la interacción genotipo \times localidad para este carácter (Tabla 4). Las observaciones visuales en campo apoyan esta hipótesis de la cual el caso más ilustrativo, aunque no el único, es el que presentan los híbridos AE7020, AE750 y AE664. Los tres producen una gran cantidad de mazorca en la localidad de Torrebonica (localidad con baja incidencia de enfermedades), mientras que su producción disminuye mucho en las dos restantes localidades donde se dieron infecciones más intensas (Tablas 5 y 6). Se trata pues de genotipos potencialmente muy productivos, pero poco resistentes a las enfermedades en nuestro ensayo, como confirman sus porcentajes de plantas enfermas (Tabla 2).

La producción de parte vegetativa también presenta interacciones estadísticamente significativas genotipo \times localidad pero con una F menor que la de la producción de mazorca (Tabla 4). Los valores numéricos de cada localidad y las observaciones efectuadas en campo descartan a los efectos interactivos debidos a enfermedades, como responsables principales de estas diferencias.

La digestibilidad de la planta en Les Franqueses (56,8 p. 100) fue significativamente superior a la de Riudellots y Torrebonica (51,6 y 51,8 p. 100 respectivamente), asociada a una menor proporción de pared celular (% FND) en la primera localidad (63 p. 100 contra 67 y 68 p. 100 en las dos restantes). Ello se debe probablemente a una menor translocación hacia la mazorca, ya que esta localidad fue la que presentó una menor producción de mazorca (10.420 kg/ha, significativamente diferente de los 13.086 de Riudellots y los 11.931 de Torrebonica, Tabla 6). En cambio, no se presen-

TABLA 6

PRODUCCION DE MAZORCA PARA CADA HIBRIDO (KG/HA) Y LOCALIDAD. MEDIA DE LOCALIDAD (\bar{x})

Ear yield of each hybrid (kg/ha) and locality. Mean of each location (\bar{x}).

Híbrido	Riudellots	Franqueses	Torrebonica
Pianosa	*(1) 15.687 a**	(1) 13.114 a	(5) 12.616 abcde
Prisma	(3) 14.691 abc	(2) 12.284 ab	(4) 12.699 abcd
Alios	(4) 14.608 abc	(5) 11.869 abc	12.284 abcdef
Bianca	(2) 15.438 ab	11.039 abcd	12.284 abcdef
M770	(5) 14.276 abcde	(4) 11.952 abd	11.371 defg
Nepris	13.280 bcdef	(6) 11.537 abcd	(6) 12.616 abcde
G4727	13.612 abcdef	11.454 abcd	12.201 abcdef
Comaro	(6) 14.027 abcde	11.288 abcd	11.952 bcdef
Experim.....	13.612 abcdef	(3) 12.035 abc	11.620 bcdefg
Lorena.....	13.944 abcde	11.537 abcd	11.288 efg
AE750.....	12.782 cdef	10.873 abcde	(2) 12.948 ab
Dracma.....	13.031 cdef	11.039 abcd	11.205 fg
Vinicio.....	12.699 cdefg	10.292 bcde	12.201 abcdef
AE7020.....	12.367 cdefg	8.300 ef	(1) 13.529 a
AE703.....	12.948 cdef	9.545 cde	11.371 defg
Amanda.....	12.782 cdef	9.462 cde	11.537 cdefg
Polaris.....	12.699 cdefg	8.300 ef	12.367 abcdef
Granada.....	12.533 cdefg	8.964 def	11.786 bcdef
Paolo.....	11.952 defg	10.873 abcde	10.292 gh
AE664.....	10.541 gh	9.545 cde	(3) 12.782 abc
AD640.....	11.371 fgh	8.383 ef	12.450 abcdef
Dakar.....	13.612 abcdefg	6.889 f	11.703 bcdef
DK4F.....	11.869 ef	9.960 bcde	9.545 h
Logos.....	9.711 h	9.545 cde	11.703 bcdef
\bar{x}	13.086 a	10.420 b	11.931 a

* Entre paréntesis se indica el número de orden de los seis híbridos más productivos en cada localidad.

** The number of order of the six hybrids with higher yields is indicated between parantheses.

** Valores de una misma columna seguidos por una misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según el test de Duncan.

** In each column, mean, followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0,05$) after Duncan test.

taron diferencias estadísticamente significativas entre las tres localidades por lo que respecta a la digestibilidad de la pared celular (45, 47 y 46 p. 100 respectivamente).

El incremento que experimenta la digestibilidad de la parte vegetativa cuando disminuye la translocación hacia la mazorca se empezó a considerar hace algunos años (Bunting, 1975) y podría sugerir una estrategia para aumentar la producción de materia seca digestible total, incrementando la digestibilidad de la parte vegetativa a costa de perder algo de mazorca. Sin embargo, en el contexto de los híbridos que hemos ensayado, los resultados no abonan esta posibilidad, ya que la localidad con una mayor producción de materia seca digestible total fue la de Riudellots (Riudellots 16.474 kg/ha de materia seca digestible, significativamente superior a Les Franqueses y a Torrebonica con 14.641 kg/ha), a pesar de ser la localidad con una menor digestibilidad media de la parte vegetativa.

Por lo que respecta a la relación entre caracteres de calidad nutritiva y de producción se observa (Tabla 7, Fig. 1) que la producción de materia seca digestible total de-

TABLA 7
CORRELACIONES ENTRE LOS CARACTERES MAS IMPORTANTES
Correlations between the most important traits

	dc	% hum	at	pm	d	c	% v	% mp	% tr	% ps	Pr m	Pr pla	% Dig pl	% FND	% Dpc	PMSDt
Días cosecha (dc)																0,53*
% Humedad mazorca (% hum)																-0,07
Altura total (at)																-0,04
Posición mazorca (pm)																-0,41*
Diámetro tallo (d)																0,00
Índice de carbón (c)																0,12
% Plantas infectadas virus (% v)																0,45*
% Mazorcas con podredumbre (% mp)																-0,38
% Tallos rotos (% tr)																-0,30
% Plantas con todas las hojas secas (% ps)																0,18
Producción de mazorca (Pr m)																0,14
Producción de parte vegetativa (Pr pla)																-0,32
% Digestibilidad parte vegetativa (% Dig pl)																0,76*
% FND																0,41*
% Digestibilidad de la pared celular (% Dpc)																0,13
Producción Materia Seca Digestible total (PMSDt)																0,34

* Significativo ($p \leq 0,05$).

* Significativo ($p \leq 0,05$).

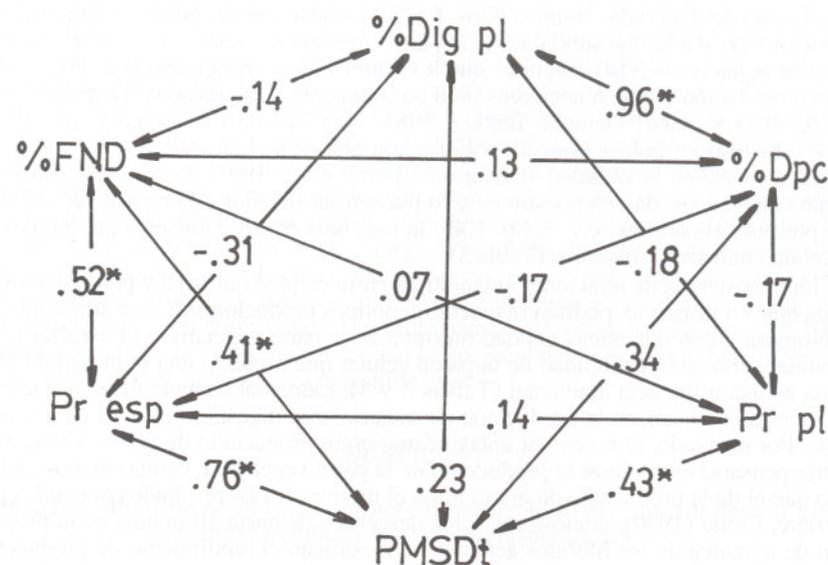


Figura 1.—Correlaciones entre parámetros de calidad nutritiva y producción.
Correlations between nutritive and productive traits.

pende, esencialmente, de la producción de mazorca y de la producción de parte vegetativa, no detectándose correlación significativa con la digestibilidad de la parte vegetativa ($r = 0,23$). La escasa magnitud de esta última correlación debe interpretarse a través de la mazorca, es decir, los genotipos con un mayor desarrollo de la mazorca tienden a ser menos digestibles en su parte vegetativa por haber translocado al máximo (r entre % Dig pl y Pr esp = $-0,31$). La correlación positiva entre porcentaje de pared celular en la parte vegetativa (% FND) y producción de mazorca ($r = 0,52^*$), confirma esta interpretación. La aparentemente contradictoria correlación positiva entre %FND y producción de materia seca digestible total ($r = 0,41^*$) se explicaría también por el mismo motivo ($*p \leq 0,05$).

El conjunto global de las correlaciones entre parámetros productivos y de calidad nutritiva (Fig. 1) confirma las interpretaciones vertidas anteriormente sobre la importancia de la producción de mazorca y de planta en la producción de materia seca digestible total, siguiendo la misma pauta hallada por De Boever *et al.*, (1983). Es decir, en el conjunto de híbridos comerciales de ciclo largo seleccionados para grano incluidos en este ensayo, la máxima cantidad de materia seca digestible se alcanza a través de los componentes productivos y no a través de los componentes de calidad nutritiva de la parte vegetativa. Ello es debido al peso de la mazorca en estos materiales y probablemente también a una escasa variación en el contenido de pared celular.

La influencia destacada de la digestibilidad de la pared celular en la digestibilidad de la parte vegetativa ha sido citada anteriormente por diversos autores. Así, Deinum (1987) estima valores de r de 0,95, 0,90 y 0,96 en un conjunto de híbridos de diversos ciclos, estudiados simultáneamente en Alemania, Holanda y Yugoslavia. Deinum, Bakker (1981) habían estimado valores repetidos de 0,90 en dos años de estudio de híbridos de ciclo corto en Holanda. Casañas *et al.*, (1991) obtienen valores de 0,84, en

un conjunto de materiales semiexóticos. Por lo que respecta al contenido de pared celular (%FND) y a la digestibilidad de la parte vegetativa, nuestros valores de correlación son bajos ($r = -0,14$), mientras que los autores antes mencionados estiman valores de correlación también negativos pero normalmente más elevados (Deinum, 1987: $-0,50$, $-0,77$ y $-0,61$; Deinum, Bakker, 1981: $-0,52$ y $-0,61$; Casañas *et al.*, 1991: $-0,62$). Incluso en poblaciones de polinización abierta se han estimado valores muy elevados ($-0,92$ en la variedad «Lancaster», Ferret *et al.*, 1991). Los valores especialmente bajos que se dan en nuestro ensayo pueden ser debidos a la escasa variabilidad que presenta el carácter (c.v. 3,3 p. 100), la más baja en los caracteres productivos y de calidad nutritiva estudiados (Tabla 3).

La inexistencia de relaciones antagónicas entre calidad nutritiva y producción significa que, en principio, podrían obtenerse genotipos productores de una gran cantidad de biomasa y con una buena calidad nutritiva de la parte vegetativa. El carácter a seleccionar sería la digestibilidad de la pared celular que presenta una gran variabilidad y una escasa influencia ambiental (Tablas 3 y 4). Lamentablemente el peso que este carácter parece tener en la producción de materia seca digestible total es escaso ($r = 0,34$). Por otro lado, al no existir antagonismo entre producción de planta y mazorca, podría pensarse en mejorar la producción de la parte vegetativa, campo menos explorado que el de la producción de grano hasta el momento. Los resultados obtenidos por Barrière, Emile (1990), demostrando que descensos de hasta 10 puntos en la proporción de mazorca de los híbridos actuales no modifican el rendimiento de producción en vacas lecheras, abonarían la vía de incrementar al máximo la producción de parte vegetativa. Sin embargo, la evidencia experimental tampoco invita al optimismo respecto a esta estrategia. En efecto, la variabilidad para el carácter producción de planta (parte vegetativa) entre los híbridos estudiados es de la misma magnitud que la variabilidad para la producción de mazorca (Tabla 3), siendo su correlación con la producción de materia seca digestible total mucho más baja que la de la mazorca ($0,43$ contra $0,76$, Tabla 7). Aparentemente pues, la vía más favorable sería la de incrementar la producción de mazorca, ya que es el componente con más peso en la producción de materia seca digestible total. Ello contrasta con la propuesta de investigadores del centro y norte de Europa, especialmente Struik, Deinum (1990), que enfatizan la necesidad de mejorar la digestibilidad de la parte vegetativa de la planta.

En nuestro caso parece que un recurso sencillo sería incrementar el ciclo, ya que éste mantiene correlaciones positivas elevadas ($r = 0,7$) con la producción de mazorca y correlaciones nulas con el resto de variables implicadas en la producción de materia seca digestible total (Tabla 7). El ciclo es además un carácter muy heredable en el maíz (Robinson *et al.*, 1955; Rood, Major, 1980; Casañas *et al.*, 1989).

Por lo que respecta a los caracteres vegetativos y sus relaciones con el resto (Tabla 7) señalemos que la $r = -0,58^*$ entre % FND y podredumbre de la mazorca puede explicarse por una menor translocación hacia las mazorcas enfermas. Por otro lado, el diámetro del tallo, a pesar de presentar una escasa variación entre genotipos, puede ser de utilidad para elegir materiales productivos ($r = 0,41^*$ y $0,36$ con la producción de mazorca y de la planta respectivamente). En cambio la altura parece ser únicamente indicador de producción de parte vegetativa ($r = 0,44^*$ con la producción de planta y $0,03$ con producción de mazorca). De difícil explicación es su correlación negativa ($r = -0,41^*$) con la digestibilidad de la pared celular.

En resumen, en el conjunto de híbridos comerciales de ciclo largo seleccionados para grano y ensayados como forrajeros hemos hallado diferencias significativas por lo que respecta a la producción de materia seca digestible total, atribuibles principalmente a diferencias entre producción de mazorca y planta, y en menor medida a diferencias en la digestibilidad de la pared celular de la parte vegetativa (las diferencias

productivas pueden asociarse parcialmente a diferencias de ciclo). Por otro lado, las correlaciones entre parámetros de producción y parámetros de calidad nutritiva estimadas permiten ser optimistas a la hora de pensar en obtener genotipos que conjuguen una máxima producción de planta y mazorca, con una buena digestibilidad de la parte vegetativa. Sin embargo, el hecho de que las variabilidades para producción de mazorca y de planta sean similares, y que la digestibilidad de la parte vegetativa, la digestibilidad de la pared celular y la producción de parte vegetativa influyan poco en la producción de materia seca digestible total, sitúan a la producción de mazorca como el carácter a elegir a la hora de mejorar si partimos de la base genética que interviene en estos híbridos comerciales de ciclo largo. Visto todo ello, la introducción de variabilidad para la producción de parte vegetativa que se consigue mediante cruzamientos con materiales exóticos (Casañas *et al.*, 1991) o el acudir a la variabilidad que para este carácter existe en poblaciones de partida como la «Lancaster» (Ferret *et al.*, 1991) debería ser, junto a la selección hacia ciclo largo, un recurso a explorar para incrementar la producción de materia seca digestible total.

SUMMARY

Forage evaluation of 24 late commercial maize hybrids: parameters of biomass production and nutritive quality

Twenty four late maize hybrids were studied to point out the most important factors influencing the Production of total Digestible Dry Matter (PtDDM). Correlations between nutritive value and productive traits were also considered. The trials, carried out at three locations, showed the ear yield as the most correlated trait with PtDDM ($r = 0,76$), followed by the stover yield ($r = 0,43$). Nutritive value traits showed low correlations with PtDDM, probably due to their low variability. Among them, digestibility of the cell wall content appeared to be the most interesting trait both for its correlations with PtDDM ($r = 0,34$) and low environmental influence on its expression. The lengthening of the maturity range and the increase of the variability for stover yield through the introduction of exotic germplasm, are suggested as a starting point to produce forage maize adapted to mild climates.

KEY WORDS: Forage maize
Late hybrids
Nutritive value
Production of digestible dry matter
Digestibility of the cell wall content
Breeding

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALOS C., RODRIGUEZ J. C., 1987. Estudi comparatiu del valor nutritiu de dues varietats de blat de moro. TFC Escola Superior d'Agricultura de Barcelona.
- ALIBES X., 1976. Ensayo comparativo del valor alimentario de dos variedades de maíz I. La planta entera consumida en verde. Composición morfológica, química y rendimientos. An. Aula Dei, 13: 411-434.
- BARRIERE Y., EMILE J. C., 1990. Effet des teneurs en grain et de la variabilité génétique sur la valeur énergétique du maïs ensilage mesurée par des vaches laitières. Agronomie, 10: 201-212.
- BUNTING E. S., 1975. The Question of grain content and forage quality in maize: comparisons between isogenic fertile and sterile plants. Jour. Agric. Scien. Camb., 85: 455-463.
- CASAÑAS S., BOSCH L., CASAÑAS F., 1987. Estimación de la digestibilidad en híbridos comerciales de maíz de ciclo largo. ITEA, 72: 33-43.
- CASAÑAS F., BOSCH L., NUEZ F., 1989. Herencia de la precocidad en una población local y varios conjuntos de líneas de maíz. Invest. Agr. Prod. Prot. veg. 4: 147-158.
- CASAÑAS F., BOSCH L., FERRET A., VERDU A. M., PLAIXATS J., ALBANELL E., NUEZ F., 1991. Optimization of the digestible dry matter yield from semi-exotic populations of maize. An. Aula Dei. En prensa.

- DE BOEVER J. L., NUYTS J., DE BRABANDER D. L., COTTYN B. G., VANACKER J. M., BUYASSE F. X., 1983. Comparaison de la digestibilité et du rendement de quelques variétés de maïs. *Revue de l'Agriculture*, 36: 1.683-1.691.
- DEINUM B., 1987. Genetic and environmental variation in digestibility of forage maize in Europe. *Proc. 14th. Congress. Maize and Sorghum Section of Eucarpia. Nitra*, 376-393.
- DEINUM B., BAKKER J. J., 1981. Genetic differences in digestibility of forage maize hybrids. *Neth. J. Agric. Sci.*, 29: 93-98.
- DOLSTRA O., STRUIK P. C., DEINUM B., 1990. Digestibility for forage maize and prospects for genetic improvement. *International Advanced Course Maize Breeding, Production, Processing and Marketing in Mediterranean Countries. Belgrade*. pp. 489-504.
- FERRET A., CASAÑAS F., VERDU A. M., BOSCH L., NUEZ F., 1991. Breeding for yield and nutritive value in forage maize: An easy criterion for stover quality, and genetic analysis of Lancaster variety. *Euphytica*, 53: 61-66.
- ROBINSON H. F., COMSTOCK J. H., HARVEY P. H., 1955. Genetic variances in open pollinated varieties of corn. *Genetics*, 40: 45-60.
- ROOD S. B., MAJOR D. J., 1980. Diallel analysis of flowering-time in corn (*Zea mays*) using a corn heat unit transformation. *Can. Jour. Genet. Cytol.*, 22: 633-640.
- STRUIK P. C., 1983. The effects of switches in photoperiod on crop morphology, production pattern and quality of forage maize (*Zea mays* L) under field conditions. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen*, 83 (2) 1-27.
- STRUIK P. C., DEINUM B., 1990. The ideotype for forage maize. *Proceedings XVth Congress Eucarpia Maize and Sorghum Section. Baden Near Vienna*, 223-242.
- TILLEY J. M. A., TERRY R. A., 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassld. Soc.*, 18: 104-111.
- VAN SOEST P. M., WINE R. H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of A.O.A.C.*, 50: 50-55.