

ENSAYOS DE VARIEDADES DE MAÍZ PARA ENSILAR EN ASTURIAS (1996-2011). DIFERENCIAS ENTRE VARIEDADES ACTUALES Y OBSOLETAS Y SU RELACIÓN CON LA VENTA DE SEMILLAS

A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A. CARBALLAL SAMALEA, B. DE LA ROZA DELGADO, A. SOLDADO CABEZUELO, S. MODROÑO LOZANO Y A. ARGAMENTERÍA GUTIÉRREZ

Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Carretera Villaviciosa-Oviedo, s/n. E-33300 Villaviciosa. Asturias (España). afargamenteria@serida.org

RESUMEN

El Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias viene realizando ensayos de evaluación de variedades de maíz para ensilar desde 1996 hasta la actualidad, en las cuatro zonas edafoclimáticas de dicha Comunidad Autónoma aptas para su cultivo. Los resultados de estas evaluaciones se publican anualmente en una Lista Principal (variedades con un mínimo de dos años de evaluación), Provisional (evaluadas solamente un año) y Complementaria (evaluadas, pero ya retiradas del mercado). En este trabajo, se presenta un análisis estadístico global de los 15 años de estudio. Los resultados de evaluación permiten discriminar con un mínimo de errores entre zonas edafoclimáticas, aunque entre listas hay menos precisión. Con el tiempo fue mejorándose la resistencia al encamado, la producción de materia seca por ha y el contenido en almidón, pero no hay seguridad de que se haya mejorado la digestibilidad de la materia orgánica (estimada). Hay una mayor frecuencia anual de venta de semilla de variedades incluidas en la Lista Principal, apreciándose una moderada influencia de las características anteriores sobre el volumen relativo de ventas anuales de semilla de la respectiva variedad.

Palabras clave: *Zea mays*, forraje, producción, principios nutritivos, análisis discriminante, componentes principales.

INTRODUCCIÓN

La inclusión del maíz forrajero en rotaciones con un cultivo de invierno es habitual en las explotaciones ganaderas asturianas que tienen parte de su superficie mecanizable. En Asturias, se cultivan anualmente entre 6485 y 9161 ha (Gobierno del Principado de Asturias, 2011). Hay un reconocimiento general en el sector ganadero de que es un cultivo de alta producción. Además, se obtiene mediante un solo corte, ensila sin ninguna dificultad y su contenido en almidón es de interés tanto en nutrición del vacuno lechero como de aptitud cárnica (Argentería *et al.*, 1997).

El número de variedades comerciales de maíz presentes en el mercado en un momento dado puede llegar a ser muy elevado. La semilla es de origen híbrido y está desde hace muchos años sometida a procesos de mejora genética de numerosos caracteres por diferentes empresas, lo que conlleva grandes diferencias entre variedades.

Por ello, desde el año 1996 hasta el presente, el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), viene realizando ensayos de variedades comerciales de maíz para ensilar, evaluando resultados de comportamiento agronómico y contenido en principios nutritivos. El objetivo de esta evaluación es que exista información a la hora de elegir las variedades a sembrar al año siguiente, conforme a estos criterios.

Adicionalmente a lo anterior, cada año se hacen encuestas a cooperativas y centros de acopio, acerca de cuáles fueron las variedades que se vendieron el año anterior y el volumen de ventas de cada una. Dicho proceso se inició en 1999 (ventas de 1998). En 2000 y 2006, por razones ajenas al proceso de control, no fue posible efectuar las encuestas.

Al cabo de 15 años de evaluación ininterrumpida, cabe formular objetivos adicionales al de presentación de las características individuales de cada variedad. En concreto, responder a las siguientes preguntas:

¿Qué variables de entre las controladas tienen mayor peso en el hecho de que una variedad pase a engrosar la lista complementaria? Ello nos da una idea de la evolución en el tiempo y de lo que las empresas productoras de semillas desean.

¿Influyen de verdad las variables controladas en el volumen de ventas de las variedades comerciales de maíz?

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo, se ha utilizado la información procedente de los ensayos de evaluación de variedades comerciales de maíz para ensilar en Asturias, que

viene realizándose de forma ininterrumpida desde 1996 hasta el presente en el SERIDA, según el planteamiento que se describe a continuación:

Dichos ensayos se desarrollan en cuatro fincas representativas de las diferentes zonas edafoclimáticas de Asturias: Costa oriental, Costa occidental, Interior baja e Interior alta. Véase Figura 1 (Argamentería *et al.*, 2011, 2012a).

Zonas edafoclimáticas de Asturias en relación con el cultivo del maíz

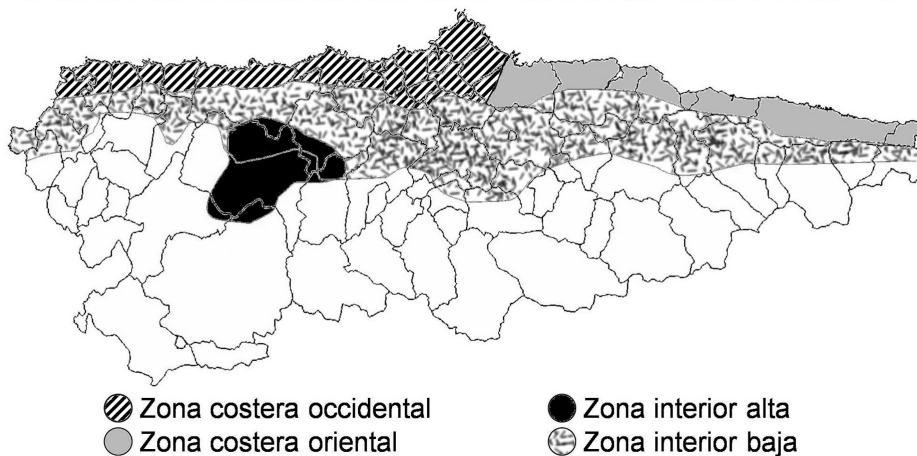


FIGURA 1

Las cuatro diferentes zonas edafoclimáticas de Asturias aptas para el cultivo de maíz para ensilar.

The four different edaphoclimatic areas of Asturias suitable for cultivation of maize for silage.

Se utiliza un diseño experimental en parcela dividida, mediante el cual la “parcela principal” es el ciclo asignado a cada variedad (corto, medio o largo, considerando el ciclo FAO que declara si accede por primera vez, o, según días que haya necesitado para llegar a grano pastoso-vítreo, si ya fue evaluada) y la “subparcela” es la variedad propiamente dicha.

Los ensayos en cada una de las diferentes zonas se plantean con cuatro repeticiones. Cada una de cuales tiene unas dimensiones de $7,5 \times 2,4$ m, correspondientes estos últimos a cuatro líneas separadas 0,60 m. Las cuatro líneas simulan una densidad de siembra de 75 miles de plantas/ ha en la zona interior alta y 90 miles de plantas/ ha en las otras tres (Martínez-Martínez *et al.*, 2003). Para ello, se siembra una densidad superior y luego se eliminan las plántulas necesarias para ajustar a los valores anteriores.

El análisis estadístico no se limita al año de evaluación, si no a la totalidad de años transcurridos desde el inicio de los ensayos (año1996) hasta el momento actual y se corresponde a un modelo MIXED (SAS, 1999) según el cual:

$$Y = \mu + \text{Ambiente (Zona)} + \text{Zona} + \text{Ciclo} + \text{Variedad (Ciclo)} + \text{Zona} * \text{Ciclo} + \text{Zona} * \text{Variedad (Ciclo)} + \text{Error}$$

Donde el “Ambiente” se considera factor de efecto aleatorio que engloba lo imputable a cada año y a cada bloque de terreno en el que se distribuyen al azar los diferentes ciclos y variedades. Los demás factores son de efecto fijo; sus interacciones con Ambiente (Zona), no especificadas en el modelo, se consideran de efecto aleatorio.

Las variedades evaluadas cada año son las que desean testar las respectivas casas comerciales. Para control del efecto “Ambiente”, se repite varios años sucesivos una misma variedad (testigo plurianual). Además, se incluyen otras cuatro variedades “testigo bianuales”, dos en primer año y dos en segundo año que se eligen de común acuerdo con otros centros españoles que también realizan evaluación de variedades de maíz dentro de la red GENVCE.

TABLA 1

Variables controladas en el proceso de evaluación de variedades comerciales de maíz por el SERIDA (1996-2011).

Characteristics measured in the process of evaluation of maize commercial varieties by SERIDA (1996-2011).

Variable	Abreviatura	Unidades
Días necesarios de cultivo	Días S/R	Días
Porcentaje de plantas caídas	PL. caídas	%
Producción de materia seca por ha	Prod	t MS ha ⁻¹
Materia seca	MS	%
Cenizas	CEN	%MS
Proteína bruta	PB	%MS
Fibra neutro detergente	FND	%MS
Almidón	ALM	%MS
Digestibilidad enzimática neutro detegente-celulasa de la materia orgánica	DenzMOn dc	%
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia orgánica (estimada) ¹	DMO	%
Energía metabolizable (AFRC) ²	EM	MJ/kg MS
Energía neta de lactación (INRA) ²	ENL	UFL/kg MS
Energía neta de lactación (NRC) ²	ENL	Mcal/kg MS

Siembra (S) en el mes de mayo.

Recogida (R) en grano pastoso vítreo.

¹*Se sobreentiende que para rumiantes y a partir de la DenzMOn dc. Simplificamos DMOestndc a DMO por facilitar lectura en el texto.*

²*Se sobreentiende que para rumiantes.*

La evaluación se realiza conforme a unos criterios de comportamiento agronómico y de contenido en principios nutritivos, en base al control de una serie de variables (Véase en la Tabla 1 la relación de variables controladas).

Los resultados se publican anualmente en una Lista Principal (variedades evaluadas al menos durante dos años), Provisional (sólo un año de evaluación) y Complementaria (variedades evaluadas pero ya retiradas del mercado por la casa comercial correspondiente).

La información proporcionada por el diseño anterior, no solo permite poner de manifiesto las diferencias entre variedades de maíz, sino que también permite extraer conclusiones de índole más general. Ello constituye el objetivo general del presente trabajo, cuya propia metodología describiremos a continuación.

Para dar respuesta a las cuestiones plantadas en este trabajo, las actuales Listas Principal, Provisional y Complementaria, derivadas de los ensayos de evaluación correspondientes a 2011 (Argentería *et al.*, 2012a), con los resultados por variedad para cada zona edafoclimática, se unificaron en un único archivo, formando una matriz de 977 líneas $\times$ 22 columnas. Estas últimas están organizadas según las clases: año, zona edafoclimática, ciclo, variedad, Lista y las variables de la Tabla 1. Esta matriz permite relacionar la pertenencia de las variedades a las categorías Lista Principal, Provisional y Complementaria en función del comportamiento agronómico y contenido en principios nutritivos.

Se efectuó un análisis discriminante con el procedimiento DISCRIM de SAS (1999), que permitiese asignar los resultados de evaluación de cualquier variedad a la zona edafoclimática en que se obtuvieron, en función de la distancia cuadrada generalizada.

Dando un paso más, se efectuó un nuevo análisis discriminante que clasificase por zona edafoclimática y por lista perteneciente a la misma, aplicando el mismo estadístico anterior.

Mediante análisis de covarianza (procedimiento GLM; SAS, 1999), se caracterizó la evolución correspondiente al periodo 1996-2011, para aquellas variables “Y” incluidas en las Listas, en función de una variable tiempo = t, asignando t = 0 al año 1996 y t = 15 al año 2011. Se incluyeron como factores clasificados el ciclo de cada variedad y la zona edafoclimática, según un modelo:

$$Y = (a + C_1 + Z_1) + (b + C_2 + Z_2) * t + \text{Error, donde:}$$

Y= Variable dependiente

t = Covariable.

a = Ordenada en el origen de la recta de regresión.

C_1, Z_1 = Efectos del ciclo y de la zona edafoclimática sobre la ordenada en el origen de la recta de regresión.

b = Pendiente de la recta de regresión.

C_2, Z_2 = Efectos del ciclo y de la zona edafoclimática sobre la pendiente de la recta de regresión (interacción covariable * factores de efecto fijo).

Como referencia para las estimaciones de los efectos “Ciclo” y “Zona edafoclimática” sobre ordenada en el origen y pendiente de la recta de regresión, se tomó para ciclo corto $C_1 = 0$ y $C_2 = 0$, y, para zona interior baja $Z_1 = 0$ y $Z_2 = 0$.

Las cifras de venta anual de variedades por cooperativas y empresas se sintetizaron como kg totales de semilla de cada variedad vendidos el año previo al de la encuesta. Cada variedad se clasificó como perteneciente a la Lista Principal, Provisional, Complementaria o ninguna en el año de venta. Las tres primeras integran a su vez la clase de las evaluadas y, las últimas, la de las no evaluadas.

Se obtuvo la evolución anual de la cantidad total de ventas de semilla de maíz, así como de las proporciones relativas de las clases anteriores.

A las variedades de las Listas Principal y Provisional de cada año, se les asignaron los resultados de evaluación (en tanto por uno de los valores medios del año en cuestión) y la cantidad de semilla vendida al año siguiente (en tanto por 10 000 del total vendido). La matriz resultante es de 2055 filas $\times$ 30 columnas. Mediante SAS (1999), se efectuó un análisis por componentes principales, que relacionase los volúmenes de ventas de las variedades evaluadas con los resultados de evaluación.

RESULTADOS

Consideraciones preliminares

Véase en las Tablas 2 y 3 la síntesis del análisis estadístico previo a la elaboración de las Listas Principal, Provisional y Complementaria más actuales.

TABLA 2

Producción y comportamiento agronómico del maíz forrajero según zona edafoclimática de Asturias y ciclo corto, medio o largo.
(Medias ajustadas por mínimos cuadrados $\pm$ error estándar).

Yield and agronomic performance of forage maize depending on edaphoclimatic area of Asturias and cycle length (short, medium or long).
(Least square adjusted means $\pm$ standard error).

	ZONA EDAFOCLIMÁTICA																
	Costa					Interior				p							
	occidental		oriental		alta		baja										
Días de cultivo	137	±	0,3	c	133	±	0,3	b	162	±	0,3	d	125	±	0,3	a	***
Miles de plantas por ha	87,7	±	0,17	c	84,8	±	0,17	b	74,8	±	0,17	a	89,7	±	0,16	d	***
Plantas caídas (%)	14,7	±	0,53	c	8,1	±	0,52	b	7,6	±	0,53	b	2,5	±	0,51	a	***
Mazorcas por planta	1,01	±	0,005	a	1,05	±	0,005	b	1,16	±	0,005	c	1,00	±	0,005	a	***
Altura de la planta (cm)	263	±	0,7	a	273	±	0,7	c	270	±	0,8	b	277	±	0,7	d	***
Producción (t de materia seca / ha)	16,5	±	0,07	b	19,1	±	0,07	d	16,3	±	0,07	a	18,1	±	0,07	c	**
	CICLO										Interacción ZONA*CICLO						
	Corto			Medio			Largo		p	p							
Días de cultivo	130	±	0,31	a	141	±	0,33	b	147	±	0,4	c	***	***			
Miles de plantas por ha	84,9	±	0,11	b	84,0	±	0,14	a	83,9	±	0,19	a	***	***			
Plantas caídas (%)	4,8	±	0,61	a	8,3	±	0,66	b	11,6	±	0,78	c	***	***			
Mazorcas por planta	1,06	±	0,005		1,06	±	0,005		1,05	±	0,006		n.s.	*			
Altura de la planta (cm)	263	±	0,7	a	273	±	0,7	b	276	±	0,9	b	***	***			
Producción (t de materia seca / ha)	16,5	±	0,06	a	17,7	±	0,07	b	18,4	±	0,09	c	***	***			

*a,b,c,d: Valores acompañados de distinta letra en la misma fila para ZONA, CICLO o interacción ZONA*CICLO difieren al nivel de significación (p) indicado*

****: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $p \leq 0,05$; n.s. : $p > 0,05$*

Los miles de plantas por ha están muy próximos al objetivo perseguido de 75 en zona interior alta y 90 en las restantes. Las diferencias entre zonas bajas se deben a las peculiaridades de las mismas.

TABLA 3

Principios nutritivos, digestibilidad y valor energético estimado del maíz forrajero según zona edafoclimática de Asturias y ciclo corto, medio o largo.

(Valores medios $\pm$ error estándar).

Chemical composition, in vivo estimated organic matter digestibility and calculated energy value of forage maize, depending on edaphoclimatic area of Asturias and cycle length (short, medium or long).

(Least square adjusted means $\pm$ standard error).

	ZONA EDAFOCLIMÁTICA								p				
	Costa				Interior								
	occidental		oriental		alta		baja						
Materia seca (%)	34,5	± 0,12	b	35,4	± 0,12	c	31,0	± 0,13	a	35,9	± 0,12	d	***
Cenizas (%MS)	3,4	± 0,01	a	3,6	± 0,01	b	3,5	± 0,01	a	3,6	± 0,01	b	***
Proteína bruta (%MS)	7,0	± 0,02	a	7,1	± 0,02	b	7,0	± 0,02	a	7,0	± 0,02	a	***
Fibra neutro detergente (%MS)	43,1	± 0,13	a	42,9	± 0,13	a	45,8	± 0,13	b	42,6	± 0,12	a	***
Almidón (%MS)	40,9	± 0,15	b	40,2	± 0,14	c	37,4	± 0,15	a	39,4	± 0,13	b	***
DenzMONdc (%)	67,5	± 0,11	b	68,1	± 0,10	c	65,8	± 0,11	a	68,4	± 0,10	c	***
DMO (%)	75,1	± 0,07	b	75,3	± 0,06	c	73,8	± 0,07	a	75,5	± 0,06	c	***
Energía metabolizable (MJ/kg MS)	11,6	± 0,01	b	11,6	± 0,01	b	11,4	± 0,01	a	11,6	± 0,01	b	***
Energía neta de lactación (UFL/kg MS)	0,96	± 0,001	b	0,96	± 0,001	b	0,94	± 0,001	a	0,97	± 0,001	b	***
Energía neta de lactación (Mcal/kg MS)	1,75	± 0,002	b	1,75	± 0,002	b	1,72	± 0,002	a	1,76	± 0,002	b	***
	CICLO								Interacción ZONA*CICLO				
	Corto		Medio		Largo		p	p					
Materia seca (%)	33,7	± 0,14	a	34,6	± 0,13	b	34,3	± 0,15	b	**	***		
Cenizas (%MS)	3,6	± 0,01	b	3,5	± 0,02	a	3,5	± 0,02	a	***	*		
Proteína bruta (%MS)	7,2	± 0,02	b	7,0	± 0,03	a	6,9	± 0,03	a	***	***		
Fibra neutro detergente (%MS)	43,6	± 0,13	a	43,4	± 0,14	a	43,9	± 0,17	b	*	***		
Almidón (%MS)	39,4	± 0,12	ab	39,0	± 0,14	a	40,0	± 0,18	b	**	***		
DenzMONdc (%)	67,6	± 0,11	b	67,7	± 0,12	b	67,1	± 0,14	a	**	***		
DMO (%)	75,0	± 0,07	b	75,1	± 0,07	b	74,7	± 0,09	a	**	***		
Energía metabolizable (MJ/kg MS)	11,6	± 0,02	b	11,6	± 0,001	b	11,5	± 0,02	a	*	***		
Energía neta de lactación (UFL/kg MS)	0,96	± 0,001	b	0,96	± 0,001	ab	0,96	± 0,001	a	*	***		
Energía neta de lactación (Mcal/kg MS)	1,75	± 0,002	b	1,75	± 0,002	b	1,74	± 0,002	a	*	***		

*a,b,c,d: Valores acompañados de distinta letra en la misma fila para ZONA, CICLO o interacción ZONA*CICLO difieren al nivel de significación (p) indicado*

****: $p \leq 0,001$; **: $p \leq 0,01$; *: $p \leq 0,05$; n.s.: $p > 0,05$*

La interacción Zona * Ciclo resulta significativa para la casi totalidad de las variables controladas. Debido a ello, las Listas Principal, Provisional y Complementaria se presentan de forma independiente para cada zona edafoclimática de Asturias.

Diferenciación entre zonas edafoclimáticas y entre variedades evaluadas de las Listas Principal y Provisional (PRPV) y de la Lista Complementaria (Co)

Si queremos diferenciar las cuatro zonas edafoclimáticas según resultados de evaluación, la zona interior alta se discrimina perfectamente de las otras tres: si agrupamos las dos costas y la zona interior baja en una misma categoría (zonas bajas), el análisis discriminante permite clasificar “Zonas bajas” e “Interior alta” con porcentajes respectivos de aciertos del 97,8 y 99,7 %. Entre las tres zonas bajas, la Costa occidental se discrimina con un 94,3% de aciertos, pero para la Costa oriental e Interior baja la frecuencia de aciertos se reduce a 72,2 y 77,5 % respectivamente.

Se planteó, pues, la discriminación entre las cuatro combinaciones PRPV, Co × zonas bajas, Interior alta. Véase en la Tabla 4 las distancias cuadradas generalizadas entre las mismas. Se confirma que hay mucho más poder de discriminación entre zonas que entre listas.

TABLA 4

Distancia cuadrada generalizada entre las listas Principal + Provisional (PRPV) y Complementaria (Co) según pertenencia a las zonas bajas de Asturias o a la zona interior alta.

Square distance between Main + Provisional (PRPV) and Complementary (Co) Lists, depending on the edaphoclimatic areas (lowlands or inland highlands).

		Co	Co	PRPV	PRPV
		Interior alta	Zonas bajas	Interior alta	Zonas bajas
Co	Interior alta	0	22,6	3,2	28,0
Co	Zonas bajas	22,6	0	18,3	2,3
PRPV	Interior alta	3,2	18,3	0	20,4
PRPV	Zonas bajas	28,0	2,3	20,4	0

Aún así, existe una cierta capacidad de discriminación entre Listas PRPV y Co. La frecuencia de aciertos para Co/Interior alta, Co/zonas bajas, PRPV/Interior alta y PRPV/zonas bajas es del 76,9, 80,1, 79,8 y 74,7 % respectivamente. El proceso de evaluación lleva actualmente 15 años; es probable que si prosigue se vayan acentuando las diferencias entre variedades actuales y ya retiradas del mercado.

Evolución en el tiempo de las variables utilizadas en la catalogación de las variedades de maíz

Véase en la Tabla 5 el proceso de cambio desde los resultados iniciales de evaluación hasta los más actuales.

La ordenada en el origen y efectos fijos del ciclo y de la zona edafoclimática sobre la misma muestran que:

- Con respecto a las variedades de ciclo corto, las de ciclo medio y largo necesitan 15 y 20 días más de cultivo, respectivamente. Presentan mayor porcentaje de plantas caídas, mayor producción, menos cenizas y PB y más almidón.
- Con respecto a la zona Interior baja, las zonas costeras requieren 9-11 días más de cultivo, presentan mayor porcentaje de plantas caídas (sobre todo la occidental), mayor producción en la centro-oriental y menor en la occidental, menos cenizas, mas PB y más FND, unido a mayor DMO en la centro oriental y menor en la occidental. En la zona interior alta se requieren 37 días más de cultivo y se da menor producción, más cenizas y FND, y, menos almidón y DMO.

La pendiente de las rectas de regresión revela que, con el tiempo:

- Aumenta la necesidad de días de cultivo, sobre todo en la costa occidental.
- Disminuye el porcentaje de plantas caídas en la costa occidental.
- Aumenta la producción, de forma menos intensa para los ciclos largo y medio.
- Disminuyen cenizas, de forma menos acusada para ciclo largo y medio y en la costa centro-oriental. De forma más acusada, en la costa occidental.
- Disminuye PB, menos intensamente para ciclo largo y más en las zonas costeras.
- Aumenta FND, a excepción de la costa occidental.
- Aumenta el almidón en general.
- La DMO disminuye en la zona Interior baja y en la costa centro oriental. Este resultado debe tomarse con precaución: las diferencias observadas son inferiores a la capacidad de predicción del método de laboratorio neutro detergente-celulasa.

Venta de variedades de maíz para ensilar en Asturias en relación con los resultados publicados en las Listas Principal y Provisional

Véase en la Figura 2 la cantidad de semilla de maíz vendida anualmente en el periodo considerado, total y desglosada según pertenencia a determinada lista o no evaluada antes del año de venta.

TABLA 5

Evolución de las variables controladas en los ensayos de variedades de maíz en Asturias, según el modelo estadístico $Y = (a + C_1 + Z_1) + (b + C_2 + Z_2) * t + \text{Error}$.

(Valores estimados por análisis de covarianza $\pm$ error estándar).

*Evolution of the characteristics measured on maize variety trials in Asturias, according to the statistical model $Y = (a + C_1 + Z_1) + (b + C_2 + Z_2) * t + \text{Error}$.*

(Values estimated by analysis of covariance $\pm$ standard error).

Y	Días S/R	PL. caídas	Producción	Cenizas
a	112,5 $\pm$ 0,66 ***	n.s.	15,4 $\pm$ 0,19 ***	4,0 $\pm$ 0,03 ***
b	0,420 $\pm$ 0,0823 ***	n.s.	0,221 $\pm$ 0,0240 ***	-0,033 $\pm$ 0,0036 ***
L	20,3 $\pm$ 0,75 ***	7,1 $\pm$ 1,34 ***	2,7 $\pm$ 0,22 ***	-0,3 $\pm$ 0,03 ***
M	15,0 $\pm$ 0,69 ***	8,5 $\pm$ 1,23 ***	2,0 $\pm$ 0,20 ***	-0,3 $\pm$ 0,03 ***
C	0	0	0	0
COC	11,2 $\pm$ 0,83 ***	12,0 $\pm$ 1,48 ***	-1,1 $\pm$ 0,24 ***	-0,2 $\pm$ 0,04 ***
COR	8,6 $\pm$ 0,83 ***	3,4 $\pm$ 1,48 *	0,8 $\pm$ 0,24 ***	-0,1 $\pm$ 0,04 ***
IB	0	0	0	0
IA	36,6 $\pm$ 0,84 ***	n.s.	-1,4 $\pm$ 0,24 ***	0,1 $\pm$ 0,04 *
L	-0,432 $\pm$ 0,0895 **	n.s.	-0,084 $\pm$ 0,0261 ***	0,030 $\pm$ 0,0039 ***
M	-0,527 $\pm$ 0,0847 ***	-0,070 $\pm$ 0,1514 ***	-0,094 $\pm$ 0,0247 ***	0,022 $\pm$ 0,0037 ***
C	0	0	0	0
COC	0,266 $\pm$ 0,1011 **	-0,394 $\pm$ 0,1807 *	n.s.	n.s.
COR	n.s.	n.s.	n.s.	0,011 $\pm$ 0,0043 **
IB	0	0	0	0
IA	n.s.	n.s.	n.s.	-0,023 $\pm$ 0,0044 ***
R ²	0,90 ***	0,22 ***	0,56 ***	0,38 ***

Y	PB	FND	Almidón	DMO
a	7,4 $\pm$ 0,04 ***	41,5 $\pm$ 0,26 ***	28,5 $\pm$ 0,28 ***	76,2 $\pm$ 0,15 ***
b	-0,034 $\pm$ 0,0052 ***	0,228 $\pm$ 0,0323 ***	0,223 $\pm$ 0,0347 ***	-0,122 $\pm$ 0,0182 ***
L	-0,4 $\pm$ 0,05 ***	n.s.	1,0 $\pm$ 0,32 ***	n.s.
M	-0,3 $\pm$ 0,04 ***	n.s.	1,2 $\pm$ 0,29 ***	n.s.
C	0	0	0	0
COC	0,2 $\pm$ 0,05 ***	2,2 $\pm$ 0,33 ***	n.s.	-1,3 $\pm$ 0,18 ***
COR	0,2 $\pm$ 0,05 ***	1,5 $\pm$ 0,33 ***	n.s.	0,6 $\pm$ 0,18 ***
IB	0	0	0	0
IA	0,2 $\pm$ 0,05 **	4,8 $\pm$ 0,33 ***	-3,3 $\pm$ 0,35 ***	-2,6 $\pm$ 0,18 ***
L	0,014 $\pm$ 0,0057 *	n.s.	n.s.	n.s.
M	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C	0	0	0	0
COC	-0,024 $\pm$ 0,0064 **	-0,250 $\pm$ 0,0401 ***	n.s.	0,125 $\pm$ 0,0223 ***
COR	-0,014 $\pm$ 0,0064 *	-0,193 $\pm$ 0,0400 ***	n.s.	0,079 $\pm$ 0,0222 ***
IB	0	0	0	0
IA	n.s.	-0,249 $\pm$ 0,0406 ***	n.s.	0,120 $\pm$ 0,0226 ***
R ²	0,38 ***	0,33 ***	0,50 ***	0,34 ***

Y: variable dependiente; t: años sucesivos desde 1996 (t = 0) hasta 2011 (t = 15) a: ordenada en el origen; b: pendiente de la recta de regresión; C_j: efecto fijo del ciclo del maíz sobre ordenada en el origen; Z_j: Idem zona edafoclimática; C_{2j}: efecto fijo del ciclo del maíz sobre la pendiente; Z_{2j}: Idem zona edafoclimática; L: ciclo largo; M: ciclo medio; C: ciclo corto; COC: costa occidental; COR: costa centro oriental; IB: interior baja; IA: interior alta; R²: coeficiente de determinación ajustado

n.s.: no difiere significativamente de 0 (p > 0,05); ***: p $\leq$ 0,001; **: p $\leq$ 0,01; *: p $\leq$ 0,05

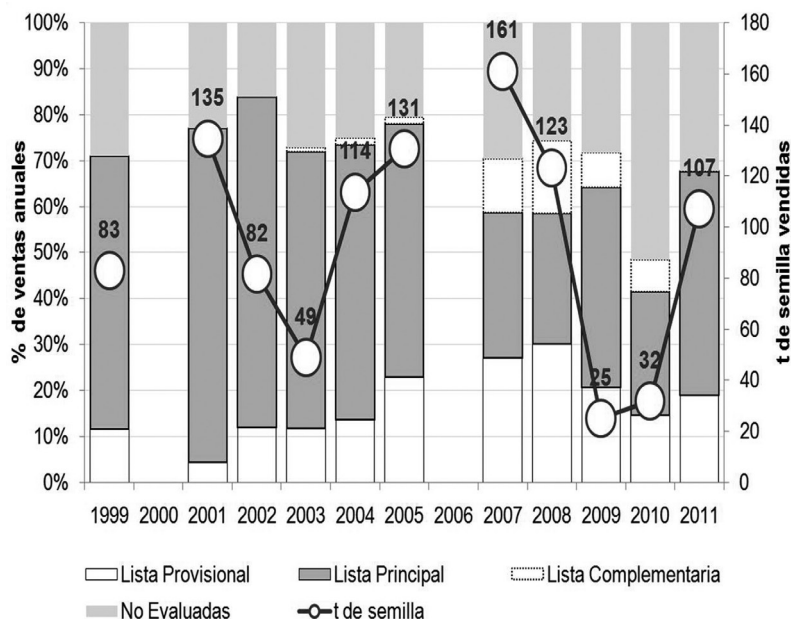


FIGURA 2

Evolución de la ventas anuales de semilla de maíz en Asturias y proporciones de evaluadas pertenecientes a la Lista Principal, Provisional o Complementaria o no evaluadas.

Evolution of the maize seed annual sales in Asturias and proportions of the not evaluated and evaluated varieties, these ones included into the Main, Provisional or Complementary Lists.

Se observa como, en efecto, las variedades más vendidas son las evaluadas pertenecientes a la Lista Principal vigente en el año de venta. A excepción del año 2010, tras una brusca caída del total de venta de semilla de maíz

Los resultados de evaluación de variedades, expresados en forma relativa al promedio general del año de venta, permiten extraer dos autovectores (componentes principales) que explican el 69 % de la variabilidad existente. El primero da más peso a los días de cultivo, a la producción (correlacionados) y a cenizas, PB y almidón (también correlacionados). El segundo, a la FND y a la DMO (muy correlacionados).

La relación con el mayor o menor volumen relativo de ventas se presenta en la Figura 3. Los ejes Prin1 y Prin2 correspondientes a las dos componentes principales que explican el mayor porcentaje de varianza representan el volumen relativo de ventas de cada variedad en determinado año. Con solo dos componentes principales, no es posible efectuar agrupaciones claras. Pero, sí se aprecia que las variedades más vendidas (M) están ausentes en la periferia. Ocupan una posición central, entre -2 y +3 en el eje Prin1 y -2,5 y +2 en el eje Prin2.

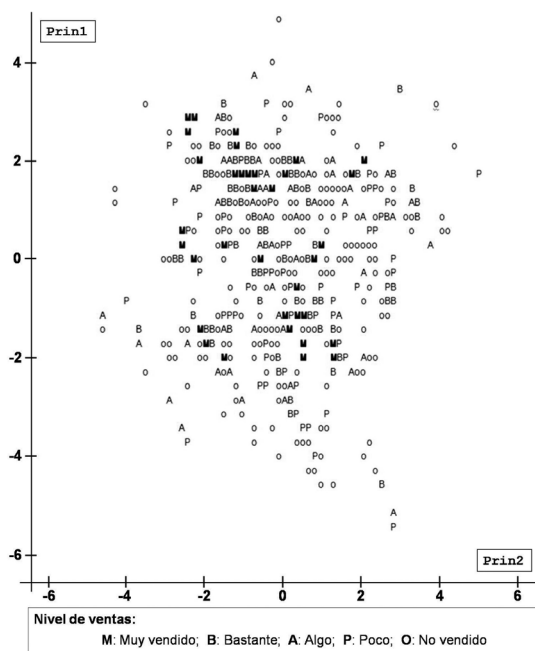


FIGURA 3

Venta de variedades de semilla de maíz en Asturias, pertenecientes a las Listas Principal y Provisional, según componentes principales a partir de los resultados de evaluación.

Sale in Asturias of maize seed varieties included in the Main and Provisional Lists, according to principal components from the results of evaluation.

Si con los mismos componentes principales Prin1 y Prin2 se representasen sucesivamente el rango de plantas caídas, rango de producción, rango de contenido en almidón, rango de DMO, se observaría que:

En la parte superior derecha predominan las de mayor rango de plantas caídas, mayor producción, menor contenido en almidón y menor digestibilidad.

En la parte inferior izquierda predominan las de menor porcentaje de plantas caídas, pero también las de menor producción, menor contenido en almidón y mayor digestibilidad.

En el resto de la periferia tampoco coinciden los mejores rangos para todo y siempre predomina alguno de los peores.

DISCUSIÓN

Entre las dos zonas costeras de Asturias existen sensibles diferencias. La occidental presenta mucho mayor riesgo de vientos fuertes. En su flora arvense, abundan la juncia (*Cyperus rotundus* L.) y la pata de gallo (*Echinochloa crus-galli* L.), especies muy agresivas que, a pesar de los herbicidas, siempre están presentes en los cultivos de maíz. La zona Interior baja ya no es de clima atlántico como las costeras, si no continental. La Interior alta, presenta noches más frías y días más cálidos que el resto. Todas estas características afectan a la duración necesaria del cultivo, producción y contenido en principios nutritivos del maíz para ensilar. De ahí la facilidad para discriminar las cuatro zonas en función de los resultados de evaluación.

También justifica el que la Costa occidental sea la mejor para evaluar la resistencia al encamado y, la Interior alta, para ensayar variedades de ciclo corto.

Los resultados obtenidos para ordenada en el origen y efectos fijos de los factores considerados sobre la misma, coinciden con las Tablas 2 y 3.

La evolución en el tiempo de los resultados de evaluación es concordante con las tendencias en la mejora genética del maíz para ensilar (Bosch *et al.*, 1992), en cuanto a mayor producción y mayor contenido en almidón. La primera, en el periodo considerado 1996-2011, incrementó a un promedio del 1,4 % anual. El almidón, a un 0,75 % anual. El que, a pesar de lo anterior, la DMO no aumentase, concuerda a su vez con la mayor dificultad para mejorar la digestibilidad de la parte verde de la planta de maíz (Campo Ramírez y Moreno-González, 2008).

La mejora en el contenido en almidón es paralela a la observada en las muestras de ensilados de maíz analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) del Principado de Asturias (Roza-Delgado *et al.*, 2012).

La mayor proporción de venta de variedades incluidas en la Lista Principal se corresponde con la sensible demanda de información de los resultados de evaluación de variedades de maíz, tanto dentro como fuera de Asturias (Argamenteoría *et al.*, 2012b). Las recomendaciones para elegir cuál sembrar son, tras situarse en la zona edafoclimática a que pertenece la explotación y decidir cuáles son los días disponibles para el cultivo del maíz, fijarse en los datos de plantas caídas, producción, almidón y DMO. Estas son las características finales que se aconseja tomar en cuenta para la elección de variedades.

Los mayores volúmenes de ventas de variedades de las Listas Principal y Provisional se dan precisamente para aquellas que nunca se sitúan en el rango más desfavorable para alguno de los caracteres antes indicados. Es decir, todo apunta en el sentido de que se utilizan las listas y se buscan las variedades libres de defectos.

CONCLUSIONES

Se confirma la necesidad de presentar los resultados de evaluación de variedades de maíz para ensilar en Asturias, de forma independiente para cada zona edafoclimática.

Las variables incluidas en el proceso de evaluación de variedades de maíz para ensilar son objeto de mejora genética por parte de las empresas productoras de semillas.

Las variedades evaluadas actualmente son más resistentes al encamado, más productivas y de mayor contenido en almidón que las de hace 15 años.

En contrapartida, las de ciclo corto requieren cada vez más días de cultivo, hecho a tener muy en cuenta a la hora de planificar la rotación anual maíz-cultivo de invierno, sobre todo en zonas altas.

La capacidad de las variables controladas para distinguir entre las variedades actuales y las ya retiradas del mercado, es actualmente moderada, pero es muy posible que aumente en el futuro.

En la venta de semilla de maíz en Asturias, aunque moderadamente, influyen actualmente los resultados obtenidos en el servicio de evaluación de variedades.

La evaluación de variedades de maíz en Asturias contribuyó a mejorar la calidad de los ensilados de maíz en las explotaciones.

Es de interés, por tanto, que continúe la red GENVCE.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean manifestar su agradecimiento al personal de campo del SERIDA de Grado por su dedicación y esmero en todas las labores que exige el protocolo establecido para la evaluación de variedades de maíz. También agradecen al personal de la Nave de Preparación de Muestras para Análisis y al del Laboratorio de Nutrición Animal del SERIDA la excelente labor realizada a lo largo de los 15 años que lleva realizándose el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGAMENTERÍA, A.; CARBALLAL, A.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; SOLDADO, A.; ROZA-DELGADO, B. DE LA; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DEL VALLE, J.D.; ALPERI, J., 2011. *Variedades de maíz. Actualización año 2010*. Ed. SERIDA y CONSEJERÍA DE MEDIO RURAL Y PESCA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS, 33pp. Villaviciosa, Asturias (España). D.L. AS-1.291/11.
- ARGAMENTERÍA, A.; CARBALLAL, A.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; SOLDADO, A.; ROZA-DELGADO, B. DE LA; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A.; DEL VALLE, J.D.; ALPERI, J., 2012a. *Variedades de maíz. Actualización año 2011*. Ed. SERIDA y CONSEJERÍA DE AGROGANADERÍA

- Y RECURSOS AUTÓCTONOS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS, 33 pp. Villaviciosa, Asturias (España). D.L. AS-510/12.
- ARGAMENTERÍA, A.; CARBALLAL, A.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; SOLDADO, A.; ROZA-DELGADO, B. DE LA; MARTÍNEZ- FERNÁNDEZ, A., 2012b. Maíz forrajero en Asturias. Evaluación de variedades. *Afriga*, **97**, 60-68.
- ARGAMENTERÍA, A.; ROZA DELGADO, B.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A.; SÁNCHEZ MIYARES, L.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A., 1997. *El ensilado en Asturias*. Ed. Servicio de Publicaciones de Principado de Asturias, 127 pp. Villaviciosa, Asturias (España).
- BOSCH, L.; MUÑOZ, F.; CASAÑAS, F.; SÁNCHEZ, E.; NUEZ, F., 1992. Valoración forrajera de 24 híbridos comerciales de maíz de ciclo largo: parámetros de producción de biomasa y de calidad nutritiva. *Investigaciones Agrarias: Producción y Protección Vegetal*, **7(2)**, 129-142.
- CAMPO RAMÍREZ, L.; MORENO-GONZÁLEZ, J., 2008. Varianza genética y heredabilidad de diversos parámetros nutritivos en ecotipos de maíz forrajero. En: *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, 231-267. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Ed: P. FERNÁNDEZ REBOLLO *et al.* Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Córdoba (España).
- GENVCE. Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España. www.genvce.org
- GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS., 2011. La agricultura asturiana. *Macromagnitudes agrarias. Referencias Estadísticas 2009-2010*. Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos. Ed. SADEI, 293 pp. Asturias (España).
- MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, A.; PEDROL BONJOCH, N.; ALPERÍ PALACIO, J. ; GONZÁLEZ GARCÍA, C., 2003. *Cultivo del maíz para silo*. SERIDA. Colección Guías Agroganaderas. Ed. KRK, 91 pp. Oviedo (España).
- ROZA-DELGADO, B. DE LA; SOLDADO, A.; GONZÁLEZ, M. A.; PELÁEZ, M. ; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., 2012. Evolución de la calidad de los ensilados de maíz: profesionalización de las explotaciones lecheras. En: *Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción*, 377-383. Actas de la 51 RC de la SEEP. Ed: R. M. CANALS y L. SANENMETERIO. 377-383. Pamplona (España)
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE, 1999., *SAS/STAT user's guide, version 8*. Ed. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina (USA).

FORAGE MAIZE VARIETIES TRIALS IN ASTURIAS (SPAIN) (1996-2011). DIFFERENCES AMONG THE CURRENT AND THE OBSOLETE VARIETIES AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE SALE OF SEEDS

SUMMARY

The Regional Institute for Research and Agrofood Development from the Principality of Asturias conducts trials of evaluation of maize varieties for silage since 1996 to the present time, in the four edaphoclimatic areas suitable for cultivation in the Autonomous Community. The results are published annually in the following lists: Main List (includes varieties with a minimum assessment of two years), Provisional List (includes those evaluated only for a year) and Complementary List (include the varieties evaluated, but already withdrawn from the market). The present paper shows a comprehensive statistical analysis of the evaluation across 15 years. Evaluation results allow to discriminate with a minimum of errors among edaphoclimatic areas, but accuracy is lower among lists, although it will probably increase in the future. Dry matter yield, starch content and lodging resistance of the new varieties improved with time since the beginning of trials, while estimated organic matter digestibility has not experienced a clear improvement. The varieties included in the Main List lead the list of varieties sold each year in Asturias and it was observed that the amount of seed sold of each variety is moderately influenced by the above mentioned features results.

Key words: *Zea mays*, forage, dry matter yield, chemical composition, estimated *in vivo* organic matter digestibility, discriminant analysis, principal components.