



Cultivares de millo forraxeiro en Galicia: ferramentas para asegurar a colleita fronte a un clima variable

Nas seguintes páxinas amosamos os resultados da nosa investigación, cuxo obxectivo foi avaliar o comportamento agronómico e a interacción xenotipo-ambiente (GxA) de 50 cultivares de millo forraxeiro en catro localidades de Galicia, avaliados tres ou máis anos no período 1999-2024, proporcionando unha base de datos esencial para o sector lácteo galego.

J.A. Oliveira¹, M.J. Bande², O. Murillo³

¹Área de Producción Vexetal, Departamento de Bioloxía de Organismos e Sistemas, Universidade de Oviedo (Asturias)

²Área de Servizos Agrarios Becerreá, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia (Galicia)

³Instituto Tecnolóxico de Costa Rica, Escola de Enxeñería Forestal, Campus Tecnolóxico Central Cartago, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

A produción española de millo forraxeiro concéntrase no norte de España: Galicia, Asturias e Cantabria sitúanse como principais rexións produtoras con 74.432 ha, 7.644 ha e 4.368 ha respectivamente (MAPA, 2024). Estas tres rexións representan o 90 % da superficie española de millo forraxeiro.

En 1999, en colaboración con empresas produtoras de sementes, iniciouse en Galicia un proceso de

avaliación de cultivares comerciais de millo híbrido para ensilado por parte do Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) e, desde entón, vense avaliando ano tras ano en catro zonas de Galicia (Bande, 2025). Habitualmente, os ensaios de avaliación de cultivares comerciais non son perfectamente equilibrados, é dicir, non todos eles están presentes en todos os sitios nin nos mesmos anos de avaliación; ademais, continuamente engádense

novos cultivares máis modernos cada ano, o que dá lugar a bases de datos máis complexas de analizar.

Debido á alta variación interanual dos resultados por mor dos cambios na climatoloxía entre anos (temperaturas, precipitacións etc.), é importante dispoñer de datos de máis dun ano para caracterizar agronomicamente un cultivar.

Elixir a semente de millo adecuada para unha finca en Galicia non é fácil; o que funciona na costa pode



► ESCOLLER A SEMENTE DE MILLO ADECUADA PARA UNHA FINCA EN GALICIA NON É TAREFA FÁCIL, XA QUE O QUE FUNCIONA NA COSTA PODE FALLAR NO INTERIOR. PARA AXUDAR O AGRICULTOR A DECIDIR CON DATOS REAIS, A CIENCIA UTILIZA HOXE OS MODELOS MIXTOS

fallar no interior. Para axudar o agricultor a decidir con datos reais, a ciencia utiliza hoxe os modelos mixtos. Esta tecnoloxía permite separar que parte do éxito dunha colleita se debe á calidade da semente (xenética) e canto depende do clima, do solo, do manexo en cada comarca, asegurando que o híbrido elixido rinda ao máximo na súa zona.

Os modelos mixtos permiten comparar variedades que se plantaron en anos ou fincas diferentes de forma xusta, como se todas competisen nas mesmas condicións. Estes modelos aproveitan os datos de múltiples ensaios, por exemplo, os do

Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM), para dar resultados fiables en toda a comunidade. Non se busca só o millo que máis produza nun ano bo, senón o que “aguanta o tipo” cando o verán vén seco ou demasiado húmido. Isto fai que haxa menor risco de equivocación ao escoller o cultivar e perder diñeiro na campaña.

Un dos maiores problemas na selección de xenotipos (cultivares) cunha alta produtividade en diferentes ambientes (localidades, anos...) é a interacción xenotipo-ambiente (GxA), o cal dificulta a identificación dos cultivares superiores.



Os novos cultivares, ademais de ter unha boa produción/rendemento, deberán ter unha boa estabilidade (capacidade de comportarse ben nunha grande amplitude de condicións ambientais) e adaptabilidade (cultivares que responden ben tanto ►►



OFICINA CENTRAL
C/ Teso de la Feria, 35
37800 Alba de Tormes (Salamanca)
923 370 451 - 923 300 228
667 499 801
tomas.perez@oleokelsa.es

OLEO MAIZ
S E E D S

CICLO LARGO

- ASTON**. Silo, grano y resistencia a sequía
- LORINOR**. *Novedad*. Silo grano y almidón

CICLO MEDIO:

- OLEOMAIZ 538**. 126 días y supera a todos en kilos, almidón y resistencia a sequía
- OLEOMAIZ 405**. Bajito, productivo y mucha calidad
- GEPPETO**. Para silo de verdad.

CICLO MEDIO LARGO:

- IDANIKO**. Sin límite para silo y grano húmedo
- SONORA**. *Novedad*. 136 para superar todos los mitos.
- OLEOMAIZ 538**. 126 días y supera a todos en kilos, almidón y resistencia a sequía

CICLO CORTO:

OLEOMAIZ 335. Sin duda el maíz más productivo del mercado. Kilos, almidón fibra y resistencia a la sequía.

INSPIRIA. Ciclo muy corto y adaptado

www.oleokelsa.es

Oleokelsa

Con el agricultor y el ganadero

en ambientes de baixa coma de alta produtividade). A maior estabilidade e adaptabilidade xenética dos cultivares, menor interacción GxA.

Para identificar cales son os mellores cultivares na maior cantidade de condicións ambientais utilízanse ferramentas e procedementos estatísticos modernos que permiten separar o efecto xenético do efecto do ambiente (Henderson, 1975; Piepho *et al.*, 2008).

Estes procedementos permiten identificar os cultivares verdadeiramente superiores polo seu valor xenético e non pola súa aparencia visual, que podería estar influenciada por factores do ambiente (ano máis seco versus ano chuvioso etc.). Os valores fenotípicos son os que se miden directamente no campo, mentres que os valores xenéticos se obteñen da análise estatística e rigorosa dos datos, libres do “ruído” ambiental (efectos ambientais e de manexo).

Para a selección simultánea de cultivares con valores altos de produción, estabilidade e adaptabilidade, Resende (2007) propuxo utilizar a Media Harmónica do Rendemento Relativo (%) dos Valores Xenéticos (MHPRVG). Este método probouse útil con diferentes cultivos, coma é o caso do millo e con especies forestais (Mendes *et al.*, 2012; Murillo *et al.*, 2019; Oliveira e Bande, 2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

Sítios experimentais

Esta avaliación de cultivares de millo realizouse en ensaios experimentais de campo en catro lugares de Galicia: 1) Ordes (43,0432, -8,4458, 300 m.s.n.m.), 2) Ribadeo (43,5458, -7,0816, 43 m.s.n.m.), 3) Sarria (42,8194, -7,3758, 520 m.s.n.m.) e 4) Deza (43,6995, -8,3192, 400 m.s.n.m.) durante tres ou máis anos no período 1999-2024.

Os solos dos ensaios en Ribadeo, situado na Mariña Oriental (nordeste de Lugo), Ordes (centro da Coruña) e Deza teñen unha textura franco-areenta, sendo o solo de Ribadeo sobre lousas e os de Ordes e Deza sobre xistos. En cambio, o solo dos ensaios de Sarria ten unha textura franco-arxilo-areenta e son solos de lousas.

Os datos meteorolóxicos obtivéronse das estacións meteorolóxicas máis próximas aos campos experimentais a través da páxina web de



► PARA A SELECCIÓN SIMULTÁNEA DE CULTIVARES CON VALORES ALTOS DE PRODUCCIÓN, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE, RESENDE (2007) PROPUXO UTILIZAR A MEDIA HARMÓNICA DO RENDEMENTO RELATIVO (%) DOS VALORES XENÉTICOS (MHPRVG)

MeteoGalicia (www.meteogalicia.gal) e preséntanse na táboa 1 (páx. seg.). Deza e Sarria presentan veráns con temperaturas máximas máis altas e unha maior oscilación térmica. A planta acumula os graos-día necesarios (Integral térmica) para a maduración do millo moito máis rápido que en Ordes e Ribadeo.

Cada experimento de campo incluíu a preparación do solo, a fertilización, a sementeira dos cultivares nas parcelas e os tratamentos fitosanitarios. A sementeira realizouse manualmente nas datas habituais (entre finais de abril e mediados de maio en Ribadeo e durante todo o mes de maio nas demais zonas).

No período 1999-2024 avaliáronse en total 472 cultivares (Bande, 2025), pero só se consideraron neste traballo os cultivares avaliados nas catro localidades e durante tres ou máis anos; en total, 50 cultivares, que se describen na táboa 2 (páx. seg.). Os cultivares “Clarica” e “Pharaon” considéranse cultivares testemuñas nos ensaios de avaliación de cultivares de millo forraxeiro en Galicia.

Como cultivo de inverno sementouse cada ano unha mestura de raigrás italiano con trevos anuais para realizar un ensilado na primavera antes

da sementeira do millo. Previamente á sementeira do millo, aplicáronse 200 kg N ha⁻¹ xunto coas emendas calcarias e fertilización fosfopotásica necesarias segundo os resultados das análises previas do solo, para compensar as extraccións polo cultivo de inverno en rotación co millo.

A densidade de plantación inicial foi de 180.000 plantas ha⁻¹. Cando as plantas acadaron uns 20 cm de altura, realizouse un clareo para acadar a densidade final de 90.000 plantas ha⁻¹.

O millo forraxeiro para a súa conservación como ensilado débese recoller cando a concentración de materia seca de todo o cultivo se sitúa entre o 30 % e o 35 %, intervalo no que se acada o momento óptimo para producir ensilado (Khan *et al.*, 2015). O momento ideal para ensilar considérase cando o estado medio do gran das mazarocas para cada cultivar acada o estado de gran pastoso-vítreo, coa liña de leite (liña do amidón) situada entre 1/3 e 1/2 da distancia entre a coroa e o ápice do gran (Bande, 2025). A altura de corte das plantas de millo foi de 20-25 cm por riba da superficie do solo.

Utilizouse un deseño experimental de bloques completos ao azar con tres repeticións. ►►

IMPLACABLE CONTRA ORUGAS, RESPECTUOSO CON LA FAUNA ÚTIL

Coragen® 20SC

Control de insectos

Con la potencia de

RYNAXYPYR®

Ingrediente activo

La **Experiencia** del **LÍDER**
y la **Referencia** con **mayor**
persistencia para el
control de **rosquilla**
y **taladro** del **maíz**.

LA UNICA SOLUCIÓN DEL MERCADO CON TEFLUTRIN Y STARTER

Fengress®

Insecticida microgranulado
para aplicación en suelo

Exclusividad de FMC:
un **Starter** con **insecticida**
efecto **VAPOR**.

Táboa 1. Datos meteorolóxicos medios mensuais observados durante os períodos de avaliación (1999-2024) nas fincas experimentais de Ordes, Ribadeo, Sarria e Deza (Galicia)

Variable meteorolóxica	Xan.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Xuñ.	Xull.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dec.	Ano
Ordes													
TM_Max.(°C)	15,4	16,8	20,4	23,0	26,6	29,8	31,9	32,7	31,3	25,9	19,2	15,8	34,4
TM_Min.(°C)	0,9	1,4	2,0	3,7	6,3	9,0	11,0	11,7	9,9	7,4	4,2	1,2	-0,5
Radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	5,2	8,5	12,8	17,5	20,9	22,2	22,6	20,0	15,3	9,3	6,3	5,1	13,9
Chuvia (mm)	155,0	110,3	128,3	108,9	80,4	54,9	32,5	41,4	60,6	174,0	173,5	175,4	1.295,4
Ribadeo													
TM_Max.(°C)	16,1	17,7	21,4	23,9	27,2	30,2	31,4	32,6	30,6	26,6	20,2	16,8	34,3
TM_Min.(°C)	2,1	2,2	2,4	4,1	6,6	9,5	11,9	12,4	10,5	8,1	4,7	2,3	0,7
Radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	5,3	8,3	12,5	16,4	19,5	20,8	21,4	19,1	15,2	9,8	6,0	4,6	13,3
Chuvia (mm)	108,2	81,5	85,6	80,8	63,2	53,2	28,9	35,9	49,7	114,0	131,9	117,3	950,2
Sarria													
TM_Max.(°C)	14,6	16,4	20,7	23,6	27,8	32,9	35,9	36,2	33,1	26,8	18,8	14,9	37,5
TM_Min.(°C)	-2,6	-2,2	-1,7	0,2	3,3	6,3	8,8	9,0	7,0	4,2	0,3	-2,4	-4,0
Radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	5,9	9,3	13,2	17,3	21,1	23,5	24,9	22,1	16,7	10,5	6,5	5,1	14,7
Chuvia (mm)	112,0	82,8	93,7	82,8	62,7	48,0	25,9	31,1	48,4	127,7	127,4	127,4	969,8
Deza													
TM_Max.(°C)	14,8	16,7	20,3	23,6	28,2	32,4	35,7	36,4	33,4	26,8	18,9	15,4	37,4
TM_Min.(°C)	-2,2	-1,8	-1,0	1,1	4,0	7,2	8,8	9,4	7,6	4,7	0,8	-1,7	-3,4
Radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	5,9	9,3	13,3	17,9	21,4	23,5	24,3	21,6	16,6	10,4	6,6	5,1	14,7
Chuvia (mm)	137,6	97,3	116,5	102,2	74,4	50,7	28,6	35,8	58,8	161,9	152,8	159,5	1.176,1

As subparcelas elementais de avaliación tiñan unha superficie de 11,7 m² con tres liñas de 6,5 m de lonxitude e unha separación entre liñas de 0,6 m. A mostraxe no momento da colleita realizouse recollendo as plantas en pé existentes en 5 m de lonxitude da liña central por parcela. Separáronse ao azar dez plantas das collidas en cada parcela. De cada unha destas plantas separouse a mazaroca (grans + raque) e a follaxe (talos + follas + espatas das mazarocas).

As mazarocas e a follaxe picáronse independentemente cunha picadora eléctrica. Co material picado por separado, as fraccións de mazarocas e follaxe secáronse nunha estufa de circulación de aire a unha temperatura de 80 °C ata peso constante para determinar o peso seco das mazarocas e o da follaxe. Posteriormente, as mostras das dúas fraccións moéronse nun muíño de martelos “Christy and Norris” 8” a un tamaño de partícula de 1 mm e enviáronse ao Laboratorio de Pastos e Cultivos do CIAM onde se determinaron os diferentes parámetros químicos mediante o método NIRS (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*: espectroscopía de reflectancia no infravermello próximo). ▶

Táboa 2. Cultivares de millo forraxeiro (híbridos), casas comerciais e número de anos de avaliación en catro localidades de Galicia durante o período 1999-2024

Orde	Cultivar	Nome	Casa comercial	N.º de anos
1	1	CLARICA	Pioneer	5
2	3	PHARAON	Advanta	6
3	6	VIPER	Advanta	3
4	12	MAGELLAN	Clemente	3
5	13	MAGISTER	Syngenta	3
6	50	BELONIA	Pioneer	3
7	52	DK282	De la Riva	3
8	53	PERSEO	Rocalba	3
9	56	PROSILAGE	Rocalba	3
10	65	EXCELLIS	Euralis (Lidea)	3
11	69	ALTEZA	Semillas Battle	3
12	70	GOLDARIS	Koipesol	4
13	77	EUROSTAR	Euralis (Lidea)	3
14	80	MACHERO	Battle	3
15	83	RELAX	MAS Seeds	3
16	87	NIRVANA	IS	3
17	106	COSMIC	Agrar	3
18	107	ORESTE	MAS Seeds	4
19	109	ABONDANCE	Syngenta	4
20	112	LG2265	Limagrain	3
21	114	AMPLI	Semade	3
22	158	ES PAROLI	Arlesa	3
23	172	DIXXMO	De la Riva	3
24	180	STERN	Koipesol	3
25	182	PUCCINI	Caussade Semillas	3
26	202	RULEXX	RAGT	3
27	204	BRANDY	Nuter Feed	3

Lidea

LA INNOVACIÓN EN MAÍZ



LID 6130C CICLO MEDIO
Nº 1 SERIDA (Asturias, Zona
Costa occidental)



BERLIOZ CICLO MEDIO
Nº 1 MILHO FORRAXEIRO
CIAM-MABEGONGO



IZZLI CICLO MEDIO-CORTO
ÉXITO EN TODO TIPO DE PARCELAS



DROMEDARY WX
CICLO MEDIO-CORTO
PRODUCCIÓN, CALIDAD Y
SANIDAD



LID 4111C CICLO CORTO
EL MAÍZ QUE QUIEREN TUS VACAS

METHOD CICLO CORTO
LA VARIEDAD QUE NUNCA FALLA



MÁS INFORMACIÓN



Hydro Master
Lidea

Hydro Master identifica a los
híbridos más eficientes en el uso del
agua.

En total, avaliáronse as 12 variables seguintes: rendemento en materia verde (RMV, t ha⁻¹), porcentaxe de materia seca (MS, %), rendemento en materia seca (RMS, t ha⁻¹), porcentaxe de materia orgánica (MO, %MS), porcentaxe da mazaroca respecto á materia seca da planta enteira (espiga, %MS planta enteira), porcentaxe de proteína bruta (PB, %MS), porcentaxe de fibra ácido deterxente (ADF, %MS), porcentaxe da dixestibilidade in vitro da materia orgánica (IVOMD, %), rendemento en materia orgánica dixestible (RMOD = RMS * MO/100 * IVOMD/100, t ha⁻¹), carbohidratos non estruturais totais (CNET, %MS), altura da planta desde o solo ata o ápice da inflorescencia masculina (penacho) xusto antes da colleita (cm) e días entre a sementeira e a recolección (S-C, días).

Considerouse só a variable RMOD na análise con modelos mixtos, debido a que é unha variable de alta importancia económica, que combina a produción de materia seca coa dixestibilidade da materia orgánica. É, en esencia, a medida real de cantidade enerxía aproveitable por hectárea está producindo un cultivo de millo.

O cultivo do millo forraxeiro en Galicia realízase en secaño sen rega, polo que as producións obtidas nos ensaios de campo non se poden considerar producións potenciais, pois puido ter ocorrido algunha limitación de auga por falta de choiva durante o ciclo do cultivo do millo. A produción potencial dun xenotipo (cultivar) é o rendemento máximo teórico que pode acadar en condicións de cultivo ideais, sen ningún tipo de estrés biótico ou abiótico. Este rendemento vén determinado polo potencial xenético, a radiación solar e as condicións de temperatura da zona de ensaio.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os datos analizáronse mediante o procedemento de modelos mixtos, utilizando a metodoloxía de Máxima Verosimilitude Restrinxida (REML) do software SELEGEN (Resende, 2016) para obter a mellor predición dos valores xenéticos (BLUP).

A selección dos xenotipos superiores baseouse no índice de Media Harmónica do Rendemento Relativo dos Valores Xenéticos (MHPRVG), o cal permite a selección simultánea por produtividade, adaptabilidade e estabilidade.

Orde	Cultivar	Nome	Casa comercial	N.º de anos
28	208	HAPPI	Semillas Batlle	3
29	210	BONPI	Nuter Feed	3
30	213	MANACOR	Fito	3
31	218	LG 33.85	LG	3
32	219	DK 315	Monsanto	3
33	232	GLADI	Nuter Feed	3
34	244	PHILEAXX	RAGT	3
35	247	ZP 409	WAM	3
36	274	AMADEO	KWS	4
37	283	MAS 35.K	Euralis (Lidea)	3
38	298	SY SAVIO	Syngenta	3
39	299	SY SENKO	Syngenta	3
40	318	ES TOLERANCE	AGV-XESGA	3
41	321	DARIDOR	Batlle	3
42	324	QUATRO	Batlle	3
43	326	DKC 4621	Monsanto	3
44	371	FREEMAN	MAS Seeds	3
45	375	CODIBLUES	Batlle	3
46	378	KIDEMOS	KWS	4
47	405	VOLOS	Semillas Fitó	3
48	406	SY INFINITE	Koipesol	3
49	407	MAS 400.D	MAS Seeds	4
50	437	MAS 431.B	MAS Seeds	3

A precisión experimental avaliou a través dos parámetros exactitude (Acgen) e o coeficiente de variación xenética (CVgi%).

Para a visualización da complexidade da interacción GxA na variable RMOD, o *ranking* dos cultivares baseado nos valores xenéticos obtidos para cada cultivar en cada localidade e na análise conxunta dividiuse en tres grupos: valores xenéticos altos (fondo amarelo), valores xenéticos medios (fondo branco) e valores xenéticos baixos (fondo verde). A división en grupos fíxose como: (valor xenético máis alto-valor xenético máis baixo)/3, segundo Resende *et al.*, (2018).

Se se observan cambios no *ranking* de cultivares entre dúas localidades dentro do mesmo grupo, a interacción GxA considérase de baixa magnitude e de tipo simple. Tamén pode considerarse como unha interacción GxA de tipo simple cando se observan cambios de maior magnitude no *ranking*, pero os cultivares localízanse no seguinte subgrupo.

A interacción GxA de tipo complexo refírese a aqueles cultivares que exhiben cambios drásticos na súa posición dentro do *ranking* ao avaliarse en distintas localidades, como é o caso de cultivares que se sitúan no subgrupo de baixos rendementos

nunha localidade e no grupo de altos rendementos noutra localidade. Este tipo de cultivares é pouco fiable, de baixa estabilidade.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

Análise de varianza e parámetros xenéticos

Na táboa 3 (páx. seg.) preséntanse os valores medios para cada unha das 12 variables estudadas nos 50 cultivares avaliados en catro localidades e durante tres ou máis anos de avaliación.

A análise de devianza (LRT) na variable RMOD revelou diferenzas altamente significativas ($p < 0,01$) tanto para os xenotipos (cultivares) como para a interacción GxA (táboa 4, páx. 118).

Debido a que a interacción GxA foi significativa, isto indicou que hai unha variabilidade na produción de materia orgánica dixestible dos xenotipos nos diferentes ambientes (localidades). Xa que logo, parece interesante estudar a estabilidade e a adaptabilidade dos xenotipos co fin de recomendar os mellores xenotipos (cultivares) para todos os ambientes avaliados.

A presenza de ambos os efectos significativos suxire que, aínda que hai bos cultivares para seleccionar, a súa recomendación debe ser coidadosa. ►►

¿Proteger
y cuidar
tus cultivos
de maíz?

Sí, junto a ti



EL CENTRO DE TU ESTRATEGIA

- **Innovación:** fórmula patentada que prolonga el efecto herbicida y selectividad con el cultivo.
- **Flexibilidad:** aplicación en pre-emergencia y post-emergencia temprana.
- Combinación de dos modos de acción herbicida, lo que favorece el control de poblaciones resistentes.
- Controla las principales malas hierbas de hoja ancha y estrecha.
- Sin limitación de uso en los años siguientes.



UN INSECTICIDA DE PELÍCULA

- Microgránulos para incorporar en la línea de siembra.
- Excelente protección contra plagas del suelo: gusano de alambre, gusanos grises o rosquillas, zabros y larvas de diabrotica.
- Alta eficacia insecticida.
- Acción de choque y elevada persistencia.
- Con aporte de nutrientes que favorecen la nascencia del cultivo.

Non se pode elixir un gañador baseándose nun só sitio; débense buscar aqueles con alta estabilidade fenotípica ou desenvolver recomendacións zonificadas para maximizar o potencial xenético en cada ambiente específico.

Para calcular e utilizar os valores xenéticos preditos en presenza dunha interacción significativa utilízanse os modelos lineais mixtos que descompon o fenotipo en efectos xenéticos, ambientais e de interacción.

A varianza de interacción (Vint) obtida neste traballo representou un 25 % da varianza fenotípica total, o que se traduce nunha baixa correlación xenética entre ambientes ($r_{gloc}=0,28$), o que indica que temos unha interacción GxA significativa (Robertson, 1959), onde o *ranking* dos cultivares non foi constante a través das diferentes localidades. Ante estes resultados, a elección dos cultivares baseada unicamente en medias aritméticas dos valores observados en campo resultaría ineficiente, xa que non consideraría a inestabilidade do comportamento do millo fronte ás variacións edafoclimáticas de cada localidade.

O valor da herdabilidade en sentido amplo ao nivel de parcela individual foi baixo ($h^2_g=0,10$) para a variable RMOD, indicando que o ambiente ten unha grande influencia na expresión fenotípica do carácter produción de materia orgánica dixestible por hectárea. A maior parte do que se observa (o 90 %) está influído polo ambiente (solo, clima, manexo...) ou por erros de medición. Estes resultados suxiren que non se pode elixir un cultivar comercial polo seu bo desempeño nunha soa localidade, cómpre unha análise multiambiental coma a que se propón. Debido a que a variable RMOD é unha variable composta (rendemento x dixestibilidade), é natural que a súa herdabilidade sexa baixa, pois ambos os compoñentes se ven afectados de forma independente polo estrés ambiental, xa que a materia orgánica dixestible é moi sensible ao momento da colleita e ao estrés hídrico que afecta á fibra.

A herdabilidade media de todos os datos de cada cultivar (h^2_{mc}) cun valor de 0,45, considérase de magnitude moderada, o que indica que o 45 % da variación observada nas medias dos cultivares se debe a diferenzas xenéticas reais, mentres que o ▶▶

Táboa 3. Medias e coeficientes de variación experimental (CV, %) das variables estudadas nos 50 cultivares avaliados en catro localidades e tres ou máis anos de avaliación, ordenados de maior a menor polos valores de RMOD

Cultivar	RMOD (t ha ⁻¹)	RMV (t ha ⁻¹)	MS (%)	RMS (t ha ⁻¹)	MO (%MS)	Espiga (%MS)	PB (%MS)	ADF (%MS)	IVOMD (%)	CNET (%MS)	Altura (cm)	S-C (días)
326	16,6	79,7	30,2	23,9	96,0	51,8	5,9	22,5	72,1	43,2	273	126
371	16,5	71,1	33,5	23,4	96,3	52,8	6,0	22,6	73,0	43,0	283	130
407	16,2	71,7	33,0	23,3	96,1	51,7	5,8	23,0	72,3	43,0	303	125
218	16,1	67,9	34,1	23,2	96,3	49,4	6,2	24,8	72,0	38,7	287	132
437	16,1	67,3	35,4	23,5	96,3	55,4	5,7	23,1	71,5	43,9	304	121
406	16,0	72,3	31,7	22,8	96,1	52,4	6,3	22,5	72,8	42,7	287	127
202	15,7	70,0	32,0	22,5	96,4	47,9	6,3	24,8	72,0	39,0	283	131
12	15,3	67,0	33,1	22,2	95,3	55,0	8,3	23,0	72,5	41,1	259	124
77	15,3	65,2	34,8	22,5	95,5	53,6	8,0	24,1	71,1	38,1	266	122
83	15,3	70,3	31,8	22,3	95,6	50,4	7,5	23,6	71,9	38,7	262	141
180	15,1	69,4	30,5	21,9	96,6	45,3	5,9	25,4	71,0	37,8	277	121
70	15,0	68,5	31,9	21,9	95,6	55,3	7,6	22,7	71,6	40,7	265	134
213	15,0	71,7	30,4	21,7	96,4	49,2	6,1	24,1	71,9	40,7	288	129
405	15,0	62,0	35,0	21,4	96,3	56,3	6,4	22,0	72,9	42,8	286	121
112	14,9	61,1	34,9	21,1	95,4	52,2	7,5	22,3	74,0	41,8	267	123
13	14,8	64,6	33,5	21,5	95,4	55,7	8,0	22,7	72,2	41,8	259	122
65	14,7	67,9	33,0	22,2	95,4	48,2	8,0	25,7	69,1	35,4	281	137
107	14,7	66,5	32,5	21,4	95,5	51,7	7,7	24,3	71,8	37,6	264	122
219	14,6	65,7	31,8	20,7	96,4	49,4	6,4	23,5	73,1	40,0	288	124
1	14,5	62,1	34,3	21,1	95,9	57,3	7,5	22,6	71,5	42,8	249	128
50	14,4	67,4	32,3	21,6	95,5	53,6	7,2	24,2	69,8	39,7	268	124
69	14,4	71,1	30,2	21,6	94,9	51,1	7,7	25,0	70,0	36,9	265	146
298	14,4	74,8	28,0	20,9	96,3	42,5	6,0	24,3	71,2	40,7	228	133
56	14,3	64,1	33,1	21,1	95,1	54,3	8,0	23,3	71,2	41,7	276	129
114	14,3	59,0	35,3	20,6	95,4	51,6	7,9	23,6	72,5	38,9	257	121
182	14,3	67,4	30,9	21,2	96,8	44,3	6,4	25,7	69,9	37,2	276	122
204	14,3	61,3	33,8	20,7	96,4	48,2	6,3	25,3	71,9	37,9	293	129
299	14,3	75,3	27,7	20,8	96,6	43,5	5,4	23,9	71,2	41,9	225	134
244	14,2	58,7	35,5	20,5	96,8	50,8	5,1	24,8	71,9	40,5	254	125
3	14,1	59,9	34,4	20,4	95,8	54,5	7,6	23,7	72,0	40,8	236	121
52	14,1	60,5	35,3	21,1	95,3	53,4	7,9	23,4	70,4	39,9	263	123
210	14,1	61,7	33,3	20,2	96,7	49,2	6,3	24,5	71,7	40,3	270	120
6	14,0	71,9	29,6	21,1	94,9	51,2	7,8	24,7	69,6	38,1	272	137
80	14,0	68,7	30,5	20,7	95,0	52,9	7,4	23,6	71,0	39,2	250	130
87	14,0	67,1	31,3	20,9	95,4	52,9	7,8	23,8	70,6	38,6	260	135
158	14,0	64,1	32,1	20,2	96,6	43,3	6,9	25,1	71,5	36,0	274	114
172	14,0	59,2	33,9	19,9	96,7	46,4	6,8	22,2	72,6	39,6	269	119
109	13,8	57,5	34,8	19,9	95,4	54,0	8,3	23,6	72,6	40,0	268	120
208	13,8	60,0	34,1	20,0	96,6	51,4	6,2	25,3	71,4	39,4	297	123
283	13,8	68,3	30,0	20,4	96,2	47,6	6,7	23,6	70,2	42,9	213	126
375	13,8	59,5	33,8	20,0	96,3	53,9	6,3	22,9	71,6	41,9	282	119
378	13,7	57,5	33,8	19,3	96,7	56,8	6,0	21,3	73,2	45,1	267	122
53	13,3	63,0	32,1	20,0	94,5	49,4	7,8	25,2	70,0	36,9	281	126
324	13,3	61,7	32,8	19,9	95,6	50,3	6,4	25,0	70,1	39,3	251	117
106	13,2	56,6	34,9	19,6	95,4	52,7	8,1	24,4	70,4	38,8	273	123
274	12,8	57,5	32,7	18,7	96,4	50,5	6,6	23,5	71,1	42,5	205	115
232	12,6	51,9	35,8	18,3	96,5	51,9	6,5	24,9	71,4	40,8	262	118
247	12,5	59,4	30,7	18,0	96,6	46,4	5,9	25,2	72,2	39,2	249	115
318	12,3	59,3	31,6	18,6	96,0	49,7	6,9	24,4	69,0	39,8	263	116
321	12,2	56,5	31,9	17,9	96,0	48,8	6,5	24,4	71,1	40,3	245	114
Media	14,4	64,9	32,7	21,0	96,0	51,0	6,9	23,9	71,5	40,2	266	125
CV(%)	10,7	10,8	6,2	10,2	0,5	7,7	6,1	5,2	1,4	6,8	9,0	5,0



Después de la aplicación, la humedad del suelo penetra lentamente a través del recubrimiento.

Los nutrientes disueltos se difunden a través del recubrimiento y el suelo hacia la zona de la raíz.

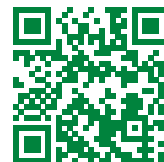
Ésta comienza a producir una disolución gradual de los nutrientes dentro del gránulo.

CoteN™ Mix

El nitrógeno de larga duración en sus tres formas



Haifa Iberia
Telf 91 591 2138
Email: iberia@haifagroup.com www.haifagroup.com



55 % restante se debe a variacións ambientais ou erro experimental. Isto significa que, cando se avalía a media dos cultivares (usando varias repeticións, anos ou localidades), a confiabilidade sobe ao 45 % en relación coas $h^2g=0,10$.

A exactitude de selección (Acgen) mostrou un valor de 0,67, o cal indica unha confiabilidade moderada a boa nos parámetros xenéticos obtidos no estudo. O valor de 4,9 % obtido para o coeficiente de variación xenética (CVgi %) indica un valor baixo, o que significa pouca variabilidade xenética entre os cultivares para a variable estudada. O valor de 12,6 % para o CVe % considérase un rango aceptable para a maioría das variables agronómicas, o que é importante para obter unha boa exactitude na selección ou recomendación de xenotipos (Resende, 2016).

Estabilidade e adaptabilidade da produción de materia orgánica dixestible (RMOD)

A metodoloxía dos modelos mixtos (Resende *et al.*, 2018) usouse para a selección simultánea de cultivares baseada na produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Estimouse a Media Harmónica do Rendemento Relativo dos Valores Xenéticos (MHPRVG) (táboa 5) que indica a produtividade, estabilidade e adaptabilidade esperadas a través das localidades do estudo. Esta estimación pódese usar cando se considera a sementeira en diferentes localidades con interaccións GxA, onde se deberían seleccionar os cultivares cunha MHPRVG maior ou igual a 1 (Torres *et al.*, 2015). O MHPRVG*MG é o produto de MHPRVG pola media xeral en todos os ambientes (MG).

Na táboa 5 (páx. seg.) pódese observar o *ranking* dos cultivares orde-

Táboa 4. Parámetros xenéticos e análise de devianza entre os cultivares de millo forraxeiro avaliados en catro localidades de Galicia e tres ou máis anos de avaliación para a variable RMOD ($t\ ha^{-1}$)

Efecto	Devianza ^a	LRT ^b (Chi-cadrado)
Xenotipo	1.519,1	7,3**
Xenotipo x ambiente	1.547,3	35,5**
Modelo completo	1.511,8	
Parámetros	Estimacións	
Vg	0,490	
Vint	1,276	
Ve	3,261	
Vf	5,023	
Herdabilidade individual (h^2g)	0,10	
Herdabilidade media do cultivar (h^2mc)	0,45	
Exactitude (Acgen)	0,67	
Correlación xenética entre ambientes (rgloc)	0,28	
Coeficiente de variación xenética (CVgi %)	4,90	
Coeficiente de variación experimental (CVe %)	12,60	
Media xeral ($MG\ t\ ha^{-1}$)	14,40	

^aDevianza do modelo axustado sen os efectos correspondentes

^bLRT = razón de verosimilitude

* = significativo pola proba Chi-cadrado cun grao de liberdade: ao 1 % de probabilidade (6,63)

nados polo índice MHPRVG de maior a menor. Os cultivares 407 (MAS 400.D) e 371 (FREEMAN) presentaron un valor MHPRVG de 1,11, o que implica que son un 11 % superiores á media xeral do ensaio, mantendo a dita superioridade estable en todas as localidades avaliadas. Esta estratexia de selección garante que os cultivares recomendados posúan unha adaptabilidade ampla, minimizando o risco para o agricultor ante cambios ambientais impredecibles.

Se o índice MHPRVG mostra que un cultivar A é mellor que outro B, hai un 67 % de certeza (Acgen=0,67) de que esa superioridade é por razóns

xenéticas e non debida ao azar, ou a que o cultivar A xusto estaba nas condicións máis favorables do ensaio.

Na táboa 6 (páx. seg.) móstrase o *ranking* xenético dos cultivares en cada localidade e no conxunto das catro localidades. Este valor predí o desempeño real do xenotipo nun ambiente determinado (ou localidade), axustando o valor xenético segundo como responde ese individuo particular ás condicións dese sitio específico.

O cultivar 407 é o máis estable de todos e de alto valor xenético para RMOD nas catro localidades. Os cultivares 326, 371, 218 e 406 son ►►



Distribuidor de Semillas RAGT para Galicia y Asturias

Venta de semillas de maíz, sorgo, girasol, colza, soja, trigo, veza...

Polígono Lalín 2000
Ciudad del Transporte - nave A3
36500 LALÍN (Po)

gilangel@hotmail.es
Tel.: 670 535 636

MAÍZ SILO



RGT MEXXPLEDE
RGT AXTRONAUTE *NOVEDAD*
RGT SOCALIXX *NOVEDAD*
RGT DRAGSTER
RGT VOLRAXX *NOVEDAD*
RGT LACTEAXX

iYo
estuve
allí!

ragt.es



think
SOLUTIONS
think RAGT

Táboa 5. Estabilidade e adaptabilidade dos valores xenotípicos (MHPRVG) combinando produtividade, estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG*MG) para a variable RMOD (t/ha⁻¹), de 50 cultivares de millo forraxeiro en catro localidades (avaliados tres ou máis anos) de Galicia; MG = media xeral dos ensaios

Orde	Cultivar	MHPRVG	MHPRVG*MG
1	407	1,11	15,9
2	371	1,11	15,9
3	326	1,10	15,8
4	437	1,09	15,7
5	406	1,08	15,6
6	218	1,08	15,6
7	202	1,06	15,2
8	12	1,05	15,1
9	83	1,05	15,0
10	77	1,04	15,0
11	180	1,03	14,9
12	405	1,03	14,8
13	70	1,03	14,8
14	213	1,03	14,8
15	112	1,02	14,7
16	13	1,02	14,7
17	107	1,02	14,6
18	65	1,01	14,5
19	219	1,01	14,5
20	299	1,00	14,4
21	298	1,00	14,3
22	69	1,00	14,3
23	204	1,00	14,3
24	114	0,99	14,3
25	50	0,99	14,3
26	244	0,99	14,3
27	1	0,99	14,3
28	182	0,99	14,3
29	52	0,98	14,3
30	210	0,98	14,1
31	56	0,98	14,1
32	158	0,98	14,1
33	172	0,98	14,0
34	6	0,97	14,0
35	375	0,97	14,0
36	208	0,97	13,9
37	87	0,97	13,9
38	283	0,97	13,9
39	109	0,97	13,9
40	3	0,97	13,9
41	80	0,97	13,9
42	378	0,96	13,7
43	324	0,95	13,6
44	53	0,94	13,5
45	106	0,93	13,4
46	274	0,92	13,3
47	232	0,91	13,0
48	247	0,90	13,0
49	318	0,89	12,8
50	321	0,89	12,8

Táboa 6. *Ranking* xenético dos 50 cultivares para a variable RMOD (t ha⁻¹), avaliados individualmente en catro localidades (Ordes, Ribadeo, Sarria e Deza) e de forma global mediante unha análise conxunta

Orde	Ordes	Ribadeo	Sarria	Deza	Todas as localidades
1	326	437	56	218	371
2	371	371	83	202	407
3	70	407	202	204	326
4	218	405	70	213	218
5	406	406	371	12	437
6	407	326	50	112	406
7	77	375	13	83	202
8	437	378	77	182	12
9	298	283	180	407	77
10	213	299	218	70	83
11	405	12	65	180	70
12	219	107	406	219	180
13	114	112	326	77	405
14	65	83	407	65	213
15	202	244	69	437	112
16	107	180	1	87	13
17	180	218	12	114	65
18	83	324	80	13	107
19	69	274	437	107	219
20	12	204	52	244	69
21	13	202	219	210	50
22	80	158	182	326	182
23	112	298	3	6	204
24	299	13	244	50	298
25	109	77	210	405	56
26	182	213	107	371	299
27	52	208	6	172	114
28	378	210	213	406	1
29	50	114	172	208	244
30	56	1	87	69	52
31	1	318	158	52	210
32	324	109	112	80	6
33	158	172	283	56	80
34	6	52	299	53	158
35	375	69	298	298	172
36	208	50	109	3	87
37	3	3	53	299	3
38	172	219	204	1	208
39	106	87	106	109	375
40	204	321	375	158	109
41	247	65	114	283	283
42	87	106	274	106	378
43	244	6	232	232	324
44	53	182	324	375	53
45	232	70	208	274	106
46	210	53	318	247	274
47	283	247	405	378	232
48	321	56	378	324	247
49	274	80	321	321	318
50	318	232	247	318	321

Para facilitar a súa interpretación, o *ranking* dividiuse en terzos segundo os seus valores xenéticos: a cor amarela destaca o terzo superior; a branca, o intermedio; e a verde, os valores máis baixos

► OS CULTIVARES 407 (MAS 400.D) E 371 (FREEMAN) RESULTARON SUPERIORES AO PRESENTAR A MAIOR PRODUCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DIXESTIBLE POR HECTÁREA E A MAIOR CONSISTENCIA E ESTABILIDADE XENOTÍPICA NAS LOCALIDADES AVALIADAS



altamente estables e de alto RMOD en tres das catro localidades. Os cultivares 318, 321, 247, 232 e 106 son moi estables, pero co RMOD máis baixo nos catro sitios. Deza mostrou unha alta interacción con respecto ás outras tres localidades, é dicir, o comportamento relativo dos cultivares nese sitio é significativamente diferente ao observado nos demais. Ordes foi a localidade co comportamento máis similar ás demais, o que suxire que é un sitio idóneo para avaliar a adaptación xeral dos cultivares de millo forraxeiro en Galicia.

Non se observou que ningún dos cultivares mostrase interaccións complexas GxA, é dicir, os cultivares avaliados tiveron un comportamento relativamente estable ou interaccións GxA de carácter simple.

Unha vez identificados os cultivares máis produtivos, estables e adaptables para a variable RMOD (táboa 5), se se desexa sementar un deses cultivares nunha zona concreta, pódese determinar a data estimada de colleita dese cultivar sumando á data de sementeira nesa zona o valor da variable S-C (días entre a sementeira e a colleita) do cultivar elixido na táboa 3. Se quixésemos escoller un bo cultivar de millo desde o punto de vista do seu valor RMOD, seleccionaríamos os de mellor valor MHPRVG, por exemplo, o cultivar 407 (táboa 5) e iríamos agora á táboa 3 para ver o seu valor medio na variable SC, que sería 125 días. Se queremos sementar, por exemplo, o 15 de maio de 2026, que sería o día 135 do ano, e sumámoslle o seu valor S-C de 125, a data probable de colleita sería: $135 + 125 = 260$, é dicir, o día 260 do ano. Esa data estimada de colleita sería o 17 de setembro de 2026.

CONCLUSIÓN

O emprego da metodoloxía de modelos mixtos permitiu unha discriminación precisa dos cultivares de millo forraxeiro, descompoñendo con éxito os efectos ambientais dos xenotípicos.

Os datos revelan unha interacción xenotipo-ambiente (GxA) significativa, o que xustifica o uso de criterios de selección que integren estabilidade e adaptabilidade. Neste sentido, utilizouse o índice MHPRVG (Media Harmónica do Rendemento Relativo dos Valores Xenéticos), o cal penaliza a inestabilidade produtiva a través dos ambientes. Baixo este criterio, os cultivares 407 (MAS 400.D) e 371 (FREEMAN) resultaron superiores ao presentar a maior produción de materia orgánica dixestible por hectárea e a maior consistencia e estabilidade xenotípica nas localidades avaliadas. ■

BIBLIOGRAFÍA

Bande, M.J., 2025. Evaluación de variedades de maíz forrajero en Galicia (1999-2024). *Vaca Pinta*, 51: 116-130.

Henderson, C.R., 1975. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31: 423-447.

Khan, N.A., Peiqiang, Y., Mubarak, A., Cone, J.W., Hendriks, W.H., 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric.* 95: 238-252.

MAPA, 2024. Encuesta sobre superficies y rendimiento de cultivos (ESYRCE). Resultados Provisionales Nacionales y Autonómicos. Edita Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), Madrid, 53 p. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/comentarios-espana2024_tcm30-697375.pdf

Mendes, F.F., Guimarães, L.J.M., Souza, J.C., Guimarães, P.E.O., Pacheco, C.A.P., Machado, J.R.A., Meirelles, W.F., da Silva, A.R., Parentoni, S.N., 2012. Adaptability and stability of maize varieties using mixed model methodology. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 12: 111-117.

Murillo, O., Resende, M.D.V., de, Badilla Y, Gamboa J.P., 2019. Genotype by environment interaction and selection in teak (*Tectona grandis* L.) in Costa Rica. *Silvae Genetica*, 68: 116-121.

Oliveira, J.A., Bande, M., 2024. Productividad, estabilidad y adaptabilidad de cultivares de maíz forrajero en Galicia. *Vaca Pinta*, 44: 90-96.

Piepho, H.P., Möhring, J., Melchinger, A.E., Büchse, A., 2008. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, 161: 209-228.

Resende, M.D.V., 2007. Software SELEGEN-REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computarizada via modelos lineares mistos. Embrapa Florestas, Colombo, Brasil, 350 p.

Resende, M.D.V., 2016. Software Selegen-REML/BLUP: A useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9: 330-339.

Resende, M.D.V., Murillo, O., Badilla, Y., 2018. Genética cuantitativa y selección en el mejoramiento forestal. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica, 302 p.

Robertson, A., 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics*, 15: 469-485.

Torres, F.E., Teodoro, P.E., Sagrilo, E., Ceccon, G., Correa, A.M., 2015. Genotype x environment interaction in semiprostrate cowpea genotypes via mixed models. *Bragantia*, 74: 255-260.

AGRADECIMENTOS

Agradecemoslles a súa dedicación e apoio aos propietarios das parcelas onde se realizaron os ensaios. Así mesmo, agradecemos a axuda e contribución dos técnicos no desenvolvemento deste traballo (persoal do Centro de Formación e Experimentación Agroforestal Pedro Murias de Ribadeo, do Servizo de Explotacións Agrarias de Lugo e do Departamento de Investigación e Transferencia da Agacal de Santiago).