



Comezo da floración feminina

Adaptación do modelo CSM-CERES-Maize (DSSAT) para simular a produción de millo forraxeiro: variación interanual en Asturias

Neste artigo preséntase o estudo realizado con base en dúas liñas de traballo: a adaptación e avaliación do modelo CSM-CERES-Maize mediante a estimación dos parámetros de cultivares a partir dun experimento de campo previo de tres anos (2012, 2013 e 2014), que inclúe tres cultivares (FAO 200, 300 e 400) en tres zonas de Asturias, e a utilización da análise estacional de DSSAT para examinar a variación interanual da produtividade do millo forraxeiro debida ao clima.

J.A. Oliveira¹, K.J. Boote², F.A.A. Oliveira², G. Hoogenboom², A. Carballal³, A. Martínez-Fernández³

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

²Departamento de Enxeñería Agrícola e Biolóxica, Universidade de Florida (EE. UU.)

³Programa de Investigación en Pastos e Forraxes, Servizo Rexional de Investigación e Desenvolvemento Agroalimentario (Asturias)

INTRODUCCIÓN

A produción española de millo forraxeiro concéntrase no norte de España. Galicia, Asturias e Cantabria son as principais rexións produtoras, con 71.735 ha, 7.216 ha e 4.536 ha respectivamente (MAPA, 2022). Estas tres rexións representan o 91 % a superficie española de millo forraxeiro.

Un dos factores estruturais limitantes para aumentar a rendibilidade das explotacións gandeiras do norte de España é a escasa base territorial dispoñible para a produción de forraxes. Este feito, unido á irregularidade estacional da produción, levou a moitos gandeiros a adoptar estratexias de intensificación da produción forraxeira. Na actualidade,

estas explotacións manteñen a tendencia crecente cara ao uso de millo forraxeiro conservado en forma de ensilado, xa que a planta enteira de millo se considera unha materia prima ideal para ensilar pola súa alta produción de materia seca de alto valor nutritivo, rápida recolección, non requirir ningún tratamento previo para ser ensilado e porque é fácil de integrar en sistemas de alimentación *unifeed*. Centrándonos na alimentación de ruminantes, o ensilado de millo forraxeiro constitúe unha mestura única de gran e fibra dixestible de grande utilidade en nutrición animal (Martínez-Fernández *et al.*, 2021).

En 1996 e en colaboración con empresas produtoras de sementes, iniciouse en Asturias un proceso de avaliación de cultivares comerciais de millo híbrido para ensilado por parte do Servizo Rexional de Investigación e Desenvolvemento Agroalimentario (Serida), e desde entón véñse realizando ano tras ano nas zonas edafoclimáticas aptas para o cultivo de millo forraxeiro (Martínez-Fernández *et al.*, 2011; Carballal *et al.*, 2022).



► A PESAR DA IMPORTANCIA DO MILLO FORRAXEIRO PARA A ALIMENTACIÓN DO GANDO EN TODO O MUNDO, O DSSAT NON INCLÚE UN MODELO DE SIMULACIÓN DO MILLO FORRAXEIRO, AÍNDA QUE SE ESTÁ TRABALLANDO NA ACTUALIDADE NISO

A variación interanual dos resultados pode ser fundamental debido á diferente climatoloxía (temperaturas, precipitacións etc.), polo que é importante dispor de datos de máis dun ano para caracterizar agronomicamente un cultivar.

Os modelos de cultivos baseados en procesos (funcionais) son excelentes ferramentas para estudos que implican a cuantificación dos efectos das prácticas de manejo, a xenética, o chan e o clima sobre o rendemento e a fenoloxía dos cultivos (Addiscott e Wagenet, 1985).

En cultivos forraxeiros, Oliveira *et al.* (2020) iniciaron a adaptación do modelo CROPGRO-PFM do paquete informático do Sistema de Apoio ás Decisións para a Transferencia de Agrotecnoloxía (DSSAT) (Hoo-genboom *et al.*, 2019) para simular o crecemento e o desenvolvemento de catro cultivares de raigrases en tres localidades galegas con diferentes condicións ambientais, determinando as limitacións de produción asociadas tanto ás limitacións de auga como de nitróxeno. O devandito modelo para os raigrases aínda non está dispoñible na última versión do DSSAT.

O modelo CSM-CERES-Maize (Ritchie *et al.*, 1998; Jones *et al.*, 2003) dentro do mesmo paquete informático DSSAT utilizouse amplamente para o apoio á toma de decisións sobre a xestión da rega e a fertilización, así como para a elección de cultivares de millo gran.

Os parámetros específicos de cultivares determinan o ciclo vital e o desenvolvemento reprodutivo destes, incluíndo a duración das fases e estadios vexetativos e reprodutivos (Boote *et al.*, 2001). Ademais, DSSAT inclúe módulos específicos para simular a dinámica, a temperatura e a auga do chan, e os procesos de nitróxeno e carbono, incluída a variación do contido de materia orgánica do chan en función das condicións ambientais e a xestión agronómica (Jones *et al.*, 2003).

A pesar da importancia do millo forraxeiro para a alimentación do gando en todo o mundo, o DSSAT non inclúe un modelo de simulación do millo forraxeiro, aínda que se está a traballar na actualidade niso. ►►

SOLUCIONES PARA UN FORRAJE DE CALIDAD



FILM BARRERA AL OXÍGENO MÁXIMA EFICIENCIA GARANTIZADA



OXY SEAL



solplast

Tel +34 968 46 13 11

info@solplast.com / solplast.com

Avda. Francisco Jimeno Sola / Polígono Ind. Saprelorca, Buzón 9
30817 Lorca (Murcia)



Ensaio de millo forraxeiro (Grado) antes da recolección

OBXECTIVOS DO PRESENTE TRABALLO

- 1) Adaptación (calibración) e avaliación do modelo CSM-CERES-Maize mediante a estimación dos parámetros de cultivares a partir dun experimento de campo previo de tres anos (2012, 2013 e 2014), que inclúe tres (FAO 200, 300 e 400) en tres zonas de Asturias.
- 2) Utilización da análise estacional de DSSAT para examinar a variación interanual da produtividade do millo forraxeiro debida ao clima. Utilizarase o modelo CSM-CERES-Maize en combinación con 23 anos de datos meteorolóxicos (2000-2022) para cuantificar a variación interanual do clima sobre as producións de millo forraxeiro en Asturias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sítios experimentais e conxunto mínimo de datos

Esta avaliación de cultivares de millo realizouse en ensaios experimentais de campo en tres lugares de Asturias: Barcia (43,5402, -6,4954, 25 m.s.n.m.), Villaviciosa (43,4722, -5,4361, 10 m.s.n.m.) e Grado (43,3764, -6,0625, 50 m.s.n.m.).

O solo de Barcia, situado na costa occidental de Asturias, caracterízase por ser franco (orde Inceptisol, suborden Udepts, gran grupo Dystrudepts). O chan de Villaviciosa, na zona costeira central, ten unha textura franco-areolosa (orde Entisol, suborden Fluvents, gran grupo Udifluvents). O chan de Grado, situado nun val interior na zona central de Asturias, é franco-areoloso (orde Inceptisol, suborden Udepts, gran grupo Dystrudepts) (USDA-Soil Taxonomy, 1999).

Todos os sitios experimentais, segundo a clasificación climática de Köppen-Geiger (Kotteck *et al.*, 2006), pertencen ao clima temperado oceánico (tipo Cfb). O mes máis frío ten unha temperatura media inferior a 18 °C, pero superior a -3 °C. Todos os meses con temperaturas medias inferiores a 22 °C e polo menos catro meses cunha media superior a 10 °C. Sen diferenzas significativas de precipitacións entre estacións (Arnfield, 2021).

Os datos meteorolóxicos obtivéronse das estacións meteorolóxicas máis próximas aos campos experimentais a través da Axencia Estatal de Meteoroloxía (www.aemet.es) e preséntanse na figura 1.

Cada experimento de campo incluíu a preparación do chan, a fertilización, a sementeira de cultivares nas parcelas e os tratamentos fitosanitarios. A sementeira realizouse manualmente e de forma que se agrupasen os cultivos do mesmo ciclo FAO.

Previamente á sementeira, aplicáronse 150 kg N ha⁻¹ xunto coas emendas calcarias e fertilización fosfopotásica necesarios segundo os resultados das análises previas do chan, para compensar as extraccións polo cultivo de inverno en rotación co millo. Posteriormente, engadíronse 50 kg N ha⁻¹ cando as plantas de millo alcanzaron os 20 cm de altura (Carballal *et al.*, 2022).

A densidade de plantación inicial foi de 120.000 plantas ha⁻¹. Cando as plantas alcanzaron uns 20 cm de altura, realizouse un aclareo para alcanzar 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 sitúase entre o 30 % e o 35 %, intervalo no que se alcanza o momento óptimo para producir ensilado (Khan *et al.*, 2015). O momento ideal para ensilar considérase cando o estado medio do gran das mazarocas das 4 repeticións para cada variedade alcanza o estado de gran pastoso-vítreo (Carballal *et al.*, 2022). A altura de corte das plantas de millo foi de 20-25 cm por riba da superficie do chan.

Utilizouse un deseño experimental de parcelas divididas con catro repeticións, no que a “parcela principal” representa o ciclo de cultivo (FAO 200, 300 e 400) e a “subparcela” representa a variedade que se vai ensaiar. As subparcelas elementais tiñan unha superficie de 16,8 m² con catro filas de 7 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 das dúas fileiras centrais por parcela. Separáronse ao chou dez plantas das cultivadas en cada parcela. De cada unha destas plantas separouse a mazaroca (grans + raquis) e a follaxe (talos + follas + espátas 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 60 °C durante 24 horas (De la Roza *et al.*, 2002) para determinar o peso seco das mazarocas e o da follaxe.

De cada parcela reconstituíuse unha mostra de cada cultivar, composta pola mestura proporcional de mazaroca e follaxe segundo os datos anteriores.

Cada unha destas mostras moeuse nun muíño de laboratorio e pasouse por unha peneira de malla de 0,75 mm, realizándose análises químicas no Laboratorio de Nutrición Animal do Serida. ►►

PIONEER®
360



PIONEER®

MADE TO GROW™

Asegúrate lo mejor para tu ganado

RAPID REACT®
AEROBIC STABILITY

11 C33

**Máxima
estabilidad,
con la posibilidad
de abrir el silo
en solo 7 días,
para una mayor
conservación de
los nutrientes
del silo**



11 CFT

**Aumento de la
digestibilidad de la
fibra asociado a la
garantía de
estabilidad del silo**



Para más información
consulta nuestra web.



CORTEVA™
agriscience

Visítenos en: corteva.es | [@cortevaES](https://twitter.com/cortevaES)

*, ** Son marcas comerciales o de servicio de Corteva Agriscience y de sus compañías filiales. ©2023 Corteva.

Determináronse e utilizaron en DSSAT as seguintes variables: data de floración masculina (ADAT en días tras a sementeira), data de madurez fisiolóxica do millo, nos nosos ensaios, a data de recolección do millo forraxeiro (MDAT en días tras a sementeira), produción de materia seca da planta enteira (CWAD en kg MS ha⁻¹) e produción de nitróxeno da planta enteira (CNAD en kg N ha⁻¹).

Debido a que o modelo CERES-Maize non permite na actualidade o cálculo de unidades forraxeiras leite (UFL) e a produción de unidades forraxeiras leite por hectárea (UFL ha⁻¹), para poder usar esas variables en DSSAT está a modificarse o código do modelo CSM-CERES-Maize. Este modelo específico para o millo forraxeiro aínda non está dispoñible en DSSAT.

En cada lugar experimental tomáronse mostras de chan para determinar as principais características físicas e químicas do chan e as condicións iniciais deste para as entradas do modelo (táboa 1). En todos os campos experimentais, o contido inicial de auga do chan supúxose igual á capacidade de campo.

O carbono orgánico do solo (SOC), que é unha variable de entrada de DSSAT, calculouse a partir da materia orgánica do chan (OM) utilizando a seguinte ecuación (Péridé e Quimet, 2008): SOC solo (%) = 0,4724 × OM solo (%).

Enfoque para a adaptación (calibración) do modelo

Creáronse os arquivos necesarios para executar o modelo CSM-CERES-Maize en DSSAT v4.8: arquivo X, arquivo A, arquivo T, arquivo de chans, arquivos meteorolóxicos e arquivo de coeficientes de cultivares (Jones *et al.*, 2003; Hoogenboom *et al.*, 2012).

Os valores das variables de crecemento do cultivo observadas nos experimentos introducíronse nos arquivos A e T. Posteriormente, para a calibración do modelo, os valores simulados do modelo comparáronse coas medicións observadas.

No ficheiro X introduciuse información sobre as condicións do campo, os tratamentos experimentais e as opcións de simulación. As opcións de auga e nitróxeno activáronse (Water = Yes e Nitrogen = Yes) na sección de control da simulación asumindo condicións limitantes para o crecemento e desenvolvemento do cultivo.

Actualmente, CSM-CERES-Maize simula sete estadios fenolóxicos: xerminación, emerxencia, fin da fase xuvenil,

iniciación floral (floración masculina), 75 % das plantas con sedas (estigmas) visibles (floración feminina), inicio do enchido do gran e madurez fisiolóxica, cunha humidade do gran entre o 30-35 %. Estas etapas non dan suficientes detalles para a produción de millo forraxeiro destinado a ensilar, xa que a colleita se determina no campo con base na posición da liña de leite no gran. Esta variable (non simulada polo modelo CSM-CERES-Maize) úsase comunmente como indicador da humidade óptima de colleita do millo forraxeiro para ensilado (Wiersma *et al.*, 1993; Havilah *et al.*, 1995). Para superar a limitación do modelo, asumíuse que a liña de leite do gran no momento da recolección do millo forraxeiro estaba á metade do camiño desde a coroa do gran ata a punta, 13 días antes da madurez fisiolóxica, como indican Wiersma *et al.* (1993) e Braga *et al.* (2008).

CSM-CERES-Maize require seis parámetros, coñecidos como “coeficientes xenéticos”, para caracterizar diferentes cultivares. Cada coeficiente xenético ten unha influencia directa sobre unha variable específica do modelo de cultivo (táboa 2). Catro deles (P1, P2, P5 e PHINT) controlan o momento dos estadios fenolóxicos, e os dous restantes (G2 e G3) caracterizan o número de grans e a taxa de crecemento individual dos grans que determinan o rendemento potencial de gran en condicións óptimas. Estes coeficientes xenéticos obtivéronse mediante a minimización por ensaio e erro da raíz do erro cuadrático medio para cada unha das variables e o aumento do índice de axuste de Willmott (Willmott, 1981).

Este proceso utilizouse na secuencia suxerida por Hunt e Boote (1998), é dicir, primeiro P1 e P5: P1 calibrouse ata o punto en que as datas de antese (floración masculina) observada e simulada coincidían; P5 considerouse calibrado cando a data de madurez fisiolóxica simulada era 13 días posterior á data de recolección do millo forraxeiro (Wiersma *et al.*, 1993).

En ausencia de datos de peso seco dos grans, o G3 calibrouse para alcanzar uns valores simulados próximos aos 0,35 g MS gran⁻¹ indicados por Lizaso *et al.* (2018) para un cultivar de millo FAO 300 nun ensaio en Asturias. Os valores resultantes de G2 fixéronse próximos a 700 grans por planta (considerando unha mazaroca por planta), que é similar ao indicado para o norte de España nun ensaio de millo cun cultivar FAO 300 (López-Cedrón, 2006; Lizaso *et al.*, 2017). ▶





INDUSAGRI

Selección Natural



Polígono Industrial Matela I
Parcela 17, 27150 Otero De Rey, Lugo.
TLF: 982 209 681 | FAX: 982 207 204

www.indusagri.es
indusagri@indusagri.es

Simulación da variación interanual da produción de millo forraxeiro

Co fin de observar a variación interanual na data de antese, produción de materia seca da planta enteira e produción de nitróxeno da planta enteira, executouse o modelo con 23 anos de datos meteorolóxicos históricos (2000-2022) que simularon a produción e a fenoloxía dos tres cultivares en cada unha das tres localidades de estudo.

Os coeficientes xenéticos de cultivares utilizados na simulación foron os obtidos nos experimentos de campo descritos anteriormente. Cada cultivar representa unha lonxitude de ciclo diferente (días entre a sementeira e a madurez fisiolóxica): FAO 200, FAO 300 e FAO 400. Construíuse un arquivo DSSAT coa aplicación de análise estacional e un total de nove combi-

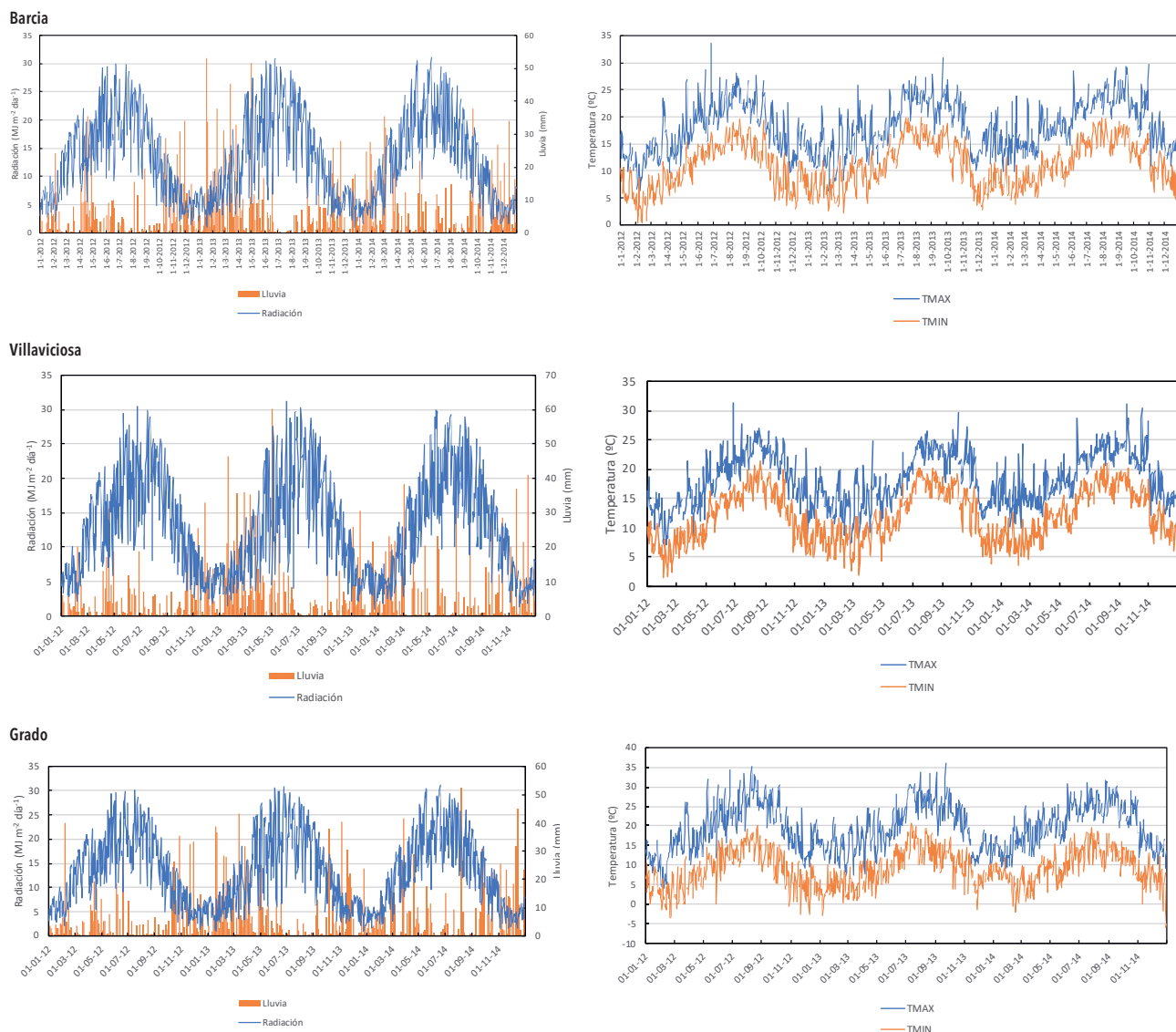
nacións de localidades e cultivares (3 localidades x 3 cultivares).

Para realizar esta simulación utilizouse a ferramenta de análise estacional de DSSAT.

Na simulación utilizáronse como datos de sementeira e de recolección as indicadas por Carballal *et al.* (2022). As opcións de auga e nitróxeno activáronse (Water = Yes e Nitrogen = Yes) na sección de control da simulación, supondo condicións limitantes para o crecemento e desenvolvemento dos cultivos.

A modo de exemplo representáronse graficamente as medias simuladas cos 23 anos de datos meteorolóxicos para a variable produción de materia seca por ha para cada un dos tres cultivares nas tres localidades de estudo (figura 3). ►►

Figura 1. Datos meteorolóxicos observados diarios durante os anos de avaliación (2012-2014) nas fincas experimentais de Barcia, Villaviciosa e Grado (Asturias)



EL ABONADO RENTABLE Y EFICAZ DE CULTIVOS FORRAJEROS

ENTE[®]

MAYOR EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO

Fertilizantes estabilizados que reducen la nitrificación y aseguran el suministro de N

AHORRO OPERACIONAL Y APLICACIONES FLEXIBLES

Menor número de aplicaciones y menor dependencia del clima

COMPATIBLE CON LA PROTECCIÓN DEL CLIMA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Reducción de las pérdidas de nitratos por lavado y de las emisiones de gases de efecto invernadero

EXCELENTE ALMACENAMIENTO Y APLICACIÓN PRECISA

Granulometría homogénea y con ausencia de polvo para garantizar una distribución uniforme de los nutrientes



EuroChem Agro Iberia, S.L.
www.eurochemiberia.com



EUROCHEM

Táboa 1. Características do perfil do solo nas fincas experimentais de Barcia, Villaviciosa e Grado (Asturias)

Profundidade	Arxila	Limo	SOC†	pH	LL	DUL	SAT	BD	SRGF
cm	%	%	%		v/v	v/v	v/v	g cm ⁻³	
Barcia									
20	15,4	52,1	3,0	5,4	0,108	0,266	0,460	1,43	1
40	18,5	47	1,9	5,2	0,119	0,268	0,469	1,41	1
60	21,5	41,9	0,8	5,1	0,130	0,272	0,475	1,39	1
Villaviciosa									
20	27,7	52,1	2,3	6,1	0,155	0,320	0,501	1,32	1
40	30	47	2,2	6	0,167	0,326	0,504	1,32	1
60	29	45	2	5,9	0,162	0,317	0,500	1,33	1
Grado									
20	11,3	37,8	1,51	6,2	0,096	0,225	0,429	1,51	1
40	15,5	33,7	1,16	6,2	0,110	0,233	0,447	1,47	1
60	19,7	29,6	0,85	6,2	0,126	0,244	0,460	1,43	1

†SOC, Carbono orgánico do chan; LL, punto de murchado permanente; DUL, capacidade de campo; SAT, humidade de saturación; BD, densidade aparente; SRGF, factor de distribución relativa da lonxitude das raíces do chan (0-1)

Táboa 2. Parámetros que caracterizan a cada cultivar de millo

Parámetro	Definición	Unidade	Variables directamente influidas polo parámetro
P1	Tempo térmico, desde a emerxencia ao final da fase xuvenil	° C d	Data de antese
P2	Días de atraso no desenvolvemento por cada hora de aumento no fotoperíodo	Días	Data de antese
P5	Tempo térmico, desde a floración feminina ata a madurez fisiolóxica	° C d	Data de madurez fisiolóxica
G2	Número máximo de grans por planta	N.º de grans	Número de grans por planta
G3	Taxa de enchido do gran en condicións óptimas	mg d ⁻¹	Peso seco por gran
PHINT	Tempo térmico entre a aparición de follas sucesivas	° C d	Número final de follas

Táboa 3. Coeficientes xenéticos estimados en tres cultivares obtidos cos datos experimentais de 3 anos e 3 localidades en Asturias

Cultivares	P1 (° C d)	P2 (días)	P5 (° C d)	G2 (N.º de grans)	G3 (mg d ⁻¹)	PHINT (° C d)
FAO 200	135	0,3	720	650	7	40
FAO 300	215	0,3	640	650	9	40
FAO 400	230	0,3	660	650	8	40

RESULTADOS E DISCUSIÓN

Adaptación do modelo (calibración)

A duración da fenoloxía do millo exprésase en tempo térmico (° C d). Para que a planta pase dun estado a outro ten que acumular certa cantidade de tempo térmico. A temperatura base por baixo da cal se detén o desenvolvemento fenolóxico considérase en DSSAT para o millo 8 °C.

Na táboa 3, pódese observar que os valores de P1 e P5 obtidos foron directamente proporcionais á lonxi-

tude do ciclo de cultivares de maneira similar ao obtido por Braga *et al.* (2008).

P2 é o coeficiente xenético de sensibilidade ao fotoperíodo e foi o mesmo para todos os cultivares suxerindo que non hai sensibilidade diferenciada ao fotoperíodo (Ritchie *et al.*, 1986).

PHINT é importante para axustar o ritmo de aparición de follas e tamén afecta á duración do crecemento vexetativo en millo, non mostrando variación entre cultivares.

▶ OS PARÁMETROS ESPECÍFICOS DE CULTIVARES DETERMINAN O CICLO VITAL E O DESENVOLVEMENTO REPRODUTIVO DESTES

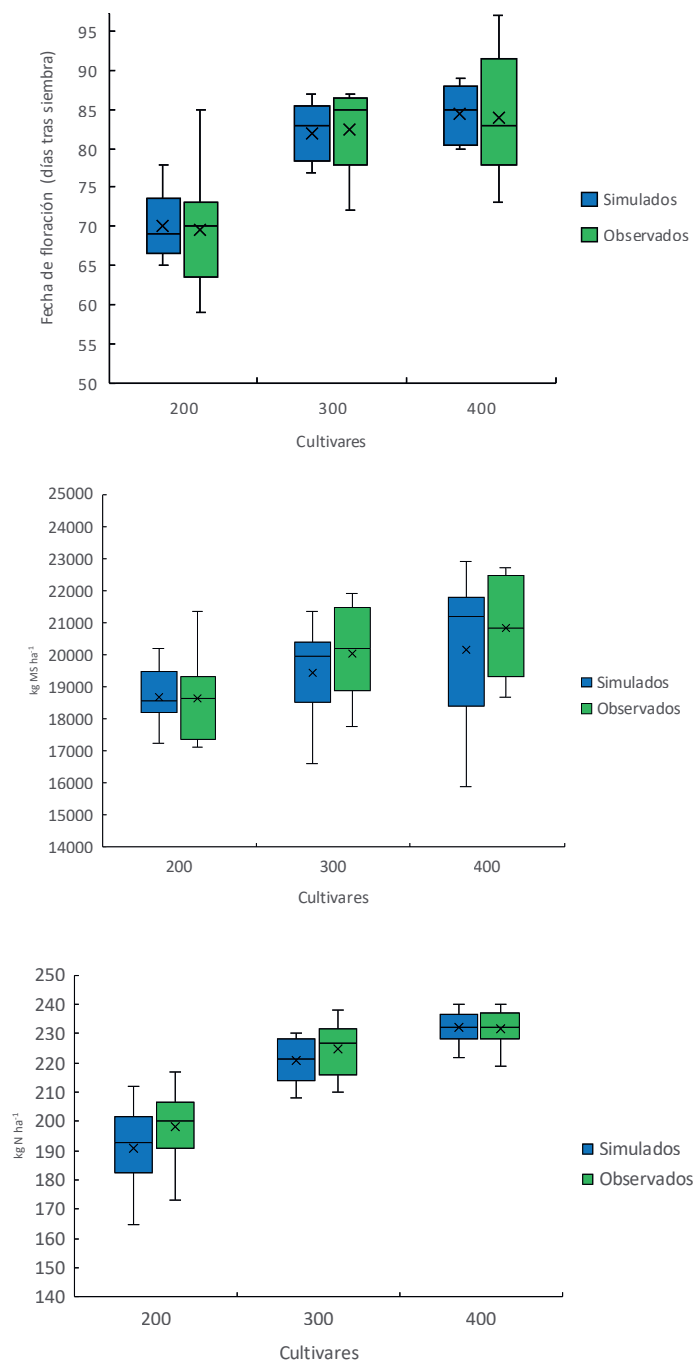
G2 e G3 son características fisiolóxicas de cada cultivar e estimáronse indirectamente (os valores de número de grans por planta e o peso seco dos grans non se anotaron en campo).

Avaliación do modelo adaptado

Na figura 2 preséntanse os diagramas de caixas e bigotes dos valores observados e simulados medios das variables: data de floración masculina, produción de materia seca da parte aérea da planta enteira e produción de nitróxeno da parte aérea da planta enteira. Os valores simulados das producións obtivéronse indicando no modelo, a data de recolección do millo forraxeiro en cada ensaio.

► O MOMENTO IDEAL PARA ENSILAR CONSIDÉRASE CANDO O ESTADO MEDIO DO GRAN DAS MAZAROCAS DAS 4 REPETICIÓNS PARA CADA VARIEDADE ALCANZA O ESTADO DE GRAN PASTOSO-VÍTREO

Figura 2. Diagrama de caixas e bigotes dos valores medios da data de floración masculina, produción de materia seca da parte aérea da planta enteira e produción de nitróxeno da parte aérea da planta enteira para tres cultivares de millo forraxeiro en tres localidades: Barcia, Villaviciosa e Grao, e tres anos: 2012, 2013 e 2014. Simulación con limitación de auga e nitróxeno



Os resultados mostran que os valores simulados polo modelo se axustan ben aos valores observados para cada un de cultivares, debido a que a liña mediana das caixas dos valores observados non se sae da caixa de valores simulados, co cal non hai diferenza entre os valores observados e simulados para os tres cultivares.

As liñas medianas e os valores medios (representados por unha "x" nas figuras) van aumentando a medida que aumenta o ciclo dos cultivares.

As caixas máis longas indican que hai maior dispersión dos valores como ocorre por exemplo cos valores observados respecto dos valores simulados, no caso da data de floración.

No caso da data de floración, os valores observados no cultivar 200 amosan unha maior dispersión (entre 59 e 85 días tras a sementeira) que no caso do cultivar 300, que mostra unha data de floración menos dispersa (entre 72 e 86 días tras a sementeira).

Simulación da variación climática interanual

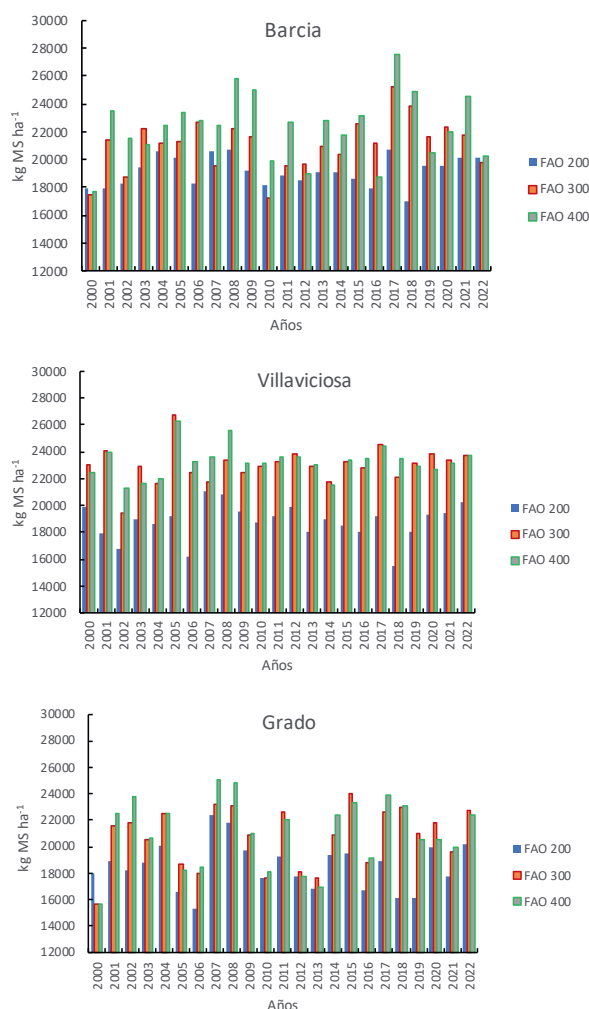
Co fin de observar a variación interanual na data de antese, produción de materia seca da planta enteira e produción de nitróxeno da planta enteira executouse o modelo con 23 anos de datos meteorolóxicos históricos (2000-2022) que simularon a produción e a fenoloxía dos tres cultivares en cada unha das tres localidades de estudo.

Preséntanse na figura 3 os resultados obtidos mediante simulación nas tres localidades para os tres cultivares estudados para a variable produción de materia seca da planta enteira. Na simulación utilizáronse como datas de sementeira e de recolección as indicadas por Carballal *et al.* (2022).

Observeuse que o cultivar de ciclo máis longo (FAO 400) é o que presentou en xeral os valores máis altos para esa variable nos 23 anos de datos históricos meteorolóxicos nas tres localidades. En Villaviciosa e Grao obsérvanse algúns anos en que a produción do cultivar FAO 300 foi similar ou un pouco superior á do cultivar FAO 400.

Villaviciosa foi a localidade que presentou valores máis altos de produción de materia seca (FAO 200 = 18.790 kg MS ha⁻¹, SD = 1.343,5; FAO 300 = 23012 kg MS ha⁻¹, SD = 1.333,8; FAO 400 = 23.279 kg MS ha⁻¹, SD = 1.150,1) considerando a media dos 23 anos de datos meteorolóxicos. ►►

Figura 3. Comparación da produción de materia seca da planta enteira (kg MS ha⁻¹) simulada mediante 23 anos de datos meteorolóxicos en Barcia, Villaviciosa e Grado para os tres cultivares estudados (FAO 200, FAO 300 e FAO 400)



Nas tres localidades, as producións máis altas alcanzáronse durante o ciclo de cultivo (período entre sementeira e recolección) cunhas temperaturas medias de máximas diarias entre 21,6-23,1 °C, unhas temperaturas medias de mínimas diarias entre 13,1-15 °C, unha radiación solar media diaria entre 18,1-19,4 MJ m⁻² día⁻¹ e unha precipitación total no ciclo de cultivo entre 305-313 mm.

O código do modelo CSM-CERES-Maize modificárase para simular e obter a produción de millo forraxeiro (kg peso fresco ha⁻¹), concentración de materia seca na parte vexetativa (%), concentración de materia seca na biomasa total (%), peso fresco da mazorca (kg ha⁻¹), concentración de materia seca da mazorca (%), produción de biomasa total (kg MS ha⁻¹), produción de materia seca da mazorca (kg MS ha⁻¹), índice de colleita da mazorca (produción de materia seca da maza-

roca /produción total de biomasa), proteína bruta da biomasa total (% MS), produción de proteína bruta (kg ha⁻¹) e a enerxía neta da biomasa total (unidades forraxeiras leite-UFL kg MS⁻¹ ou Mcal kg MS⁻¹ e produción de unidades forraxeiras leite-UFL ha⁻¹ ou Mcal ha⁻¹) do millo en resposta ao clima, o chan e ao cultivar.

Tendo en conta un probable aumento da temperatura e diminución das precipitacións nos próximos anos no norte de España, poderíase ver como influirían estes posibles cambios na simulación da produción e calidade de biomasa de millo forraxeiro co modelo CSM-CERES-Maize usando a aplicación estacional de DSSAT. A utilización da información obtida por este modelo por parte dos usuarios/agricultores realizárase a través do Servizo Rexional de Investigación Agroalimentaria en colaboración coa Área de Producción Vexetal da Universidade de Oviedo.

CONCLUSIÓN

A adaptación do modelo CSM-CERES-Maize para simular as producións do millo forraxeiro realizouse mediante a calibración dos parámetros xenéticos de tres cultivares (FAO 200, 300 e 400) do modelo CSM-CERES-Maize con datos de avaliación destes en tres localidades de Asturias nos anos 2012, 2013 e 2014.

Esta calibración permitiu en conxunción con datos históricos meteorolóxicos (23 anos) das localidades de estudo poder simular os valores de producións dos tres cultivares estudados nos devanditos anos.

Non existe na actualidade un modelo específico para o millo forraxeiro no paquete DSSAT de modelos de cultivos. Espérase poder incorporar proximamente un modelo para o millo forraxeiro en DSSAT mediante a utilización de datos de avaliación agronómica de cultivares de millo forraxeiro en Asturias, Galicia e Estados Unidos.

AGRADECIMENTOS

Agradécese a concesión dunha bolsa para unha estancia de investigación na Universidade de Florida (Gainesville, Estados Unidos) polo "OECD Co-operative Research Programme" en 2022. ■

GRUPO AGROAMB

SENTIDO DA RECICLAXE

VANTAXES

- ✓ Melloran a estrutura do solo, drenaxe, retención de auga e aireación, proporcionando un mellor ambiente de enraizamento das plantas.
- ✓ Posúen calidades de liberación de nutrientes lenta. O material continúa a súa descomposición dentro do solo, reducindo a cantidade de nitróxeno e fosfato que pode orixinarse cos fertilizantes químicos.
- ✓ Melloran a capacidade de traballo dos chans, especialmente arxilosos pesados.
- ✓ Melloran a retención de auga nos solos lixeiros.
- ✓ Melloran a resistencia á compactación do solo e á erosión.
- ✓ Reducen a necesidade de fertilizantes artificiais.
- ✓ Regulan o pH do solo, ao achegar cal.

PRODUTOS FERTILIZANTES

O seu contido en materia orgánica, nitróxeno e fósforo fanos especialmente atractivos para a elaboración de fertilizante no sector agroforestal. Entre as súas variadas vantaxes hai que destacar que melloran a estrutura do solo, o seu grao de porosidade e a capacidade de retención de auga debido fundamentalmente á achega de materia orgánica. Ademais, proporciónalle ao solo nitróxeno, fósforo e potasio de liberación lenta, e, ao achegar cal, permite regular o pH do solo. AGROAMB ten inscritos os diferentes produtos fertilizantes que elabora no Rexistro de Produtos Fertilizantes do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.

FERTILIZANTES AUTORIZADOS

CÓDIGO	TIPO	NOME COMERCIAL
F0001757/2022	Fertilizante orgánico NPK de orixe animal e vexetal	AGROTHAME ORGANITE START
F0001894/2022	Emenda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST
F0001895/2022	Emenda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST START
F0001896/2022	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO START
F0001897/2022	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO
F0001919/2023	Fertilizante órgano-mineral nitroxenado líquido	AGROTHAME ORGANITE N-LIQ
F0001925/2023	Fertilizante órgano-mineral NK líquido	AGROTHAME ORGANITE PURINE
F0001926/2023	Fertilizante órgano-mineral NP líquido	AGROTHAME ORGANITE LIQUID
F0001980/2023	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO ZEN
F0002420/2025	Fertilizante órgano-mineral NPK	AGROTHAME ORGANITE AGRO
F0002421/2025	Fertilizante órgano-mineral NPK	AGROTHAME ORGANITE SULFAGRO
F0002422/2025	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMOST



AGROAMB

Ponte de Outeiro, 10 | 27256 Castro de Rei (Lugo)

Teléfono (+34) 982 231 365 | Fax (+34) 982 240 534

E-mail agroamb@agroamb.com | Web www.agroamb.com