



Adaptación do modelo CROPGRO-Perennial-Forage para simular a produción dos raigrases

Neste artigo presentamos os resultados da adaptación do modelo CROPGRO-PFM para simular o crecemento e o desenvolvemento de catro cultivares representativos de raigrases en tres localidades galegas con diferentes condicións ambientais, determinando as limitacións de produción asociadas tanto ás limitacións de auga como de nitróxeno.

J.A. Oliveira¹, K.J. Boote², J.E. López³, N. Díaz³, J. Piñeiro³, G. Flores³

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.)

³Departamento de Pastos e Cultivos, Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (Galicia)

INTRODUCCIÓN

En agricultura utilízanse tres tipos de raigrases: o raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam., anual ou alternativo e bianual ou non alternativo), o raigrás inglés (*Lolium perenne* L., de longa duración, 4 a 5

anos) e o raigrás híbrido (*Lolium boucheanum* K., de duración intermedia entre o raigrás inglés e o raigrás italiano, 3 a 4 anos).

O raigrás italiano é a gramínea pratense con maior presenza nas explotacións leiteiras do norte de España,

tanto en monocultivo como en mesturas con outras especies. Flores-Calvete *et al.* (2017) indican que a frecuencia de explotacións leiteiras que cultivan raigrás italiano e inglés ascende, respectivamente, ao 54,4 % e ao 48 % para o conxunto da zona norte, mentres que esta proporción en Galicia se incrementa ata o 62,1 % e o 55,7 %, respectivamente.

Segundo Flores *et al.* (2013), o cultivo no inverno dos raigrases italianos e híbridos é moi produtivo e cun alto valor enerxético, aínda que os niveis de proteína bruta poden ser baixos nos cortes tardíos. As variedades alternativas prefírense para os cortes temperáns na primavera, mentres que as variedades non alternativas e híbridas son a mellor opción para os cortes realizados ao principio do espigado. Requírese máis información sobre o comportamento agronómico e o valor nutritivo das diferentes variedades para deseñar as mellores estratexias de manexo deste cultivo.

O raigrás inglés é unha das principais especies utilizadas para a sementeira e a rexeneración de pradeiras no norte de España (Piñeiro e Pérez, 1992). Presenta unha boa adaptación ao pastoreo, un rápido establecemento, un alto valor nutritivo e unha boa persistencia (Oliveira e González, 2000). As gramíneas e leguminosas perennes poden ser de interese no marco da Política Agrícola Común da Unión Europea e dentro da Axenda 2030 e os Obxectivos de Desenvolvemento Sustentable adoptados polas Nacións Unidas (FAO, 2015) para a súa utilización en sistemas forraxeiros máis sustentables.



Os modelos de simulación de cultivos poden axudar a decidir o mellor manexo agronómico para un determinado xenotipo nun determinado ambiente. Esta interacción xenotipo x ambiente x manexo é a base para a experimentación en programas de modelización de cultivos (McCauley, 2020).

O modelo CROPGRO-Perennial-Forage (CROPGRO-PFM) é unha versión modificada do modelo CROPGRO (Boote *et al.*, 1998; Jones *et al.*, 2003) incluído no paquete informático do Sistema de Apoio ás Decisións para a Transferencia de Agrotecnoloxía (DSSAT) (Hoogenboom *et al.*, 2019), que foi adaptada para simular as respostas agronómicas de varias especies de pastos perennes como *Paspalum notatum* Flüegge, bahiagrass (Rymph *et al.*, 2004), *Brachiaria brizantha* Stapf, palisadegrass (Pedreira *et al.*, 2011; Pequeno *et al.*, 2014), *Panicum maximum* Jacq., guineagrass (Lara *et al.*, 2012), e *Medicago sativa* L. (Malik *et al.*, 2018).

A produción potencial defínese como a produción máxima dun xenotipo (cultivar) que depende unicamente das condicións climáticas específicas de cada zona (radiación solar e tempera-

tura), xunto coa frecuencia dos cortes e o xenotipo, considerando que os insu- mos (nutrientes, auga etc.) non son li- mitantes. Os modelos de crecemento de cultivos DSSAT utilízanse para estimar a produción potencial e para avaliar os efectos do cambio climático nas devan- ditas producións.

Varios parámetros específicos do cul- tivar (CSPs) determinan o ciclo vital e o crecemento reprodutivo de variedades de cultivos específicos considerando os cambios nos estadios de desenvolvemento (influencia da vernalización e a sensibilidade ao fotoperíodo) e os atributos vexetativos e reprodutivos (Boote *et al.*, 2001). Ademais, o DSSAT inclúe módulos específicos para simular a di- námica do chan, a auga e os procesos do nitróxeno e o carbono, incluída a variación do contido de materia orgá- nica do chan segundo as condicións ambientais e o manexo agronómico (Jones *et al.*, 2003). A inclusión do mó- dulo CENTURY de carbono orgánico do chan no DSSAT por Gijsman *et al.* (2002) foi particularmente importante para o seu uso con especies peren- nes, porque o CENTURY, ligado ao CROPGRO-PFM, permite a reciclaxe ▶▶

▶ OS MODELOS DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS PODEN AXUDAR A DECIDIR O MELLOR MANEXO AGRONÓMICO PARA UN DETERMINADO XENOTIPO NUN DETERMINADO AMBIENTE

TRITALP SI DECANTAS... NO ATASCAS !!!

EL PRIMER TRITURADOR INVERTIDO DEL MERCADO

SEPARACIÓN POR DISCO EXCÉNTRICO NON-STOP

PATENTADO PATENTADO PATENTADO

DECANTACIÓN HIDROCICLÓNICA

SOLIDOS

DESCARGA AUTOMÁTICA

Fariña maquinaria (A Coruña) Maxideza (Pontevedra) Talleres Churrillo (Lugo) M.A. Guerra (Orense) Garvín (Toledo) Margareto (Salamanca) Ovlac (Palencia) Peral (Zamora) Agroferba (León) Talleres Jose Luis (Cantabria) Seikin (País Vasco) Navarra (Remón) Teruel (M.A.Plumed) Huesca (Oscagri)

MAQUINARIA AGRÍCOLA PLUMED P.I EL TOLLO 715 MONREAL DEL CAMPO (TERUEL) 978 86 30 60 INFO@PLUMED.ES

dos tecidos senescentes (envellecidos) de talos e raíces durante o crecemento da forraxe. O módulo CENTURY distingue tres tipos de carbono orgánico do chan (SOC): 1) SOC1 facilmente descompoñible; 2) SOC2 recalcitrante (resistente á descomposición), que contén lignina e paredes celulares, e 3) SOC3 estable.

Aínda que o raigrás anual responde ao fertilizante nitrogenado segundo Piñeiro e Pérez (1978), Oliveira *et al.* (2013) e Flores *et al.* (2013), esta resposta pode estar limitada polo fósforo (P), como se demostrou noutros pastos (Malhi *et al.*, 2004; Schils e Snijders, 2004). Isto é particularmente certo nos chans con baixo contido de P, como os que se dan en gran parte do norte de España (Tóth *et al.*, 2013). O CROPGRO-PFM non inclúe un submodelo de P para o compoñente vexetal e, por tanto, o efecto deste nutriente non se considera nas simulacións (suponse que o P non é limitante). Estase a traballar na creación dun submodelo P para o compoñente vexetal no CROPGRO-PFM dentro do DSSAT.

A pesar da importancia dos raigrases para a alimentación do gando en todo o mundo, non se inclúe no DSSAT un modelo de simulación do seu crecemento e desenvolvemento. Os obxectivos do presente traballo son: 1) adaptar

o modelo CROPGRO-PFM para simular o crecemento e o desenvolvemento dos raigrases, 2) determinar as limitacións á produción asociadas á insuficiencia de auga, 3) determinar as limitacións á produción asociadas ás limitacións de nitróxeno e 4) determinar as limitacións á produción asociadas tanto ás limitacións de auga como de nitróxeno.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sítios experimentais e conxunto mínimo de datos

Entre 1978 e 2014 no Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (actualmente dependente da Axencia Galega de Calidade Alimentaria-Agacal, Consellería do Medio Rural da Xunta de Galicia), dentro das actividades do Departamento de Pastos e Cultivos, levouse a cabo a avaliación de variedades comerciais de especies forraxeiras co fin de coñecer o seu valor agronómico (Díaz *et al.*, 2015). Para o presente traballo utilizáronse as observacións dos devanditos estudos relativas á produción de forraxe e o manexo dos ensaios (datas de sementeira e cortes, datas e doses de fertilización e labores) procedentes de dous cultivares de raigrás italiano, un alternativo (“Pomba” 2x, da Xunta de Galicia) e outro non alternativo

▶ OS MODELOS DE CRECemento DE CULTIVOS DSSAT UTILÍZANSE PARA ESTIMAR A PRODUCCIÓN POTENCIAL E DETERMINAR AS BRECHAS DE PRODUCCIÓN E PARA AVALIAR OS EFECTOS DO CAMBIO CLIMÁTICO NAS DEVANDITAS PRODUCCIÓN

(“Caballo” 4x, de DLF Seeds), un cultivar de raigrás híbrido (“Barsilo” 2x, de Barenbrug) e un cultivar de raigrás inglés (“Ciami” 2x, da Xunta de Galicia), que se sementaron en tres fincas experimentais: Mabegondo (43° 14’ 5” N, 8° 15’ 45” O, altitude = 100 m) e Marco da Curra (43° 20’ 30” N, 7° 53’ 30” O, 650 m de altitude), ambas as dúas na provincia da Coruña, e A Pobra do Brollón (42° 35’ 40” N, 7° 24’ 31” O, altitude = 400 m), na provincia de Lugo.

Os cultivares sementáronse como monocultivos o 30 de setembro de 2006 nas fincas de Marco da Curra e A Pobra do Brollón e o 3 de outubro de 2007 na finca de Mabegondo.

O chan de Mabegondo, situado na costa, desenvólvese sobre xistos e ca-



“Las mezclas que combinan semillas pratenses, leguminosas y cereales forrajeros en función de las necesidades del agricultor”

SIEGA Max

LA COMBINACIÓN PERFECTA DE LA ELECCIÓN DE LOS MEJORES RAIGRÁS A NIVEL MUNDIAL

HIBRID Max

LA CALIDAD Y LA PRODUCCIÓN ESTÁN ASEGURADAS

SIEGA Max-pro

LA COMBINACIÓN IDEAL DE RAIGRÁS CON TRÉBOLES ANUALES DE ACTITUD FORRAGERA

SIEGA Max-pro alternativa

LA CALIDAD HECHA FÓRMULA

TREBOL Max

LA MEZCLA DE TRÉBOL POR EXCELENCIA

TRITI Max

LA MÁXIMA PRODUCCIÓN SIN DESCUIDAR LA CALIDAD NUTRITIVA

PASTO Max

LA PRADERA DE LARGA DURACIÓN PARA SIEGA Y PASTOREO

▶ A PESAR DA IMPORTANCIA DOS RAIGRASES PARA A ALIMENTACIÓN DO GANDO EN TODO O MUNDO, NON SE INCLÚE NO DSSAT UN MODELO DE SIMULACIÓN DO SEU CRECEMENTO E DESENVOLVEMENTO

racterízase por ser un chan franco (orde Inceptisol, suborde Udepts, gran grupo Humudepts). O chan de Marco da Curra, situado nunha zona pendente, desenvólvese sobre lousas, é de profundidade intermedia e ten unha textura franca (orde Entisol, suborde Orthent, gran grupo Udorthent). O chan da Pobra do Brollón, situado nunha zona interior, desenvólvese sobre xistos e ten unha textura franca (orde Inceptisol, suborde Udepts, gran grupo Humudepts) (USDA-Soil Taxonomy, 1999).

Na táboa 1 resúmense os datos meteorolóxicos obtidos das estacións meteorolóxicas das tres fincas.

Cada cultivar sementouse en pequenas parcelas de 5 m x 1,3 m (6,5 m²) a razón de 2,5 g de sementes m⁻² para os

cultivares diploides e 3,75 g de sementes m⁻² para os cultivares tetraploides, nun deseño de bloques aleatorios con catro repeticións en cada lugar. As parcelas non foron regadas (condicións de secaño) (CIAM, 1991).

Aplicouse fertilizante (40 kg ha⁻¹ N e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O) en cada lugar antes da sementeira e aplicáronse 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ K₂O á saída do inverno posterior ao primeiro ano de crecemento e 40 kg ha⁻¹ N despois de cada sega (ao redor de 200-240 kg N ha⁻¹ por ano en Mabegondo e 120-160 kg N ha⁻¹ por ano en Marco da Curra e A Pobra do Brollón). As parcelas colleitáronse cortando cunha motosegadora cun peite de 0,9 m de ancho. A produción determinouse sobre unha superficie de 4,1 m x 0,9 m (3,69 m²) centrada nos eixes de cada parcela, co fin de evitar os efectos de bordo que lle puidesen afectar á produción. As producións de forraxe cortáronse a unha altura aproximada de 5 cm en cada lugar (7, 6 e 6 cortes por ano para o raigrás anual en Mabegondo, Marco da Curra e A Pobra do Brollón, respectivamente, e 12, 10 e 9 cortes no conxunto dos dous anos para o raigrás italiano bianual, híbrido e perenne en Mabegondo, Marco da Curra e A Pobra do Brollón, respectivamente, en datas

máis ou menos fixas tras o primeiro corte na fase de crecemento vexetativo en marzo) durante un período de dous anos (2007 e 2008 en Marco da Curra e A Pobra do Brollón e 2008 e 2009 en Mabegondo). Considerouse unha biomasa media de restrollo de 1.000 kg MS ha⁻¹ a unha altura de 5 cm. As mostras consistiron nas plantas enteiras, é dicir, follas e vañas incluíndo talos e inflorescencias no corte da primavera tardía ou follas e vañas nos outros cortes. O peso seco total do material determinouse despois de secalo nun forno de aire forzado (Unitherm) a 80 °C durante 16 h. En cada lugar experimental tomáronse mostras de solo, para determinar as súas principais características físicas e as súas condicións iniciais para as entradas do modelo (táboa 2). En todos os experimentos supúxose que o contido inicial de auga do chan era igual á capacidade de campo. O factor de crecemento das raíces do chan (SRGF) é o factor de distribución relativa da lonxitude das raíces (0-1) nos horizontes do chan. Este factor calculouse co programa SBUILD incluído no DSSAT a partir das características medidas no terreo (profundidade dos horizontes, arxila, limo e carbono orgánico). ▶▶

SEMILLAS GRAOS

Cultivos alternativos GRAOS, semilla certificada de CEREALES y LEGUMINOSAS

CEREALES; TRITICALE, AVENA, CEBADA, CENTENO. LEGUMINOSAS (ANUALES-PLURIANUALES); VEZA, TITARRO, GUISANTE, ALFALFA, ESPARCETA...

Consulte a nuestro departamento técnico sobre las diferentes mezclas que se pueden aplicar en función de las necesidades de cada suelo.



Táboa 1. Datos meteorolóxicos medios mensuais observados durante os períodos de avaliación nas fincas experimentais de Mabegondo, Marco da Curra e A Pobra do Brollón

Variable meteorolóxica	Xan.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Xuñ.	Xul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dec.
Mabegondo 2007-2009												
T. máx. (°C)	13,2	15,7	15,6	17,4	18,8	21,9	22,8	24,0	23,9	20,7	15,4	13,6
T. mín. (°C)	5,2	4,3	4,7	5,9	9,2	11,5	12,4	12,5	9,4	8,8	5,8	3,8
Radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	4,1	7,5	11,3	14,9	15,5	19,9	19,3	17,9	15,9	10,0	6,0	4,8
Lluvia (mm)	138,5	110,8	92,6	109,3	106,7	52,3	64,1	50,3	39,9	80,7	172,2	142,4
Marco da Curra 2006-2008												
T. máx. (°C)	8,9	10,4	10,5	14,3	15,5	19,0	20,8	20,0	19,6	16,3	11,6	9,3
T. mín. (°C)	4,1	4,2	4,8	6,0	8,0	10,4	12,1	12,0	11,3	9,6	6,1	4,1
Radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	4,9	7,7	9,2	15,7	16,2	19,7	19,3	18,1	15,1	9,5	6,1	4,7
Choiva (mm)	123,5	181,8	172,0	119,0	97,1	41,7	74,5	60,7	62,7	188,2	188,3	179,0
A Pobra do Brollón 2006-2008												
T. máx. (°C)	10,6	14,1	15,8	20,3	22,4	26,8	29,1	28,6	26,7	21,2	13,8	9,3
T. mín. (°C)	1,2	1,1	3,5	4,8	7,4	10,0	11,2	10,6	9,4	6,7	2,9	0,9
Radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)	4,7	7,9	10,5	16,4	18,7	21,8	21,8	20,2	15,3	9,8	5,3	3,6
Choiva (mm)	62,6	73,2	68,7	66,5	72,2	27,4	20,2	30,3	42,7	82,7	115,9	78,9

Táboa 2. Características do perfil do solo nas fincas experimentais de Mabegondo, Marco da Curra e A Pobra do Brollón

Profundidade	Arxila	Limo	SOC†	SOC3	LL	DUL	SAT	BD	SRGF
cm	%	%	%	%	v/v	v/v	v/v	g cm ⁻³	0-1
Mabegondo									
A 20	20,6	49	1,3	0,80	0,188	0,334	0,467	1,43	1
Bw 40	21	50,1	1,3	0,80	0,188	0,334	0,467	1,43	1
C 55	22	49	1,2	0,75	0,188	0,334	0,467	1,43	1
Marco da Curra									
A 20	10,3	38,8	1,1	0,70	0,243	0,342	0,434	1,4	1
C 40	12,4	45	1,1	0,70	0,243	0,342	0,434	1,4	1
A Pobra do Brollón									
A 20	18,5	32,7	1,4	0,75	0,114	0,334	0,502	1,5	1
Bw 40	19	34	1,4	0,75	0,114	0,334	0,502	1,5	1
C 55	20	35	1,3	0,70	0,114	0,334	0,502	1,5	1

† SOC, carbono orgánico; SOC3, carbono orgánico estable calibrado por CENTURY; LL, punto de murchamento permanente; DUL, capacidade de campo; BD, densidade aparente; SAT, humidade de saturación; SRGF, factor de distribución relativa da lonxitude das raíces no chan

Todas as observacións recollidas (clima, solo e prácticas agrícolas) organizáronse na forma requirida polo DSSAT e os arquivos experimentais creáronse en consecuencia. O conxunto de datos mínimos para a simulación do modelo inclúe características do solo, datos meteorolóxicos diarios (temperaturas mínimas e máximas, precipitacións e radiación solar), prácticas agrícolas e os CSPs (Jones *et al.*, 2003).

Enfoque para a adaptación (calibración) do modelo

O CROPGRO-PFM pódese adaptar modificando os valores dos parámetros (constantes do modelo numérico e as súas relacións) fisiolóxicos, fenolóxicos e bromatolóxicos que describen as características da especie (arquivo SPE), o cultivar (arquivo CUL) e o ecotipo (arquivo ECO) (Jones *et al.*, 2003).

O arquivo SPE ten os parámetros máis representativos do comportamento fisiolóxico da planta nun determinado medio. Contén, ademais, os parámetros de fotosíntese, respiración, composición bromatolóxica de cada unha das partes da planta, carbono e

Alfalfa de secano e regadío

Mesturas Forraxeiras

Gama SPEEDYLMIX, 6 tipos de pradeiras
anuais de sega ou pastoreo

Gama PLURIMIX, 4 tipos de pradeiras
perennes para secanos frescos

Gama REGMIX, 3 tipos de pradeiras
perennes de regadío

Gama SECMIX, 2 tipos de pradeiras
perennes para secano

Alfalfa SAN ISIDRO, elevada produ-
ción, gran perenidade, secano ou regadío

VICTORIA, a Alfalfa mellorada, para
secano ou regadío

Alfalfa TIERRA DE CAMPOS, rústica
e adaptada ao secano



nitróxeno, crecemento da folla, factores de envellecemento da folla, parámetros da raíz, fenoloxía etc.

O arquivo CUL inclúe os parámetros que describen a duración do desenvolvemento (tempo térmico ou fisiolóxico expresado en graos-día, °Cd), a sensibilidade á lonxitude do día, a taxa máxima de fotosíntese na folla, a área foliar específica e os compoñentes do rendemento.

Os parámetros do arquivo ECO mostran como grupos de cultivares poden compartir trazos comúns (por exemplo, a taxa de aparición de follas) en resposta ás condicións ambientais. Neste estudo utilizouse o modelo CROPGRO-PFM con parámetros tomados inicialmente de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Pequeno *et al.*, 2014), pero tamén modificados por Leonardo Moreno en 2013 para o raigrás italiano anual cultivado no Brasil (inédito), sen alterar a estrutura do modelo.

Unha característica exclusiva do devandito modelo é o arquivo de entrada MOW (MOW = produción de materia seca da biomasa viva do restrollo), que se utiliza para definir as datas de colleita, a cantidade de restrollo vivo que queda por baixo da altura de corte, a porcentaxe de follas do restrollo (RS-PLF) e o número de follas do restrollo (MVS) no momento do corte da forraje. O valor MOW, que caracteriza a biomasa non cultivada que permanece no campo, fíxose en 1.000 kg MS ha⁻¹ (produción de materia seca hipotética) porque non se mediu a biomasa real dos restrollos no campo. Os parámetros MVS e RSPLF fíxáronse en 2 % e 20 %, respectivamente. A produción de materia seca total calculouse como a suma do valor de MOW máis a produción de materia seca cultivada.

Parte da calibración requiriu o establecemento do nivel de carbono orgánico

estable do chan (SOC3) para fixar a mineralización do nitróxeno deste co módulo CENTURY. Os correspondentes valores calibrados de SOC3 móstranse para cada chan coa información do perfil que figura na táboa 2.

Seguíuse un procedemento de adaptación sistemática segundo Boote *et al.* (2002) e Pequeno *et al.* (2014) no que os parámetros se estableceron inicialmente sobre a base dos valores da bibliografía e os principios fisiolóxicos coñecidos das plantas, é dicir, composición típica dos raigrases, taxa fotosintética das follas típica dos pastos C-3 e parametrización das temperaturas cardinais ou críticas, que son as temperaturas mínimas, máximas e óptimas que definen a curva de crecemento dun cultivo. O seguinte paso consistiu na comparación das simulacións do modelo coas observacións experimentais, nas que os parámetros non dispoñibles na bibliografía (por exemplo, a repartición de asimilados ás raíces, base dos talos, talos e follas) obtivéronse mediante un proceso de optimización, buscando o mellor axuste da simulación do modelo ás variables observadas (produción de materia seca cultivada) que se vían influídas por eses parámetros. Este proceso denomínase modelización inversa e realizouse cambiando manualmente os valores dos parámetros ata lograr valores que proporcionen simulacións próximas á media dos valores observados, xunto coa redución ao mínimo da raíz do erro cuadrático medio (RMSE) e o aumento do índice de axuste de Willmott (estatístico d, con valores de 0-1, indicando os valores próximos a 1 unha boa predición do modelo), (Willmott, 1981).

Estimación das producións potenciais e as brechas de produción

A produción potencial (PY) das catro variedades de raigrás simulouse

▶ O CONXUNTO DE DATOS MÍNIMOS PARA A SIMULACIÓN DO MODELO INCLÚE CARACTERÍSTICAS DO SOLO, DATOS METEOROLÓXICOS DIARIOS, PRÁCTICAS AGRÍCOLAS E OS CSPTS

considerando que non hai limitación de auga e nitróxeno.

A produción potencial en secaño (PR) das catro variedades de raigrás simulouse considerando limitación na auga e sen limitacións no nitróxeno.

A produción alcanzable (AI) simulouse considerando limitacións de auga e de nitróxeno.

Estimáronse tres brechas de produción para cada leira experimental e cultivar:

Brecha de produción 1 (limitación de auga) = (PY-PR)/PY*100

Brecha de produción 2 (limitación de nitróxeno) = (PR-AI)/PR*100

Brecha de produción 3 (limitación de auga e nitróxeno) = (PY-AI)/PY*100 ▶▶

Distribuidor de Semillas RAGT para Galicia y Asturias

Venta de todo tipo de semillas para praderas, mezclas especiales para coberteras y desinfección del suelo, mostazas, habas, guisantes, colzas, alfalfa, vezas y todo tipo de cereales

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

gilangel@hotmail.es
Tel.: 670 535 636



ALFALFA

VEZA

DACTILO

RAY-GRASS HÍBRIDO

FESTUCA ALTA

TRÉBOL BLANCO

TRÉBOL VIOLETA

RAY-GRASS INGLÉS

FÓRMULAS FORRAJERAS

COBERTURA VEGETAL

RAY-GRASS ITALIANO

TODAS LAS SOLUCIONES EN FORRAJERAS

www.ragt-semillas.es

RAGT Iberica • Crta. Burgos km. 2,1
Apdo de Correos 612 • 34004 Palencia • España
Tel : (34) 979 725 199 • Fax : (34) 979 711 807

© RAGT Semences

¡ Líder europeo en semilla multiespecie !

Táboa 3. Parámetros para os ficheros CUL e ECO adaptados ao raigrás. Valores iniciais de *Brachiaria* (Pequeno *et al.*, 2014)

Parámetro	Definición	Inicial <i>Brachiaria</i>	Calibrado Raigrás
Parámetros do ficheiro CUL			
LFMAX	Taxa fotosintética máxima en follas a 30 °C, 350 ppm CO ₂ e nivel alto de luz (mg CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	1,80	1,11-1,23*
SLAVR	Área foliar específica (cm ² g ⁻¹) baixo condicións óptimas de temperatura, auga e luz	190	300
Parámetros do ficheiro ECO			
TRIFL	Taxa de aparición de follas por día térmico (°Cd)	0,15	0,15
RDRMT	Sensibilidade relativa á dormición (repouso), efecto da duración do día na repartición de asimilados para o almacenamento (0-1)	0,475	0,951
RDRMM	Sensibilidade relativa á dormición, efecto da duración do día na mobilización de asimilados para o rebrote (0-1)	0,850	1,000

*1,11 para "Barsilo" e "Ciami", 1,17 para "Caballo" e 1,23 para "Pomba"

▶ OS VALORES SIMULADOS FORON INFERIORES AOS OBSERVADOS, PERO HAI QUE TER EN CONTA QUE A SIMULACIÓN SÓ CONSIDERA O ESTRÉS HÍDRICO E DE NITRÓXENO

RESULTADOS E DISCUSIÓN

Debido a que o punto de partida do modelo foi unha gramínea tropical C-4 (*Brachiaria*), moitas das modificacións asociáronse coas temperaturas cardinais, así como coa modificación da composición das plantas (raíces, follas, talos) e a fotosíntese típica de especies C-3, como os raigrases.

Adaptación do modelo

Os parámetros dos ficheiros CUL e ECO que son utilizables para o raigrás móstranse na táboa 3.*

Os raigrases, ao seren plantas C-3, teñen unha capacidade e unha eficiencia fotosintética inferior á do maioría das gramíneas tropicais (Kajala *et al.*, 2011). Sobre a base dese concepto e outras referencias na bibliografía, a fotosíntese máxima da folla (LFMAX) no arquivo CUL reduciuse de 1,80 (utilizado inicialmente para as forraxes C-4) a valores de 1,11 a 1,23 mg CO₂ m⁻² s⁻¹, segundo os cultivares de raigrás. O CROPGRO-PFM simula a fotosíntese horaria a nivel de folla en función da asimilación da cuberta vexetal, baseándose así en principios fisiolóxicos, e tamén simula o crecemento e a respiración. A taxa de crecemento da planta é unha función do índice de área foliar (LAI) e da eficiencia fotosintética das follas. A área foliar específica (SLAVR) mostra unha variación estacional en relación coa luz e a temperatura. O SLAVR fíxose en 300 cm² g⁻¹ como referencia estándar en condicións óptimas de crecemento. A taxa de aparición de follas no talo principal (TRIFL) mantívose en 0,15 follas por día térmico, de acordo cos valores obtidos por Pedreira *et al.* (2011).

Os parámetros de fenoloxía, fotosíntese, crecemento e senescencia das follas, composición das plantas (folla, talo, raíz e órganos de almacenamento), repartición de asimilados en estado vexetativo durante as fases de plántula e establecemento e dormición/almacenamento de asimilados do arquivo SPE optimizáronse, pero non se presentan neste artigo. Os valores destes parámetros están dispoñibles pedíndolles aos autores.

A fenoloxía no modelo CROPGRO-PFM está regulada por un conxunto de parámetros de temperaturas cardinais (°C): temperatura base (TB), primeiro óptimo (TO1), segundo óptimo (TO2) e temperatura máxima (TM), definidos para a taxa de aparición das follas e do desenvolvemento reprodutivo tanto temperán coma tardío.

Como as forraxes permanecen en estado vexetativo a maior parte do tempo, a calibración das temperaturas cardinais centrouse principalmente no desenvolvemento vexetativo, para o cal a TB, TO1, TO2 e TM fixéronse en 1, 20, 25 e 45 °C, respectivamente.

Despois do corte das forraxes, o rebrote depende en gran medida da superficie das follas dos restrollos, a densidade dos talos e as reservas da planta forraxeira. Na maioría das plantas forraxeiras non rizomatosas, como son os raigrases, os órganos de almacenamento están situados na base dos talos e tamén nas raíces. A repartición de asimilados obtidos na fotosíntese cara aos órganos de almacenamento está regulado pola súa subministración, o índice de área foliar e as "regras" de almacenamento, que inclúen os efectos da diminución da duración do día e a ▶

CONSIGA A MELLOR PRODUCCIÓN COAS FÓRMULAS DE ALTA EFICIENCIA



MAXICUT

MAXICUT TRIO

LONG POWER

ESPECIAL SIEGA

**DISPOÑEMOS DE AMPLA VARIEDADE DE
SEMENTES DE CEREAIS E LEGUMINOSAS
ANUAIS E PLURIANUAIS**



**REALIZAMOS FÓRMULAS
PERSONALIZADAS, TANTO
DE PRATENSES COMO DE
MESTURAS CON CEREAL**

Consulte co noso departamento técnico

cecoagro

Ctra. N-VI - Km 518 . 27373 Begonte (LUGO)
Tel: 982 390 052 | Fax: 982 209 653

www.cecoagro.com

almacenamento, que inclúen os efectos da diminución da duración do día e a temperatura (Pequeno *et al.*, 2014). Ademais, a diminución da produción de forraxe durante os meses de inverno axustouse mediante parámetros de “dormición ou repouso”, desencadeados polas baixas temperaturas e a menor duración do día (Pequeno *et al.*, 2014). Para asegurar unha boa simulación dos ciclos de rebrote, optimizáronse os parámetros de mobilización de carbono e nitróxeno procedentes dos órganos de almacenamento.

Optimizouse o efecto da sensibilidade relativa á dormición pola duración do día (RDRMT e RDRMM) na repartición e a mobilización de asimilados para aumentar as variacións dos ciclos estacionais ao longo do rebrote, facendo que o modelo sexa máis sensible ao efecto da duración do día (aumentando os valores de RDRMT e RDRMM). O crecemento das plantas vese moi afectado a subministración de N. A concentración crítica de N requirida para un crecemento óptimo defínese como a concentración máis baixa na que se produce o crecemento máxi-

mo. A concentración nos tecidos por debaixo desta concentración crítica reduce os procesos de crecemento. Por riba desta concentración crítica non se produce un aumento adicional da taxa de crecemento, aínda que se produce un consumo de luxo de N (Godwin e Singh, 1998). A concentración de N na folla e o talo optimizouse tendo en conta os valores habituais de proteína bruta nestas especies.

Avaliación do modelo adaptado

Na táboa 4 preséntanse as producións anuais de materia seca cultivada, os valores observados e simulados medios da produción de materia seca por corte para catro cultivares de raigrás en tres localidades de Galicia, tras a adaptación do modelo. ▶▶

▶ OS RESULTADOS OBTIDOS SON COMPARABLES CON OUTROS ESTUDOS PUBLICADOS EN SIMULACIÓNS DE ESPECIES FORRAXEIRAS

Táboa 4. Producción anual de materia seca recollida (kg MS ha⁻¹), produción media de materia seca recollida por corte (observado) e produción media de materia seca simulada por corte (simulado) e as súas desviacións estándar (SD), valores da raíz do erro cuadrático medio (RMSE) e do índice de axuste de Willmott (estatístico d) para catro cultivares de raigrás en tres localidades: Mabegondo, Marco da Curra e A Pobra do Brollón. Simulación con limitación de auga e nitróxeno (producción alcanzable)

Localidade	Cultivares	Produción anual	Observado (SD)	Simulado (SD)	RMSE	d
Mabegondo	Pomba	19.733	2.819 (1.399)	2.353 (999)	1.151	0,76
	Caballo	16.716	2.786 (1.568)	2.405 (1.128)	1.222	0,78
	Barsilo	15.690	2.615 (1.549)	2.364 (1.146)	1.140	0,81
	Ciami	14.184	2.364 (1.515)	2.370 (1.149)	918	0,87
Marco da Curra	Pomba	9.612	1.602 (979)	1.454 (777)	763	0,79
	Caballo	11.730	2.346 (1.501)	1.733 (807)	1.475	0,61
	Barsilo	10.390	2.078 (1.518)	1.704 (809)	1.372	0,64
	Ciami	10.830	2.166 (1.363)	1.708 (814)	1.158	0,72
A Pobra do Brollón	Pomba	14.868	2.478 (1.560)	1.580 (791)	1.221	0,78
	Caballo	11.470	2.549 (1.424)	2.211 (1.163)	1.220	0,76
	Barsilo	11.151	2.478 (1.539)	2.161 (1.158)	1.271	0,75
	Ciami	10.372	2.305 (1.428)	2.161 (1.154)	991	0,84

CALIZA AGRÍCOLA CALIZA MAGNESIANA

O millo e as praderías precisan de pH próximos á neutralidade. Tanto a caliza agrícola coma a magnesiana que ofrece Calfensa axudan a corrixir a acidez dos nosos solos, evitando a toxicidade do aluminio e favorecendo a asimilación do fósforo. Así mesmo, melloran a súa estrutura, aumentando a aireación e a drenaxe.

A caliza de Calfensa provén de calcita que, unha vez moída, é de efecto máis rápido que a proveniente de dolomita.

Grazas á finura de moenda coa que traballa Calfensa, os seus produtos son altamente solubles. Rápida acción dificilmente superable por outras calizas menos moídas ou granuladas.

A diferenza do cal vivo, a caliza de Calfensa non é agresiva, non produce queimaduras, o que facilita a súa manipulación, sendo, do mesmo xeito, respectuosa cos microorganismos beneficiosos do solo.

Dado que se trata dun produto extraído directamente da terra, non produce efectos negativos para o medio, sendo recoñecido polo Consello Regulador de Agricultura Ecolóxica.

AENOR certifica os sistemas de Xestión de Calidade, Medio Ambiente e Seguridade e Saúde no Traballo de Calfensa.

CALIZA AGRÍCOLA NOVO SISTEMA DE ESTENDIDO CALIZA MAGNESIANA



a calfensa

a caliza da túa terra®

Novo produto granulado

Corrección de pH e aporte de Magnesio



MODALIDADES DE SERVIZO



APLICADO SOBRE O TERREO



A GRANEL



SACO DE 25 KG



BIG BAG DE 1.000 KG

Ctra. Lugo - Sarria LU-546 km 2 · 27161 Santa Comba (LUGO)
info@calfensa.com · www.calfensa.com

982 305 902

Certificación Intereco para:
Caliza Agrícola e
Caliza Magnesiana



Son de destacar as altas producións anuais de materia seca recollida do cultivar de raigrás italiano anual “Pomba” en Mabegondo e A Pobra do Brollón.

En xeral obtivéronse bos resultados nas medias dos valores observados e simulados para todos os cultivares. Os valores simulados foron inferiores aos observados, pero hai que ter en conta que a simulación considera o estrés hídrico e de nitróxeno, é dicir, que só ten en conta a contribución das precipitacións, o fertilizante nitróxeno aplicado e o nitróxeno que proporciona a mineralización do solo. É posible que as diferenzas entre as producións observadas e simuladas se poidan deber a que o modelo non simulase de maneira adecuada a mineralización do nitróxeno do solo.

As diferenzas simuladas entre cultivares de diferentes especies de raigrases foron pequenas. O índice d máis alto foi de 0,87 para “Ciami” en Mabegondo e o máis baixo de 0,61 para “Caballo” en Marco da Curra. A RMSE máis baixa da produción de materia seca foi de 763 kg MS ha⁻¹ para “Pomba” en Marco da Curra e a RMSE máis alta, de 1.475 kg MS ha⁻¹ para “Caballo”, tamén en Marco da Curra.

Os resultados obtidos son comparables con outros estudos publicados en simulacións de especies forraxeiras, como no caso de *Medicago sativa*, no que se obtivo unha RMSE de 760 e un índice d de 0,75 para a produción de materia seca (Malik *et al.*, 2018). Ademais, Lara *et al.* (2012) para *Panicum maximum* acadaron unha RMSE de 478 kg MS ha⁻¹ e un índice d de 0,79 para a biomasa total. Tamén Pedreira *et al.* (2011) conseguiron unha RMSE de 538 kg MS ha⁻¹ e un índice d de 0,83 simulando *Brachiaria brizantha*. Pequeno *et al.* (2014) obtiveron unha RMSE de 523 kg MS ha⁻¹ e un índice d de 0,96 simulando as producións dos rebrotos do cv. Marandu de *Brachiaria brizantha*.

O patrón de crecemento estacional da produción de materia seca cultivada ilústrase na figura 1 e a biomasa total (produción de materia seca cultivada + produción de materia seca do restrollo) na figura 2 para “Ciami” en Mabegondo. Ato-

pouse unha boa concordancia entre os valores observados e simulados durante a estación de crecemento para ambas as variables (véxase a RMSE e as estatísticas d dadas anteriormente). Simulacións da produción de materia seca cultivada e da biomasa total mostran o patrón esperado dunha produción relativamente baixa para os cortes de principios de inverno, cun aumento da produción cara aos aproveitamentos de maio e xuño e unha menor produción no verán, cando o crecemento está limitado polas baixas precipitacións. ▶▶

Figura 1. Comparación da produción de materia seca recollida (kg MS ha⁻¹) simulada e observada por corte, en dous anos de toma de datos para o cv. Ciami de raigrás inglés en Mabegondo

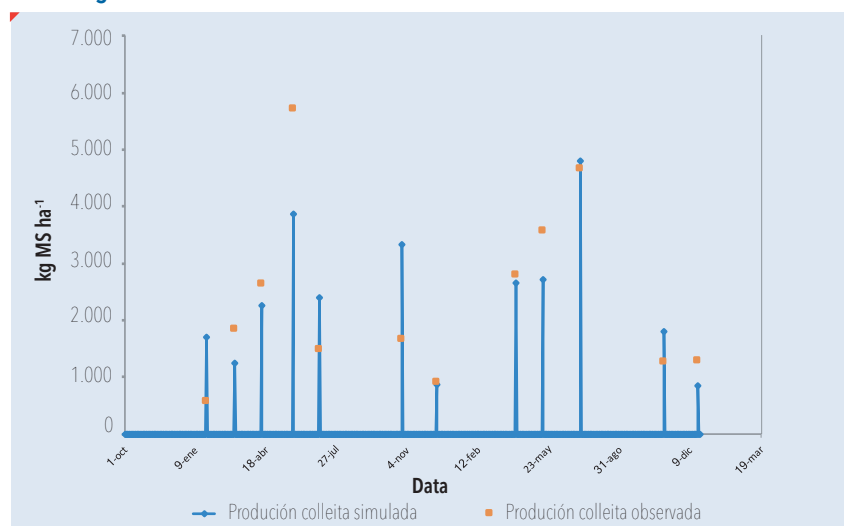
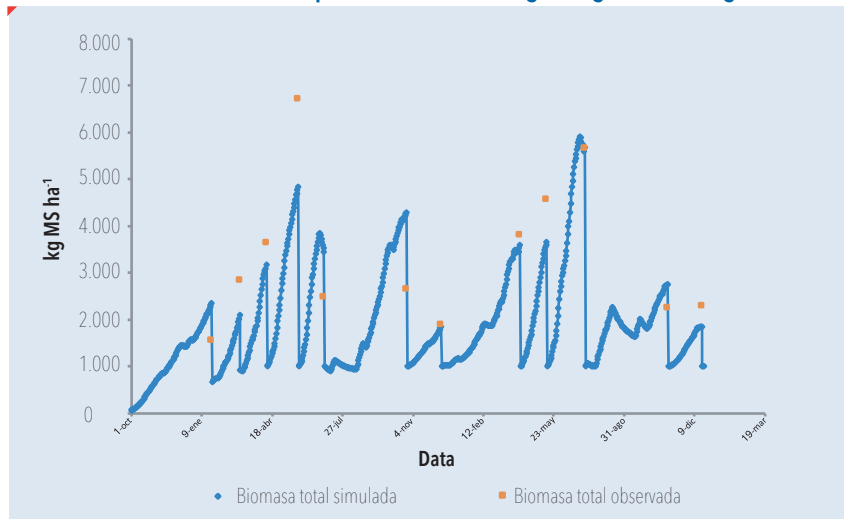


Figura 2. Comparación da biomasa total (kg MS ha⁻¹) simulada e observada por corte, en dous anos de toma de datos para o cv. Ciami de raigrás inglés en Mabegondo





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

Táboa 5. Producción potencial (sen limitación de auga e nitróxeno), produción potencial en secaño (auga limitada e nitróxeno non limitado), produción alcanzable (con limitación de auga e nitróxeno) en kg de MS ha⁻¹ recollida por corte e brechas de produción nos raigrases en tres localidades de Galicia

Localidade	Cultivares	Producción potencial	Producción potencial secaño	Producción alcanzable	% brecha 1	% brecha 2 (por limitación de nitróxeno)	% brecha 3 (por limitación de auga e nitróxeno)
Mabegondo	Pomba	3.937	3.090	2.353	21,5	23,8	40,2
	Caballo	4.174	3.276	2.405	21,5	26,6	42,4
	Barsilo	4.066	3.160	2.364	22,3	25,2	41,9
	Ciami	4.070	3.164	2.370	22,3	25,1	41,8
	Media	4.062	3.172	2.373	21,9	25,2	41,6
Marco da Curra	Pomba	4.549	2.938	1.454	35,4	50,5	68,0
	Caballo	5.379	3.812	1.733	29,1	54,5	67,8
	Barsilo	5.234	3.652	1.704	30,2	53,3	67,4
	Ciami	5.233	3.657	1.708	30,1	53,3	67,4
	Media	5.099	3.515	1.650	31,2	52,9	67,7
A Pobra do Brollón	Pomba	4.870	2.036	1.580	58,2	22,4	67,6
	Caballo	4.707	2.750	2.211	41,6	19,6	53,0
	Barsilo	4.570	2.650	2.161	42,0	18,5	52,7
	Ciami	4.575	2.655	2.161	42,0	18,6	52,8
	Media	4.680	2.523	2.028	45,9	19,8	56,5

O valor engadido deste traballo é a parametrización do modelo CROPGRO-PFM para catro cultivares representativos das diferentes especies de raigrases, realizada en tres localidades galegas con diferentes condicións ambientais. A parametrización do devandito modelo debe ser avaliada máis a fondo para outros aspectos (índice de área foliar, proteína bruta, dixestibilidade etc.) que non foron probados neste estudo. A inclusión doutras zonas experimentais e de información adicional sobre as condicións ambientais, as prácticas agrícolas, o crecemento e a produción das distintas especies poderían mellorar o modelo. Neste estudo, os datos utilizados para a parametrización non se recolleron con fins de modelización de cultivos, por tanto, a falta de datos adecuados pode afectar á capacidade de simulación, polo que pode influír nos seus resultados.

Brechas de produción

As diferenzas entre a produción potencial e a produción potencial en secaño (brecha 1) oscilaron entre o 22 e o 46 % da produción potencial, é dicir, entre 0,9 e 2,2 t ha⁻¹. Mabegondo tivo a menor e A Pobra do Brollón a maior brecha de produción. Esta brecha débese á falta de auga (de choiva e de rega).

As brechas entre a produción potencial en secaño e a produción alcanzable (brecha 2) oscilaron entre o 20 e o 53 % da produción potencial en secaño,

ou sexa, de 0,5 a 1,9 t ha⁻¹. A Pobra do Brollón tivo a menor e Marco da Curra a maior brecha de produción. Esta última débese á falta de nitróxeno (da fertilización e do solo).

As brechas entre as producións potenciais e as producións alcanzables (brecha 3) oscilaron entre o 42 e o 68 % da produción potencial, ou sexa, de 1,7 a 3,5 t ha⁻¹. Mabegondo tivo a brecha de produción máis baixa e Marco da Curra a máis alta. Esta brecha de produción débese á falta de suficiente auga e nitróxeno. Marco da Curra é o lugar con maiores limitacións para o crecemento dos raigrases debido ao estrés hídrico e á falta de nitróxeno.

CROPGRO-PFM foi útil para identificar as brechas entre as producións potenciais posibles e alcanzables.

CONCLUSIÓN

A adaptación do modelo CROPGRO-PFM para simular a produción dos raigrases realizouse mediante a optimización dos parámetros dos ficheiros SPE, CUL e ECO do modelo CROPGRO-PFM en resposta de procesos fisiolóxicos a efectos ambientais. Como primeira versión de traballo, a versión modificada do modelo CROPGRO-PFM para raigrases é un primeiro paso na adaptación do modelo para simular o crecemento e o desenvolvemento destas especies. Os parámetros poden axustarse a medida que se dispoña de novos datos. Aínda que este modelo adaptado represen-

ta un progreso baseado en traballos recollidos doutros autores e de datos de tres experimentos de campo en Galicia, necesitaríanse máis datos adicionais recompilados en máis ambientes e de tratamentos para mellorar a capacidade do modelo para o seu uso xeral.

Esta versión do modelo CROPGRO-PFM para os raigrases aínda non está incluída no paquete DSSAT de modelos de cultivos. A inclusión na nova versión DSSAT faraa dispoñible para futuras probas e melloras. Máis aló do obxectivo da mellora

dos modelos, un importante desafío de investigación na área dos cultivos forraxeiros é avaliar o efecto de diferentes prácticas agrícolas na produción e o valor nutritivo dos raigrases co fin de aumentar a capacidade de adaptación do sistema de produción forraxeira (resiliencia) para que o sector agrícola sexa máis produtivo e sostible.

AGRADECIMENTOS

Os autores desexan agradecer a axuda prestada na determinación dos perfís de solo ás profesoras universitarias Dra. Rosa María Calvo de Anta e Dra. Esperanza Álvarez Rodríguez, da Universidade de Santiago de Compostela (Galicia). ■

BIBLIOGRAFÍA

Boote, K.J., Jones, J.W., Hoogenboom, G., Pickering, N.B., 1998. The CROPGRO model for grain legumes. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton, eds. Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands, pp. 99-128.

Boote, K.J., Kropff, M.J., Nidraban, P.S., 2001. Physiology and modeling of traits in crop plants: Implications for genetic improvement. *Agric. Syst.*, 70: 395-420.

Boote, K.J., Minguez, M.I., Sau, F., 2002. Adapting the CROPGRO legume model to simulate growth of faba bean. *Agron. J.*, 94: 743-756.

CIAM, 1991. Evaluación de variedades comerciales de gramíneas pratenses en zonas húmedas: resultados 1985/1990 (siembras de 1985). Editor: Xunta de Galicia. La Coruña, Galicia, España, 50 p.

Díaz, N., Díaz, D., Crecente, S., Flores, G., 2015. Valor agronómico de las variedades comerciales de gramíneas y leguminosas pratenses. *Evaluación de 2014. Afriga*, año XXI, 118: 95-106.

FAO, 2015. La FAO y los 17 objetivos de desarrollo sostenible (<http://www.fao.org/3/a-i4997s.pdf>).

Flores, G., Díaz, N., Díaz, D., Valladares, J., Pereira-Crespo, S., Fernández-Lorenzo, B., Resch, C., Rodríguez-Diz, X., Piñeiro, J., 2013. Evaluación de cultivares de raigrás italiano e híbrido como cultivo de invierno para ensilar en primavera. *Pastos*, 43(1): 20-34.

Flores-Calvete, G., Martínez-Fernández, A., Doltra, J., García-Rodríguez, A., Eguinoa-Ancho, P., 2017. Informe estructura y sistema de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra, 52 p.

Gijsman, A.J., Hoogenboom, G., Parton, W.J., Kerridge, C.P., 2002. Modifying DSSAT crop models for low-input agricultural systems using a soil organic matter residue module from CENTURY. *Agron. J.*, 94: 462-474.

Godwin, D.C., Singh, U., 1998. Nitrogen balance and crop response to nitrogen in lowland and upland cropping systems. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton, eds. Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands, pp. 55-77.

Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., Hunt, L.A., Ogoshi, R., Lizaso, J.I., Koo, J., Asseng, S., Singels, A., Moreno, L.P., Jones, J.W., 2019. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T., 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.*, 18: 235-265.

Kajala, K., Covshoff, S., Karki, S., Woodfield, H., Tolley, B.J., Dionora, M.J.A., Mogul, R.T., Mabilangan, A.E., Danila, F.R., Hibberd, J.M., Quick, N.P., 2011. Strategies for engineering a two-celled C4 photosynthetic pathway into rice. *J. Exp. Bot.*, 62: 3001-3010.

Lara, M.A.S., Pedreira, C.G.S., Boote, K.J., Pedreira, B.C., Moreno, L.S.B., Alderman, P.D., 2012. Predicting growth of *Panicum maximum*: An adaptation of the CROPGRO-perennial forage model. *Agron. J.*, 104: 600-611.

Malhi, S.S., Gill, K.S., McCartney, D.H., Malmgren, R., 2004. Fertilizer management of forage crops in the Canadian Great Plains. *Recent Research Developments Crop Science Research Signpost, Trivandrum*, 1(1): 237-271.

Malik, W., Boote, K.J., Hoogenboom, G., Cavero, J., Dechmi, F., 2018. Adapting the CROPGRO model to simulate alfalfa growth and yield. *Agron. J.*, 110(5): 1777-1790.

McCauley, D.J., 2020. Predictive agriculture. *Crop modeling for the future. CSA News Magazine*, 65 (5): 3-9.

Oliveira, J.A., González, A., 2000. Recursos Fitogenéticos de raigrás inglés europeos: valor agronómico en condiciones de bajo mantenimiento. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 15 (1-2): 67-78.

Oliveira, J.A., Affif-Khouri, E., Palencia, P.,

Gorgoso, J., 2013. Efecto del abonado nitrogenado sobre el primer corte de primavera en un cultivo invernal de raigrás italiano. En: Olea L., Poblaciones, Mª.J., Rodrigo, S.M., Santamaría, O., eds. Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades, pp. 227-234. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Pedreira, B.C., Pedreira, C.G.S., Boote, K.J., Lara, M.A.S. Alderman, P.D., 2011. Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. *Field Crops Research*, 120: 370-379.

Pequeno, D.N.L., Pedreira, C.G.S., Boote, K.J., 2014. Simulating forage production of Marandu palisadegrass (*Brachiaria brizantha*) with the CROPGRO-Perennial Forage Model. *Crop Pasture Science*, 65: 1335-1348.

Piñeiro, J., Pérez, M., 1978. El nitrógeno en una mezcla de ray-grass italiano y trébol violeta. *Pastos*, 8(2): 239-263.

Piñeiro, J., Pérez, M., 1992. Mezclas pratenses de la España Húmeda. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hoja Divulgadora Núm. 8/92 HD, pp. 1-48.

Rymph, S.J., Boote, K.J., Irmak, A., Mislevy, P., Evers, G.W., 2004. Adapting the CROPGRO model to predict growth and composition of tropical grasses: Developing physiological parameters. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, Gainesville, 63: 37-51.

Schils, R., Snijders, P., 2004. The combined effect of fertilizer nitrogen and phosphorus on herbage yield and changes in soil nutrients of a grass/clover and grass-only sward. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2: 165-179.

Tóth, G., Jones, A., Montanarella, L., 2013. The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (9): 7409-7425.

USDA-Soil Taxonomy, 1999. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 869 p. *Agriculture Handbook No. 436, 2nd edn.* Soil Survey Staff. Washington DC.

Willmott, C.J., 1981. On the validation of models. *Phys. Geogr.*, 2: 184-194.

Semillas ASTURVERDE

Semillas forrajeras y pratenses

Mezclas para jardín y campos deportivos

Ceceda - NAVA - ASTURIAS - Tfno: 985 70 40 17