

VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DE APOYO DE DECISIÓN EN PASTOREO (GRAZEMORE) PARA LA PRODUCCIÓN EFICIENTE DE LECHE EN GALICIA

A. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, O. P. VÁZQUEZ YÁÑEZ Y J. LÓPEZ DÍAZ.

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. Xunta Galicia.

Apartado 10 - 15080 A Coruña.

E-mail: antonio.gonzalez.rodriguez@xunta.es

RESUMEN

Se desarrolló un modelo para predecir el crecimiento de pasto, su ingestión y la producción diaria de leche en pastoreo de vacas frisonas de alta producción (Grazemore). El objetivo es reducir la tendencia a la producción intensiva de leche que ocurre en la mayoría de los países del Arco Atlántico de Europa.

Para validar Grazemore se establecieron tres grupos de 30 vacas en pastoreo rotacional en áreas independientes sobre pradera de raigrás inglés y trébol blanco en la granja experimental del CIAM de Galicia. De marzo a julio las vacas recibieron, además del pasto, cero, cuatro y ocho kg de concentrado/vaca/día. Se determinó la masa del forraje, la utilización de pasto (ingestión) en muestras pre y post, y la producción de leche, comparando los resultados con las predicciones del modelo.

La validación preliminar de los sistemas experimentales indica que el programa Grazemore puede ser usado en condiciones prácticas como una herramienta de manejo para mejorar el uso del pastoreo en Europa y podría aumentar la confianza del ganadero en la pradera pastada como principal recurso de la explotación.

Palabras clave: crecimiento pradera, ingestión pasto, manejo pastoreo, predicción leche, soporte de decisión

VALIDATION OF A GRAZING DECISION SUPPORT SYSTEM (GRAZEMORE) FOR EFFICIENT DAIRY PRODUCTION IN GALICIA

SUMMARY

A prediction model for grass growth and grazing intake was developed as a decision support system (Grazemore DSS) for dairy cows. The aim was to reduce the tendency of intensive milk production in the Atlantic Arc region of the European Union.

For Grazemore validation, three groups of 30 Friesian cows were grazing independent areas of ryegrass-white clover pastures under experimental conditions at CIAM in Galicia. From March to July cows have also zero, four and eight kg/cow of concentrate at grazing. Herbage mass (HM), grass utilization (intake) by pre-post grazing samples, and Milk Yield (MY) were measured and compared with the model predictions.

Preliminary results from the on farm validation indicates that the Grazemore DSS may be used as a management tool to improve the use of grazed grass in Europe and to increase the sustainability and the reliance on grazed pasture as a main farm resource.

Keywords: herbage growth, herbage intake, grazing management, milk prediction, decision support

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones lecheras gallegas se caracterizan por tener respecto a la media de la UE, una carga ganadera más alta (1,9 vs. 1,2 vacas/ha), un mayor consumo de concentrado (0,44 vs. 0,30 kg/litro) y menores ingresos complementarios a la leche (4,1 vs. 5,8 €/100 kg) según los datos de gestión de explotaciones que muestran la necesidad de reducir costes de alimentación para producir la cuota de leche asignada. El pastoreo reduce cinco veces el coste por kg de materia seca en relación con los ensilados y concentrados de sistemas basados en la estabulación lo que sugiere que en condiciones de producción actuales es posible una mayor utilización de pastos frescos (López Garrido y Barbeyto, 2003)

Nos hemos puesto de acuerdo con los principales Centros de Investigación situados en las regiones del Arco Atlántico Europeo (Irlanda del Norte, Inglaterra, Francia, Holanda y Suecia) que comparten el interés del CIAM para realizar un Proyecto de Investigación, GRAZEMORE, que significa “más pastoreo”, que fue financiado por la Unión Europea a través del Quinto Programa Marco durante un período de 3 años. Es un sistema de soporte de decisiones (DSS) desarrollado como aplicación informática, para ser utilizado por técnicos y ganaderos que se animan cada vez más a experimentar con el ordenador. Consiste en la interacción de dos modelos, que se validaron usando datos independientes de los centros de investigación para producción de leche (PL) y de pasto (PP). El modelo de crecimiento de forraje (Barrett et al., 2004) desarrollado para nueve lugares del noroeste de Europa requiere datos anuales de clima (T^a , Lluvia, Radiación) y predijo el crecimiento del pasto con un error medio normalizado (NE %) de menos de 10%. Se han aportado medias climáticas de 10 años de las principales zonas lecheras gallegas y datos de ensayos de fertilización y de pastoreo realizados en el CIAM.

El modelo de ingestión de forraje (Delagarde et al., 2004) tiene en cuenta las necesidades del rebaño, considerando la producción esperada y el resto de la ración que el ganadero ha establecido para sus vacas, En su validación se usó un conjunto de datos de 208 rebaños europeos. La integración de los modelos se llevó a cabo en el DSS, los resultados de su validación están relacionados con los obtenidos para los dos modelos independientes, mostrando grandes diferencias entre granjas para el modelo de crecimiento de forraje. Esto implica que el programa final puede ser mejorado haciendo mayor énfasis en las complejas interacciones planta-animal de los sistemas en pastoreo.

Grazemore se ofrece gratis a los productores de leche europeos como una herramienta para mejorar en tiempo real el manejo del pastoreo. El sistema describe el efecto de las variaciones de manejo y de las condiciones ambientales reales (o simuladas) en el crecimiento de la pradera, ingestión de pasto por las vacas y la producción de leche. El programa permite el funcionamiento de escenarios (“qué pasaría si...”), dando la libertad a los usuarios para ver el resultado de modificar las variables como la aplicación de fertilizante o la cantidad de concentrado sobre la producción de pasto o el rendimiento en leche. Incluso puede verse el efecto de condiciones climáticas adversas.

En este trabajo se describe el funcionamiento del programa y el procedimiento para validar las predicciones del DSS que consistió en comparar la producción diaria predicha y observada de leche (PL) y de la masa del forraje (PP) con datos medidos en 27 granjas de Inglaterra, Francia, Suecia, Irlanda del Norte y Galicia. Se presenta además la validación con los datos obtenidos en un ensayo realizado en Mabegondo comparando tres rebaños con tres niveles de concentrado en pastoreo desde marzo a final de julio de 2004.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el CIAM de Mabegondo, con condiciones climáticas medias de la costa gallega, se mantuvieron tres rebaños de 30 vacas frisonas con partos durante todo el año con tres dosis de concentrado durante la primavera de 2004 en pastoreo de áreas independientes, según se describe en la tabla 1

Tabla 1. Rebaños en pastoreo usados en la validación del 08/03 al 17/07 de 2004

Rebaño	SP1	SP2	SP3
nº vacas	30	30	37
Área pastoreo (ha)	6.3	6.7	11.4
Presión pastoreo (vacas/ha)	4.8	4.5	3.2
Ingestión predicha (kg MS/d)	17.5	19.6	21.6
Suplementación total (kg MS/d)	3.5	7.6	10.6
Ingestión pasto (kg MS/d)	14.0	12.0	11.0
Leche producida (kg/d)	24.8	27.8	30.3
nº prados	9	9	12
Tiempo residencia (días)	4.4	4.5	3.5
Longitud rotación (días)	39.6	40.5	42.0
Tamaño medio prado (ha)	0.70	0.74	0.95
Fertilización (kg N/ha)	86	66	79

Los valores de la masa de forraje (PP) se determinaron en todas las parcelas pastadas por el ganado, usando el método de corte directo de 5 cuadrados de 0.33 m de lado a 4 cm del suelo. Estos datos se introdujeron en el programa corregidos a ras de suelo, usando la ecuación desarrollada en Francia: $PP_0 = 1,13 * PP_4 + 1903$ por Delagarde et al. (2004) Para ejecutar la simulación se añadieron al programa los datos meteorológicos del año actual, obtenidos por Internet de la estación más próxima, se caracterizaron las parcelas y se introdujo información de la estructura del rebaño: nº de vacas, porcentaje de primerizas, fecha media de partos, potencial productivo y nivel de concentrado. Estos datos se obtienen semanalmente en los rebaños del CIAM o en visitas quincenales en el caso de las explotaciones comerciales.

El procedimiento estadístico usado para medir la exactitud de la predicción del DSS fue el error de predicción cuadrático medio (MSPE) descrito por Yan et al. (2003), usando la ecuación siguiente:

$$MSPE = (P-A)^2 + S_p^2(1-b)^2 + S_A^2(1-r^2)$$

donde P y A son respectivamente las medias de la MY o HM real y predicha, S_p^2 es la varianza de los valores predichos, S_A^2 es la varianza de los datos reales, b y r^2 son la pendiente y coeficiente de correlación de la regresión lineal de los valores predichos sobre los reales. El error de predicción de la media (MPE) es la raíz cuadrada de MSPE y el error de predicción relativo (RPE) expresa el MPE como un porcentaje de A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar resumimos la respuesta que se obtuvo con el Grazemore DSS 1.0 durante 2004 del total de las parcelas de las 27 explotaciones de los cinco países europeos participantes en el proyecto (Hetta et al, 2005) Los valores medios observados y predichos para la producción de leche (kg/d) del rebaño y masa del forraje (kg MS/ha) y los análisis de regresión, el error predicho de la media (MPE) y el error predicho relativo (RPE) se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Valores medios de producción de leche y masa de forraje reales y predichos.

Parámetro	n	Observado		Predicho		Diferencia		Análisis de regresión			Análisis estadístico	
		media	sd	media	sd	media	sd	a	b	R ²	MPE	RPE (%)
Producción leche	1732	25.2	3.61	25.1	4.37	0.17	3.26	11.1	0.56	0.46	3.27	12.9
Masa de forraje	2392	2904	985	2985	1365	-82	1233	1853	0.35	0.24	1236	42.6

La producción de leche y la masa de forraje predichas y observadas tuvieron casi el mismo promedio. El error de predicción relativo RPE fue de 42.6% para la masa de forraje en el conjunto de datos de las 27 explotaciones y podría ser considerado como excesivo con una media de las desviaciones muy baja de -82 kg MS/ha. Para la leche el RPE fue del 12.9% y la media de las desviaciones de 0.17 kg MY/d. El coeficiente de determinación fue bajo (0.24) para el forraje y algo mayor (0.46) para la producción de leche. Sin embargo, cuando se analizaba cada granja, el RPE en ambos casos era muy variable. (González et al, 2004)

Se hizo también un análisis de sensibilidad (Vázquez et al 2005) simulando un rebaño de 50 vacas frisonas que pastan 13,6 ha divididas en 17 parcelas, se compararon distintos tipos de manejo del pasto (oferta de superficie diaria de pasto de 0,2 y 0,3 ha/día y tres niveles de suplementación (0, 4 y 8 kg MS concentrado/día) que simularon 6 escenarios. Se fijó un potencial de producción de leche con un pico de lactación de 36 kg/día en las 5 primeras rotaciones de marzo a julio pastando la mitad de las parcelas y ensilado el resto.

Se encontró que el aumento de la superficie diaria en oferta tuvo como consecuencia el incrementar la disponibilidad de forraje (de 15,7 a 24,4 kg MS/d) y, por consiguiente, el consumo de pasto, de 9,9 a 11,4 kg MS/d. Por otra parte, el incremento del nivel de suplementación reduce el consumo de pasto en un valor dependiente de su disponibilidad. La producción de leche osciló entre los 9,8 kg/d para 0,2 ha/día sin suplementación y los 27,0 kg/d cuando se ofrece 0,3 ha/día con 8 kg MS de concentrado. La utilización del pasto aumentó con su disponibilidad y disminuyó al incrementar la dosis de concentrado.

Recogemos a continuación los resultados de los tres rebaños (SP1, SP2, SP3) del Centro Experimental (CIAM) donde la posibilidad de obtener datos más precisos y una vigilancia más próxima, genera una mayor fiabilidad que en las granjas comerciales y se obtienen mejores predicciones tanto de leche como de forraje (tablas 3 y 4).

Tabla 3. Valores medios de la producción de leche y masa de Forraje

Rebaño	SP1		SP2		SP3	
	media	sd	media	sd	media	sd
Producción de leche:						
No. Observaciones	128		126		125	
Valor real (kg/día)	24,6	4,48	27,7	3,69	30,2	3,15
Valor predicho (kg/día)	25,8	4,28	27,2	3,61	29,9	3,05
Diferencia	-1,21	2,26	0,5	1,99	0,35	1,61
Masa de Forraje:						
No. Observaciones	28		31		41	
Valor real (kg MS/ha)	2851	1158	2605	1071	2672	1140
Valor predicho (kg MS/ha)	3900	1614	3497	1381	3174	1233
Diferencia	-1049	764	-891	729	-502	709

Tabla 4. Comparación estadística de la producción de leche y de forraje reales y predichas

Rebaño	Producción de leche (kg/día)			Masa de Forraje (kg MS/ha)		
	SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3
Análisis de regresión						
a	1,14	4	3,52	335	291	253
b	0,91	0,87	0,89	0.65	0.66	0.76
r ²	0,75	0,73	0,75	0.81	0.73	0.68
Errores de predicción						
MSPE	6,55	4,21	2,72	1684820	1326688	755291
MPE	2,56	2,05	1,65	1298	1152	869
RPE	10,4	7,4	5,5	45.5	44.2	32.5

En la figura 1 se pueden observar las gráficas que genera el programa para los tres rebaños. La curva superior es la de predicción de leche y sobre ella se imbrica a puntos la de producción de leche real. La curva media es de la ingestión total de materia seca (MS), pasto y suplementación, mientras que la inferior es el suplemento total en MS aportado por vaca (ensilados y concentrados). La diferencia entre estas dos curvas sería la MS de pasto ingerida. En un trabajo anterior se han descrito las curvas de ingestión predichas por el programa en cada rebaño ajustándose bien con las curvas de ingestión medidas (González et al, 2005).

El análisis de validación muestra que el DSS hace una mejor predicción de leche que de forraje (RPE 10.4 % y 45.5 % respectivamente, en SP1), como también pasaba con el total de las fincas. Diferentes razones podrían explicar este resultado. En primer lugar, la producción de leche esta basada en los controles reales de la granja, mientras que la masa de forraje se basa en mediciones con diferentes técnicas no muy precisas, como el corte pre y post pastoreo a una determinada altura (4 centímetros) corregida a ras de suelo, podría ser una fuente de error de los datos observados del forraje. Por otro lado, el modelo de crecimiento está basado en la determinación del forraje inicial, realizado a primeros de marzo en este ensayo, lo que amplificaría los posibles errores cometidos en esta medida previa al periodo de pastoreo.

SP1 – Rebaño experimental sin concentrado en el pasto

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. SP2 – Rebaño experimental con 4 kg/vaca de concentrado en el pasto

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo. SP3 – Rebaño experimental con 8 kg/vaca concentrado en el pasto

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.

Figura 1 – Resultados de Grazemore en producción de leche, de predicción y (en puntos) la producción real (curvas superiores), ingestión total de materia seca (curva media) e ingestión de ensilado y concentrado (curva inferior) para tres rebaños.

Debemos considerar además que el rango de valores de producción de leche de los rebaños de las 27 explotaciones analizadas sólo durante la primavera fue muy estrecho (los coeficientes de variación de los datos observados fueron menores del 5%) y el número de datos era demasiado pequeño para la determinación de forraje (menos de 50 datos en varios casos) y poder hacer las inferencias adecuadas. Esto indica que la predicción del rendimiento en leche podría mejorarse por una colección más exacta de los datos del pastoreo y del nivel de suplementación.

CONCLUSIÓN

Se realizó el programa Grazemore DSS y se distribuye libremente en CD-ROM como una herramienta de manejo para ser usado por técnicos y ganaderos que confíen en el pastoreo como principal recurso de la explotación.

El modelo produjo en general resultados muy adecuados para estimar el rendimiento de leche de la explotación, y de ahí poder determinar el óptimo manejo en pastoreo.

La exactitud de predicción de la masa de forraje fue más pobre que la de producción de leche lo que hace pensar en que el DSS puede mejorarse, principalmente en la determinación del forraje con procedimientos más adecuados.

Las grandes diferencias en respuesta entre las granjas de distintos países sugieren una adaptación del DSS al manejo del pastoreo específico observado por los equipos en cada país.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto de investigación GRAZEMORE se financió en parte por el INIA (SC00-086) y por el Quinto Programa Marco de la UE (QLRT-2000-02111).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETT, P.D.; LAIDLAW, A.S. ; MAYNE, C.S. 2004. Development of a European herbage growth model (EU Grazemore project) In: Lüscher, A. Jeangros, B. Kessler, W. Huguenin, O. Lobsiger, M. Millar, N. & Suter, E. (eds.) *Proceedings of the 20th General Meeting European Grassland Federation*, Vol. 9 *Grassland Science in Europe*, 653-655.

DELAGARDE, R., ; FAVERDIN, P. ; BARRATTE, C. ; BAILHACHE, M. ; PEYRAUD, J.L. 2004. The herbage intake model for grazing dairy cows in the EU Grazemore project. *Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Volume 9 Grassland Science in Europe*, 650-652.

HETTA, M.; NORRSKEN-ERIKSSON, M.; PERSSON, S.; LARSSON, E.; KARLSSON, L.; ALVAREZ-TORRE, N. ; ERIKSSON H.; MARTINSSON, K. 2005. The Grazemore decision support system for grazing management of dairy cows. Paper submitted for the 20th *International Grassland Congress* (Dublin, Ireland).

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. ; LÓPEZ-DÍAZ, J. ; VÁZQUEZ-YÁÑEZ, O.; HAMELEERS A. 2004. Report on farm validation and basic data of farms. Work package 8 of the he *EU-project Grazemore* (contract No: QLK5-CT-2000-0211). P 20.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. ; LÓPEZ DÍAZ J. ; VÁZQUEZ YÁÑEZ. O. P. 2005. External validation in northwest Spain of a decision support system for grazing dairy cows (Grazemore) Paper submitted for the *20th International grassland congress* (Dublin, Ireland).

LÓPEZ-GARRIDO, C. ; BARBEYTO, F. 2003. A competitividade das explotacoes galegas na producao de leite. Umha perspectiva mundial. *Analise empresarial*, **33**, 57-66

VÁZQUEZ-YÁÑEZ, O. P. ; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A. ; LÓPEZ-DÍAZ J. 2005. Determination of optimal grazing management for dairy cows in Galicia (Spain) using a decision support system. Paper for the *20th International Grassland Congress* .Dublin.

YAN ,T. ; AGNEW, R. E. ; MURPHY, J. J. ; FERRIS, C. P. ; GORDON. F. J. 2003. Evaluation of different energy feeding systems with production data from lactating dairy cows offered grass silage-based diets. *Journal Dairy Science* **86**:1415-1428.