

Asociación entre variables agronómicas y estimadores de producción de leche en forraje de maíz

Omar I. Santana¹, Alfonso Peña Ramos¹, Luis. A. Díaz García¹ y Juan I. Sánchez Duarte²

¹INIFAP Campo Experimental Pabellón. Carr. Aqs-Zac Km 32.5; Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C.P. 20668.

²INIFAP Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez No. 1200; Matamoros, Coahuila. C.P. 82805

Correo-e: santana.omar@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El ensilaje de maíz es el principal forraje en la alimentación del ganado lechero en el norte y centro de México^{1,2}. Sin embargo, en adición a la alta densidad animal, el crecimiento de instalaciones a expensas de tierras de cultivo ha conducido a un desabasto de hasta el 40% de la demanda de ensilaje de maíz². Lo anterior ha intensificado la compra de forraje verde a pie de parcela, lo que conlleva el riesgo de no obtener una óptima calidad nutricional. Aunque el porcentaje de materia seca (MS) es un buen indicador del valor nutricional del forraje^{1,3}, en la práctica es necesario considerar otras variables agronómicas que impactan en la calidad del maíz para ensilaje. Por lo tanto, los objetivos del presente estudio fueron: 1) Explorar asociaciones entre variables agronómicas y estimadores de producción de leche, 2) Desarrollar modelos para predecir la producción estimada de leche utilizando variables agronómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 356 observaciones derivadas de cuatro ensayos de maíz forraje llevados a cabo entre 2019 y 2020, en donde las variables utilizadas fueron: el rendimiento de forraje verde (RFV) y de forraje seco (RFS), el % de MS (PMS), madurez del grano entre R2 y R5 (RGN), el % de elote en la MS del forraje (PEL), el % de *Fusarium* spp (FUS), calificación de la planta (CPL) en la escala de 0 a 90, altura de la planta (APL, cm), altura de la mazorca (AMZ, cm) y el % del peso fresco del elote (PFE) en el peso fresco total cosechado. Los estimadores de calidad fueron la producción de leche por hectárea (LEHA; t/ha) y producción de leche por tonelada de MS (LET, kg/t) obtenidos con el modelo Milk-2006 de la UW-Madison.

Todos los análisis estadísticos se desarrollaron en R (R Studio Inc., Boston, MA). Se obtuvo una matriz de correlación utilizando el paquete *corrplot* y se calcularon los coeficientes de correlación. Enseguida se realizó análisis de regresión lineal múltiple y selección de modelos en secuencia regresiva con el *Bayesian information criterion* (BIC) y en cada modelo se probó multicolinealidad entre variables utilizando el *variance inflation factor* (vif) y cuando aplicó, se reemplazó una variable a la vez y se conservó aquella que produjera el mínimo impacto en el coeficiente de determinación (R^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Correlaciones. Las asociaciones entre variables agronómicas y estimadores de producción de leche se presentan en la Figura 1. El estimador LET se asoció negativamente con APL y AMZ ($r^2 = -0.67$) y moderadamente con el % de FUS ($r^2 = -0.46$). Como esperado, el estimador LEHA se asoció positivamente con el RFS ($r^2 = 0.81$) y el PMS ($r^2 = 0.67$). Otras variables agronómicas como PFE y RGN tuvieron baja asociación ya sea con LET o LEHA.

La madurez del grano (RGN) se asoció positivamente con PEL ($r^2 = 0.53$) y ambos tuvieron baja correlación con PMS ($r^2 = 0.23$ y 0.05 , respectivamente). Tanto RGN como PEL son buenos indicadores del contenido de almidón^{3,4}, el cual provee la mayor parte de energía en un ensilaje. La implicación lo anterior es que no necesariamente mayor % de MS se refleja en mejor calidad nutricional del forraje de maíz.

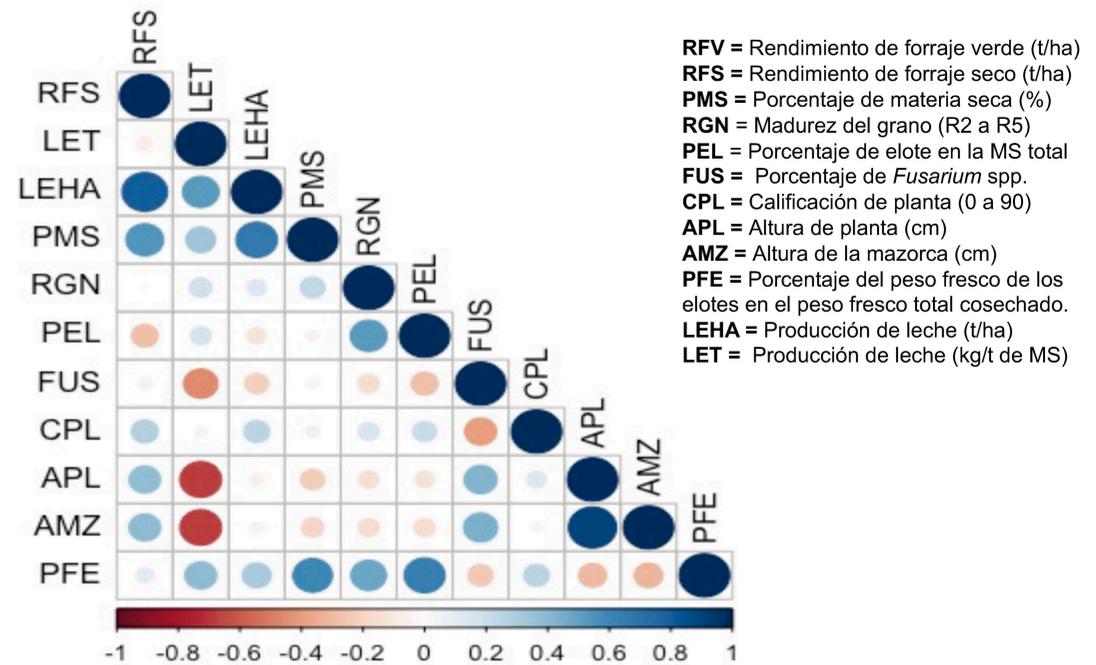


Figura 1. Matriz de correlaciones entre variables agronómicas y estimadores de producción de leche. El tamaño del círculo indica la magnitud de la correlación, mientras que el color indica el tipo de asociación ya sea positiva (azul) o negativa (naranja).

Análisis de regresión y modelos. Para LET el modelo con mejor coeficiente de determinación incluyó RFS, APL, PFE y FUS ($R^2 = 0.55$; Cuadro 1). El bajo R^2 en LET se debe a que éste estimador deriva exclusivamente de variables bromatológicas. El modelo primario para LEHA incluyó las variables RFS, PMS y FUS y produjo un aceptable coeficiente de determinación ($R^2 = 0.79$), pero hubo multicolinealidad entre RFS y el PMS y ésta se reemplazó con RGN sin afectar la predicción ($R^2 = 0.78$).

Cuadro 1. Modelos seleccionados para estimadores de producción de leche a partir de variables agronómicas.

Estimador	Intercepto \pm DE	Coefficientes	R^2	Residual
LET	2094 \pm 110	5.52 \pm 1.80 (RFS)**	0.55	106.7
		-3.11 \pm 0.32 (APL)**		
		5.62 \pm 1.92 (PFE)**		
		-4.50 \pm 1.40 (FUS)**		
LEHA	-1.09 \pm 2.12	1.36 \pm 0.06 (RFS)**	0.78	3.84
		0.75 \pm 0.35 (RGN)*		
		-0.33 \pm 0.04 (FUS)**		

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

- Aunque LET tuvo correlaciones más altas con variables agronómicas, éstas en conjunto predijeron mejor LEHA que LET.
- Otras variables agronómicas no asociadas con el % de MS se correlacionaron con la estimación de producción de leche.
- Los hallazgos sugieren que deberían de considerarse otros factores adicionales al % de MS al realizar un ajuste al precio del forraje en pie.

LITERATURA CONSULTADA:

- ¹Ramírez G. D. E., E. Medina-Núñez, L. Loza-Gutiérrez, J. J. Olmos-Colmenero y O. I. Santana. 2020. Estudio exploratorio para optimizar la acumulación de materia seca en forraje de maíz para ensilaje. AGROFAZ. 32:878-883. <http://agrofaz.mx/si/xxii>
- ²Santana, O. I. 2018. Impacts of forage source and level in intensive dairy systems: Whole-farm nutrient balance, lactation performance, and feeding behavior. PhD Thesis, Department of Dairy Science. University of Wisconsin-Madison. Madison, WI.
- ³Kosgey, J. R., D. J. Moot, A. L. Fletcher, and B. A. McKenzie. 2013. Dry matter accumulation and post-silking N economy of 'stay-green' maize (*Zea mays* L.) hybrids. European J. Agron. 51(10):43-52.
- ⁴Ferrareto, L. F. and R. D. Shaver. 2015. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. J. Dairy Sci. 98:2662-2675.