

# Curvas de dilución de la proteína en un triticale de doble aptitud: influencia de la densidad de siembra, la dosis de nitrógeno y el número de cortes

Protein dilution curves for triticale of dual purpose triticale (forage and grain): influence of sowing density, nitrogen dose and the number of cuts

F. LLERA CID / A. DE SANTIAGO ROLDÁN / A. M. RIVERA MARTÍN /  
R. A. GALLEGOS OLIVENZA / V. CRUZ SOBRADO\*

Centro de Investigación "La Orden-Valdesequera". Consejería de Empleo, Empresa e Innovación.  
Junta de Extremadura. Finca "La Orden". Ctra. N-V. Km 372. 06187 Guadajira. Badajoz. España  
[veronica.cruz@juntaextremadura.net](mailto:veronica.cruz@juntaextremadura.net)

**Resumen:** El objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia de la densidad de siembra, la dosis de nitrógeno y el número de cortes en las curvas de dilución de proteína en el triticale (*X Triticosecale* Wittmack) de doble aptitud (forraje y grano), cv. 'Verato', cuando es cortado (pastoreo simulado) en dos ocasiones. Para ello se diseñó un ensayo en split split plot donde la parcela principal fue la densidad de siembra (400, 500 y 600 plantas m<sup>-2</sup>), la subparcela el número de cortes (sin cortar, un corte y dos cortes) y la sub-subparcela la dosis de nitrógeno (0, 75 y 125 kg N ha<sup>-1</sup>). Se realizaron cinco muestreos del forraje a lo largo del ciclo del cultivo (a los 75, 113, 126, 159 y 187 días después de la nascencia del cultivo), obteniéndose la materia seca y el porcentaje de proteína bruta. La densidad de siembra no influyó significativamente sobre la producción de materia seca ni sobre la proteína bruta. El tratamiento sin corte obtuvo la mayor producción de materia seca y el menor contenido de proteína, mostrando diferencias significativas respecto a los otros tratamientos. Al aumentar la dosis de nitrógeno aumentó la producción de materia seca y el contenido de proteína. Las curvas de dilución obtenidas son descritas mediante una función potencial negativa que presentan un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) alto.

**Palabras clave:** *X Triticosecale* Wittmack, dosis de siembra, pastoreo simulado, fertilización nitrogenada.

**Abstract:** The objective of this work was to study the influence of sowing density, nitrogen dose and number of cuts in the dilution curves of protein in triticale (*X Triticosecale* Wittmack) for dual purpose (forage and grain), cv 'Verato'. The split split plot trial design consisted of a main plot with 3 different planting densities (400, 500 and 600 plants m<sup>-2</sup>). The subplot was the number of cuts (no cut, one cut and two cuts) and the sub-subplot was the nitrogen dose (0, 75 and 125 kg N ha<sup>-1</sup>). Five samples of forage were collected throughout the growing season (at 75, 113, 126, 159 and 187 days after plant emergence), and analyzed for dry matter and crude protein. Planting density did not significantly influence dry matter and crude protein. The no cut treatment had the highest dry matter production and the lowest protein content, showing significant differences with the rest of treatments. Increasing nitrogen doses favored dry matter production and protein content. The dilution curves were described by a negatives potential functions with a high correlation indices (R<sup>2</sup>).

**Key words:** *X Triticosecale* Wittmack, sowing density, simulated grazing, nitrogen fertilization.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del triticale (*X Triticosecale* Wittmack) se emplea principalmente para producción de grano destinado a la alimentación animal (Peña, 2004). No obstante, existen variedades de doble aptitud, como es el caso de la cv. 'Verato' (para forraje y grano) cuyo alto valor agronómico radica en las ventajas adaptativas que este cereal de invierno posee sobre los demás cereales (Giunta y Motzo, 2004). Además de

producir mayor cantidad de biomasa que el trigo, la cebada y el arroz (Bilgili *et al.*, 2009), su rusticidad (Llera, 2002), la resistencia a la sequía y al frío (Royo *et al.*, 2000) e incluso la resistencia frente a ciertas enfermedades (Merghoum *et al.*, 2004), pueden suponer una solución al problema planteado por la FAO sobre la disminución de rendimiento de los cereales en las principales zonas productoras previstas para 2012 (FAO, 2011).

Además de las ventajas adaptativas, la composición nutricional del triticale es óptima en cuanto a vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales se refiere (Lorenz *et al.*, 1974). Pero, además, posee un alto contenido en almidón, lípidos, fibra y proteína comparado con el trigo (Dyson, 2008).

A medida que aumenta la producción de materia seca, se produce un efecto de dilución de la proteína (disminuye) por un proceso de traslocación desde las partes vegetativas a las reproductivas (Marino *et al.*, 2004). Existen evidencias de que las curvas de dilución de la proteína, permiten evaluar la calidad de los pastos (Juárez y Bolaños, 2007) ya que pueden seleccionarse nuevas líneas que maximicen el contenido en proteína, sin ver comprometida la producción de biomasa. Debido a los múltiples usos de este cereal para alimentación animal (grano, forraje verde, ensilaje, paja, etc.), nuestro objetivo principal fue establecer la curva de dilución de la proteína en función de la producción de biomasa y la influencia de la fertilización nitrogenada, la densidad y los cortes (simulación del pastoreo) sobre el contenido en proteína y materia seca acumulada por el cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2009/10 en el Centro de Investigación “La Orden-Valdesequera”, en condiciones de secano, sobre un Alfisol de textura franco-arenosa, con un bajo porcentaje en materia orgánica oxidable (0,59 %), pH neutro (6,76), una capacidad de intercambio catiónico muy baja (6,02 meq/100 g) y un contenido normal en fósforo asimilable (12,89 ppm). El clima representativo de la zona es de tipo Mediterráneo, aunque la precipitación total alcanzada ese año fue de 731,8 mm, casi el doble respecto a un año normal.

Tabla 1. Dosis de elementos fertilizantes en el abonado de fondo y en las dos coberteras (kg ha<sup>-1</sup>).

Tratamiento	Abonado de Fondo			1ª Cobertera	2ª Cobertera
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	N
N2 = 125 kg N ha <sup>-1</sup>	50	42	90	50	25
N1 = 75 kg N ha <sup>-1</sup>	25	42	90	50	0
N0 = 0 kg N ha <sup>-1</sup>	0	42	90	0	0

El material vegetal utilizado fue un triticale de doble aptitud cv. ‘Verato’, obtenido por el Departamento de Cultivos Extensivos del Centro de Investigación “La Orden-

Valdesequera”. Los abonos utilizados fueron sulfato amónico del 21%, superfosfato cálcico del 18 % y cloruro potásico del 60 % en presiembra; nitrato amónico cálcico del 27 % en las coberteras. En la tabla 1 se muestran las unidades fertilizantes aplicadas.

El diseño estadístico fue un split split plot con cuatro repeticiones, siendo la parcela principal la densidad de siembra (D1-400 plantas m<sup>-2</sup>, D2-500 plantas m<sup>-2</sup> y D3-600 plantas m<sup>-2</sup>), la subparcela el número de cortes (C0-SIN corte, C1-Un corte y C2-Dos cortes) y la sub-subparcela las dosis de nitrógeno aplicadas antes de la siembra, después del primer corte y después del segundo corte (N0-SIN nitrógeno (0-0-0), N1-75 kg N ha<sup>-1</sup> (25-50-0) y N2-125 kg N ha<sup>-1</sup>(50-50-25)).

La unidad experimental estaba constituida por dos superficies de 1,5 m de ancho y 10 m de longitud, utilizando una de ellas para los muestreos destructivos. El número de muestreos fue de cinco: a los 75 (primer corte), 113, 126 (segundo corte), 159, 187 días después de la nascencia del cultivo. Las muestras de forraje se tomaron con un marco de 0,25 m<sup>2</sup> en cada una de las parcelas del ensayo. En el laboratorio, se secaron en una estufa a 100-105 °C durante 48 h para determinar el peso de materia seca y, posteriormente, fueron molidas para la obtención del porcentaje de nitrógeno total, mediante el método Dumas (analizador de N LECO). La proteína bruta se calculó como N Dumas x 6,25.

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de la varianza de modelo factorial (split split plot) con tres factores fijos (densidad de siembra, corte y dosis de nitrógeno) y uno de efecto aleatorio (repeticiones). Mediante este diseño se determinó el efecto de la densidad de siembra, número de cortes y dosis de nitrógeno sobre la materia seca y la proteína bruta total. Los datos de materia seca utilizados para el análisis, en el tratamiento sin cortar, corresponden a la materia seca total obtenida en el último muestreo (187 días a nascencia). En el tratamiento con un corte, corresponde a la suma de la materia seca obtenida en el primer corte más la del último muestreo y en el tratamiento con dos cortes, a la suma de la materia seca obtenida en cada uno de los cortes más la del último muestreo. Los datos de la proteína del tratamiento sin cortar son los que se determinaron en el último muestreo y la de los tratamientos de un corte y dos cortes se obtuvieron forma ponderada.

Las curvas de dilución de la proteína, en función del corte y de la dosis de nitrógeno, se obtuvieron con la hoja de cálculo OpenOffice a partir de los datos de los cinco muestreos realizados (n = 180). Para comparar las curvas se realizó un análisis estadístico consistente en la determinación de los intervalos de confianza para los coeficientes *a* y *b*, al nivel de probabilidad del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra el análisis estadístico de los resultados obtenidos para la producción de materia seca y la concentración de proteína de la misma. En ella observamos que la densidad de siembra no tuvo un efecto significativo sobre la producción ni sobre el contenido en proteína bruta. No obstante, estos valores son superiores a

otras variedades de triticale estudiadas (Delogu *et al.*, 2002). Anteriormente Royo *et al.* (1994) habían puesto de manifiesto que la densidad de siembra (300 y 550 plantas m<sup>-2</sup>, en su caso) no influía sobre la calidad del forraje (al menos en cuanto a proteína bruta se refería), pero en cambio, señalaron que las condiciones ambientales (como, por ejemplo, la pluviometría), afectaba sobre todo al contenido en proteína. En nuestro caso y contrariamente a lo descrito por Royo *et al.* (1994), el similar desarrollo del triticale en las tres dosis de siembra, pudo deberse a que la pluviometría en la zona fue especialmente abundante en la temporada 2009/2010 con respecto a la de otros años, no observándose diferencias significativas entre éstas.

**Tabla 2.** Efecto de la densidad de siembra, los cortes y la dosis de nitrógeno aplicada sobre la producción final de biomasa y el contenido en proteína del triticale.

	Materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Proteína (%)	ANOVA de los distintos factores analizados sobre la producción y la proteína del triticale	
			Materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Proteína (%)
<b>Densidad (D) (plantas m<sup>-2</sup>)</b>				
D1:400	13 047a	9,9a	A: Densidad	NS
D2:500	13 817a	9,9a	B: Corte	***
D3:600	12 724a	10,0a	C: Nitrógeno	***
<b>Corte (C)</b>			A*B	NS
C0: Sin corte	17 168a	5,0b	A*C	NS
C1: 1 corte	11 882b	12,2a	B*C	*
C2: 2 cortes	10 539b	12,6a	A*B*C	NS
<b>Nitrógeno (N)</b>			- Significación: *** (P<0,001) ** (P<0,01) * (P<0,10) NS No significativo (P<0,10)	
N0:0 kg N ha <sup>-1</sup>	9887b	9,14b	- Medias seguidas de la misma letra en cada columna correspondiente a cada factor considerado no son significativamente distintas según el test LSD a un nivel de probabilidad del 0.05; n=108.	
N1:75 kg N ha <sup>-1</sup>	14 526a	10,18a		
N2:125 kg N ha <sup>-1</sup>	15 176a	10,45a		

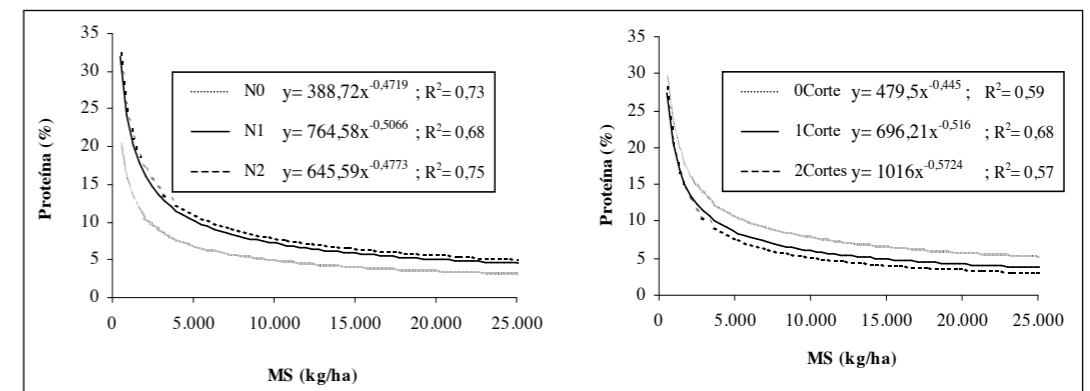
Los cortes realizados, tuvieron un efecto altamente significativo sobre las dos variables analizadas (tabla 2). La biomasa disminuyó en un 30,8 % tras el primer corte y un 38,6% con el segundo, pero mejoró la calidad. El contenido en proteína bruta aumentó más del doble (2,44 veces) cuando se evaluó el pasto tras un corte y este aumento se mantuvo tras el segundo (2,52 veces más que en el tratamiento sin cortes). Esto indica, que el tratamiento que obtiene mayor producción de proteína es aquel en el que se realiza un sólo corte (1449,6 kg de proteína ha<sup>-1</sup>).

Como se observa en la tabla 2, existe un incremento de proteína bruta con respecto al testigo sin abonado (N0), siendo de un 11,38 % en las plantas donde se aplicaron 75 kg N ha<sup>-1</sup> (N1) y un 14,33 % en las que se aplicaron 125 kg N ha<sup>-1</sup> (N2). También aumentó la biomasa con respecto al tratamiento sin abono, ya que donde se aplicaron 75 kg N ha<sup>-1</sup> y 125 kg N ha<sup>-1</sup> se obtuvo un aumento del 46,92 % y del 53,49 %, respectivamente. Sin embargo, entre N1 y N2 no se encontraron diferencias significativas

para ninguna de las dos variables. Además, se determinó la dosis óptima de abonado nitrogenado y ésta se encontraba próxima a los 100 kg N ha<sup>-1</sup>.

### Curvas de dilución de la proteína para triticale

Al igual que sucede en otros cereales, existe una correlación negativa entre el porcentaje de proteína bruta (N Dumas x 6,25) y la producción de biomasa del cultivo. Las curvas de dilución de la proteína permiten evaluar la calidad de los pastos y se ven afectadas por las variaciones del ambiente (localización, climatología, etc), técnicas de cultivo (dosis de fertilización nitrogenada, número de cortes, etc.) y el genotipo (Juárez y Bolaños, 2007). En nuestro caso, algunos de los factores que influyen sobre este cultivo se aprecian en la figura 1.



**Figura 1.** Influencia de la dosis de nitrógeno (izquierda) y los cortes (derecha) en la curva de dilución de la proteína para triticale (n=180).

La figura 1 muestra cómo durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo, la concentración de proteína disminuye rápidamente, mientras la producción de forraje sufre una escasa variación. A medida que crece el cultivo, la producción de forraje sigue aumentando y la concentración de proteína disminuye en menor medida. Lemaire y Salette (1984) describieron ésta disminución de la proteína en función del aumento de biomasa, mediante una función potencial negativa  $\%PB = a MS^{-b}$ , donde MS es la biomasa aérea en t ha<sup>-1</sup>, %PB es la concentración de proteína bruta expresada como porcentaje de biomasa aérea, a es el coeficiente que describe la variación del %PB en 1 t ha<sup>-1</sup> de biomasa aérea y b es el coeficiente de dilución que describe el descenso del %PB con el incremento de MS. Greenwood *et al.* (1990) y Lemaire y Gastal (1997) desarrollaron una teoría para explicar las curvas de dilución, basándose en el supuesto de Caloin y Yu (1984) de que la biomasa de la planta puede dividirse en dos fracciones: una funcional, íntimamente asociada con procesos fotosintéticos (hojas), con alta concentración de N y otra, la fracción estructural, asociada con la arquitectura y almacenamiento de reserva de las plantas (tallos), con una baja concentración de N.

Si la cantidad de N se mantiene constante, el aumento relativo de la función estructural a medida que la planta se desarrolla, puede explicar la disminución de la concentración de N y por tanto, la disminución de la concentración de proteína. Esto parece deberse a que existe una traslocación de la proteína de las partes vegetativas a las partes reproductivas a lo largo del ciclo de cultivo. Lo ideal sería que se mantuviese a lo largo del ciclo de cultivo un valor de proteína óptimo por cada unidad de materia seca acumulada, es decir, con la menor dilución posible.

El análisis estadístico utilizado para comparar las curvas de dilución (fig. 1), no mostró diferencias significativas entre ellas, tanto para el corte como para la dosis de nitrógeno, ya que los intervalos de confianza ( $p < 0,05$ ), para el coeficiente  $a$  y para el  $b$ , se solapaban entre sí.

Aunque las curvas son semejantes, en aquellas que muestran el efecto del abonado (fig. 1), el mayor valor para la proteína (correspondiente al coeficiente  $a$ ) se ha obtenido para la dosis de 75 kg N ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, N0 y N2 obtuvieron la mayor dilución de la proteína (coeficientes  $b$  mayores). Esto hace suponer que existe una concentración de proteína máxima que se alcanza para un valor de abonado intermedio entre las dos dosis anteriormente mencionadas. Siendo preferible la norma de “abonado mínimo” si no compromete la producción de biomasa del cultivo.

El efecto del corte en estas curvas, indica que el valor del coeficiente  $a$  (concentración de proteína) aumenta a medida que aumenta el número de cortes. En cambio la intensidad de la dilución ( $b$ ) disminuye, siendo el tratamiento sin cortes el que mayor dilución presenta. Esto último puede ser explicado acorde a lo que señalaron Greenwood *et al.* (1990) y Lemaire y Gastal (1997), puesto que la biomasa para la función estructural del cultivo en el tratamiento con dos cortes fue menor que en los de un corte y sin cortar para la misma fecha de muestreo.

## CONCLUSIONES

En un año con abundante precipitación, la densidad de siembra no influyó en la cantidad de biomasa ni en su contenido de proteína. Al realizar menos cortes aumenta la biomasa y disminuye la concentración de proteínas, debido al efecto de dilución que se produce. El nitrógeno ejerce una influencia positiva sobre la biomasa y la concentración de proteínas. En nuestro caso, para cualquiera de las dosis de siembra, con un solo corte y una dosis entre 75 y 100 kg N ha<sup>-1</sup> se obtendría una buena producción de biomasa con una alta calidad, evitando la contaminación del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BILGILI U., CIFCI E.A., HANOGLU H., YAGDI K. Y ACIKGOZ E. (2009) Yield and quality of triticale forage. *Journal of Food and Agricultural Environment*, 7, 556-560.
- CALOIN M.Y O. YU. (1984) Analysis of the time course of change in nitrogen content in *Dactylis glomerata* L. using a model of plant growth. *Annals of Botany*, 54, 69-76.

- DELOGU G., FACCINI N., FACCIOLI P., REGGIANI F., LENDINI M., BERARDO N. Y ODOARDI M. (2002). Dry matter yield and quality evaluation at two phenological stages of triticale grown in the Po Valley and Sardinia, Italy. *Field Crop Research*, 74, 207-215.
- DYSON C. (2008). Triticale grain for feed - Nutritional information. Alberta Government Agriculture and Food. [www.document]. URL [http://www.1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/fcd10575](http://www.1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/fcd10575).
- FAO (2011) *Crop Prospects and Food Situation*, Junio (2), 4-6.
- GIUNTA F. Y MOTZO R. (2004) Sowing rate and cultivar affect total biomass and grain yield of spring triticale (*X Triticosecale* Wittmack) grown in a Mediterranean-type environment. *Field Crops Research*, 87, 179-193.
- GREENWOOD D.J., LEMAIRE G., GOSSE G., CRUZ P., DRAYCOTT A. Y NEETESON J.J. (1990) Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany*, 67, 181-191.
- JUÁREZ J. Y BOLAÑOS E.D. (2007) Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. *Redalyc*, 23(1), 81-90
- LEMAIRE G. Y GASTAL F. (1997) N uptake and distribution in plant canopies. En: Lemaire G. (Ed) *Diagnosis of the nitrogen status in crops*, pp. 3-43. Berlin and Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag.
- LEMAIRE G. Y SALETTE J. (1984) Relationship between growth and nitrogen uptake in a pure grass stand. 1. Environmental effects, *Agronomie* 4 (5), 423-430.
- LORENZ K., REUTER F.W. Y SIZER C. (1974) The mineral composition of triticales and triticale milling fractions by X-ray fluorescence and atomic absorption. *Cereal Chemistry*, 51, 534-541.
- LLERA F. 2002. *Triticale: El cereal del futuro. Nuevas perspectivas y variedades: grano, forraje y doble aptitud.* (H.D. nº6/02). Badajoz, España: Secretaría General de la Junta de Extremadura.
- MARINO M.A., MAZZANTI A., ASSUERO S.G., GASTAL F., ECHEVERRIA H.E. Y ANDRADE F. (2004) Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter-spring growth of annual ryegrass. *Agronomy Journal*, 96(3), 601-607.
- MERGOUM M., PFEIFFER W.H., PEÑA R.J., AMMAR K. Y RAJARAM, S. (2004) Triticale crop improvement: the CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) programme. En: Mergoum, M. and Gomez-Macpherson, H. (eds). *Triticale Improvement and Production (FAO Plant Production and Protection Paper (FAO))*, 179,11-26. Roma, Italia.
- PEÑA R.J. (2004) Food uses of triticale. En: Mergoum, M. and Gómez-Machperson H. (Eds) *Triticale Improvement and Production (FAO Plant Production and Protection Paper (FAO))*, pp 37-48. Roma, Italia.
- ROYO C., ABAZA M., BLANCO R. Y GARCÍA DEL MORAL F. (2000) Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing, and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27, 1051-1059.
- ROYO C., INSA J.A., BOUJENNA A., RAMOS J.M., MONTESINOS E. Y GARCÍA DEL MORAL F. 1994. Yield and quality of spring triticale used for forage and grain as influenced by sowing date and cutting stage. *Field Crops Research*, 37, 161-168.