

Trabajo Final de Graduación

**CARACTERIZACIÓN MORFOGENÉTICA DE CUATRO
CULTIVARES DE *Secale cereale* L.**

Nuñez, Cristian Andrés

Autor

Sáenz, Alicia

Director

Ferri, Carlos M.

Codirector

Ingeniería Agronómica

Facultad de Agronomía - UNLPam

---- 2015 ----

Índice	Pág.
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Hipótesis y predicciones.....	7
Objetivos.....	7
Materiales y métodos.....	7
Resultados y discusión.....	10
Conclusiones.....	13
Bibliografía.....	14

Resumen

Se estudió la dinámica de morfogénesis en cuatro cultivares de centeno (*Secale cereale* L.), a los efectos de determinar la variación en el filocrono y analizar el proceso de acumulación de lámina viva. El trabajo se realizó, en condiciones de invernáculo, durante la temporada de crecimiento 2011. Se evaluaron cuatro cultivares de centeno con características morfofisiológicas contrastantes, dos cvs diploides (Quehue y Don Ewald) y dos cvs tetraploides (Don Guillermo y Don Norberto). La siembra se realizó en tubos de PVC, con 10 repeticiones. Sobre cada planta, se marcaron cuatro macollos con cable de diferente color y se registró, cada siete días, el número de hojas y la longitud de lámina viva. A partir de dicha información se estimaron las tasas de aparición de hojas (TAH) y de acumulación de lámina viva. La relación entre las variables número de hojas por macollo y los grados días fue descripta mediante un modelo lineal. Los resultados indicaron que el cv tetraploide Don Norberto presentó mayor TAH y, por consiguiente, menor filocrono ($1/TAH$; $49,65 \text{ }^{\circ}\text{Cd hoja}^{-1}$; $p \leq 0,05$) que el resto de los materiales. Asimismo, dentro del mismo grupo se registró el valor más alto ($77,08 \text{ }^{\circ}\text{Cd hoja}^{-1}$). Por otro lado, la tasa de acumulación de lámina viva osciló entre $0,19$ y $0,29 \text{ cm hoja}^{-1}\text{día}^{-1}$ y no se registraron diferencias ($p \geq 0,05$) entre cultivares. Se concluye que existen diferencias en alguna variables morfogenéticas entre cultivares de centeno pero que las características de precocidad no son exclusivas de las poblaciones diploides.

Palabras clave: Tasa de aparición de hojas, filocrono, tasa de elongación foliar, cultivares, centeno.

Introducción

Un pilar fundamental de la producción ganadera, es disponer de alimento suficiente y de buena calidad a lo largo de todo el año. En la región pampeana semiárida en el período invernal, la producción de las pasturas perennes está limitada por las escasas precipitaciones y las bajas temperaturas; por lo que, los verdeos de invierno son uno de los recursos más aptos para complementarse dentro de las cadenas forrajeras con las pasturas perennes ya que permiten estabilizar la oferta de forraje durante todo el año (Amigone *et al.*, 2008; Kloster y Amigone, 2005).

Asimismo, en sistemas de altos requerimientos, estos recursos de alto valor nutritivo permiten sostener altas cargas para la utilización de los excedentes de primavera compatibles con niveles elevados de la producción animal individual durante el invierno (Lauric *et al.*, 2010).

Los verdeos de invierno comprenden al centeno, avena, cebada forrajera, triticale y raigrás anual. El centeno (*Secale cereale* L.) adquiere una gran importancia en la región pampeana semiárida especialmente por su gran capacidad de adaptación a condiciones de sequía y bajas temperaturas, crece bien en suelos livianos a franco-arenosos, aceptando lotes de baja fertilidad mejor que otras especies de cereales forrajeros. Posee un sistema radicular bien desarrollado, pudiendo obtener agua en profundidad, lo que sumado a la tolerancia al frío lo convierte en un cereal rústico que tolera mejor las sequías prolongadas.

Los verdeos invernales por ser cultivos anuales tienen, en términos relativos, un alto costo de implantación y un corto período de utilización. Por ello, se hace necesario un manejo de la defoliación eficiente del forraje producido y seleccionar, dentro de la amplia oferta del mercado, los cultivares que mejor se adecuen a las necesidades del

sistema de producción. La selección de los materiales, la administración del agua, la fertilización y la fecha de siembra son factores que se deberán tener en cuenta dado que permitirán planificar la oferta forrajera en sincronía con la curva de demanda, en forma tal de reducir desbalances nutricionales, aumentar la eficiencia de uso del agua, manejar el agua residual para cultivos posteriores, o la combinación de estos objetivos, dependiendo de las necesidades de los sistemas (Pordomingo *et al.*, 2002).

El trabajo de mejoramiento y selección de los fitomejoradores orientado a la obtención de nuevos materiales apropiados para su utilización como verdeos de invierno, ha permitido lograr cultivares con alta capacidad de producción, resistencia a plagas y enfermedades y buen comportamiento ante heladas. Esto permite una elección cada vez más ajustada de las especies y cultivares de acuerdo a las condiciones edáficas y climáticas de cada zona. (Amigone y Tomaso, 2006).

La información disponible indica que los cultivares de centeno se pueden clasificar, de acuerdo al número de cromosomas (ploidia) en, diploides o tetraploides. Estos materiales presentan características morfofisiológicas contrastantes entre las que se resalta un porte vegetativo más bien erecto y grano pequeño en diploides, y un porte vegetativo más rastrero y un tamaño de grano más grande en los tetraploides (Amigone y Tomaso, 2005). A su vez, los primeros se destacan por tener una alta producción de pasto inicial, que permite un aprovechamiento temprano; además, por esta característica es recomendado como cultivo de cobertura en planteos agrícolas bajo siembra directa ya que, sin defoliación, alcanza hacia final del ciclo una importante acumulación de biomasa. (Carfagno *et al.*, 2012).

Las divergencias señaladas entre cultivares, nos permiten inferir que los mismos difieren en el proceso de morfogénesis que define la dinámica de recambio y expansión foliar. Esto a su vez, afecta directamente la dinámica de producción y pérdida de forraje.

Por lo tanto, conocer la dinámica de tejido foliar, nos permitirá hacer un manejo de la pastura más eficiente, que se traduciría en una mayor producción, calidad y estabilidad de la pastura.

Las pasturas son entidades dinámicas en las cuales la producción y pérdida de forraje ocurren en forma simultánea, como consecuencia de los procesos de crecimiento y senescencia. Por esta razón, la cuantificación de los procesos de aparición, expansión y senescencia foliar a nivel de macollos, en gramíneas, (morfogénesis) brinda información básica no sólo para comprender la dinámica de la producción y pérdida de forraje sino que son de utilidad para determinar el inicio, la intensidad y la frecuencia de la defoliación (Colabelli *et al.*, 1998).

La existencia de relaciones lineales consistentes entre el número de hojas producidas y la temperatura acumulada, en un intervalo de tiempo determinado, confirma que el factor principal que controla la tasa de aparición de hojas en gramíneas es la exposición térmica (Van Esbroeck *et al.*, 1997). Por ello, la tasa de aparición de hojas se expresa, frecuentemente, como el intervalo en °C días de crecimiento entre la aparición de dos hojas sucesivas (filocrono, McMaster, 1997). De esta manera, considerar la variabilidad genética del filocrono en los planes de mejoramiento, puede ser una vía para alterar la respuesta de las plantas al ambiente (Van Esbroeck *et al.*, 2008) o para incidir sobre el momento de su utilización.

Por lo expuesto, se plantea la necesidad de generar información sobre la variación en las características morfogénicas de cultivares de centeno utilizados en la región.

Hipótesis y predicciones

La variación entre los cultivares de centeno respecto a sus características morfológicas se corresponde con diferencias en el patrón de generación y expansión de órganos aéreos.

Se infiere que los cultivares de centeno diploide (Quehue; Don Ewald), en relación con los cultivares de centeno tetraploide (Don Guillermo, Don Norberto), presentarán, debido a su precocidad, un menor filocrono y una mayor tasa de acumulación foliar.

Objetivos

El objetivo de este trabajo fue estudiar la dinámica de morfogénesis (generación y expansión de los órganos de las plantas) en cuatro cultivares de centeno, para evaluar la variabilidad en el filocrono y analizar el proceso de acumulación de lámina viva.

Materiales y métodos

Diseño experimental y tratamientos

El estudio se efectuó en condiciones de invernáculo en la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, La Pampa, Argentina (36° 46' lat. Sur; 64° 16' long. Oeste; 210 msnm), durante la temporada de crecimiento 2011. Se evaluaron cuatro cultivares de centeno de distinta ploidía: dos cvs. diploides (2n), Quehue y Don Ewald, y dos cvs. tetraploides (4n), Don Guillermo y Don Norberto, bajo un diseño totalmente aleatorizado con 10 repeticiones.

La siembra se realizó el 7 de abril en tubos de PVC de 10 cm de diámetro y 50 cm de altura, los cuales se rellenaron con suelo Haplustol éntico proveniente de la capa

arable (MO: 1,8%; P: 32,6 ppm; pH en pasta (50:50): 6,4). En cada uno de los tubos, se sembraron cinco semillas; una vez emergidas las plántulas se efectuó un raleo (15 de abril), dejando un individuo que presentara un buen desarrollo y se ubicara cercano a la parte central del tubo. El riego de cada tubo se efectuó con una frecuencia de dos veces por semana, manteniendo el suelo cercano a capacidad de campo.

Se marcaron cuatro macollos por tubo, con cantidades similares de hojas (alrededor de dos hojas expandidas), siguiendo una línea con orientación este-oeste, dos de ellos ubicados en la periferia y dos distribuidos en el interior de cada planta, rodeando cada uno con cable de diferente color para su identificación en las sucesivas mediciones. Sobre los macollos marcados se registró la longitud de lámina y el número de hojas vivas, desde el 24 de mayo, cada siete días, salvo el último registro que se realizó 21 días después del anterior, a efectos de ampliar el rango temporal de las mediciones que totalizaron un total de 8 (ocho). La medición de longitud de lámina se efectuó sobre hojas totalmente expandidas y consistió en registrar el largo desde la lígula hasta el extremo distal de la lámina o hasta el borde del área senescente (Mazzanti *et al.*, 1994).

Cuantificación de variables

A partir de las mediciones sobre los macollos marcados, se estimaron la tasa de aparición de hojas (TAH), el filocrono (*i.e.*, el intervalo de tiempo térmico (GD, °C días) entre la aparición de dos hojas sucesivas) y la tasa de acumulación de lámina viva (TEF). La TAH fue estimada como la pendiente de la regresión lineal simple entre número de hojas acumulado y el tiempo térmico acumulado desde la emergencia. El filocrono fue calculado como la inversa de la TAH. La tasa de acumulación de lámina

viva por macollo fue estimada como la pendiente de la regresión lineal simple entre longitud de la lámina acumulada y el tiempo térmico acumulado desde la emergencia.

A los fines de la estimación de la TEF, sólo se tomaron los datos obtenidos en el rango de hojas acumuladas por macollo, donde la respuesta es lineal.

La temperatura del aire se registró diariamente, cada media hora, mediante la utilización de un Data Logger (LASCAR, modelo EL-USB-2-LCD) (Figura 1a). La sumatoria de los grados días del periodo de crecimiento (Figura 1b), comenzando el 15 de abril, se calculó como:

$$GD = \sum_{i=1}^n GD_d, \text{ donde } GD_d = T_m - T_b, \text{ si } T_m < T_b, \text{ entonces } GD_d = T_b$$

donde: GD_d = grado día diario, T_m es la temperatura media diaria y T_b es la temperatura base (0 °C) y n es el número de días desde el 15 de abril.

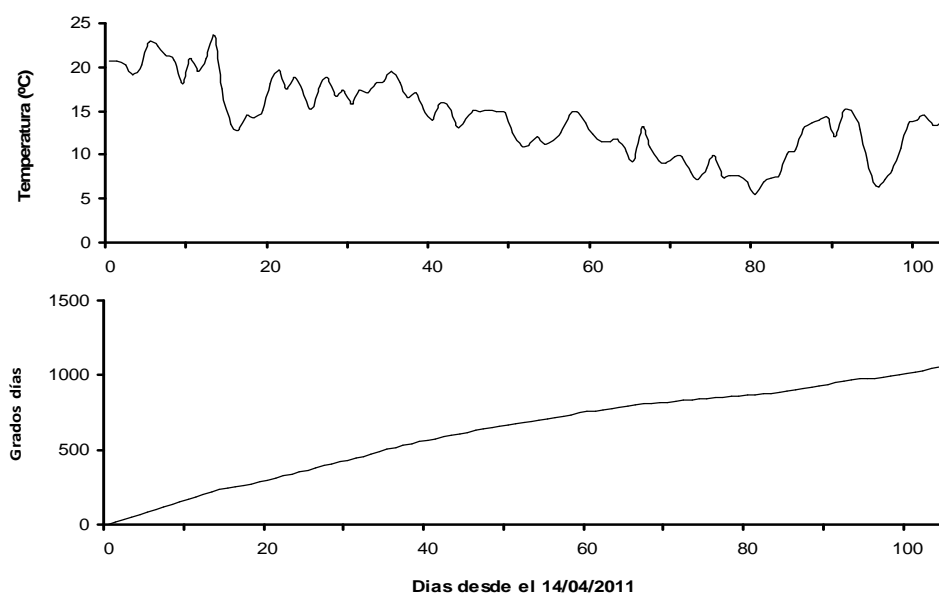


Figura 1. a) Temperatura media diaria, y b) grados días acumulados (base 0°C), desde el inicio de la emergencia de los verdes invernales, durante la estación de crecimiento 2011, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Análisis estadístico

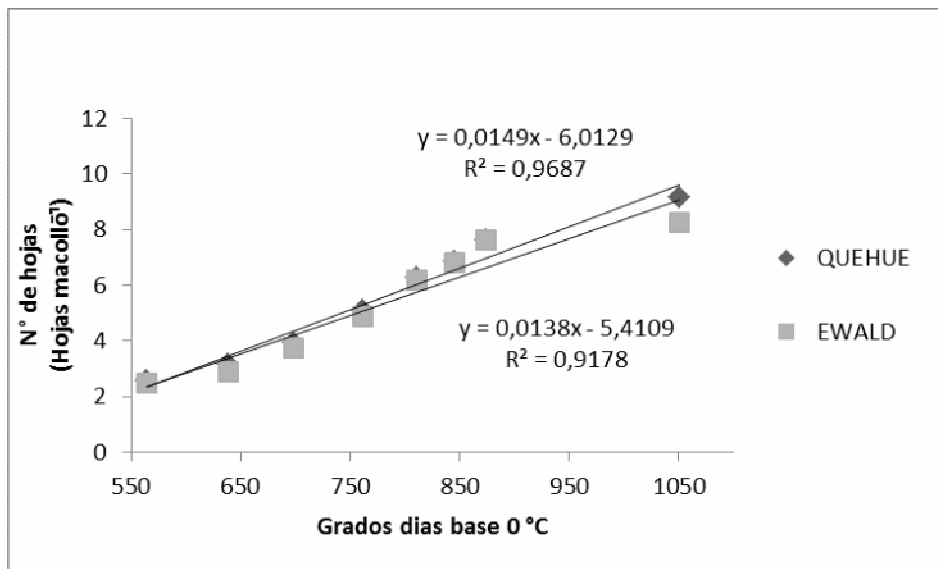
Para determinar las relaciones entre el número de hojas y la longitud acumulada de lámina viva con los GD se realizaron regresiones lineales; el filocrono y la tasa de elongación foliar se compararon por DMS ($\alpha=0,05$) previo análisis de la varianza.

Resultados y discusión

Tasa de aparición de hojas

En la Figura 2 (a y b) se presentan las relaciones lineales entre el número de hojas acumuladas por macollo y la suma térmica del período. En todos los casos el coeficiente de determinación (R^2) fue superior al 90% y no parecen existir evidencias de que se produzca una desviación en la tendencia de la linealidad de las pendientes.

a)



b)

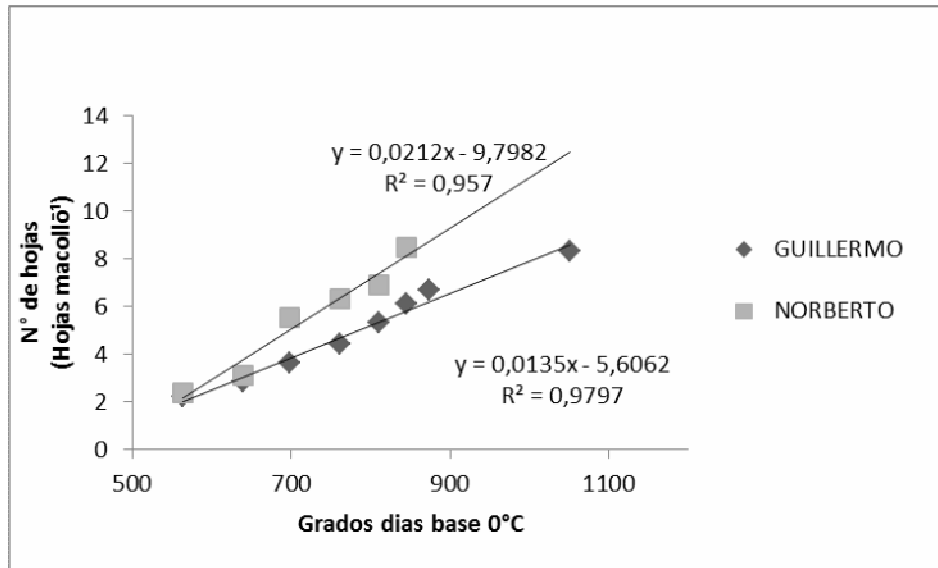


Figura 2. Aparición de hojas en macollos de cvs. de centeno a) diploides y b) tetraploides. Cada punto representa la media de 40 macollos por fecha de muestreo.

Estas relaciones estrechas permitirían inferir que la temperatura es el factor principal que controla la tasa de aparición de hojas (Porter y Gawith, 1999).

Varios autores observaron una relación similar en trigo y otras gramíneas (Gallager 1979, Baker y Gallager 1983, Kirby y Perry 1987, Porter y Gawith 1999, Bartholomew y Williams 2005, Joya y Piccini 2013).

Asimismo, el análisis entre el número de hojas acumulado y GD base 0°C, mostró una mayor ($p < 0,05$) TAH en el cv. tetraploide Don Norberto (Figura 2b).

Filocrono

La presencia de un filocrono constante o casi constante en el tiempo, para un genotipo dado, es común en muchas gramíneas. Este patrón se mantendría aún con modificaciones en la longitud de las hojas vinculadas al largo delseudotallo (Fournier *et*

al., 2005), debido a que la iniciación, elongación y cese del crecimiento foliar estarían coordinados.

En los cultivares evaluados de centeno, el tiempo térmico entre la aparición de dos hojas sucesivas presentó un rango de valores que osciló entre 49,65 y 77,08 °Cd hoja⁻¹ (Cuadro 1) correspondiendo estos valores extremos a los dos cultivares de centenos tetraploides. Así el cv. Don Norberto se destacó por presentar un filocrono más corto ($p < 0,05$), a pesar de que los centenos tetraploides se caracterizan por su menor tasa de crecimiento inicial (Amigone y Tomaso 2005), solo hubo diferencias significativas en cuanto al filocrono en este cultivar.

Cuadro 1. Valores medios \pm EE de filocrono en cvs. diploides y tetraploides de centeno.

Ploidia/cultivar	Filocrono	\pmE.E
<i>Diploide</i>	(°Cd hoja ⁻¹)	(°Cd hoja ⁻¹)
Quehue	68,61 ^A	2,01
Don Ewald	73,84 ^A	3,04
<i>Tetraploide</i>		
Don Guillermo	77,08 ^A	6,25
Don Norberto	49,60 ^B	3,50

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Varios autores observaron diferencias en el filocrono entre especies de gramíneas y entre cultivares dentro de una especie. Pourreza *et al.* (2009) encontraron diferencias en cultivares de trigo, al igual que Frank y Bauer (1995) informaron que la variabilidad en el filocrono fue del orden del 5-10% entre cultivares de trigo, cebada y gramíneas forrajeras perennes. Asimismo, Van Esbroeck *et al.* (2008) señala, para maíz, una variabilidad entre genotipos con valores extremos de alrededor $\pm 15\%$. En tanto que, en

estudios locales bajo las mismas condiciones del presente ensayo, Joya y Piccini (2013) encuentran, entre especies y cultivares de avena, una amplitud en el rango de valores del orden del 30%.

Tasa de acumulación de lámina viva

En cuanto al proceso de acumulación de lámina viva, los valores obtenidos de la TEF, fueron similares entre cultivares (Cuadro 2). Aun el cv tetraploide Don Norberto que presentó un filocrono más corto, no superó al resto en la Tasa de acumulación de lámina viva que osciló entre 0,19 y 0,29 cm hoja⁻¹día⁻¹.

Cuadro 2. Valores medios \pm EE de Tasa de acumulación de lámina viva en cvs diploides y tetraploides de centeno

Ploidia/cultivar	TEF	\pmE.E
<i>Diploide</i>	(cm hoja ⁻¹ día ⁻¹)	(cm hoja ⁻¹ día ⁻¹)
Quehue	0,19 ^A	0,03
Don Ewald	0,26 ^A	0,03
<i>Tetraploide</i>		
Don Guillermo	0,21 ^A	0,03
Don Norberto	0,29 ^A	0,04

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Conclusiones

El presente estudio permite concluir que existen diferencias en algunas variables morfogénicas entre cultivares de centeno pero que las características de precocidad no son exclusivas de las poblaciones diploides. Dicho resultado resulta novedoso, por lo

que resultaría interesante poder realizar nuevas investigaciones en cuanto a la existencia de base genética de cultivares tetraploides precoces.

Bibliografía

Amigone M. y Tomaso J.C. 2005. Principales características de especies y cultivares de verdes invernales. Hoja informativa N° 211. INTA EEA Marcos Juárez. 11 p.

Amigone, M.A. y Tomaso, J.C. 2006. Principales características de especies y cultivares de verdes invernales. Informe para Extensión N° 103. EEA INTA Marcos Juárez. 11 p.

Amigone, M.A., Kloster, A.M., Navarro, C. y Bainotti, C. 2008. Forrajeras anuales de invierno. Producción de forraje en el sudeste de Córdoba. Información para Extensión N° 120. INTA Marcos Juárez. 10 p.

Baker C.K. y Gallagher J.N. 1983. The development of winter wheat in the field. I. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. J. Agric. Sci. Camb. 101: 327-335.

Bartholomew P.W. y R. D. Williams R.D. 2005. Cool-season grass development response to accumulated temperature under a range of temperature regimes. Crop Sci. 45: 529–534.

Carfagno P., Eiza M., Babinec F. y Quiroga A. 2012. Inclusión de cultivos de cobertura en la dinámica hídrica de hapludoles y haplustoles del oeste de la prov de Buenos Aires y noroeste de La Pampa. Pp. 36-49. En: Alvarez C., Quiroga, A. Santos D. y Borrero M. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. EEA INTA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”. La Pampa. Ediciones INTA.

- Colabelli, M., Agnusdei, M., Mazzanti, A. y Labreveux, M.. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. 1998. Boletín Técnico N° 148. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
- Fournier C., Durand J.L., Ljurovac S., Schauffele R., Gastal F. and Andrieu B. 2005. A functional-structural model of elongation of the grass leaf and its relationships with the phyllochron. *New Phytol.* 166: 881-894.
- Frank A.B. and Bauer A. 1995. Phyllochron differences in wheat, barley, and forage grasses. *Crop Sci.* 35: 19-23.
- Gallagher J.N. 1979. Field studies of cereal leaf growth. I. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *J. Exp. Bot.* 30: 625-636.
- Joya M. y Piccini M. 2013. "Caracterización morfogénica de cuatro cultivares de Avena spp.". Trabajo Final de Graduación. Facultad de Agronomía, UNLPam.
- Kirby E.J.M. and Perry M.W. 1987. Leaf emergence rates of wheat in a Mediterranean environment: *Aust. J. Agr. Res.* 38: 455-464.
- Kloster, A.M y Amigone, M.A. 2005. Utilización de verdeos de invierno bajo pastoreo en invernada. Pp. 15-24. En: Verdeos de invierno para optimizar las cadenas forrajeras. Informe para Extensión N° 96. EEA INTA Marcos Juárez.
- Lauric, A., Marinissen, A., Castilla, M., Fernandez Mayer, A., Tomaso, J.C. 2010. Producción y calidad de diferentes especies de verdeos de invierno en un año de sequía en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, campaña 2009 Hoja técnica: Experiencias en verdeos de invierno. Agencia Extensión INTA Bahía Blanca y Coronel Rosales. EEA INTA Bordenave.

- Mazzanti A., Lemaire G. and Gastal F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Sci.* 49: 111-120.
- McMaster, G.S. 1997. Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. *Adv. Agron.* 59: 63-118.
- Pordomingo, A.J., Quiroga, A., Jonas, O., Santucho, G., Otamendi, H., Buffa, H. G., Rolheiser, D. O. y Albertario. 2002. Producción y valor nutritivo de verdes de invierno en siembra directa. Pp 14-20. En: Siembra directa y fertilización. Sistemas ganaderos de la región semiárida. E.E.A. INTA Anguil.
- Porter J.R and Gawith M. 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *Eur. J. Agron.* 10:23-36.
- Pourreza J., Soltani A., Naderi A. and Aynehband A. 2009. Modeling leaf production and senescent in wheat. *American-Eurasian J. Agric. Sci.* 6: 498-507.
- Van Esbroeck G.A., Hussey M.A. and Sanderson M.A. 1997. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. *Crop Sci.* 37: 864-870.
- Van Esbroeck G.A., Ruiz Corral J.A., Sánchez González J.J. and Holland J.B. 2008. A comparison of leaf appearance rates among teosinte, maize landraces and modern maize. *Maydica* 53: 117-123.