

**FILOCRONO EN UNA PRADERA DE *Lolium perenne* L.: EFECTO DE LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA**  
**PHYLLOCRON IN A *Lolium perenne* L. SWARD: EFFECT OF DEFOLIATION FREQUENCY AND NITROGEN ADDITION**

**Oscar Balocchi L. Carolina Solis O. Jonathan Poff A., Juan Pablo Keim S., Ignacio López C.**

Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567 Valdivia, Chile. e-mail:obalocch@uach.cl

**RESUMEN**

**Palabras clave: Aparición de hojas, Poaceae, Chile.**

El trabajo fue establecido con el objetivo de estudiar la respuesta de tres frecuencias de defoliación y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre la dinámica de crecimiento, rendimiento y valor nutritivo de *Lolium perenne* L. El ensayo se realizó entre el 21 de junio y el 7 de noviembre de 2008. Se establecieron minipraderas en contenedores de 125 L. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial de tres frecuencias de defoliación (1,5, 2,5 y 3,5 hojas por macollo) y tres niveles de fertilización (0, 25 y 75 kg N ha<sup>-1</sup>). Se determinó el filocrono, tasa de elongación de láminas, tasa de aparición de macollos, rendimiento de materia seca y contenido de nutrientes. No se observó interacción entre frecuencia de defoliación y nivel de fertilización nitrogenada para ninguna de las variables evaluadas. La frecuencia de defoliación y la fertilización nitrogenada no tuvieron efecto sobre el filocrono y tasa de aparición de macollos. La elongación foliar se vio afectada por defoliaciones más frecuentes resultando en plantas más pequeñas, lo mismo ocurrió con los tratamientos donde se presentó deficiencia de nitrógeno. El rendimiento de materia seca fue mayor en cortes realizados cada 2,5 y 3,5 hojas macollo<sup>-1</sup> y para aquellas fertilizadas con 75 kg N

ha<sup>-1</sup>. Una mayor frecuencia de defoliación resultó en un mayor contenido de energía metabolizable y proteína cruda, mientras que defoliaciones menos frecuentes aumentaron la fibra detergente neutro y ácida.

## **ABSTRACT**

**Key Words: leaf appearance, poaceae, Chile.**

This study aims to test the effect of three defoliation frequencies and three levels of nitrogen fertilization on the dynamics of growth, yield and nutritive value of *Lolium perenne* L. The trial was conducted from June 21<sup>st</sup> to November 7<sup>th</sup>, 2008. Mini-swards were established in 125 L containers. The experimental design was a randomized complete block with three replicates, with a factorial arrangement of three frequencies of defoliation (1,5, 2,5 and 3,5 leaves per tiller) and three fertilization levels (0, 25 and 75 kg N ha<sup>-1</sup>). Phyllocron, leaf elongation and tiller appearance rates, dry matter yield and nutrient content were evaluated. There was no significant interaction between defoliation frequency and nitrogen fertilization level for any of the variables. There were no significant effects of defoliation frequency or nitrogen fertilization on the phyllochron (rate of leaf appearance) and on the rate of tillering. Nitrogen fertilization increased the leaf elongation rate. Both frequent defoliation and N deficiencies resulted in smaller plants. The dry matter yield was higher in pastures defoliated at 2,5 and 3,5 leaves tiller<sup>-1</sup> and those fertilized with high nitrogen levels (75 kg N ha<sup>-1</sup>). More frequent defoliations increased the metabolizable energy and crude protein content, whereas less frequent defoliations resulted in higher acid and neutral detergent fiber contents.

## INTRODUCCIÓN

La fertilización nitrogenada y la frecuencia de defoliación son dos prácticas de manejo agronómico que se aplican a las praderas, siendo el nitrógeno (después del agua) el factor más limitante en el crecimiento de las plantas forrajeras (Jarvis *et al.*, 1995). Se ha demostrado que la adición de nitrógeno aumenta la producción de materia seca de la pradera (Hopkins *et al.*, 1990, Schils, 1997), aumentando también el contenido de nitrógeno en el material cosechado (Belanger y McQueen, 1998; Duru, 2003), teniendo lo anterior sólo un leve efecto sobre la digestibilidad del forraje (Duru, 2003). Se ha demostrado además que la fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo sobre la elongación de lámina (Kavanová *et al.*, 2008), aparición de macollos (Zhang *et al.*, 2008). Por otro lado, se han reportado efectos contradictorios sobre el filocrono (tasa de aparición de hojas), pudiendo incrementar (Pearse y Wilman, 1984); reducir (Duru y Ducroq, 2000; Hirata, 2000) o no tener efecto sobre este parámetro (Wilman *et al.*, 1977).

Por otra parte, el intervalo de defoliación es uno de los componentes del pastoreo sobre el cual el agricultor tiene el mayor control dentro de un sistema de pastoreo rotativo, el cual determina la oferta de alimento y sumado a una determinada intensidad define la eficiencia de utilización (Fulkerson y Slack, 1995). Diferentes estudios han demostrado que mayores intervalos de defoliación tendrían un efecto positivo sobre la producción de materia seca (Fulkerson y Slack, 1995; Turner *et al.*, 2006a; Acharan, *et al.*, 2010), un efecto negativo sobre la proteína cruda y positivo en las fracciones de fibra detergente neutro y ácido (Turner *et al.*, 2006b; Donaghy *et al.*, 2008). En relación a la dinámica del crecimiento se ha demostrado que defoliaciones más distanciadas favorecen la elongación de lámina (Donaghy y Fulkerson, 1998), favoreciendo también el macollamiento (Donaghy y Fulkerson, 1998), sin tener efecto sobre la aparición de hojas (Donaghy y Fulkerson, 1998; Velasco *et al.*, 2007). Tal como el nitrógeno y la frecuencia de defoliación tienen un efecto sobre la dinámica de crecimiento, la temperatura también la afecta, no obstante esta no puede ser manipulada a nivel de campo. Se sabe que la temperatura tiene un efecto positivo sobre la aparición de hojas, la

aparición de macollos y la elongación de lámina (Durand *et al.*, 1999; Berone *et al.*, 2007).

El uso de parámetros relacionados a la planta, tal como el número de hojas por macollo, refleja de buena manera el estado fisiológico de ésta en términos de niveles de energía de reserva para el rebrote y de adecuada calidad para la nutrición de rumiantes (Fulkerson y Donaghy, 2001), habiendo encontrado que el intervalo óptimo en términos de reservas para la planta de *L. perenne* corresponde al momento en que un macollo tiene entre dos y tres hojas completamente expandidas (Donaghy y Fulkerson, 1998). Desde el punto de vista nutricional se ha establecido que intervalos más largos entre defoliaciones reducen las concentraciones de nutrientes y minerales, estando el intervalo máximo definido por el comienzo de la senescencia, debido a la posterior disminución de la digestibilidad del forraje, que en *Lolium perenne* comienza cuando aparece la cuarta hoja en un macollo (Fulkerson y Donaghy, 2001). De este modo el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto combinado de tres frecuencias de defoliación, medidas a través del número de hojas, y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre la producción de fitomasa, calidad nutritiva del forraje y la dinámica de crecimiento, expresada en el filocrono, tasa de elongación foliar y tasa de macollamiento.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

El trabajo se realizó en el Campus Isla Teja de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. (Longitud 73° 15'W, Latitud 39° 48'S, precipitación anual 2500 mm). Las mediciones se realizaron en la época de invierno y principio de primavera, desde el 21 de junio al 7 de noviembre del año 2008.

### **Diseño del experimento.**

Se evaluaron tres niveles de fertilización nitrogenada 0 (N0); 25 (N25) y 75 (N75) y tres frecuencias de defoliación 1,5 (F1), 2,5 (F2) y 3,5 (F3). La aplicación de nitrógeno se realizó los primeros días de cada mes como urea diluida en agua, en parcelaciones mensuales de 8,3 y 25 kg N ha<sup>-1</sup> para los tratamientos N25 y N75 respectivamente. El criterio de frecuencia de defoliación fue determinado a través del

número de hojas por macollo propuesto por Fulkerson y Donaghy (2001). La defoliación se aplicó a través de la observación de seis plantas por minipradera elegidas al azar. El corte se realizó para todos los tratamientos dejando un residuo de 5 cm de altura.

La información climática se obtuvo de la estación meteorológica de la Universidad Austral de Chile, ubicada en el Campus Isla Teja en Valdivia. La Figura 1 muestra los datos de temperaturas máximas y mínimas y precipitaciones durante todo el año.

El estudio se realizó sobre minipraderas monofíticas de *L. perenne* establecidas en febrero de 2008 en contenedores de 125 L de capacidad y 0,181 m<sup>2</sup> de superficie. Los contenedores fueron llenados con un suelo Duric Hapludand con las características químicas que se indican en el Cuadro 1.

En el estudio se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y un arreglo factorial de tres frecuencias de defoliación por tres niveles de fertilización nitrogenada. Los datos fueron sometidos a prueba de normalidad y homogeneidad de varianza. Comprobados estos supuestos, se sometieron a análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%. Cuando existieron diferencias significativas (5%) se realizó la prueba de Waller-Duncan para comparación de medias.

#### **Variables evaluadas.**

Al comienzo del ensayo se marcaron tres macollos por minipradera, con un clip de color en la base, a estos se les realizó el seguimiento para la medición de la tasa de elongación foliar, tasa de aparición de hojas y tasa de aparición de macollos, según la metodología descrita por Poff *et al.* (2011).

El filocrono fue expresado tanto en tiempo térmico como en días. El valor para cada hoja (H) se obtuvo del promedio del valor obtenido de todos los tratamientos para la primera hoja aparecida (H1), y así para cada hoja hasta la décima hoja (H10), siendo esta, la última hoja aparecida, que se registró dentro del período de mediciones.

Para obtener la suma térmica se determinó la acumulación de temperatura media diaria, después de la emergencia de las plántulas, sobre una temperatura base ( $T_{base}$ ) 5°C. Lo

utilizado para el cálculo fue la temperatura del aire sobre la canopia (McMaster *et al.*, 2003). En el presente trabajo la temperatura acumulada se calculó según lo estipulado por Bartholomew y Williams (2005) de la siguiente forma:

$$\text{Suma Térmica (GDA)} = \sum[(T_{\max} + T_{\min})/2] - T_{\text{base}}.$$

Cuando cada tratamiento alcanzó el número de hojas correspondiente (criterio utilizado en la frecuencia de defoliación), se cortaron las minipraderas dejando un residuo de 5 cm. La fitomasa colectada fue pesada en fresco y luego secada en un horno a 60 °C por 48 h y pesada nuevamente para determinar el rendimiento en materia seca (g MS m<sup>-2</sup>). Posteriormente esta fue molida a una criba de 1mm (Willey Arthur Mill, Philadelphia), para ser analizada en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Austral de Chile para cenizas totales (CT; AOAC, 1996), proteína bruta (PB; AOAC, 1996), proteína soluble (PS; Licitra *et al.*, 1996), energía metabolizable (EM; Garrido y Mann, 1981), fibra detergente ácido (FDA; AOAC, 1996), fibra detergente neutro (FDN; Van Soest *et al.*, 1991), carbohidratos solubles (CHSO; Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1985) y valor D (VD; Tilley y Terry, 1963).

## **RESULTADOS y DISCUSIÓN**

No se observó interacción entre la frecuencia de defoliación y los niveles de fertilización nitrogenada para ninguna de las variables evaluadas por lo que se presentan sólo los efectos de los factores principales.

### **Dinámica de crecimiento de *Lolium perenne* L.**

Los resultados presentados en el Cuadro 2 indican que no hubo un efecto significativo de la frecuencia de defoliación y del nivel de nitrógeno aplicado sobre el filocrono, concordando con lo reportado por Poff *et al.* (2011), para esta misma especie en el periodo otoñal. Al ser el filocrono la expresión inversa de la tasa de aparición de hojas (hojas día<sup>-1</sup>), los resultados obtenidos concuerdan con otros autores que han realizado estudios similares. Van Loo (1993) no detectó efecto de la frecuencia de corte en la tasa de aparición de hojas, mientras que Lee *et al.* (2007) comprobaron que dos

diferentes intensidades de pastoreo no afectaron la tasa de aparición de hojas. Los autores sugieren que la influencia de factores ambientales y manejo, afectarían la acumulación de reservas de carbohidratos en la planta, y por tanto, la capacidad de ésta para responder a un estrés, en este caso, la mayor intensidad de pastoreo. Velasco *et al.* (2007) sugieren una interacción entre estación del año y frecuencia de defoliación, al observar que en invierno la tasa de aparición de hojas fueron menores para las frecuencias de dos y seis semanas, que cuando la defoliación fue realizada cada cuatro semanas, sin embargo en las otras estaciones no hubo efecto alguno.

La fertilización nitrogenada, no tuvo efecto significativo sobre la tasa de aparición de hojas. No obstante, según la literatura la aplicación de nitrógeno aceleraría los cambios en la estructura del macollo, como longitud de hoja y tasa de aparición de hojas (Duru y Ducroq 2000), por ejemplo Van Loo (1993), quien observó una disminución en la tasa de aparición de hojas por la menor suplementación nitrogenada. Esto se explicaría ya que más que la frecuencia de defoliación y la fertilización nitrogenada, habrían otros factores como la temperatura que afectarían en mayor medida al filocrono (Wilhelm y McMaster, 1995; Bartholomew y Williams, 2005). Por ejemplo, Velasco *et al.* (2007) obtuvieron diferencias significativas entre estaciones; donde la mayor tasa de aparición de hojas (menor filocrono) se obtuvo en verano, sin existir diferencias entre las demás estaciones. De este modo Wilhelm y McMaster (1995) postulan que el filocrono puede ser medido en tiempo (días) o tiempo térmico (grados días acumulados), este último consideraría el efecto de la temperatura sobre la tasa de aparición de hojas.

La tasa de expansión de lámina estuvo afectada por las distintas frecuencias de defoliación y niveles de fertilización nitrogenada (Cuadro 2). El tratamiento de defoliación más frecuente, 1,5 hojas macollo<sup>-1</sup>, tuvo una menor tasa de expansión de lámina que aquellos tratamientos defoliados con menos frecuencia (2,5 y 3,5 hojas macollo<sup>-1</sup>). En *Festuca arundinacea* Schreb la tasa de elongación de lámina es 30% mayor con intervalos de defoliación de seis semanas en relación cada dos semanas Volenec y Nelson (1984). Por otro lado, Hazard *et al.* (2001) señalan que la tasa de elongación de lámina se reduce en tratamientos defoliados con mayor frecuencia que

una y dos hojas, sin embargo Duru y Ducrocq (2000) no observaron efecto de las diferentes frecuencias de defoliación en pasto ovillo.

Respecto a la fertilización nitrogenada, se observó que la mayor tasa de elongación de lámina se obtuvo con las mayores dosis de nitrógeno (Cuadro 2), coincidiendo con Volenec y Nelson (1984) quienes obtuvieron un 140% más de elongación de lámina con altas aplicaciones de nitrógeno (336 v/s 22 kg N ha<sup>-1</sup>). Finalmente, Duru y Ducrocq (2002) al estudiar dos frecuencia de defoliación y dos niveles de fertilización nitrogenada pudieron comprobar que el tratamiento que recibió una defoliación menos severa y una mayor fertilización nitrogenada obtuvo una mayor área foliar. En base a lo anterior, y según lo planteado por Volenec y Nelson (1983), el incremento de la elongación de lámina por una menor frecuencia de defoliación se asociaría a un incremento en la tasa de producción de células y aumento en la longitud de estas; por otro lado, el efecto del nitrógeno sería sólo en el incremento en la producción de células.

Según los resultados obtenidos en el presente estudio (Cuadro 2) no hubo un efecto de la fertilización nitrogenada ni de la frecuencia de defoliación sobre la tasa de aparición de macollos. Si bien las diferencias no fueron significativas, se observó una tendencia a aumentar el número de macollos aparecidos por día en cortes más frecuentes y con alta fertilización nitrogenada. Velasco *et al.* (2007) evaluaron tres frecuencias de defoliación y no obtuvieron diferencias significativas en la época de invierno-primavera, sin embargo durante verano-otoño mayores frecuencias (dos y cuatro v/s seis semanas) aumentaron la tasa de aparición de macollos. Lawson *et al.* (1997) por su parte, observaron que la producción de macollos fue mayor con defoliaciones frecuentes de invierno y post-invierno. Poff *et al.* (2011) obtuvieron menor macollamiento en plantas defoliadas a un intervalo de 1,5 hojas por macollo comparado con defoliaciones menos frecuentes, relacionando sus resultados a un menor contenido de reservas de carbohidratos en la planta.

La elongación foliar estuvo afectada por la frecuencia de defoliación y la fertilización nitrogenada (Cuadro 2). En cortes más frecuentes se obtuvieron plantas de menor tamaño, comparado con los cortes realizados al estado de 2,5 hojas macollo<sup>-1</sup> y a



la vez este fue menor que al estado de 3,5 hojas macollo<sup>-1</sup>. Esto se debería a que la ballica perenne tendría la capacidad de reducir el tamaño de sus macollos en respuesta a la defoliación, haciéndola menos disponible al pastoreo animal (Cullen *et al.*, 2006). Además, una disminución en la fertilidad del suelo también afectaría el tamaño de las plantas (Hazard *et al.*, 2001), lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que las plantas fueron de menor tamaño cuando no recibieron fertilización nitrogenada.

En las Figuras 2 y 3 se puede ver el efecto de la frecuencia de defoliación y fertilización nitrogenada, respectivamente, sobre el filocrono; las curvas siguieron la misma tendencia para todos los tratamientos sin presentar grandes diferencias entre ellos.

Los grados días acumulados necesarios para la aparición de una nueva hoja presentaron diferencias entre hojas, lo que refleja que habría otros factores responsables en esta. Bartholomew y Williams (2005) estimaron el filocrono promediando todos los regimenes de temperatura para ballica italiana (*Lolium multiflorum* Lam.), festuca (*F. arundinacea* .) y “tall wheatgrass” (*Elytrigia elongata* Host Nevski) obteniendo 69, 89, y 95 GDA hoja<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que en el presente estudio al promediar todos los tratamientos y obtener un valor único por hoja, los grados días acumulados necesarios para la aparición de una hoja se encuentran en un rango de 62,3 GDA para la hoja 3 (H3) y de 104 GDA para la hoja 7 (H7) (Cuadro 3). La variación entre estos valores indica que la tasa de aparición de hojas no depende sólo de la temperatura. Según Bartholomew y Williams (2005), entre un rango de 0 a 22,5 °C, la tasa de aparición de hojas no mantiene una relación constante con la temperatura acumulada, resultando en un incremento del filocrono con el aumento de la temperatura media diaria. Esto concuerda con el presente ensayo, ya que que las primeras hojas aparecieron en la época de invierno y a medida que se fue acercando la primavera la temperatura fue aumentando. Por lo tanto, el aumento del filocrono comenzó a ser evidente a partir de la sexta hoja aparecida (H6), donde la temperatura comienza a aumentar. A pesar de que las hojas 8, 9 y 10 tuvieron una pequeña disminución, la diferencia entre las hojas 1, 2, 3 y 4 con las hojas 5, 6, 7, 8 y 9 (Cuadro 3) fue evidente.

Al igual que en tiempo térmico, el filocrono expresado en número de días necesarios para la expansión de una hoja nueva (Figuras 4 y 5) no fue afectado por la frecuencia de defoliación ni la fertilización nitrogenada. Lee *et al.* (2009) no observaron efecto de la frecuencia de defoliación sobre el número de días para la aparición de una nueva hoja en *L. perenne*, con un promedio de 14,2 días por hoja, lo que concuerda con valores obtenidos en este estudio, donde el intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas fue de 15 días.

Al comparar el filocrono en número de días, se observó un efecto estacional, ya que hubo una disminución en el número de días necesarios para producir una nueva hoja en la medida que se fue acercando el período de mayor temperatura (inicios de primavera). La hoja que demoró más días en aparecer fue la hoja 2 con cerca de 22 días, el doble de lo que tardó la hoja 10 en el período donde las temperaturas eran más altas (Cuadro 3). Al respecto, Van Loo (1993) afirma que existe una alta correlación entre la temperatura y la tasa de aparición de hojas. Esto coincide con Fulkerson y Lowe (2002) quienes señalan que esta relación sería efectiva hasta una temperatura máxima de 25 °C, donde el intervalo para la aparición de tres hojas puede variar desde 12 días a más de 100 días para las regiones más frías.

### **Producción de materia seca y calidad nutritiva**

Se obtuvo un claro efecto de la frecuencia de defoliación y de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca de la pradera (Cuadro 2). La frecuencia de defoliación en 1,5 hojas macollo<sup>-1</sup> tuvo una menor producción de materia seca que los tratamientos con defoliación menos frecuente (2,5 y 3,5 hojas macollo<sup>-1</sup>) con un rendimiento equivalente a 2.846, 4.357 y 4.617 kg de MS ha<sup>-1</sup> para 1,5; 2,5 y 3,5 hojas respectivamente. Este resultado concuerda con autores como Callow *et al.* (2005), quienes demostraron que defoliaciones frecuentes realizadas al estado de una o dos hojas por macollo en invierno reducen la producción de hojas, pseudotallos y raíces en ballica. Turner *et al.* (2006b) al estudiar el comportamiento de la *L. perenne* y otras especies como pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y bromo (*Bromus willdenowii* Kunth.), obtuvieron mayores producciones en las plantas cortadas en estado de tres y cuatro

hojas, independiente de la especie evaluada. Según los resultados obtenidos por estos autores, esta disminución en el rendimiento dado por defoliaciones más frecuentes se atribuyó a la disminución del peso por macollo y no a la disminución en el número de plantas por área. Velasco *et al.* (2007), observaron en *L. perenne* que cortes cada cuatro semanas presentaban entre 13 y 21% mayor rendimiento que cortes cada dos y seis semanas respectivamente. Para Hazard *et al.* (2001) el incremento en la frecuencia de defoliación resultó en una reducción del crecimiento de las plantas, afectando también número de macollos y crecimiento de las hojas. Donaghy y Fulkerson (1998) señalan que la mayor frecuencia de defoliación provoca un agotamiento en los carbohidratos de reserva presentes en la base del tallo afectando la participación de la *L. perenne* dentro de la pradera. Respecto a esto, Lee *et al.* (2009) y Fulkerson y Lowe (2002) confirmaron la importancia de los carbohidratos de reservas para la producción y persistencia de la pradera. Los últimos autores afirman que el estado de 2 hojas macollo es el límite inferior que permite alcanzar las reservas necesarias para el rebrote, y así tener una respuesta positiva de la producción.

También se observó un incremento en la producción de materia seca producto de la fertilización nitrogenada. Los tratamientos sin adición de N y aquellos en que se fertilizó con 25 kg N ha<sup>-1</sup> tuvieron una menor producción (3.120 y 3.639 kg de MS ha<sup>-1</sup> respectivamente) que con dosis de 75 kg N ha<sup>-1</sup> (5.061 kg de MS ha<sup>-1</sup>). Este resultado coincide con estudios anteriores que indican que la fertilización nitrogenada incrementa la producción de forraje (Harris *et al.*, 1996). La fertilización nitrogenada, estaría relacionada con el tamaño de la lámina, por lo tanto, una alta disponibilidad de nitrógeno puede originar una mayor producción de materia seca, por mayor capacidad fotosintética de la pradera.

La frecuencia de defoliación afectó todas las variables relativas al valor nutritivo del forraje cosechado, mientras que la fertilización nitrogenada modificó el contenido de MS, CT, PB, CHOS y PS. Estos resultados concuerdan con Lee *et al.* (2009), quienes obtuvieron mayor concentración de PC y EM, y menor concentración de FDN, FDA y CHOs en plantas con defoliaciones más frecuentes.

La proteína bruta fue mayor cuando las defoliaciones fueron más frecuentes (Cuadro 4), lo que concuerda con Poff *et al.* (2011). Turner *et al.* (2006b) determinaron que a mayor intervalo de defoliación menor es el contenido de proteína cruda en la pradera. La proteína cruda se vio incrementada por efecto de la fertilización nitrogenada siendo significativo el efecto de los diferentes niveles de adición de nitrógeno, lo que concuerda con Peyraud y Astigarraga (1998). La proteína soluble presentó respuestas similares a las de la proteína cruda, donde a mayor frecuencia de defoliación y fertilización N, mayor contenido de proteína soluble.

El contenido de energía metabolizable fue mayor con defoliación de 1,5 hojas comparado con 2,5 y 3,5 hojas por macollo. Este resultado concuerda con el obtenido por Turner *et al.* (2006b) en pasto ovillo y bromo, donde obtuvieron mayor concentración de energía metabolizable en plantas defoliadas al estado de dos hojas que a cuatro hojas por macollo. La tendencia a disminuir la concentración de energía metabolizable en intervalos de defoliación mayores se debería en gran parte a la disminución de la digestibilidad, lo que es corroborado por el valor D. La defoliación más frecuente resultó en un mayor valor D, mientras que la adición de nitrógeno no tuvo un efecto significativo sobre estas variables.

Los tratamientos defoliados a 2,5 y 3,5 hojas macollo<sup>-1</sup> resultaron en un mayor contenido de FDN y FDA que los tratamientos con defoliaciones menos frecuentes, lo que concuerda con lo reportado por Turner *et al.* (2006b) para *B. willdeniwillii*, quienes establecieron una relación positiva entre el estado de hojas y la concentración de FDN y FDA. El contenido de carbohidratos solubles fue aumentando en la medida que disminuyó la frecuencia de defoliación, obteniéndose el valor más alto con 3,5 hojas por macollo. Resultados similares obtuvieron Fulkerson y Lowe (2002) y Poff *et al.* (2009). Los autores indicados en primer término, señalan que tal como ocurre con los carbohidratos en la base del macollo, los carbohidratos en las hojas se acumulan con la madurez, hasta el comienzo de la senescencia en el estado de tres hojas por macollo. La respuesta de la concentración de carbohidratos solubles a la fertilización nitrogenada muestra que en la medida que aumentó la dosis de nitrógeno disminuyó el contenido de

carbohidratos solubles, lo que concuerda con los resultados entregados por Peyraud y Astigarraga (1998).

## **CONCLUSIONES**

La frecuencia de defoliación y la dosis de fertilizante nitrogenado afectaron las variables morfológicas, producción de materia seca y de calidad nutritiva de la pradera de *Lolium perenne*.

El filocrono y la tasa de aparición de macollos no fueron alterados por las diferentes frecuencias de defoliación ni por la dosis de fertilización nitrogenada, mientras que la tasa de elongación de lámina tuvo un incremento en los tratamientos con menor frecuencia de defoliación y mayor fertilización nitrogenada.

Las menores frecuencias de defoliación y la mayor dosis de aplicación de nitrógeno lograron los mayores rendimientos de materia seca.

Defoliaciones más frecuentes produjeron un forraje con mayor contenido de proteína cruda, energía metabolizable y valor D, y con menor contenido de carbohidratos solubles, FDN y FDA. La mayor adición de nitrógeno incrementó la concentración de proteína cruda y soluble, y disminuyó la concentración de carbohidratos solubles.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ACHARAN, F.A.; BALOCCHI, O.A.; LOPEZ, I.F. 2010. Phyllochron, herbage mass and nutritive value of a *Lolium perenne* L./*Trifolium repens* L. pasture subjected to three frequencies and intensities of defoliation. *Agro Sur* 37: 81-90.
- AOAC. 1996. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th Ed. Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- BARTHOLOMEW, P.; WILLIAMS, R. 2005. Cool-season Grass development response to accumulated temperature under a range of temperature regimes. *Crop Science* 45: 529-534.

- BELANGER, G.; MCQUEEN, R.E. 1998. Analysis of the nutritive value of timothy grown with varying N nutrition. *Grass and Forage Science* 53: 109–119.
- BERONE, G.; LATTANZI, F.; COLABELLI, M.; AGNUSDEI, M. 2007. A comparative analysis of the temperature response of leaf elongation in *Bromus stamineus* and *Lolium perenne* plants in the field: Intrinsic and size-mediated effects. *Annals Botany* 100: 813-820.
- CALLOW, M.; MICHELL, P.; BAKER, J.; COCKS, P.; HOUGH, G. 2005. Response of herbage regrowth and water-soluble carbohydrate concentration of ryegrass species to defoliation practice when grown in a Mediterranean environment. *Grass and Forage Science* 60: 59-67.
- CULLEN, B.; CHAPMAN, D.; QUIGLEY, P. 2006. Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. *Grass and Forage Science* 61: 405-412.
- DONAGHY, D.; FULKERSON, W. 1998. Priority for allocation of water-soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. *Grass and Forage Science* 53: 211-218.
- DONAGHY, D.J.; TURNER, L.R.; ADAMCZEWSKI, K.A. 2008. Effect of defoliation management on water-soluble carbohydrate energy reserves, dry matter yields, and herbage quality of tall fescue. *Agronomy Journal* 100: 122–127
- DURAND, J.L.; SCHÄUFELE, R.; GASTAL, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: morphological analysis and modeling. *Annals of Botany* 83: 577–588.
- DURU, M. 2003. Effect of nitrogen fertilizer rates and defoliation regimes on the vertical structure and composition (crude protein content and digestibility) of a grass sward. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 1469–1479.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. 2000. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. *Annals of Botany* 85: 645-653.

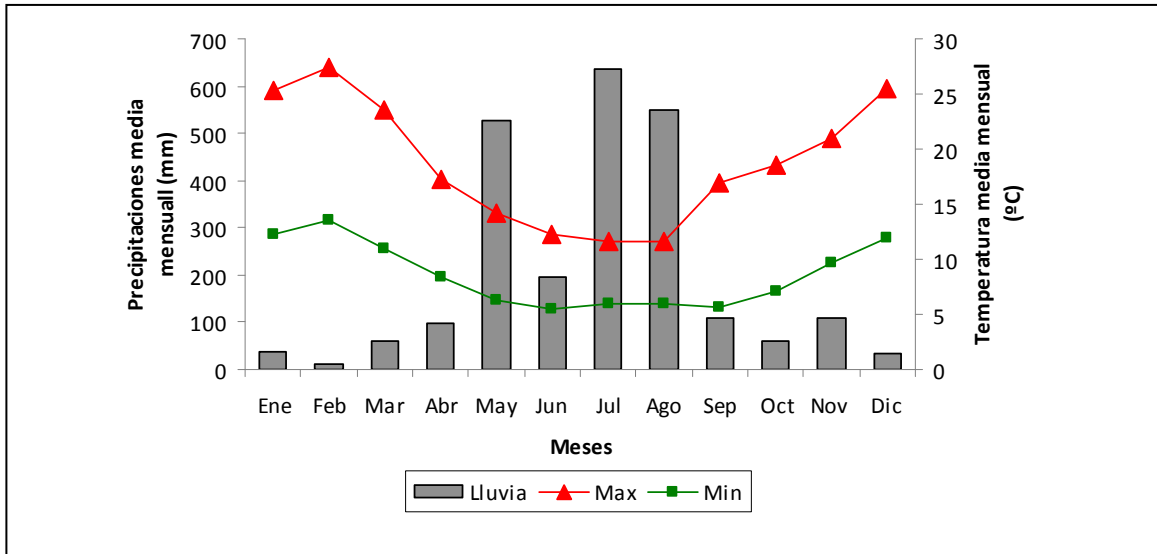
- DURU, M.; DUCROCQ, H. 2002. A model of lamina digestibility of Orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Science* 42: 214-223
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science* 50: 16–20
- FULKERSON, A.; DONAGHY, D. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 261-275.
- FULKERSON, W.; LOWE, K. 2002. Grazing management. *Forage and Pastures*. pp: 1142-1149.
- GARRIDO, O.F.; MANN, E.A. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente a través del año. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 68 p.
- HARRIS, S.; THOM, E.; CLARK, D. 1996. Effect of high rates of nitrogen fertiliser on perennial ryegrass growth and morphology in grazed dairy pasture in northern New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39: 159-169.
- HAZARD, L.; BARKER, D.; EASTON, H. 2001. Morphogenetic adaptation to defoliation and soil fertility in perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 44: 1-12.
- HIRATA, M. 2000. Effects of nitrogen fertilizer rate and cutting height on leaf appearance and extension in bahiagrass (*Paspalum notatum*). *Tropical Grasslands* 34, 7-13.
- HOPKINS, A.; GILBEY, J.; DIBB, C.; BOWLING, P.J.; MURRAY, P.J. 1990. Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 1. Herbage production and herbage quality. *Grass and Forage Science* 45: 43–55

- KAVANOVÁ, M.; LATTANZI, F.; SCHNYDER, H. 2008. Nitrogen deficiency inhibits leaf blade growth in *Lolium perenne* by increasing cell cycle duration and decreasing mitotic and post-mitotic growth rates. *Plant, Cell and Environment* 31: 727-737.
- JARVIS, SC; SCHOLEFIELD, D; PAIN, D. 1995. Nitrogen cycling in grazing systems. In 'Nitrogen fertilization in the environment'. (Ed PE Bacon) pp. 381-420. CRS Press
- LAWSON, A.; SALE, P.; KELLY, K. 1997. Effect of defoliation frequency on an irrigated perennial pasture in northern Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research* 48: 819-830.
- LEE, J.; DONAGHY, D.; ROCHE, J. 2007. The effect of grazing severity and fertiliser application during winter on herbage regrowth and quality of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 825-832.
- LEE, J.; DONAGHY, D.; SATHISH, P.; ROCHE, J. 2009. Interaction between water-soluble carbohydrate reserves and defoliation severity on the regrowth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) – dominant swards. *Grass and Forage Science* 64: 266-275.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57: 347-358.
- MCMASTER, G.; WILHELM, W.; PALIC, D.; PORTER, J.; JAMIESON, P. 2003. Spring Wheat leaf appearance and temperature: Extending the paradigm?. *Annals of Botany* 91: 697-705.
- MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. 1985. *The Analysis of Agricultural Material*. London, UK: Agricultural Development and Advisory Service.



- PEARSE, P.J.; WILMAN, D. 1984. Effects of applied nitrogen on grass leaf initiation, development and death in field swards. *The Journal of Agricultural Science* 103: 405–413.
- PEYRAUD, J.; ASTIGARRAGA, L. 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: Consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Science and Technology* 72: 235-259.
- POFF, J.A.; BALOCCHI, O.A.; LOPEZ, I.F. 2011. Sward and tiller growth dynamics of *Lolium perenne* as affected by defoliation frequency during autumn. *Crop and Pasture Science* 62: 346-354
- SCHILS, R.L. 1997. Effect of a spring application of nitrogen on the performance of perennial ryegrass-white clover swards at two sites in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 263–275.
- TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111.
- TURNER, L.; DONAGHY, D.; LANE, P.; RAWNSLEY, R. 2006a. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water soluble carbohydrate concentration. *Grass and Forage Science* 61: 164–174.
- TURNER, L.; DONAGHY, D.; LANE, P.; RAWNSLEY, R. 2006b. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 2. Nutritive value. *Grass and Forage Science* 61: 175-181.
- VAN LOO, E. 1993. On the relation between tillering, leaf area dynamics and growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) Wageningen Dissertation Abstracts, dissertation 1691.

- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- VELASCO M.; HERNÁNDEZ A.; GONZÁLES, V. 2007. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 79-89.
- VOLENEC, J.; NELSON, C. 1983. Responses of tall fescue leaf meristems to N fertilization and Harvest frequency. *Crop Science* 23: 720-724.
- VOLENEC, J.; NELSON, C. 1984. Carbohydrate metabolism in leaf meristem of Tall Fescue. II Relationship to leaf elongation rates modified by nitrogen fertilization. *Plant Physiology* 74: 595-600.
- WILHELM, W.; McMASTER, W. 1995. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. Symposium on the phyllochron. *Crop Science* 35: 1-3.
- WILMAN, D.; DROUSHIOTIS, D.; MZAMANE, M.N.; SHIM, J.S. 1977. The effect of interval between harvests and nitrogen application on initiation, emergence and longevity of leaves, longevity of tillers and dimensions and weights of leaves and 'stems' in *Lolium*. *The Journal of Agricultural Science* 89: 65-79.
- ZHANG, X.; WANG, Q.; LINGHAO, L.; XINGGUO, H. 2008. Seasonal variations in nitrogen mineralization under three land use types in a grassland Landscape. *Acta Oecologica* 34: 322-330.



**Figura 1. Condiciones meteorológicas para el año 2008.**

**Figure 2. Meteorological conditions during 2008**

**Cuadro 1. Contenido de nutrientes del suelo a inicios del experimento**

**Table 1. Soil nutrient content at the beginning of the experiment**

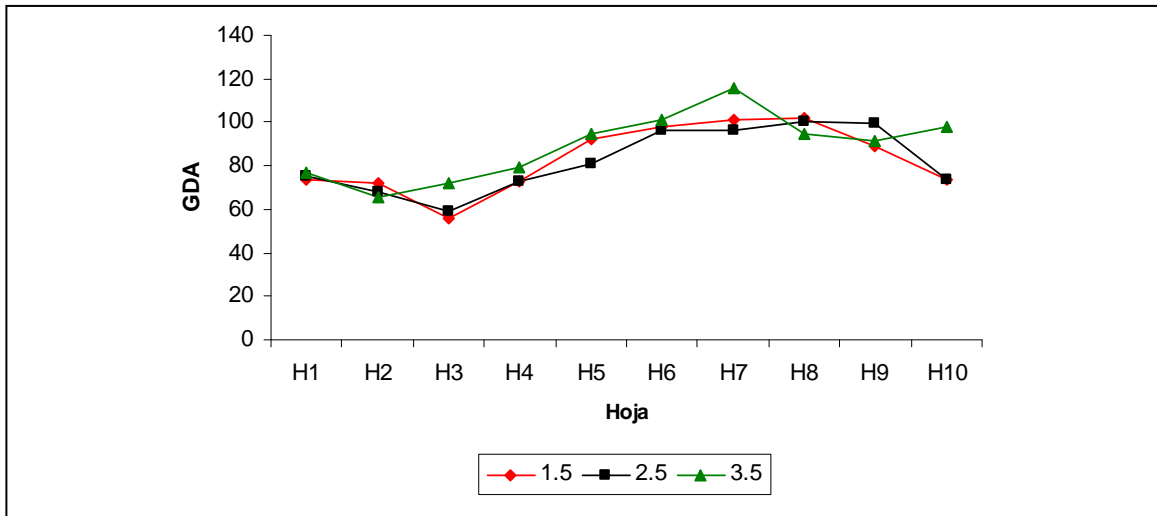
Parámetro	Nivel
pH (H <sub>2</sub> O)	5,7
P-Olsen (mg/kg)	23
K intercambiable (mg/kg)	266
Nitrógeno mineral (NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> ) (mg/kg)	13,1

**Cuadro 2. Efecto de la frecuencia de defoliación y fertilización nitrogenada sobre filocrono, tasa de expansión de lámina (TEL), tasa de aparición de macollo (TAM), altura extendida y producción de materia seca para cada uno de los tratamientos.**

**Table 2. Phyllocron, leaf appearance rate, tiller appearance rate, extended leaf length and accumulated herbage mass production as affected by defoliation frequency and N fertilization.**

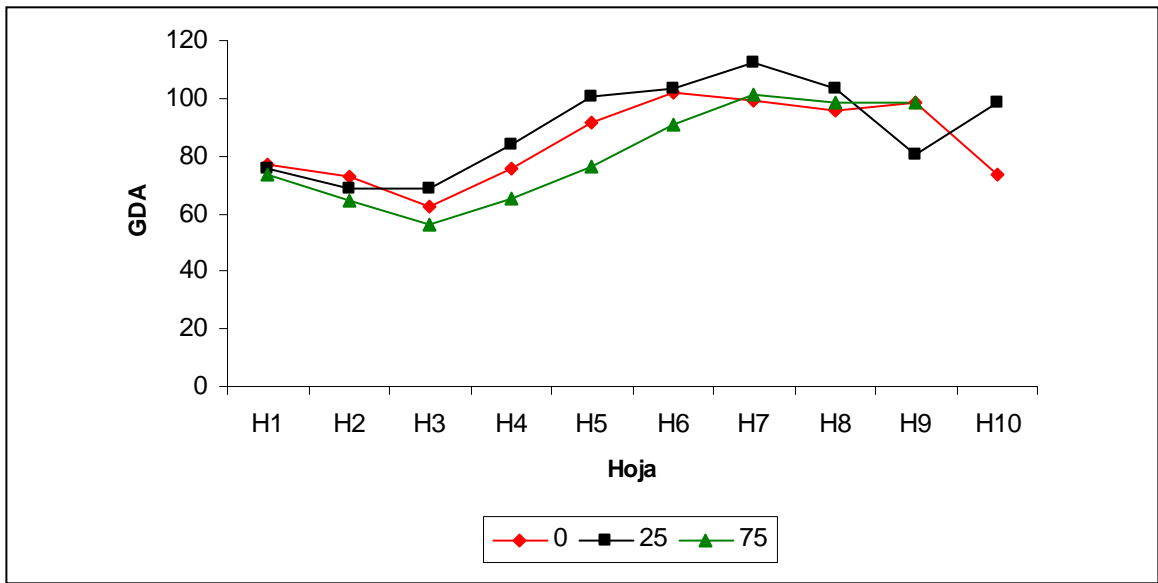
	<b>Filocrono</b> (días hoja <sup>-1</sup> )	<b>TEL</b> (mm día <sup>-1</sup> )	<b>TAM</b> (días mac. <sup>-1</sup> )	<b>Altura</b> <b>ext. (mm)</b>	<b>Producción</b> (g MS m <sup>-2</sup> )
<b>Frecuencia</b>					
1,5	16,267	4,841 b	54,104	156,45 c	284,59 b
2,5	16,029	5,930 a	66,266	202,39 b	435,67 a
3,5	17,563	5,886 a	70,608	241,88 a	461,69 a
<b>Nitrógeno</b>					
0	16,587	4,812 b	78,086	186,49 b	311,97 b
25	17,532	5,605 ab	62,634	196,22 ab	363,90 b
75	15,756	6,240 a	58,037	218,01 a	506,08 a

Valores seguidos de diferente letra dentro de cada columna difieren estadísticamente (5% Waller – Duncan).



**Figura 2. Efecto de la frecuencia de defoliación sobre el filocrono expresado en grados días acumulados (GDA)**

**Figure 2. Effect of defoliation frequency on phyllochron expressed as accumulated degree days**



**Figura 3. Efecto del nivel de fertilización nitrogenada sobre el filocrono expresado en grados días acumulados (GDA)**

**Figure 3. Effect of nitrogen application on phyllochron expressed as accumulated degree days**

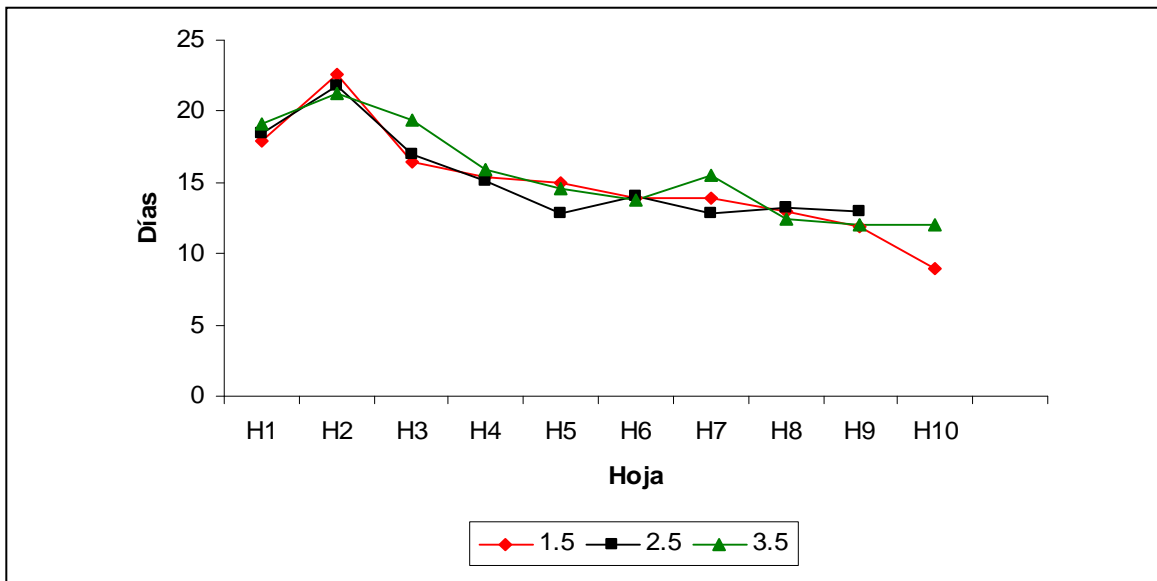
**Cuadro 3. Filocrono promedio expresado en grados días acumulados (GDA) y días**

**Table 3. Mean phyllochron expressed on an accumulated degree days or daily basis**

<b>Hoja</b>	<b>GDA<sub>b=5</sub></b>	<b>Días</b>
1	75,192 ed	18,51 b
2	68,822 ef	21,85 a
3	62,284 f	17,61 b
4	74,953 ed	15,51 c
5	89,343 bc	14,14 cd
6	98,670 ab	13,88 cde
7	104,402 a	14,12 cd
8	99,140 ab	12,93 de
9	93,030 abc	12,25 e
10	81,867 cd	10,00 f

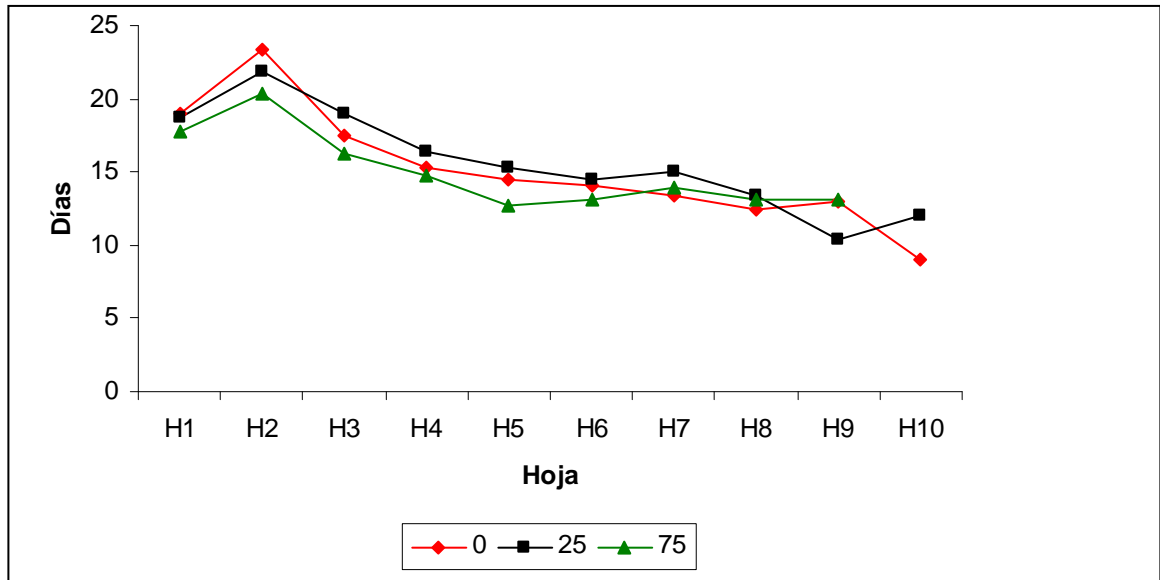
Valores seguidos de diferente letra dentro de cada columna difieren estadísticamente (5% Waller – Duncan).





**Figura 4. Efecto de la frecuencia de defoliación sobre el filocrono expresado en días.**

**Figure 4. Effect of defoliation frequency on phyllochron (days per emerged leaf)**



**Figura 5. Efecto del nivel de fertilización nitrogenada sobre el filocrono expresado en días**

**Figure 5. Effect of nitrogen application on phyllochron (days per emerged leaf)**

**Cuadro 4. Efecto de la aplicación de nitrógeno y frecuencia de defoliación sobre el valor nutritivo de una pradera de *Lolium perenne*.**

**Table 4. Effect of nitrogen application and defoliation frequency on nutrient content of a *Lolium perenne* sward.**

	MS	CT	PC	EM	FDN	FDA	CHOS	VD	PS
	%	%	%	Mcal kg <sup>-1</sup>	%	%	g kg <sup>-1</sup>	%	%
Frecuencia									
1,5	17,2c	9,01a	22,1a	2,83 <sup>a</sup>	34,4b	25,8b	110,9c	78,4a	10,10 <sup>a</sup>
2,5	19,3b	7,61b	17,1b	2,77b	38,1a	26,9a	136,7b	76,3b	9,12b
3,5	23,4a	7,22c	14,3c	2,77b	37,7a	26,6a	161,7a	76,2b	8,46c
Nitrógeno									
0	20,5a	7,99a	16,8c	2,77	37,1	26,9	142,1a	76,7	8,86b
25	19,7b	8,13a	17,6b	2,79	36,8	26,4	137,4a	77,1	8,99b
75	19,6b	7,72b	19,0a	2,80	36,3	26,1	129,7b	77,2	9,84 <sup>a</sup>

Valores seguidos de diferente letra dentro de cada columna difieren estadísticamente (5% Waller – Duncan).

CT: cenizas totales, PC: proteína cruda, EM: energía metabolizable, FDA: fibra detergente ácido, FDN: fibra detergente neutro, CHOS: carbohidratos solubles, VD: valor D, PS: proteína soluble,