

# Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades

## Seasonal herbage yield and growth dynamics of perennial ryegrass, grazed by sheep at different frequencies and intensities

Santiago Garduño Velázquez<sup>a</sup>, Jorge Pérez Pérez<sup>a</sup>, Alfonso Hernández Garay<sup>a</sup>, José G. Herrera Haro<sup>a</sup>, Pedro Arturo Martínez Hernández<sup>b</sup>, Bertín Maurilio Joaquín Torres<sup>c</sup>

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la acumulación estacional de forraje, la tasa de crecimiento (TC), densidad y peso de tallos (DT y PT) de ballico perenne a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo. Los tratamientos consistieron en dos frecuencias 14 ó 21 días (época de lluvias) y 35 ó 42 días (épocas fría y seca) y tres intensidades de pastoreo: alta (IA: 4 - 6 cm), media (IM: 6 - 8 cm) y ligera (IL: 8 - 10 cm); se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2 x 3 y tres repeticiones. En lluvias el pastorear cada 21 días superó en 28 % al de 14 días (4,437 vs 3,457 kg MS ha<sup>-1</sup>) y durante las épocas fría y seca se produjo 27 % más forraje al pastorear cada 35 que a 42 días (2,270 vs 1,787 kg MS ha<sup>-1</sup>). La IM produjo mayor acumulación de forraje que la IA e IL, durante las tres épocas del año. La TC fue mayor en la época de lluvias, especialmente en agosto, cuando se pastoreó a IM cada 21 días. En las épocas fría y seca la mayor TC se registró con pastoreos cada 35 días a IM. En agosto se observó la mayor DT promedio (8,042 m<sup>-2</sup>) y disminuyó a partir de septiembre. El PT determinó la mayor acumulación de forraje a los 21 días en la época de lluvias, en tanto que la DT incrementó el rendimiento de forraje al inicio del siguiente periodo de lluvias.

**PALABRAS CLAVE:** *Lolium perenne*, Frecuencia de pastoreo, Acumulación de forraje, Tasa de crecimiento, Densidad de tallos, Peso de tallos.

### ABSTRACT

The objective of the present study was to assess perennial ryegrass seasonal herbage accumulation, growth rate (GR), tiller population density (TPD) and weight (TW) at different grazing frequencies and intensities. Treatments consisted of two grazing frequencies (14 and 21 d in the rainy season and 35 and 42 d in the dry and cold seasons) and three grazing intensities: (hard 4-6 cm); medium (6-8 cm) and lax (8-10 cm) in a completely randomized block design with a factorial 2x3 arrangement and three replicates. In the rainy season herbage accumulation was 28 % greater ( $P < 0.05$ ) at 21 d grazing frequency than at 14 d grazing frequency (4,457 vs 3,457 kg DM ha<sup>-1</sup>). In the cold and dry seasons herbage accumulation at 35 d interval produced 27 % more herbage than at 42 d interval (2,270 vs 1,787 kg DM ha<sup>-1</sup>). Medium intensity grazing yielded more herbage than both hard and lax in the three seasons. The highest GR was recorded in the rainy season, especially in August at 21 d frequency and medium intensity. The highest TPD (8,042 tillers m<sup>-2</sup>) was recorded also in August and tended to drop in September. Tiller weight had the greatest influence on herbage yield at 21 d frequency in the rainy season, and TPD increased herbage yield at the beginning of the following rainy season.

**KEY WORDS:** *Lolium perenne*, Grazing frequency, Herbage accumulation, Growth rate, Tiller density, Tiller weight.

El ballico perenne (*Lolium perenne* L.), junto con la alfalfa (*Medicago sativa* L.), es la especie

Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) together with alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the most

Recibido el 22 de agosto de 2007. Aceptado para su publicación el 5 de agosto de 2008.

<sup>a</sup> Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Edo. de México. México. santiagov@colpos.mx. Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

<sup>c</sup> Universidad del Papaloapan. Loma Bonita, Oaxaca.

forrajera más cultivada en las regiones templadas de México, para usarse en pastoreo con bovinos y ovinos, por su alto rendimiento por hectárea y calidad nutritiva. La frecuencia e intensidad de cosecha por los animales son las variables más importantes en el manejo de las praderas, ya que afectan su comportamiento morfológico y productivo, el cual está relacionado con el índice de área foliar residual y el balance de reservas de carbohidratos, que afectan la tasa de crecimiento, materia seca acumulada, densidad y peso de los tallos, tasa de aparición y muerte de los mismos<sup>(1,2,3,4)</sup>.

La producción de forraje en las praderas se puede incrementar, mediante el manejo eficiente de diferentes estrategias de defoliación, al reducir o incrementar la frecuencia e intensidad de pastoreo, para favorecer la tasa de rebrote en las plantas y disminuir las pérdidas por muerte y descomposición del forraje<sup>(5)</sup>. Después de una defoliación moderada a severa, se reduce la disponibilidad de fotosintatos en los tallos, que crea un desbalance entre fuente - demanda y se modifican las prioridades de asignación de C y N en los mismos<sup>(6)</sup>, que se dirige a promover de manera preferente el crecimiento de los componentes aéreos<sup>(4,7)</sup>, que es el primer paso para la recuperación de las plantas; el abastecimiento ocurre principalmente hacia las zonas de crecimiento de los tallos y, en menor grado, hacia las raíces<sup>(8)</sup>. El rebrote de las gramíneas perennes proviene del crecimiento vegetativo y la aparición de nuevos tallos, y este proceso es influenciado por factores climáticos, hormonales (auxinas y citocininas), competencia entre tallos, disponibilidad de nutrientes (principalmente de nitrógeno), reservas de carbohidratos en tallos y raíces y área foliar remanente<sup>(9,10)</sup>. El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia e intensidad de pastoreo con ovinos, que promoviera la mayor acumulación estacional de forraje y aumentara la tasa de crecimiento del ballico perenne, sin afectar negativamente la densidad, peso de los tallos, la tasa de aparición y muerte de los mismos en la pradera.

El experimento se realizó durante julio de 2005 a junio de 2006 en el municipio de Epitacio Huerta, Michoacán, localizado a 20° 07' N y 100° 13' O,

common forage plant grown in the temperate areas of Mexico for grazing by bovines and sheep, due to its high yield and quality. Frequency and intensity of harvest by animals are the most important variables in pasture management, because they affect both productive and morphological behavior of pastures, which are linked to residual leaf foliar index and to carbohydrate reserve balance, which affect growth rate, dry matter accumulation, tiller weight and density and tiller appearance and death rates<sup>(1,2,3,4)</sup>.

Forage production in pastures can be increased through efficient management of diverse defoliation strategies, increasing or reducing grazing intensity and frequency thus favoring plant regrowth rate and reducing losses due to death and forage decomposition<sup>(5)</sup>. Following moderate to severe defoliation, photosynthesis products availability in tillers drop creating an unbalance between source and demand and C and N allocation priorities change<sup>(6)</sup>, which are focused on promoting preferentially aerial components growth<sup>(4,7)</sup>, being the first stage for plant recovery. Growth areas in tillers and to a lesser degree in roots are provided first<sup>(8)</sup>. Perennial grasses regrowth depends on vegetative growth and new tiller appearance and this process is influenced by climate, hormones (auxins and cytokinins), competence among tillers, nutrient availability (especially nitrogen), carbohydrate reserves in tillers, roots and remaining foliar area<sup>(9,10)</sup>. The objective of the present study was to determine which sheep grazing intensity and frequency promotes the greater seasonal forage accumulation and also increases perennial ryegrass growth rate without affecting negatively tiller density, weight, appearance and death in pastures.

The experiment was carried out between July 2005 and June 2006 at the Epitacio Huerta Municipality in the State of Michoacán, Mexico, 20° 07' N, 100° 13' W, 2,350 m asl. Climate at this site is temperate with summer rainfall, 15.4 °C average annual temperature and 844 mm average annual rainfall. Soils can be characterized as clay-sand loams, slightly acid (6.3 pH), 2.3 % organic matter content and 0.11 dSm<sup>-1</sup> electrical conductivity. Soil was plowed and harrowed. Pasture was planted in

a 2,350 m de altitud. El clima del lugar es templado con lluvias en verano; la temperatura y precipitación medias anuales son 15.6 °C y 844 mm. El suelo es franco arcillo-arenoso, ligeramente ácido (pH 6.3), con 2.3 % de materia orgánica y conductividad eléctrica de 0.11 dSm<sup>-1</sup>.

El terreno se barbechó, rastreó y la siembra se realizó en febrero del 2005, con 25 kg ha<sup>-1</sup> de semilla de ballico perenne variedad Tetraploide Americana. En la siembra se aplicaron 40 kg ha<sup>-1</sup> de N y se realizaron dos riegos por gravedad al mes, uno cada 15 días, aproximadamente, durante febrero a mayo (que corresponde al periodo de sequía). La pradera se dividió en 18 unidades experimentales de 40 m<sup>2</sup>. El forraje de las parcelas se cosechó con ovinos criollos, con un peso vivo de 20 a 30 kg, los cuales se utilizaron sólo como cosechadores; los ovinos permanecieron en las parcelas el tiempo necesario para remover todo el forraje presente, según los tratamientos estudiados.

Los tratamientos probados fueron dos frecuencias de pastoreo (FP: 14 y 21 días) y tres intensidades de pastoreo (IA: alta 4 – 6, IM: media 6 – 8 e IL: ligera 8 – 10 cm de altura de pastoreo); estos tratamientos se evaluaron de julio a octubre y se modificaron en noviembre, al iniciar la época fría de 2005 y se mantuvieron hasta junio del siguiente año. Los cambios efectuados al iniciar la época fría y seca, consistieron en ampliar de 14 a 42 y de 21 a 35 días las frecuencias entre pastoreos, mientras que la intensidad alta se cambió a ligera, la ligera a alta y se mantuvo igual la intensidad media. Los cambios señalados se hicieron porque las plantas en las parcelas experimentales, tendieron a desaparecer al final de la época lluviosa y había el riesgo de que se murieran las plantas, porque no pudieran recuperarse después de los pastoreos en la época fría y seca.

Para evaluar la acumulación estacional de forraje, se utilizaron dos cuadros fijos de 0.25 m<sup>2</sup> en cada parcela, colocados al azar al iniciar el experimento y se cortó con tijera todo el forraje presente, antes de que los ovinos pastorearan las parcelas. El forraje cosechado se lavó, se depositó en bolsas etiquetadas y se secó en una estufa de circulación de aire

February 2005 with 25 kg ha<sup>-1</sup> of perennial ryegrass var. Tetraploide American. Pasture was divided into 18 experimental plots 40 m<sup>2</sup> each. 40 kg ha<sup>-1</sup> N were applied at planting time and two waterings by gravity were applied monthly at roughly fortnightly intervals between February and May (dry period). Forage in each plot was harvested with native sheep (30 to 40 kg liveweight) which remained in each plot till forage was completely removed in accordance with treatments.

Treatments were two grazing frequencies (RGF: 14 and 21 d) and three grazing intensities (RGH: hard 4-6 cm, RGM: medium 6 - 8 cm and RGL: lax 8 - 10 cm cutting height). These treatments were evaluated from June to October and were changed in November, when the cold dry season begins and was kept until June of the following year. These changes were CDGF: 35 and 42 d and CDGH 8 - 10 cm, CDGL 4 - 6 cm and CDGM 6 - 8 cm. These changes were made because plants in the experimental plots showed a tendency to disappear at the end of the rainy season and because plants could also die if not allowed to recover in the cold dry season.

To assess seasonal forage accumulation, two 0.25 m<sup>2</sup> squares set at random at the beginning of the experiment in each plot were used. Forage was cut with scissors before grazing. Harvested forage was washed, placed in labeled bags and dried in a forced air stove at 55 °C for 72 h to determine dry weight. Afterwards each plot was grazed with sheep till the grazing intensity in each treatment was reached. Seasonal forage accumulation was obtained by adding all samplings per season. Dry weight data were used (obtained the day before grazing began) and the following formula was used:

GR=(HF/t), where GR= growth rate (kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>); HF= harvested forage (kg DM ha<sup>-1</sup>); t= days between grazing periods (d).

At the beginning of the experiment two 10.2 cm diameter plastics rings were placed at ground level in each plot and all tillers inside the ring were identified with blue wire. Afterwards, every month for the whole period of the experiment, new tillers

forzado a 55 °C por 72 h, para obtener el peso seco. Después la pradera se pastoreó con borregos, hasta alcanzar la intensidad de pastoreo correspondiente a cada tratamiento. La acumulación estacional de forraje se obtuvo al sumar todos los muestreos realizados por época del año. Se utilizaron los datos de peso seco, obtenidos un día antes de cada pastoreo (forraje cosechado) y se calculó con la siguiente fórmula:

$TC = (FC)/t$ ; TC= tasa de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>); FC= forraje cosechado (kg MS ha<sup>-1</sup>); t= días transcurridos entre pastoreos.

Al iniciar el experimento en cada parcela experimental se colocaron a ras de suelo, dos aros de plástico de 10.2 cm de diámetro y todos los tallos presentes en cada aro se marcaron con alambre azul. Posteriormente, cada mes durante todo el periodo experimental, se marcaron con un color diferente los nuevos tallos que aparecieron y se calculó la tasa de aparición y muerte de tallos.

Un día antes del pastoreo se cortaron al azar 10 tallos a ras de suelo, en cada unidad experimental y se secaron en una estufa de circulación de aire forzado a 55 °C por 48 h. El peso total del material cosechado se dividió entre el número de tallos, para determinar el peso promedio de cada uno. Para comparar el efecto de los tratamientos, se realizó análisis de varianza mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS<sup>(11)</sup>, para un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2 x 3 y tres repeticiones<sup>(12)</sup>. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

#### Acumulación de forraje

En el Cuadro 1 se muestran los valores de la acumulación estacional y total de forraje. La interacción entre frecuencia e intensidad de pastoreo no fue significativa ( $P > 0.05$ ), en ninguna época del año. En promedio la FP, durante las lluvias produjo 66 % (3950 kg MS ha<sup>-1</sup>) del forraje total, mientras que en la fría y seca fueron 6 y 28 % (360 y 1,668 kg MS ha<sup>-1</sup>); esto se atribuye a que durante la época lluviosa existió más humedad en el suelo y temperaturas ambientales más altas, que

were identified with different colors and the tiller appearance and growth rate were estimated.

One day before grazing 10 tillers were cut at random at ground level, dried in a forced air stove at 55 °C for 48 h. Total dry weight was divided by the number of tillers to determine tiller weight. Treatment effect was compared through variance test using SAS PROC MIXED procedure<sup>(11)</sup> for a completely randomized block design with a factorial 2 x 3 arrangement and three replicates<sup>(12)</sup>. Averages were compared through Tukey's Test ( $\alpha = 0.05$ ).

#### Forage accumulation

In Table 1 seasonal and total forage accumulation values are shown. Interaction between grazing frequency and intensity was non significant ( $P > 0.05$ ) in all seasons. Grazing frequency on average produced 66 % of total forage in the rainy

Cuadro 1. Acumulación estacional y total de forraje de ballico perenne (kg MS ha<sup>-1</sup>), a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo con ovinos

Table 1. Perennial ryegrass seasonal accumulation and total forage (kg DM ha<sup>-1</sup>) at different sheep grazing frequencies and intensities

Treatment	Rainy		Cold		Total
	Jul-Oct	Treatment	Nov-Jan	Dry Feb-Jun	
HI 14d	3390 <sup>a</sup>	LI 42d	170 <sup>b</sup>	1470 <sup>bc</sup>	5030
HI 21d	4290 <sup>a</sup>	LI 35d	410 <sup>ab</sup>	1930 <sup>ab</sup>	6630
MI 14d	3560 <sup>a</sup>	MI 42d	380 <sup>ab</sup>	1740 <sup>bc</sup>	5680
MI 21d	4910 <sup>a</sup>	MI 35d	540 <sup>a</sup>	2330 <sup>a</sup>	7780
LI 14d	3420 <sup>a</sup>	HI 42d	340 <sup>ab</sup>	1260 <sup>c</sup>	5020
LI 21d	4110 <sup>a</sup>	HI 35d	320 <sup>ab</sup>	1280 <sup>c</sup>	5710
SE	170		20	46	190
GF	*		**	**	**
GI	ns		*	**	*
Inter	ns		ns	ns	ns

HI=hard intensity 4-6 cm; MI=medium intensity, 6-8 cm; LI=lax intensity, 8-10 cm; GF=grazing frequency, days; GI=grazing intensity, cm; Inter=interaction (FP x IP).

abc Averages in the same column with different letters show differences ( $P < 0.05$ ).

\* ( $P < 0.05$ ); \*\* ( $P < 0.01$ ); ns=non significant. SE=Standard error.

estimularon el crecimiento de las plantas en la época de lluvias<sup>(13)</sup>. Estos resultados son diferentes a los registrados en ballico perenne, al evaluar a tres frecuencias de corte (2, 4 y 6 semanas) y se obtuvo mayor rendimiento en primavera y verano, con 72 % (3,961 kg ha<sup>-1</sup> MS) del total de forraje cosechado<sup>(14)</sup>. Existió un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) entre las frecuencias de pastoreo, en las dos épocas del año, en el forraje total acumulado; en el periodo lluvioso se acumuló 22 % más forraje, con pastoreos cada 21 días, con respecto a cada 14 días (4,437 vs 3,457 kg ha<sup>-1</sup> MS), mientras que durante la época fría y seca, existió mayor acumulación con frecuencias entre pastoreos cada 35 días, que con 42 días (2,270 vs 1,790 kg ha<sup>-1</sup> MS).

En un estudio realizado en Texcoco, Edo. de México, con ballico perenne, se reportó que la mayor acumulación de forraje se obtuvo cuando se utilizaron frecuencias de corte entre 4 y 6 semanas (6,000 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)<sup>(14)</sup>, lo cual coincide con lo obtenido en este estudio. Las diferencias en intensidad de pastoreo sólo fueron significativas ( $P < 0.05$ ) en la época fría y seca. El promedio entre frecuencias de pastoreo en estas épocas, mostró que la intensidad de pastoreo media produjo mayor acumulación de forraje, con respecto a la alta y ligera (2495, 1600 y 1990 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Al efectuar pastoreos a una intensidad alta y frecuente, se reduce la acumulación de forraje y la persistencia de las plantas forrajeras, debido a que el índice de área foliar después del pastoreo es menor, y la planta tiene que iniciar su crecimiento a partir de carbohidratos de reserva almacenados en sus raíces y tallos<sup>(15)</sup>, como ha sido evidenciado, al realizar cortes en ballico perenne a 2, 4, 8, 12 y 16 cm de altura y se obtuvo mayor acumulación de forraje a 12 cm y menor a 2 cm<sup>(9)</sup>. La variación estacional del contenido de carbohidratos (principalmente fructosanas, dextrinas y almidón), difiere entre especies de pastos. Asimismo, la altura de corte de las plantas por los animales tiene gran importancia, pues afecta su velocidad de crecimiento y la persistencia de las mismas, porque incide negativamente en los contenidos de reservas de

season (3,950 kg DM ha<sup>-1</sup>) while in the cold and dry seasons yield was 6 and 28 % of total forage production (360 and 1,665 kg DM ha<sup>-1</sup>, respectively), which can be attributed to the fact that more soil moisture was available in the rainy season together with higher temperatures, which fostered plant growth<sup>(13)</sup>. These results differ from those recorded for perennial ryegrass when evaluating cutting frequencies (2, 4 and 6 wk) and the higher yield was obtained in spring and summer (72 % of total yield, 3,961 kg DM ha<sup>-1</sup>)<sup>(14)</sup>. A significant difference ( $P < 0.05$ ) was found between grazing frequencies, in both seasons, in total accumulated forage. In the rainy season 22 % more forage was accumulated at 21 d than at 14 d grazing frequency (4,437 vs 3,457 kg DM ha<sup>-1</sup>), while in the dry and cold season more forage was accumulated in the 35 d than in the 42 d grazing period (2,270 vs 1,790 kg DM ha<sup>-1</sup>).

In a study carried out in Texcoco, State of Mexico, Mexico, with perennial ryegrass, the higher yields were obtained at 4 and 6 wk cutting frequencies (6,000 kg DM ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)<sup>(14)</sup> which coincides with results obtained in the present study. Differences in grazing intensity were significant only in the dry and cold seasons ( $P < 0.05$ ). The average between grazing frequency in these seasons showed that medium grazing intensity yielded more forage than both hard and lax (2,495, 1,600 and 1,990 kg DM ha<sup>-1</sup>, respectively).

When grazing with high intensity and frequency, forage accumulation and plant persistence are reduced, due to the fact that leaf foliar index is lower after grazing and that plants must start growing from accumulated carbohydrate reserves, held in tillers and roots<sup>(15)</sup>, as shown<sup>(9)</sup> when cutting perennial ryegrass at 2, 4, 8, 12 and 16 cm height. The higher forage accumulation was obtained at 12 cm and the lower at 2 cm cutting heights. Seasonal variation of carbohydrate content (mainly dextrins, fructosans and starch) varies between grass species. Besides, the cutting height by grazing animals is of great importance because of its influence on regrowth speed and plant persistence, due to its negative incidence on carbohydrate reserves, essential for regrowth. As the cutting height gets

carbohidratos, indispensables para iniciar un nuevo rebrote después del corte. Conforme éste es más severo, la tasa de rebrote disminuye y más aun si la frecuencia es tal que el área foliar formada resulta insuficiente, para generar cantidades de reservas satisfactorias, para formar nuevo tejido vegetal<sup>(16)</sup>.

El efecto inmediato de la defoliación depende de la intensidad de cosecha, que está relacionado con el grado de reducción de la fotosíntesis de la planta<sup>(4)</sup>. Sin embargo, ésta no es proporcional a la pérdida de área foliar, debido a la desigual contribución fotosintética de las hojas de distinta edad<sup>(2)</sup> y los cambios en la estructura pueden influir en el rebrote. Así, la remoción de hojas jóvenes es más perjudicial en el rebrote, que la de hojas viejas, porque tienen tasas fotosintéticas mayores y pueden utilizar más la intensidad lumínica alta que las hojas viejas. Así mismo, cuando hay exceso de forraje residual, disminuye la fotosíntesis en las hojas de los estratos inferiores del dosel, lo que provoca reducción en la tasa fotosintética de las plantas y, en consecuencia, el crecimiento de éstas<sup>(16)</sup>.

lower, regrowth rate decreases and more so if the grazing frequency is severe, so leaf area is not enough to produce a satisfactory level of reserves for developing new tissue<sup>(16)</sup>.

The immediate effect of defoliation depends on harvest intensity, which is related to photosynthesis reduction in plants<sup>(4)</sup>. However, this diminution is not proportional to leaf area loss, due to the different photosynthesis contribution of leaves of different age<sup>(2)</sup> and that changes in structure can influence regrowth. Like this, young leaf removal is more damaging than that of old leaves due to their higher photosynthetic rate and their ability to make better use of light intensity. Also, an excess of residual forage reduces photosynthesis in the lower strata of the canopy, diminishing the photosynthetic rate and therefore lower plant growth<sup>(16)</sup>.

#### *Growth rate (GR)*

In Table 2 monthly growth rates during the period of the present study for perennial ryegrass are

Cuadro 2. Tasas de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) de ballico perenne, a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo con ovinos

Table 2. Growth rates (kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) for perennial ryegrass, at different sheep grazing frequencies and intensities

Season	2005					Treatment	2006							
	Rainy				Cold		Dry							
Treatment	Jul	Aug	Sep	Oct		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	
HI 14d	54 <sup>a</sup>	36 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	7 <sup>c</sup>	LI 42d	1 <sup>c</sup>	2 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>	4 <sup>bc</sup>	8 <sup>bc</sup>	9 <sup>b</sup>	14 <sup>ab</sup>	15 <sup>b</sup>	
HI 21d	68 <sup>a</sup>	50 <sup>ab</sup>	17 <sup>a</sup>	5 <sup>d</sup>	LI 35d	3 <sup>bc</sup>	4 <sup>ab</sup>	6 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	14 <sup>ab</sup>	17 <sup>ab</sup>	
MI 14d	48 <sup>a</sup>	44 <sup>ab</sup>	16 <sup>a</sup>	8 <sup>bc</sup>	MI 42d	7 <sup>a</sup>	4 <sup>ab</sup>	3 <sup>b</sup>	3 <sup>c</sup>	7 <sup>bc</sup>	10 <sup>b</sup>	17 <sup>ab</sup>	23 <sup>ab</sup>	
MI 21d	60 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	10 <sup>ab</sup>	MI 35d	7 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	12 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	
LI 14d	43 <sup>a</sup>	41 <sup>b</sup>	18 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>	HI 42d	7 <sup>a</sup>	3 <sup>ab</sup>	2 <sup>b</sup>	4 <sup>bc</sup>	4 <sup>c</sup>	4 <sup>c</sup>	9 <sup>b</sup>	19 <sup>ab</sup>	
LI 21d	49 <sup>a</sup>	57 <sup>ab</sup>	16 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	HI 35d	5 <sup>ab</sup>	3 <sup>ab</sup>	2 <sup>b</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>c</sup>	6 <sup>c</sup>	11 <sup>b</sup>	15 <sup>b</sup>	
SE	3.7	2.3	0.8	0.2		0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.2	0.7	0.7	
GF	ns	**	ns	ns		ns	*	**	**	**	**	ns	ns	
GI	ns	ns	ns	**		**	*	**	**	**	**	**	**	
Inter	ns	ns	ns	**		ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	

HI=hard intensity 4-6 cm; MI=medium intensity, 6-8 cm; LI=lax intensity, 8-10 cm; GF=grazing frequency, days; GI=grazing intensity, cm; Inter=interaction (FP x IP).

<sup>abcd</sup> Averages in the same column with different letters show differences ( $P<0.05$ ).

\* ( $P<0.05$ ); \*\* ( $P<0.01$ ); ns=non significant. SE=Standard error.

### *Tasa de crecimiento (TC)*

El Cuadro 2 contiene los valores de las tasas de crecimiento por mes de ballico perenne, durante el periodo experimental. En octubre, enero y febrero, se observó efecto de interacción ( $P < 0.05$ ) entre la frecuencia e intensidad de pastoreo. La TC presentó una alta estacionalidad en julio y agosto, cuando se registraron las mayores tasas de crecimiento (54 y 50 kg MS ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>), mientras que la menor ocurrió en enero (3 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), con incremento gradual de febrero a junio. Esto se explica por la ocurrencia de temperaturas apropiadas para el crecimiento satisfactorio del pasto y presencia de mayor humedad en el suelo en julio y agosto, mientras que lo contrario ocurrió en la época fría, cuando se presentaron las menores temperaturas, que limitaron el crecimiento del pasto<sup>(13)</sup>. En la época de lluvias sólo se registró efecto ( $P < 0.05$ ) de frecuencia de pastoreo (FP) en agosto, cuando la mayor TC fue 59 kg MS ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> a una FP 21 días, mientras que en las épocas fría y seca de diciembre a abril, las mayores TC se obtuvieron a una FP 35 días.

La intensidad de pastoreo tuvo efecto significativo ( $P < 0.05$ ) durante la época de lluvias, únicamente en octubre; la menor TC ocurrió a una intensidad de pastoreo alta (6 kg MS ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) en comparación con 9 y 10 kg MS ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> en las IM y IL, respectivamente, mientras que en la época fría y seca, de noviembre a junio, también hubo un efecto significativo ( $P < 0.05$ ), pues las menores tasas de crecimiento se obtuvieron a una intensidad alta, debido a que el pastoreo fue más intenso y la superficie de las hojas presentes después del pastoreo era reducida y la intercepción de luz fue menor, en comparación a los otros tratamientos, ya que se asume que el inicio del crecimiento dependió de las reservas de carbohidratos, por lo que el crecimiento fue menor<sup>(1)</sup>. En un estudio con en ballico perenne, cortando dos veces por semana a cinco intensidades de corte (3, 6, 9, 12 y 15 cm), se obtuvo a 9 cm la mayor TC y la menor a 3 cm de corte<sup>(17)</sup>, mientras que en pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a dos frecuencias de corte (una y dos veces por semana) y cuatro intensidades de corte (4, 8, 12 y 16 cm), se obtuvo la mayor tasa de crecimiento cuando se cortó a 8 cm de altura<sup>(18)</sup>.

shown. In October, January and February a significant interaction effect ( $P < 0.05$ ) between grazing frequency and intensity was seen. GR showed great seasonality in July and August, when the greater growth rates were recorded (54 and 50 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), while the lower was recorded in January (3 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), increasing gradually from February to June. This can be explained through presence of adequate temperatures and soil moisture for growth in July and August, while the opposite happened in the cold season when temperature limited growth<sup>(13)</sup>. In the rainy season grazing frequency showed effect ( $P < 0.05$ ) only in August when the highest GR was 59 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> at 21 d grazing frequency, while in the cold and dry season from December to April, the higher growth rates were obtained at 35 d grazing frequency.

Grazing intensity showed a significant effect ( $P < 0.05$ ) in the rainy season only in October; the lower growth rate was seen in a high grazing intensity (6 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) when compared to 9 and 10 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for medium and lax intensities, respectively, while in the cold and dry period, from November to June a significant effect was also found ( $P < 0.05$ ), because the lower growth rates were obtained at a high grazing intensity, where leaf area after grazing was small and light interception was therefore lower than in the other treatments, since it is assumed that the beginning of regrowth depends on carbohydrate reserve<sup>(1)</sup> and therefore growth is less. In a study carried out on perennial ryegrass, defoliated twice a week at five intensities (3, 6, 9, 12 and 15 cm) the highest growth rate was obtained at 9 cm and the lowest at 3 cm<sup>(17)</sup>, while in buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) at two cutting frequencies (once and twice a week) and four intensities (4, 8, 12 and 16 cm) the highest growth rate was obtained at 8 cm<sup>(18)</sup>. When cutting or grazing is severe, GR is greatly affected in the first days after defoliation due to scarce leaf area, which affects photosynthesis and therefore conversion of solar radiation into biomass and as a result growth depends on carbohydrate reserves in roots<sup>(1)</sup>.

### *Tiller density (TD)*

No interaction was seen between grazing frequency and intensity in the course of the present study

Cuando el corte o pastoreo es intenso la TC es afectada severamente, en los primeros días después de la defoliación, debido a que la planta no dispone de suficiente área foliar remanente, para que por medio de la fotosíntesis haya una adecuada conversión de la radiación solar a biomasa y el crecimiento depende de las reservas de carbohidratos en las raíces de la planta<sup>(1)</sup>.

#### *Densidad de tallos (DT)*

En el Cuadro 3 se observa que no existió interacción entre frecuencia e intensidad de pastoreo durante el experimento. Al iniciar éste la densidad promedio fue de 6,060 tallos m<sup>-2</sup> y el mayor valor de densidad promedio ocurrió en agosto (8,040 tallos m<sup>-2</sup>) y la menor en octubre (4,050 tallos). Estos datos coinciden a lo obtenido en *Lolium perenne* L. y *Agrostis stoloniera*, cuando en agosto aumentó la densidad de tallos, como consecuencia de una tasa alta de natalidad de estos<sup>(19)</sup>. En este estudio, la mayor densidad de obtenidos en agosto,

(Table 3). At the beginning of the experiment average tiller density was 6,060 tillers m<sup>-2</sup>, and the highest density was observed in August (8,040 tillers m<sup>-2</sup>) and the lowest in October (4,050 m<sup>-2</sup>). These data agree with those obtained in *Lolium perenne* L. and *Agrostis stoloniera*, when in August tiller density increased owing to a high birth rate<sup>(19)</sup>. In the present study, the high tiller density observed in August is probably due to abundant soil moisture and high temperature and solar radiation and an adequate supply of soil nutrients.

Grazing frequency did not influence tiller density, but TD was greater in those treatments with hard and medium intensities throughout the experiment when compared to lax intensity (Table 3). In the rainy season, on average, tiller density was 6,150, 6,170 and 4,980 tillers m<sup>-2</sup>, while in the cold and dry season TD was 5,300, 5,760 and 5,050 tillers m<sup>-2</sup> for HI, MI and LI, respectively. Grazing intensity affected negatively tiller density ( $P < 0.05$ ) in September (5,500, 5,295 and 3,960 tillers m<sup>-2</sup>)

Cuadro 3. Densidad de tallos por mes (tallos m<sup>-2</sup>) de ballico perenne, a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo con ovinos

Table 3. Monthly tiller population density (tillers m<sup>-2</sup>) for perennial ryegrass, at different sheep grazing frequencies and intensities

Season	2005					2006							
	Rainy				Treat.	Cold		Dry					
	Jul	Aug	Sep	Oct		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
HI 14d	5740 <sup>a</sup>	9170 <sup>a</sup>	5840 <sup>a</sup>	4420 <sup>a</sup>	LI 42d	4300 <sup>ab</sup>	4610 <sup>a</sup>	4830 <sup>a</sup>	5300 <sup>a</sup>	5180 <sup>a</sup>	5180 <sup>a</sup>	4460 <sup>a</sup>	4870 <sup>b</sup>
HI 21d	5720 <sup>a</sup>	8450 <sup>a</sup>	5160 <sup>ab</sup>	4670 <sup>a</sup>	LI 35d	4750 <sup>a</sup>	4910 <sup>a</sup>	5240 <sup>a</sup>	5350 <sup>a</sup>	5410 <sup>a</sup>	5120 <sup>a</sup>	5490 <sup>a</sup>	5860 <sup>ab</sup>
MI 14d	6590 <sup>a</sup>	8800 <sup>a</sup>	5120 <sup>ab</sup>	4090 <sup>a</sup>	MI 42d	4560 <sup>ab</sup>	5200 <sup>a</sup>	5920 <sup>a</sup>	5900 <sup>a</sup>	5650 <sup>a</sup>	5940 <sup>a</sup>	6250 <sup>a</sup>	6580 <sup>a</sup>
MI 21d	5840 <sup>a</sup>	8430 <sup>a</sup>	5470 <sup>ab</sup>	5060 <sup>a</sup>	MI 35d	4770 <sup>a</sup>	5370 <sup>a</sup>	5920 <sup>a</sup>	5820 <sup>a</sup>	5630 <sup>a</sup>	5820 <sup>a</sup>	6210 <sup>a</sup>	6680 <sup>a</sup>
LI 14d	5950 <sup>a</sup>	6660 <sup>a</sup>	4260 <sup>ab</sup>	3210 <sup>a</sup>	HI 42d	3680 <sup>ab</sup>	4420 <sup>a</sup>	5040 <sup>a</sup>	5490 <sup>a</sup>	5490 <sup>a</sup>	5700 <sup>a</sup>	6210 <sup>a</sup>	6680 <sup>a</sup>
LI 21d	6520 <sup>a</sup>	6740 <sup>a</sup>	3660 <sup>b</sup>	2860 <sup>a</sup>	HI 35d	3020 <sup>b</sup>	3820 <sup>a</sup>	5060 <sup>a</sup>	5390 <sup>a</sup>	5370 <sup>a</sup>	5820 <sup>a</sup>	6500 <sup>a</sup>	7180 <sup>a</sup>
SE	266	340	176	185		130	153	186	208	210	240	204	213
GF	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
GI	ns	ns	**	ns		**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Inter	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

HI=hard intensity 4-6 cm; MI=medium intensity, 6-8 cm; LI=lax intensity, 8-10 cm; GF=grazing frequency, days; GI=grazing intensity, cm; Inter=interaction (FP x IP).

<sup>abcd</sup> Averages in the same column with different letters show differences ( $P < 0.05$ ).

\* ( $P < 0.05$ ); \*\* ( $P < 0.01$ ); ns=non significant. SE=Standard error.



probablemente, se debió a la presencia de abundante humedad en el suelo, ocurrencia de temperatura, radiación altas y disponibilidad adecuada de nutrientes en el suelo, que promovieron la aparición abundante de tallos.

La frecuencia de pastoreo no influyó en la densidad de tallos, pero ésta fue mayor en los tratamientos con intensidades de pastoreo alta y media, durante todo el experimento, en comparación con la intensidad ligera (Cuadro 3). Durante la época lluviosa, en promedio, se obtuvo una densidad de 6,150, 6,170 y 4,980, en la época fría y seca fueron 5,300, 5,760 y 5,050 para IA, IM e IL, respectivamente. La intensidad de pastoreo afectó negativamente ( $P < 0.05$ ) la densidad de tallos en septiembre (5,500, 5,295 y 3,960) y octubre (4,545, 4,575 y 3,035 tallos  $m^{-2}$ ), en el mismo orden de intensidades evaluadas, que es similar a los valores obtenidos en ballico perenne<sup>(17)</sup>, cuando a 6 cm de altura de corte existió la mayor densidad de tallos.

Asimismo, en evaluaciones con ballico perenne cortado a 2, 4, 8, 12 y 16 cm de altura, se registró en dos primeras evaluaciones mayor densidad de tallos a 8 cm, pero en las siguientes la densidad fue mayor a 4 cm<sup>(9)</sup>. En especies de gramíneas nativas, al evaluar la densidad de tallos a diferentes intensidades de pastoreo (ligero, medio, severo y sin pastoreo), se encontró que conforme se incrementó la intensidad de pastoreo, hubo mayor cantidad de tallos<sup>(20)</sup>. Los resultados anteriores evidencian que la intensidad con que se pastorea una pradera, quizás es la variable más importante que determina la aparición de tallos, ya que en *Lolium perenne* L. a dos intensidades de pastoreo continuo severo (3.5) y ligero (7.5 cm) durante la primavera, la mayor densidad ocurrió cuando se uso pastoreo severo<sup>(21)</sup>. Sin embargo, el ballico perenne en condiciones subtropicales, evaluado con seis combinaciones de frecuencias e intensidades de pastoreo, tuvo mayor densidad de tallos con pastoreos poco frecuentes, independientemente de la intensidad de pastoreo utilizada; se encontró que hubo una alta variación estacional, la menor densidad de tallos ocurrió en verano y la mayor en primavera<sup>(22)</sup>.

and October (4,545, 4,575 and 3,035 tillers  $m^{-2}$ ) for HI, MI and LI, respectively, similar to those obtained for perennial ryegrass<sup>(17)</sup> at 6 cm cutting height when the greater tiller density was observed.

Besides, in perennial ryegrass evaluations cut at 2, 4, 8, 12 and 16 cm height, in the first two evaluations the greater tiller density was seen at 8 cm, but in the following the greater density was observed at 4 cm cutting height<sup>(9)</sup>. In native grasses, when assessing tiller density at different grazing intensities (lax, medium, severe and no grazing), it was seen that as intensity increased, so did tillers<sup>(20)</sup>. These results show that grazing intensity is perhaps the most important variable for tiller appearance, as in *Lolium perenne* L. at two continuous grazing intensities in spring, severe (3.5 cm) and lax (7.5 cm), the greater density was observed at severe<sup>(21)</sup>. However, perennial ryegrass in the subtropics, evaluated at six frequency and intensity combinations, showed a greater tiller density in the less frequent frequency independently of grazing intensity, and also a high seasonal variation was observed as the lower density was seen in summer and the greater in spring<sup>(22)</sup>.

#### *Tiller weight*

Except in October and November, no interaction between grazing frequency and intensity was found for tiller weight (Table 4). Grazing frequency showed effects in the rainy season, with significant differences ( $P < 0.01$ ) in August, September and October. No differences were observed in the cold season while in the dry season differences were found in February. On average in the rainy season tiller weight was 150 mg tiller<sup>-1</sup> and 220 mg tiller<sup>-1</sup> for 14 and 21 d grazing frequencies, respectively while in the cold and dry seasons, tiller average weight was slightly higher (170 and 180 mg tiller<sup>-1</sup> for the 42 and 35 d grazing frequencies, respectively).

Grazing intensity affected significantly ( $P < 0.05$ ) tiller weight in the rainy season, September and October, while the opposite happened in the cold and dry seasons from December to June. Average tiller weight was 150, 200 and 210 mg tiller<sup>-1</sup> in the rainy season and 115, 190 and 230 mg in the cold and dry season for Hi, MI and LI, respectively,

Cuadro 4. Peso por tallo (mg tallo<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup>) del ballico perenne, a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo con ovinosTable 4. Tiller weight (mg tiller<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>) for perennial ryegrass, at different sheep grazing frequencies and intensities

Season Treatment	2005								2006					
	Rainy				Treatment	Cold			Dry					
	Jul	Aug	Sep	Oct		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	
HI 14d	220 <sup>a</sup>	113 <sup>b</sup>	91 <sup>c</sup>	70 <sup>d</sup>	LI 42d	124 <sup>b</sup>	186 <sup>a</sup>	229 <sup>a</sup>	194 <sup>b</sup>	268 <sup>a</sup>	257 <sup>a</sup>	258 <sup>a</sup>	255 <sup>a</sup>	
HI 21d	280 <sup>a</sup>	205 <sup>ab</sup>	157 <sup>bc</sup>	96 <sup>c</sup>	LI 35d	164 <sup>ab</sup>	202 <sup>a</sup>	207 <sup>a</sup>	256 <sup>a</sup>	280 <sup>a</sup>	271 <sup>a</sup>	269 <sup>a</sup>	258 <sup>a</sup>	
MI 14d	252 <sup>a</sup>	154 <sup>ab</sup>	116 <sup>bc</sup>	95 <sup>c</sup>	MI 42d	145 <sup>ab</sup>	188 <sup>a</sup>	197 <sup>a</sup>	144 <sup>cd</sup>	211 <sup>b</sup>	191 <sup>b</sup>	202 <sup>b</sup>	220 <sup>a</sup>	
MI 21d	288 <sup>a</sup>	262 <sup>a</sup>	242 <sup>a</sup>	155 <sup>a</sup>	MI 35d	171 <sup>a</sup>	180 <sup>ab</sup>	177 <sup>a</sup>	176 <sup>bc</sup>	223 <sup>ab</sup>	193 <sup>b</sup>	215 <sup>b</sup>	223 <sup>a</sup>	
LI 14d	197 <sup>a</sup>	162 <sup>ab</sup>	167 <sup>b</sup>	132 <sup>b</sup>	HI 42d	181 <sup>a</sup>	125 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	73 <sup>e</sup>	94 <sup>c</sup>	95 <sup>c</sup>	117 <sup>c</sup>	121 <sup>b</sup>	
LI 21d	279 <sup>a</sup>	268 <sup>a</sup>	289 <sup>a</sup>	166 <sup>a</sup>	HI 35d	153 <sup>ab</sup>	121 <sup>b</sup>	92 <sup>b</sup>	123 <sup>d</sup>	108 <sup>bc</sup>	87 <sup>c</sup>	122 <sup>c</sup>	128 <sup>b</sup>	
SE	16	10	6	2		4	5	5	3	9	3	3	4	
GF	ns	**	**	**		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	
GI	ns	ns	**	**		ns	**	**	**	**	**	**	**	
Inter	ns	ns	ns	*		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

HI=hard intensity 4-6 cm; MI=medium intensity, 6-8 cm; LI=lax intensity, 8-10 cm; GF=grazing frequency, days; GI=grazing intensity, cm; Inter=interaction (GF x GI).

abcd Averages in the same column with different letters show differences ( $P < 0.05$ ).

\* ( $P < 0.05$ ); \*\* ( $P < 0.01$ ); ns=non significant. SE=Standard error.

### *Peso por tallo*

Con excepción de octubre y noviembre, no registró interacción entre la frecuencia e intensidad de pastoreo (Cuadro 4), para el peso por tallo del ballico perenne. Se observó efecto de la frecuencia de pastoreo en la época de lluvias, con diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en agosto, septiembre y octubre, en la época fría no existieron diferencias mientras que en la época seca únicamente se presentaron diferencias en febrero. En promedio durante las lluvias se obtuvo un peso por tallo de 150 y 220 mg para las frecuencias de 14 y 21 días, mientras que en las épocas fría y seca, el peso promedio por tallo fue ligeramente mayor (170 y 180 mg para las frecuencias de 42 y 35 días, respectivamente).

La intensidad de pastoreo afectó significativamente ( $P < 0.05$ ) el peso de los tallos, durante las lluvias en septiembre y octubre, mientras que no ocurrió lo mismo en la época fría y seca, desde diciembre a junio. El peso promedio por tallo fue de 150, 200 y 210 mg durante las lluvias y en la época fría

similar to those obtained for Orchard Grass and alfalfa, since in these species it was found that grazing intensity significantly reduced tiller weight<sup>(23)</sup>. Also, several studies carried out on different grass species have found that at a lower grazing or cutting intensity, tiller weight is higher<sup>(17,18,24)</sup>, due to the fact that at lower grazing intensities, residual leaf area is greater, fostering photosynthetic activity and speeding regrowth<sup>(1)</sup>.

### *Tiller appearance and death rates*

No interaction ( $P > 0.05$ ) was found for this variable between grazing frequency and intensity (Table 5). In August the higher tiller appearance rate (138 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) was found and the lower (23 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) in March. In January (cold) tiller appearance was high (42 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) and also in June (dry) (44 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). Grazing frequency did not affect tiller appearance throughout the experiment, while grazing intensity influenced positively ( $P < 0.05$ ) tiller appearance in August, December, January, April and May.

Cuadro 5. Tasa mensual de aparición de tallos (tallos m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) de ballico perenne, a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo con ovinos

 Table 5. Monthly tiller appearance rate (tillers m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) for Perennial Ryegrass, at different sheep grazing frequencies and intensities

Season Treatment	2005						2006						
	Rainy			Treat.	Cold			Dry					
	Aug	Sep	Oct		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	
HI 14d	189 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	LI 42d	34 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	33 <sup>ab</sup>	24 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	
HI 21d	139 <sup>ab</sup>	24 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	LI 35d	41 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	29 <sup>b</sup>	24 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	
MI 14d	155 <sup>ab</sup>	34 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	MI 42d	37 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	46 <sup>ab</sup>	27 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	
MI 21d	153 <sup>ab</sup>	43 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	MI 35d	32 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	43 <sup>ab</sup>	28 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>	
LI 14d	102 <sup>b</sup>	39 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	HI 42d	33 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	49 <sup>ab</sup>	30 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>	
LI 21d	90 <sup>b</sup>	20 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	HI 35d	32 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	30	40 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	50	
SE	6.9	4.6	3.3	2.5	1.9	1.8		1.7	2	2.7	2	3.3	
GF	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	
GI	**	ns	ns	ns	**	**		ns	ns	**	*	ns	
Inter	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	

HI=hard intensity 4-6 cm; MI=medium intensity, 6-8 cm; LI=lax intensity, 8-10 cm; GF=grazing frequency, days; GI=grazing intensity, cm; Inter=interaction (GF x GI).

<sup>ab</sup> Averages in the same column with different letters show differences ( $P < 0.05$ ).

\* ( $P < 0.05$ ); \*\* ( $P < 0.01$ ); ns=non significant; SE=Standard error.

y seca de 115, 190 y 230 mg, para la IA, IM e IL, que resultó similar a lo obtenido en pasto ovillo y alfalfa, puesto que se encontró que la mayor intensidad de pastoreo redujo significativa-mente el peso de los tallos<sup>(23)</sup>. Así mismo, diversos estudios realizados con diferentes especies de pastos, han concluido que a menor intensidad de corte o pastoreo, el peso de los tallos es mayor<sup>(17,18,24)</sup>, debido a que al ser menor intensidad de pastoreo, el área foliar residual es mayor, para que se realice la fotosíntesis, lo que genera que la aparición del rebrote de los pastos sea más rápido<sup>(1)</sup>.

#### Tasa de aparición y muerte de tallos

En esta variable no existió efecto de interacción ( $P > 0.05$ ) entre la frecuencia e intensidad de pastoreo (Cuadro 5); en agosto ocurrió la mayor tasa de aparición de tallos (138) y la menor en marzo (23 tallos m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>); en condiciones frías de enero se observó una aparición alta de tallos (42), lo mismo que en junio (44). La frecuencia de

In the rainy season tiller appearance was 77, 77 and 51 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> and in the cold and dry seasons 39, 35 and 28 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> for HI, MI and LI, respectively. From November to June, on average, tiller appearance rate was higher in the hard and medium intensities (39 and 36 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) and lower in the lax intensity (28 tillers m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). In January tiller appearance increased, as axillary meristems regain activity in winter<sup>(25)</sup>. Temperature influences tiller appearance, as cold encourages emergence and high temperature elongation. Data shown in the present study are similar to those obtained in perennial ryegrass and orchard grass at three cutting frequencies (2, 4, and 6 wk)<sup>(27)</sup>, where tiller appearance shows two peaks, one in August and the other in January, especially in high frequency treatments.

The highest tiller death rate was observed in September and the lowest in December and no interaction ( $P > 0.05$ ) between grazing frequency and intensity was seen for this character (Table 6).

pastoreo no afectó la aparición de tallos durante todo el experimento, mientras que la intensidad de pastoreo si afectó positivamente ( $P < 0.05$ ) la aparición de tallos en agosto, diciembre, enero, abril y mayo.

Durante las lluvias la aparición de tallos fue 77, 77 y 51, en la época fría y seca 39, 35 y 28 tallos  $m^{-2} d^{-1}$ , para la IA, IM y IL, respectivamente. De noviembre a junio, en promedio, la tasa de aparición de tallos fue mayor con las intensidades baja e intermedia (39 y 35), mientras que fue menor con la intensidad ligera (28 tallos  $m^{-2} d^{-1}$ ). En enero se incrementó la aparición de tallos, debido a que durante en invierno recobran la actividad los meristemas axilares, para generar nuevos tallos<sup>(25)</sup>. Al respecto se ha señalado<sup>(26)</sup> que la temperatura tiene gran influencia en la aparición de tallos, ya que el frío promueve la aparición de tallos y el calor su alargamiento. Los datos aquí presentados son similares a los obtenidos en ballico perenne y pasto ovido, a tres frecuencias de pastoreo (2, 4 y 6 semanas)<sup>(27)</sup>, pues existieron dos picos de

No significant effect was found for grazing frequency, except in February, when a high death rate occurred (25 with grazing every 35 d and 17 when grazing every 42 d). Grazing intensity or pressure affected significantly ( $P < 0.05$ ) tiller death throughout the experiment, except in February, when the higher tiller mortality was seen in MI, when compared to both HI and LI (30, 18 and 14 tillers  $m^{-2} d^{-1}$ , respectively) (Table 6). Tiller death was greater between August and September.

Tiller death was greater in the periods with more tiller appearance, which is in coincidence with what is reported by other authors<sup>(27,28)</sup>; most probably due to the fact that tillers in reproductive stage do not have enough reserves and photosynthetic products to survive. Besides, there is a great competition for light, space and nutrients which cause death of a high proportion of tillers, and more so if defoliated in the reproductive stage, which steps up death of tillers in development stage, because young shoots need enough nutrients and minerals which they can only obtain from the

Cuadro 6. Tasa de muerte de tallos (tallos  $m^{-2} día^{-1}$ ) de ballico perenne, a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo con ovinos

Table 6. Tiller death rate (tillers  $m^{-2} day^{-1}$ ) for perennial ryegrass, at different sheep grazing frequencies and intensities

Season Treatment	2005						2006						
	Rainy			Treat.	Cold			Dry					
	Aug	Sep	Oct		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	
HI 14d	74 <sup>a</sup>	155 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>	LI 42d	38 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	7 <sup>c</sup>	20 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	56 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	
HI 21d	48 <sup>a</sup>	133 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	LI 35d	38 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	21 <sup>ab</sup>	19 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	
MI 14d	81 <sup>a</sup>	156 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>	MI 42d	22 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	28 <sup>ab</sup>	29 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	
MI 21d	66 <sup>a</sup>	142 <sup>a</sup>	59 <sup>a</sup>	MI 35d	42 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	
LI 14d	78 <sup>a</sup>	119 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	HI 42d	17 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	15 <sup>bc</sup>	28 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	
LI 21d	82 <sup>a</sup>	122 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	HI 35d	26 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	21 <sup>ab</sup>	30 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	
SE	3.5	7.2	3.8		4.1	1	2.7	1	2.3	2.4	5.1	3.1	
GF	ns	ns	ns		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	
GI	ns	ns	ns		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	
Inter	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

HI=hard intensity 4-6 cm; MI=medium intensity, 6-8 cm; LI=lax intensity, 8-10 cm; GF=grazing frequency, days; GI=grazing intensity, cm; Inter=interaction (GF x GI).

<sup>abcd</sup> Averages in the same column with different letters show differences ( $P < 0.05$ ).

\* ( $P < 0.05$ ); \*\* ( $P < 0.01$ ); ns=non significant. SE=Standard error.

aparición de tallos en el año, uno en agosto y otro en enero, en especial en los tratamientos con cosechas más frecuentes.

La tasa mayor de muerte de tallos ocurrió en septiembre y la menor en diciembre y no existió efecto de interacción ( $P > 0.05$ ) entre frecuencia por intensidad de pastoreo (Cuadro 6). No hubo efecto significativo de la frecuencia de pastoreo, con excepción en febrero, cuando se tuvo una tasa mayor de muerte de tallos (25 con pastoreo cada 35 días y 17 pastoreado cada 42 días). La intensidad de pastoreo afectó significativamente ( $P < 0.05$ ) durante todo el periodo de estudio, menos en febrero, cuando la mayor mortalidad de tallos ocurrió en el tratamiento con IM, en comparación con IA e IL (30, 18 y 14  $m^{-2} d^{-1}$ ), respectivamente. Entre agosto y septiembre ocurrió la mayor mortalidad de tallos.

Cuando hubo mayor nacimiento de tallos, ocurrió también la mayor mortalidad de estos, lo cual coincide con otros autores<sup>(27,28)</sup>; lo anterior, probablemente, se debe a que los tallos que se encuentran en estado reproductivo no tuvieron suficientes materiales de reserva y fotosintatos para persistir. Además, existe una competencia alta por espacio, luz y nutrientes, lo que provoca la muerte de altas proporciones de tallos y, más aun si son defoliados en estado reproductivo, se acelera la muerte de los que se encuentran en desarrollo, ya que los tallos jóvenes necesitan suficientes nutrientes y minerales, que solo pueden obtener de los tallos principales, pues no tienen raíces ni hojas bien desarrolladas, para ser autosuficientes y persistir<sup>(29)</sup>.

Se concluye con los datos obtenidos en esta investigación, que la mayor acumulación de forraje ocurrió en la época lluviosa, periodo en que la disponibilidad de agua y temperaturas, son adecuadas para una recuperación rápida de la pradera. Los resultados permiten sugerir frecuencias de pastoreo cada 21 días durante la época de lluvias y de 35 días para la época fría y seca, con intensidad de pastoreo media en todo el año. Al incrementarse la intensidad de pastoreo, se promovió la repoblación de tallos y los mayores valores se registraron a una intensidad media y alta de pastoreo.

main stems, as they do not have either well developed roots or leaves to be self sufficient and survive<sup>(29)</sup>.

In conclusion, the greater forage accumulation takes place in the rainy season, period in which soil moisture and temperature are adequate for quick pasture recovery. Results allow suggesting cutting frequencies every 21 d in the rainy season and every 35 d for the cold and dry periods, with medium intensity all year round. When cutting intensity was increased, tiller repopulation was encouraged and the higher values were recorded at hard and medium cutting frequencies.

*End of english version*

---

## LITERATURA CITADA

1. Hodgson J. Grazing management. Science into practice. Harlow, England: Longman Scientific & Technical Ed; 1990.
2. Richards JH, Caldwell MM. Soluble carbohydrates, concurrent photosynthesis and efficiency in regrowth following defoliation: A field study with *Agropyron* species. *J Appl Ecol* 1985;(22):907-920.
3. Könnner CH. Some often overlooked plant characteristics as determinant of plant growth: reconsideration. *Funct Ecol* 1991;(5):162-173.
4. Richards JH. Physiology of plants recovering from defoliation. Proc. XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 1993:85-94.
5. Matthew PNP, Harrington KC, Hampton JG. Management of grazing systems. In: White, Hodgson J editors. *New Zealand Pasture and Crop Science*. Ed. Auckland, NZ Oxford University Press; 1999.
6. Bahmani I, Hazard L, Varlet-Grancher C, Betin M, Lamaire G, Matthew C, Thom ER. Differences in tillering of long and short leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. *Crop Sci* 2000;(40):1095-1102.
7. Caloin M, Clement B, Herrmann S. Regrowth kinetics of *Dactylis glomerata* following defoliation. *Ann Bot* 1990;(66):397-405.
8. Thornton B, Millard P. Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. *J Range Manage* 1996;(49):443-447.
9. Hernández-Garay A, Hodgson J, Matthew C. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. *NZ J Agric Res* 1997;(40):25-35.
10. Tomlinson KW, O'Connor TG. Control of tiller recruitment in bunchgrasses: uniting physiology and ecology. *Funct Ecol* 2004;(18):489-496.
11. SAS. User's guide. Statistics, version 8. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA. 1999.

12. Steel RG, Torrie JH. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2ª ed. México McGraw-Hill/Interamericana de México, SA. 1991.
13. Burton W, Hook DS, Butler JL, Hellwing RE. Effect of temperature, day length and solar radiation on production of coastal bermudagrass. *Agron J* 1988;80:57-560.
14. Velasco ZM, Hernández-Garay A, González-Hernández VA. Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc Pecu Méx* 2005;43(2):247-258.
15. McKenzie FR. The influence of grazing frequency and intensity on the vigour of *Lolium perenne* L. under subtropical conditions. *Australian J Agric Res* 1996;47(6):975-983.
16. Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proc. XVII International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand. 1993:95-104.
17. Pérez BMT, Hernández-Garay A, Pérez PJ, Herrera HJG, Bárcena GR. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Téc Pecu Méx* 2002;40(3):251-263.
18. Beltrán LS, Hernández-Garay A, García ME, Pérez PJ, Kohashi SJ, Herrera HJG, Quero CAR, González MSS. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia* 2005;39:137-147.
19. Bullock JM, Clear HB, Dale MP, Silvertown J. Tiller dynamics of two grasses-responses to grazing, density and weather. *J Ecol* 1994;(82):331-340.
20. Dong S, Long R, Hu Z, Ding L, Xu M. Influence of grazing intensity on performance of perennial grass mixtures in the alpine region on the Tibetan Plateau. *NZ J Agric Res* 2003;(46):175-183.
21. Tallowin JRB, Williams JHH, Kirkham FW. Some consequences of imposing different continuous-grazing pressures in the spring on tiller demography and leaf growth. *J Agric Sci Cambridge* 1989;(112):115-122.
22. McKenzie FR. Influence of grazing frequency and intensity on the density and persistence of *Lolium perenne* tillers under subtropical. *Trop Grass* 1997;(31):219-226.
23. Zaragoza EJA. Dinámica de crecimiento y productividad de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)-pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) con diferente manejo de la defoliación.
24. Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass Forage Sci* 1999;54:347-356.
25. Gastal F, Matthew C. Long term tiller population dynamics in swards of grasses with contrasting persistence strategy. XX International Grassland Congress-Grasslands a Global Resource, University College. Dublin, Ireland. 2005.
26. MacKenzie BA, Kemp PD, Moot DJ, Matthew C, Lucas RJ. Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J. editors. *NZ Pasture and Crop*. Sci Auckland. NZ Oxford University Press; 1999:323.
27. Velasco ZME, Hernández-Garay A, González HVA. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* 2007;30(001):79-87.
28. L'Huilier PJ. Tiller appearance and death of *Lolium perenne* in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. *NZ J Agric Res* 1987;30:15-22.
29. Ong CKC, Marshall C, Sagar GR. The physiology of tiller death in grasses 2. Causes of tiller death in grass sward. *J British Grassland Soc* 1978;33:205-211.