

# VARIACIÓN EN LAS TASAS DE FIJACIÓN SIMBIÓTICA DE NITRÓGENO EN TRES ESPECIES DEL GÉNERO *LOTUS* POR EFECTO DEL CORTE Y DEL PASTOREO<sup>1</sup>

Variation in the symbiotic nitrogen fixation rates of three *Lotus* species as affected by cut and grazing

Emilio Ruz J.<sup>2</sup>, Hernán Acuña P.<sup>2</sup>, Erick Zagal V.<sup>3</sup>,  
Leticia Barrientos D.<sup>4</sup> y Andrea Pincheira P.<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Symbiotic N fixation by three legume species of genus *Lotus*: *L. corniculatus*, *L. tenuis* and *L. uliginosus*, was evaluated under cutting and grazing conditions in heavy soils (Typic Pelloxererts) of the main rice cropping area of Chile. A completely randomized split-plot experimental design with four replications was used which evaluated three heights (3, 6 and 9 cm) and two cut frequencies (6 and 8 weeks). The grazing experiment used Hereford animals. Considerable amounts of N: 219.4; 193.3 and 181.0 kg ha<sup>-1</sup> for *L. corniculatus*, *L. tenuis* and *L. uliginosus*, respectively, were found in the cut experiment, whereas the values determined for the same species in the grazing experiment reached 173.0; 123.2 and 111.9 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. It is concluded that these *Lotus* species are active fixers of N. The highest rates of N fixation were observed for a frequency of 6 weeks and a cut height of three centimetres.

**Key words:** symbiotic fixation, acetylene reduction assay, *L. corniculatus*, *L. tenuis*, *L. uliginosus*.

## INTRODUCCIÓN

Los suelos arcillosos de la zona central de Chile (Typic Pelloxererts) se caracterizan por poseer una baja fertilidad y limitaciones de tipo físico que restringen su uso a un limitado número de

cultivos, siendo característico el sistema de rotación arroz-pradera natural. Dado el avanzado deterioro de estos suelos, urge mejorar los actuales sistemas productivos con la introducción de leguminosas forrajeras de potencial productivo y especialmente adaptadas a estas condiciones, surgiendo como buena alternativa el género *Lotus*.

Dada la baja fertilidad que caracteriza a estos suelos, el aporte de nitrógeno que pueden hacer las leguminosas es altamente favorable, no sólo para mejorar la producción de las praderas, sino que también para restablecer la productividad de los suelos y hacerlos sustentables en el tiempo. Hasta ahora no se ha estudiado el comportamiento de las especies de *Lotus* en los suelos mencionados ni se dispone de antecedentes

<sup>1</sup>Recepción de originales: 11 de mayo de 1998.  
Proyecto FONDECYT N° 1950004.

Tesis desarrollada por la Srta. Andrea Pincheira para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile. E-mail: eruz@quilamapu.inia.cl

<sup>3</sup>Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Casilla 537, Chillán, Chile.

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Casilla 4-D, Temuco, Chile.

respecto de su potencialidad para fijar N ( $N_2$  atmosférico) en condiciones de campo.

En praderas permanentes de climas templados la fijación de N está determinada por factores ambientales más que por crecimiento de la leguminosa huésped (Ball y Crush, 1985). Diferencias climáticas, prácticas de manejo, y estación de crecimiento causarían considerables variaciones en las tasas de fijación de N (LaRue y Patterson, 1981), las cuales deben ser estudiadas.

En las especies del género *Lotus*, el proceso de nodulación ocurre paralelo a la formación de la primera hoja verdadera. Los nódulos miden de 1,5 a 2,0 mm de diámetro y se ubican a lo largo de las raíces principales y secundarias, pudiendo alcanzar 5,0 a 7,0 mm de diámetro (Williams, 1988; Cerda, 1996). La formación de nódulos es óptima a pH 6 a 6,5. A pH menores este proceso es menos eficiente, formándose pequeños nódulos de corazón blanco (Williams, 1988).

Norris (1965) indica que todas las cepas aisladas de *L. pedunculatus* (sinonimia *L. uliginosus*) pertenecen al grupo "productoras de bases", mejor adaptadas a suelos ácidos, mientras que cepas encontradas en *L. corniculatus* pertenecen al grupo "productoras de ácidos", no pudiéndose inocular *L. pedunculatus* con cepas de *L. corniculatus* y viceversa. Hoy se sabe que *Bradyrhizobium* sp. nodula a *L. pedunculatus*, existiendo claras diferencias entre *Rhizobium loti* y *Bradyrhizobium* sp. (Gault et al., 1994).

*Lotus corniculatus* posee un hábito de crecimiento erecto y un sistema radicular denso y fibroso en los 30 a 60 cm de suelo (Acuña, 1994). Sus nódulos determinados no se regeneran luego de un stress requiriendo la planta renodular después que el forraje es cosechado (Ehlke et al., 1996). *Lotus tenuis* y *L. uliginosus* son de hábito de crecimiento prostrado; *L. uliginosus* es estolonífera y posee mayor volumen radicular que *L. corniculatus* y *L. tenuis* en los primeros centímetros del perfil de suelo; se le atribuye una mayor eficiencia en la utilización del P com-

parado a otras especies de *Lotus*, lo que le permite crecer y formar nódulos aún en condiciones de deficiencia de este elemento (Cerda, 1996).

El objetivo de este estudio fue estimar la fijación simbiótica de nitrógeno en tres especies del género *Lotus* manejadas bajo corte y pastoreo y su variación por efecto de la altura de corte y frecuencia de utilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Curipeumo (36°06' Lat. S.; 71°56' Long. W; alt. 120 m.s.n.m.) cercana a la ciudad de Parral, VII Región, durante la temporada 1996/97, y es parte de un estudio más amplio de establecimiento y manejo de especies del género *Lotus* en la zona. El suelo pertenece a la serie Quella, Typic Pelloxererts (Vertisol); pH 5,5; densidad aparente 1,35 g cm<sup>-3</sup> obtenida de los primeros 15 cm de profundidad del perfil y presenta un nivel de fósforo Olsen de 4 ppm.

Antecedentes de la temperatura, precipitación y evaporación de bandeja del sitio experimental se presentan en el Cuadro 1.

**Experimento de corte.** El diseño utilizado para el experimento de corte fue de parcelas divididas, con 4 repeticiones. Las parcelas principales de 12 m x 6 m fueron ocupadas por las especies: *Lotus corniculatus* var. Quimey (Lc); *L. tenuis* var. Toba (Lt); y *L. uliginosus* Corriente (Lu). En las subparcelas de 2 m x 6 m se ubicaron 6 combinaciones de 3 alturas (3, 6, y 9 cm) por 2 frecuencias (6 y 8 semanas) de corte. En el caso de la determinación de la tasa de fijación de N se consideró sólo 4 combinaciones, las 2 frecuencias por 2 alturas de corte (3 y 9 cm).

**Experimento de pastoreo.** En el experimento de pastoreo el diseño utilizado fue de bloques completos al azar, con 2 repeticiones. Los tratamientos incluyeron las 6 combinaciones factoriales de 2 alturas de uso (alto 8-10 cm y bajo 3-5 cm) por las 3 especies, en parcelas de 20 m x 30 m, pastoreadas con novillos Hereford.

**Cuadro 1. Datos climáticos del lugar del experimento. Septiembre 1996 - marzo 1997****Table 1. Climatic data of the experimental site. September 1996 - March 1997**

	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura media (°C)							
Máxima	17,61	19,37	24,38	27,14	28,84	28,31	27,34
Mínima	4,97	7,1	9,11	10,61	12,12	9,93	8,3
Precipitaciones (mm)	17,7	29,7	32,7	9,5	15,7	25,1	1,6
Evaporación (mm)	70,3	118,8	200,8	233,2	247,1	193,0	154,8

La siembra se efectuó el 9 y 10 de mayo de 1995, para el experimento de pastoreo y corte respectivamente. Ésta se realizó sobre un suelo húmedo, sin previa preparación, al voleo sobre el rastrojo de arroz quemado. La dosis de semilla fue de 15 kg ha<sup>-1</sup>, inoculada con *Rhizobium loti* en los casos de *L. corniculatus* y *L. tenuis*, y *Bradyrhizobium* sp. en el caso de *L. uliginosus*. La fertilización inicial se determinó según análisis de suelo, e incluyó 400 kg ha<sup>-1</sup> de Superfosfato triple y 100 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de potasio. La fertilización de mantención efectuada en agosto de 1996 incluyó 200 kg ha<sup>-1</sup> de Superfosfato triple. En parcelas con *L. uliginosus* fue necesario aplicar además una dosis de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, los días 08.11.95 y 20.01.96, debido al escaso desarrollo alcanzado durante la primavera del año de establecimiento.

El riego fue en forma gravitacional desde octubre a marzo, reponiendo el 100% de la evaporación de bandeja cada 10 días.

### EVALUACIONES

Las estimaciones de las tasas de fijación simbiótica de N se efectuaron durante los meses de octubre de 1996 a marzo de 1997, mediante muestreos periódicos realizados siempre entre las 10:00 y 13:00 horas, utilizando una modificación del método de reducción del acetileno descrita por Hoglund y Brock (1978). Éste se describe brevemente a continuación: se tomaron 14 muestras de suelo de 0-7,5 cm de profundidad con barreno de tubo de 2,5 cm de diámetro, al azar

en cada subparcela. Las muestras fueron colocadas en frascos sellados de un litro de capacidad, ocupando entre el 40 al 50% del volumen del frasco. Aproximadamente el 10% del volumen del espacio con aire fue reemplazado con 60 mL de acetileno. Los frascos se colocaron en una caja de plumavit y las muestras se incubaron por una hora a la sombra. Se incluyó también muestras sin suelo o "gas blank". Al término de la incubación se tomó una muestra de gas desde los frascos usando una aguja doble, la cual se transfirió a un venojet de 10 mL. En ellas se determinó la concentración de etileno en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer, modelo 8600, equipado con un detector de ionización de llama y una columna empacada Poropak N. La temperatura de trabajo del inyector fue de 75°C. La concentración de etileno de la muestra se determinó comparándola con alturas "peak" de curvas preparadas con concentraciones conocidas de etileno. La actividad de reducción de acetileno se expresó como moles de etileno producido por hora. La relación molar teórica de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>:N<sub>2</sub> utilizada fue de 3:1 (Hardy *et al.*, 1973). Se usaron factores para transformar los datos a días, considerando una actividad constante durante las 24 horas. Hoglund y Brock (1978) estimaron que la tasa de fijación simbiótica de N<sub>2</sub> entre las 10:00 y 13:00 horas representa un promedio de las variaciones que ocurren durante las 24 horas. Para expresar los resultados en kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> se calculó el área representada por las 14 muestras de suelo de cada frasco. A partir de los datos obtenidos para cada fecha de muestreo, se procedió a calcular la fijación acumulada.

Las evaluaciones de fijación de N efectuadas en un período de 7 meses (agosto-marzo) se agruparon en el experimento de corte, en primavera y verano antes y después de cada corte (P/AC = Primavera antes del corte: días 28.11.96 y 19.12.96; V/AC = Verano antes del corte: días 09.01.97 y 03.02.97; y V/DC = Verano después del corte: días 22.01.97 y 14.02.97). En total 48 datos en cada agrupación. En el caso del experimento de pastoreo los datos se agruparon en primavera y verano. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo al diseño empleado.

Por otra parte se determinó el nitrógeno total en el follaje, analizado a través del método de Kjeldahl, y rendimiento de materia seca mediante muestreos efectuados al momento de cada corte y pastoreo, en ambos experimentos. Luego de cada muestreo el forraje fue removido con segadora rotativa de altura regulable (experimento de corte) o pastoreo con bovinos Hereford

(experimento de pastoreo) durante la temporada antes descrita. En el experimento de pastoreo el número de animales a ingresar a cada parcela se determinó previa estimación del forraje disponible en cada una de ellas. Luego de alcanzado el residuo deseado estimado en forma visual, los animales fueron retirados tras una permanencia mínima de 2 días.

Las mediciones de humedad se realizaron 1 ó 2 días, antes y después del riego, respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Experimento de corte.** La tasa de fijación de N ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) medida para las tres especies durante el período en estudio mostró una gran variación estacional (Figura 1). Estas variaciones fueron más notorias en Lt, la que mostró bruscas caídas en verano. Las mayores tasas se registraron desde fines de primavera a mediados de verano, y las menores a inicios de primavera

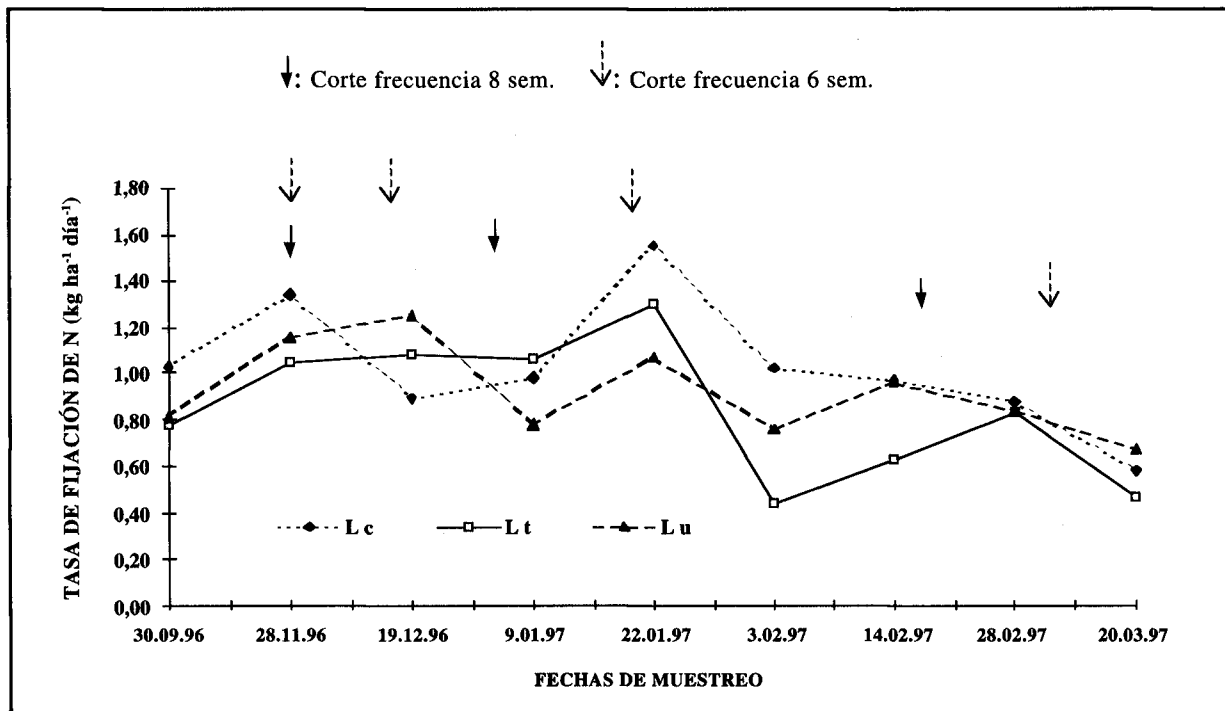


Figura 1. Variación estacional de las tasas promedio de fijación de N en tres especies del género *Lotus* manejadas bajo corte y medidas por el método de reducción de acetileno.

Figure 1. Seasonal variation of N fixation rates in three *Lotus* species managed under cut and measured by the acetylene reduction assay.

y desde mediados a fines de verano. Las variaciones son atribuibles a cambios estacionales en la temperatura y humedad (Cuadro 1), que afectan el potencial de crecimiento de las leguminosas, y también a los ciclos de corte y rebrote que caracterizó el manejo de estas praderas, lo que causaría una compleja interacción del nitrógeno fijado con tales factores durante la estación de crecimiento.

Al respecto, Ball y Crush (1985) señalan que en praderas permanentes, la interacción entre absorción y fijación de N<sub>2</sub> es modificada por patrones estacionales de crecimiento de la leguminosa, disponibilidad de nitrógeno en el suelo y absorción de nitrógeno de las especies acompañantes. Del mismo modo, Hoglund y Brock (1978) sugieren que la fijación de N<sub>2</sub> parece ser más susceptible a stress ambiental, especialmente bajas temperaturas y déficit de humedad. Temperaturas sobre o bajo el óptimo (22°C) tendrían un mayor efecto sobre la fijación que sobre el crecimiento de la leguminosa.

La fijación acumulada de nitrógeno (Figura 2) estimada para Lc, Lu y Lt, fue de 219,4; 193,37 y 181,02 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los valores más altos se obtuvieron con la variedad Quimey (Lc), que también se caracterizó por presentar los mayores rendimientos de materia seca (P ≤ 0,05), aproximadamente 8 t ha<sup>-1</sup>, y el mayor contenido de nitrógeno en la planta (Cuadro 2). Al respecto, Brock (1973) señala que tanto crecimiento como fijación de N<sub>2</sub> están directamente relacionados, por tanto, leguminosas con una mayor producción de fitomasa son más eficientes fijadoras de N<sub>2</sub> que aquellas menos productivas.

Se encontró efecto de la frecuencia de corte (P ≤ 0,01) en V/DC (Figura 3). Mayores tasas en la fijación de N<sub>2</sub> se obtuvieron con frecuencia de 6 semanas versus 8 semanas; esto contradice a otras investigaciones que sostienen que períodos más breves entre corte tendrían un efecto más detrimental en la fijación de N por remoción de la fuente primaria de energía necesaria para la mantención del proceso (Moustafa *et al.*,

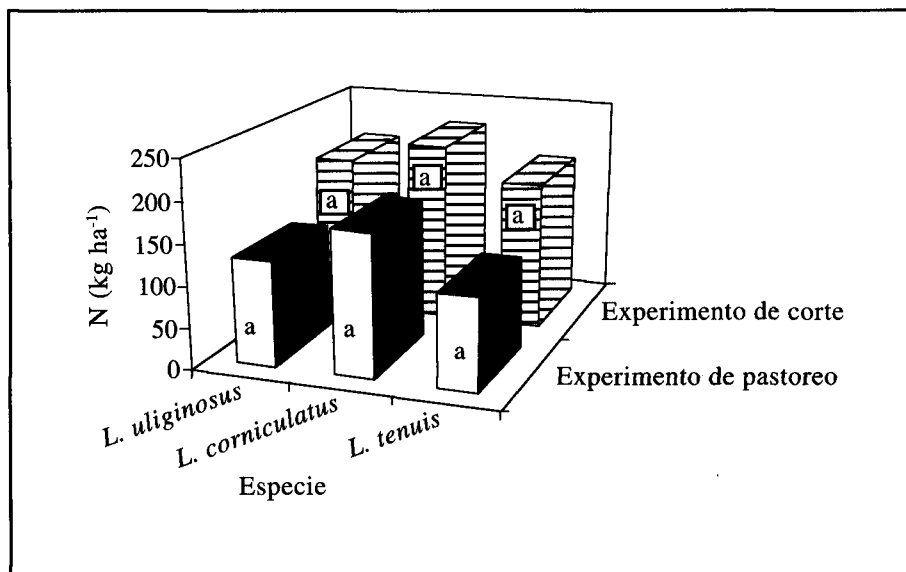


Figura 2. Estimación de la fijación simbiótica de N acumulado en tres especies del género *Lotus*, manejadas bajo corte y pastoreo, en el período comprendido de agosto de 1996 a marzo 1997. Barras con letras distintas indican diferencias significativas (P ≤ 0,05).

Figure 2. Accumulation of symbiotic N fixation in three species of the genus *Lotus* under cut and grazing treatments during the period August 1996-March 1997. Bars with different letters indicate statistically significant differences (P ≤ 0.05).

**Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (MS) de lotera pura, nitrógeno total en el follaje y fijación simbiótica acumulada de N (kg ha<sup>-1</sup>) en tres especies del género *Lotus* manejadas bajo corte y pastoreo. Temporada 1996/97**

**Table 2. Dry matter yields of a pure stand of lotera, total foliar nitrogen and accumulated symbiotic N fixation (kg ha<sup>-1</sup>) of three *Lotus* species managed under cut and grazing. Growing season 1996/97**

Especie	Lotera pura (kg MS ha <sup>-1</sup> )		N total follaje (kg N ha <sup>-1</sup> )		Fijación de N acumulada (kg N ha <sup>-1</sup> )	
	Corte	Pastoreo	Corte	Pastoreo	Corte	Pastoreo
<i>L. uliginosus</i>	4.250 b	3.338 a	164,68	117,89	193,37 a	128,23 a
<i>L. corniculatus</i>	7.842 a	7.985 a	241,58	217,39	219,40 a	173,05 a
<i>L. tenuis</i>	4.709 b	5.051 c	166,52	149,09	181,02 c	111,97 c
EE	0,373	0,177				

Letras iguales en cada columna indican que no hay diferencia significativa ( $P > 0,05$ ).

EE = error estandar de las medias.

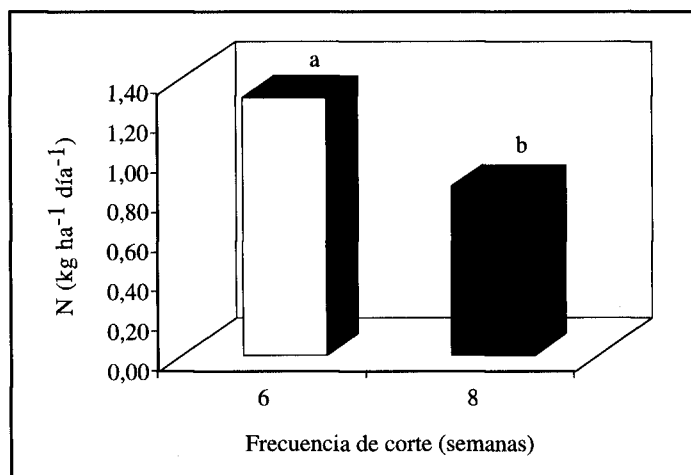


Figura 3. Efecto de la frecuencia de corte sobre la tasa de fijación de N para muestras evaluadas en verano después del corte. Barras con distinta letra indican diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ ). EE = 0,072.

Figure 3. Effect of cut frequency on N fixation rates for samples evaluated in the summer after cut. Bars with different letters indicate statistically significant differences ( $P \leq 0.01$ ). EE = 0.072.

1969; LaRue y Patterson, 1981; Farnham y George, 1994; Blumenthal *et al.*, 1994). Existe la posibilidad que frecuencias de corte cada 6 semanas no sean tan negativas para el proceso en lo que respecta al género *Lotus*.

Se pudo apreciar el efecto de la recuperación al corte en V/DC, dependiendo de los días transcurridos desde el corte hasta el día de muestreo de fijación para cada frecuencia. Al respecto, Mustafa *et al.* (1969) en mediciones realizadas utilizando el método de reducción de acetileno para estudiar el efecto de la defoliación sobre la fijación de nitrógeno en *Trifolium repens* L., encontraron que la tasa de reducción declinaba dentro de las 24 horas de ocurrida la defoliación, y permanecía a niveles bajos hasta el sexto día, después de lo cual se incrementaba llegando a niveles similares a aquellas plantas no defoliadas, lo que concuerda con nuestros resultados.

No hubo efecto significativo de la frecuencia para P/AC y V/AC ( $P > 0,05$ ). Esto presumiblemente debido al largo tiempo transcurrido desde la fecha de corte a muestreo para ambas frecuencias ( $> 35$  días), lo que anularía el efecto de la frecuencia de corte. Resultados similares fueron obtenidos por Moustafa *et al.* (1969), quienes no encontraron diferencia significativa en la tasa de reduc-

ción de acetileno entre plantas defoliadas y no defoliadas luego de 34 días después del corte.

Se encontró una interacción significativa especie x frecuencia ( $P \leq 0,05$ ) para muestras evaluadas en V/AC. La variedad Toba (Lt) se vio notablemente afectada en su capacidad de fijación al disminuir la frecuencia de corte de 6 a 8 semanas. Las otras variedades no fueron afectadas por la frecuencia de corte.

El efecto de la altura de corte sobre la tasa de fijación (Figura 4) mostró diferencia significativa en el período de V/AC ( $P \leq 0,05$ ). Las mayores tasas fueron para el tratamiento de corte a 3 cm de altura en lugar de 9 cm. Estos resultados difieren de otras investigaciones que sostienen que a mayor altura de corte hay una mayor capacidad de fijación. Sin embargo, la habilidad de los nódulos de seguir funcionando luego de un corte depende de muchos factores: especie, microsimbionte, estado fenológico, tasa de crecimiento de retoños, etc. Por otro lado Harris *et al.* (1997), investigando el efecto de la altura e intervalo de corte en el rendimiento de *L. pedunculatus* encontraron que incrementos en la

altura de corte resultaban en una disminución del rendimiento de lotera pura.

**Experimento de pastoreo.** La tasa de fijación simbiótica de N (Figura 5) presentó un patrón similar al registrado en el experimento de corte, con un máximo entre noviembre y diciembre. Las menores tasas obtenidas a inicio de temporada sugieren que la fijación fue inicialmente inhibida por las bajas temperaturas registradas a inicios de primavera, siendo Lc menos afectada que Lu y Lt (Cuadro 1). Similares resultados fueron obtenidos en *Lotus uliginosus* por Wedderburn y Gwynne (1981), quienes atribuyeron los bajos niveles de fijación a la combinación de factores, como alta pluviometría, bajas temperaturas de suelo y baja radiación solar.

La fase inicial en la declinación de la fijación coincidió con el período de floración y con el desarrollo de nuevos rizomas. Ehlke *et al.* (1996) señalan al respecto, que la llegada de la etapa reproductiva sumado al stress causado por la defoliación puede reducir e incluso detener la fijación de N, por muerte de los nódulos determinados de *L. corniculatus*. Por tanto, la planta debe renodular para poder seguir fijando, produciéndose una caída en las tasas de fijación.

La fijación acumulada de N (Figura 2) estimada para las tres especies en pastoreo registró valores de 128,23; 173,05 y 111,97 kg ha<sup>-1</sup> para Lu, Lc y Lt, respectivamente. Estos valores son un tanto inferiores a los obtenidos en el experimento bajo corte. El efecto animal, el mayor grado de compactación íntimamente ligado a la formación de nódulos (Cerdeira, 1996), la menor pureza del stand de leguminosas y los orines presentes pueden ser la causa de esta diferencia. Al igual que en el experimento de corte, Lc registró los mayores valores de fijación de N, mayor producción de materia seca y mayor contenido de nitrógeno total en el follaje (Cuadro 2).

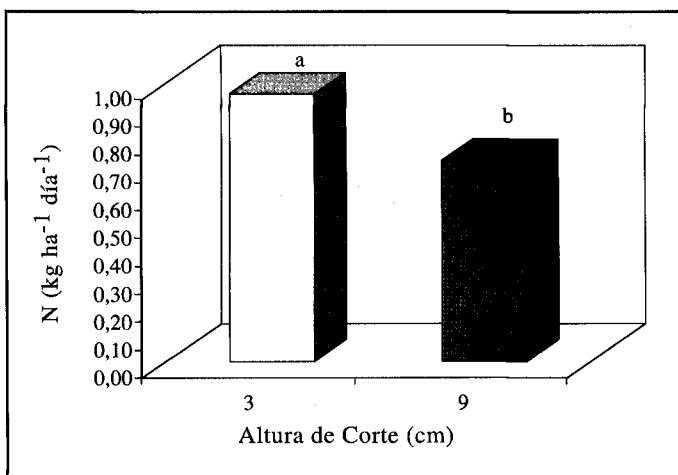


Figura 4. Efecto de la altura de corte sobre la tasa de fijación de N en muestras evaluadas en verano antes del corte. Barras con distinta letra indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ). EE = 0,064.

Figure 4. Effect of cut height upon rates of N fixation in samples evaluated in summer before cut. Bars with different letters indicate statistically significant differences ( $P \leq 0.05$ ). EE = 0.064.

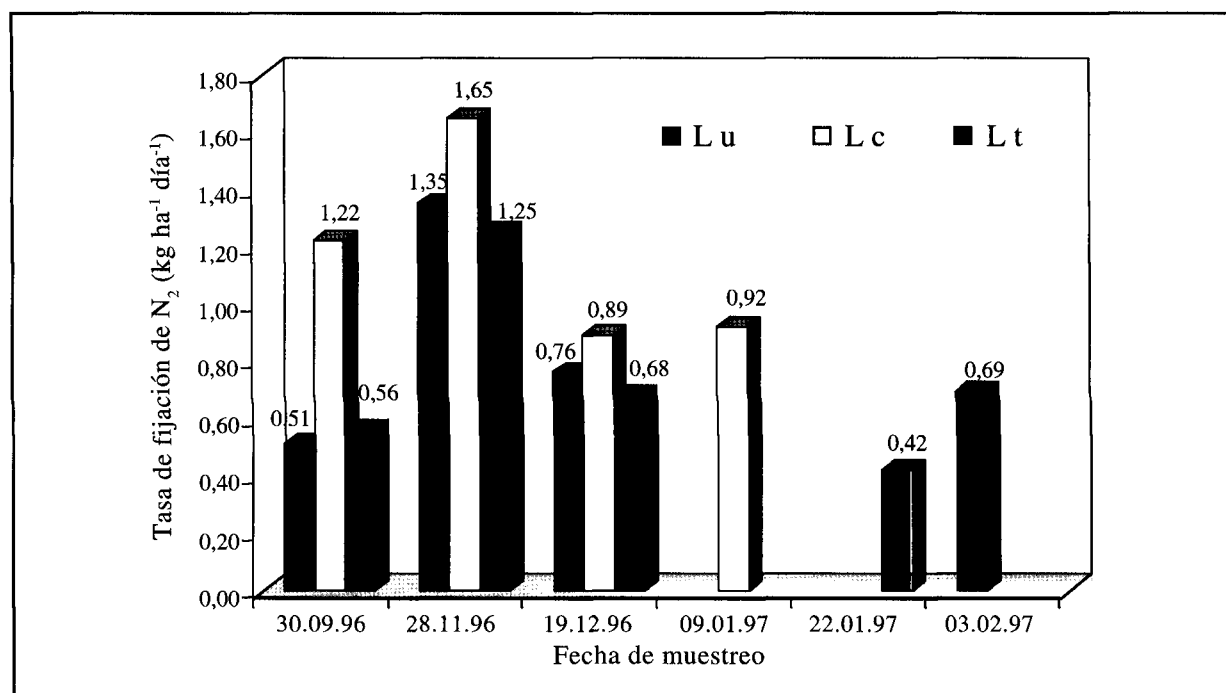


Figura 5. Variación estacional de las tasas de fijación simbiótica de N, de tres especies del género *Lotus* manejadas bajo pastoreo y medidas por el método de reducción de acetileno.

Figure 5. Seasonal variation in the rates of symbiotic N fixation of three species of the genus *Lotus* under grazing and measured by the acetylene reduction assay.

Por su parte Lt registró los menores valores de fijación, disminuyendo en un 38,14% su rendimiento en relación al experimento de corte. De igual forma Lu y Lc registraron una caída de un 33,68 y un 21,68%, respectivamente. Ledgard *et al.* (1982) y Ball *et al.* (1979), investigando el efecto de orines de vacunos sobre las pasturas, encontraron un efecto depresivo de la orina sobre el crecimiento de *Trifolium repens* L. y sobre la fijación de N.

No hubo efecto de la especie ( $P > 0,05$ ) sobre la tasa de fijación de N en ninguna de las fechas evaluadas. Si bien no hubo diferencias significativas, Lc obtuvo las mayores tasas en relación a Lu y Lt. La alta variabilidad espacial en las relaciones del N en praderas bajo pastoreo pueden explicar la ausencia de diferencias significativas (Ruz *et al.*, 1993).

La tasa de fijación simbiótica de N no difirió ( $P > 0,05$ ) entre alturas, siendo superior en prima-

vera para alturas de corte alto o pastoreos más livianos y en verano para bajas alturas o pastoreos más fuertes, consecuencia esto último de la mayor eliminación tanto de estructuras reproductivas como vegetativas, que compiten por carbohidratos de reserva disminuyendo la fijación de N.

El análisis indicó que la interacción especie x altura no fue significativa ( $P > 0,05$ ) en ninguna de las fechas evaluadas, dado que no existió diferencia tanto en tratamientos de alturas de pastoreo como entre especies.

## CONCLUSIONES

1. Las especies del género *Lotus* estudiadas se mostraron activas en la fijación de N en las condiciones de los suelos arcillosos. Las cantidades de N fijado fluctúan entre 181 y 219 kg ha<sup>-1</sup> en un período de 7 meses, en par-



- celas usadas con corte, y cuando se usaron en pastoreo los valores fluctuaron entre 112 y 173 kg N ha<sup>-1</sup>.
2. Respecto al manejo de las tres especies, la variedad Quimey (Lc) y Corriente (Lu) no se vieron afectadas en su capacidad de fijación de N por la frecuencia de corte usada en este experimento; la variedad Toba (Lt) tuvo una fijación menor a las dos restantes con una frecuencia de corte de 8 semanas.
  3. La altura de corte de 3 cm mostró un efecto positivo en la fijación simbiótica de N respecto a alturas mayores. Esto indica que la forma de utilización de estas especies forrajeras influye en la eficiencia de aprovechamiento de este proceso simbiótico.
  4. Las tres especies en condiciones de pastoreo mostraron una tendencia similar en la tasa de fijación simbiótica. La alta variabilidad espacial del N mineral del suelo impuesto por el efecto animal no permitió detectar diferencias significativas entre las especies.
  5. La capacidad de estas leguminosas del género *Lotus* de fijar N en cantidades apreciables, tanto para uso en corte como en pastoreo, las convierte en una buena alternativa dentro de la estrategia de mejoramiento de los sistemas productivos de los suelos arcillosos.

## RESUMEN

Se realizó este ensayo con el objeto de estimar la fijación simbiótica de nitrógeno (N<sub>2</sub> atmosférico), en tres especies del género *Lotus*: *L. corniculatus*, *L. tenuis* y *L. uliginosus*, manejadas bajo corte y pastoreo, con distintas alturas de corte y frecuencia de utilización. El ensayo se realizó en la zona de Parral, en un suelo arcilloso serie Quella (Typic Pelloxererts) de la zona arrocera de Chile. En el experimento de corte se usaron parcelas divididas con 4 repeticiones, con tres alturas de corte (3, 6 y 9 cm) y dos frecuencias (6 y 8 semanas); en el experimento de pastoreo se utilizaron bloques completos al azar con dos repeticiones, con bovinos Hereford. La fijación acumulada de N en el experimento de

corte fue de 219,4; 193,37 y 181,02 kg ha<sup>-1</sup>, para *L. corniculatus*, *L. tenuis* y *L. uliginosus*, respectivamente. En el experimento de pastoreo la fijación de N fue de 173,05; 128,23 y 111,97 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se concluyó que las tres especies de *Lotus* son activas fijadoras de N. La frecuencia cada 6 semanas fue significativamente mayor que cada 8 semanas, y la altura de corte de 3 cm fue significativamente superior a 6 ó 9 cm de corte.

**Palabras claves:** fijación simbiótica, método de reducción de acetileno, *L. corniculatus*, *L. tenuis*, *L. uliginosus*.

## LITERATURA CITADA

- ACUÑA, H. 1994. Las Loteras. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile. Serie Quilamapu N° 57. 12 p.
- BALL, R.; KEENEY, D.R.; THEOBALD, P.W. AND NES, P. 1979. Nitrogen balance in urine - affected areas of a New Zealand pasture. *Agron. J.* 71: 309-314.
- BALL, P.R. AND CRUSH, J.R. 1985. Prospects for increasing symbiotic nitrogen fixation in temperate grasslands. Proceedings of the XV International Grassland Congress. Kyoto, Japan. p. 55-62.

- BLUMENTHAL, M.J.; KELMAN, W.M.; LOLICATO, S.; HARE, M.D; AND BOWMAN, A.M. 1994. Agronomy and improvement of *Lotus*: A review. In: Michalk, D.L.; Graing, A.D. and W.Y. Collins (Eds.). Alternative pasture legumes 1993. Department of Primary Industries. South Australia. Technical Report 219. p. 74-85.
- BROCK, J.L. 1973. Growth and nitrogen fixation of pure stands of three pasture legumes with high/low phosphate. N. Z. J. Agric. Res. 16: 483-491.
- CERDA, C. 1996. Deficiencias nutritivas y nodulación en establecimiento de especies forrajeras del género *Lotus*, en suelos arcillosos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillán, Chile. 33 p.
- EHLKE, N.J.; VELLEKSON, D.J. AND LYMAN, B.E. 1996. Selection for biological nitrogen fixation and nitrogen utilization in birdsfoot trefoil. Crop Sci. 36: 104-109.
- FARNHAM, D.E. AND GEORGE, R. 1994. Dinitrogen fixation and nitrogen transfer in birdsfoot trefoil-orchard grass communities. Agron. J. 86: 690-694.
- GAULT, R.R.; PILKA, A.; HEBB, D.M. AND BROCKWELL, J. 1994. Nodulation studies on legumes exotic to Australia: symbiotic relationships between *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste) and *Lotus* spp. Aust. J. Exp. Agr. 34: 385-394.
- HARDY, R.W.; BURNS, R.C. AND HOLSTEN, R.D. 1973. Applications of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. Soil Biol. Biochem. 5: 47-81.
- HARRIS, C.A.; BLUMENTHAL, M.J.; KELMAN, W.M. AND MACDONALD, L. 1997. Effect of cutting height and cutting interval on rhizome development, herbage production and herbage quality of *Lotus pedunculatus* cv. Grasslands Maku. Aust. J. Exp. Agr. 37: 631-637.
- HOGLUND, J.H. AND BROCK, J.L. 1978. Regulation of nitrogen fixation in a grazed pasture. N. Z. J. Agr. Res. 21: 73-82.
- LARUE, T.A. AND PATTERSON, T.G. 1981. How much nitrogen the legumes fix? Adv. Agron. 34: 15-38.
- LEDGARD, S.F.; STEELE, K.W. AND SAUNDERS, W.H.M. 1982. Effects of cow urine and its major constituents on pasture properties. N. Z. J. Agr. Res. 25: 61-68.
- MOUSTAFA, E.; BALL, R. AND FIELD, T.R.O. 1969. The use of acetylene reduction to study the effect of nitrogen fertiliser and defoliation on nitrogen fixation by field-grown white clover. N. Z. J. Agr. Res. 12: 691-696.
- NORRIS, D.O. 1965. Acid production by *Rhizobium*: A unifying concept. Plant Soil 22: 143-166.
- RUZ, E.; WHIK, R.E. Y BALL, P.R. 1993. Variación espacial del nitrógeno mineral en el suelo por efecto del pastoreo animal. XIII Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 1993, Santiago. p. 32.
- WEDDERBURN, M.E. AND GWYNNNE, D.C. 1981. Seasonality of rhizome and shoot production and nitrogen fixation in *Lotus uliginosus* under upland conditions in South-West Scotland. Ann. Bot. 48: 5-13.
- WILLIAMS, G.H. 1988. L'intérêt des lotiers: un possible renouveau (revue bibliographique). Fourrages 116: 329-345.