

***Lotus tenuis* (Fabaceae). Productividad y manejo agronómico**

Lotus tenuis forage legume (Fabaceae). Productivity and agronomic management

Vignolio¹, O.R., Cambareri², G.S. y Maceira², N.O.

Unidad Integrada: Facultad de Ciencias Agrarias-UNMdP.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA, Balcarce.

1. Introducción
2. Implantación y establecimiento
 - 2.1. Consideraciones antes de la siembra
 - 2.1.1. Pureza
 - 2.1.2. Poder germinativo
 - 2.2. Estado sanitario de las semillas
 - 2.3. Germinación en condiciones de campo
 - 2.4. Fecha de siembra
 - 2.5. Métodos y densidad de siembra
 - 2.5.1. Intersiembra en el pastizal natural
 - 2.5.2. Siembra de pasturas
 - 2.6. Profundidad de siembra y tipos de suelos
 - 2.7. Control de malezas
3. Cultivares
4. Rendimiento
 - 4.1. Producción de forraje
 - 4.2. Persistencia de *Lotus tenuis* en la pastura y en el pastizal
 - 4.3. Producción de semillas
5. Fijación de nitrógeno y calidad del forraje
 - 5.1. Fijación de nitrógeno
 - 5.2. Calidad del forraje
 - 5.2.1. Taninos
6. Banco de semillas de *Lotus tenuis*
7. Consideraciones finales
8. Agradecimientos
9. Bibliografía

Recibido: julio 2008

Aceptado: diciembre 2009

1. Facultad de Ciencias Agrarias-UNMdP. ovignolio@balcarce.inta.gov.ar; ovignoli@mdp.edu.ar

2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA. C.C. 276 (7620) Balcarce, Buenos Aires. Argentina.

Resumen

En esta revisión se presentan los resultados de los trabajos realizados en los últimos 20 años sobre productividad de forraje y semillas de *Lotus tenuis* en condiciones de cultivo puro, pasturas y como integrante del pastizal natural. La mayoría de los trabajos considerados fueron realizados en pastizales de la Pampa Deprimida (Buenos Aires, Argentina). También se presentan resultados de trabajos realizados en Chile, Estados Unidos, Italia y Uruguay. Algunos de los temas tratados son: a) manejo agronómico (métodos, fechas, densidades y profundidades de siembra), b) productividad y calidad del forraje en pasturas y en pastizales bajo diferentes manejos (pastoreo, corte mecánico, fertilización, inoculación de las semillas, control de malezas) y c) producción de semillas e importancia del banco de semillas del suelo para el mantenimiento de *L. tenuis* en pasturas y pastizales, entre otros. En Argentina la producción de semillas de esta especie se ha incrementado en los últimos años. Sin embargo, la información sobre el manejo del cultivo para optimizar el rendimiento de semillas es escasa. Parte de la información de los trabajos ha sido sintetizada en diagramas que muestran los estados por los que pasa la población de *L. tenuis* en los sistemas de producción de forraje y de semillas, como así también los factores bióticos y abióticos que pueden afectar a cada uno de ellos.

Palabras clave: *Lotus tenuis*, productividad primaria, manejo agronómico.

Summary

In this review the results of the works done during the last 20 years about primary productivity of *Lotus tenuis* sowed in pure crops, pasture and in natural grasslands were presented. Most of the considered works were carried out in the Flooding Pampa grasslands (Buenos Aires, Argentina). Besides, results of works done in Chile, United States, Italy and Uruguay also were presented. Some of the treated subjects are: a) agronomic (methods, dates, densities and the depth of sowing), b) productivity and quality in pastures and grasslands (grazing, mechanical cut, fertilization, seed inoculation, weed control), c) seeds production and importance of the soil seed bank by the persistence of *L. tenuis* populations in pastures and grasslands. In Argentina seed production of this species has been increased in the last years. However, the researchs about crop management to optimize the seed yield are scarce. Part of the information of the works has been synthesized in diagrams that show the different states of the *L. tenuis* population in pastures, grasslands and seed production crops; as well as the biotics and abiotics factors that can affect the states.

Kew words: *Lotus tenuis*, primary productivity, agronomic management.

1. Introducción

Varias especies del género *Lotus* spp. son reconocidas en diferentes países por su contribución como forrajeras en pastizales y pasturas (6, 9, 13, 25, 57, 75) y para recuperar la cobertura vegetal en suelos con restricciones edáficas (85). Presentan menor requerimiento de fósforo que otras leguminosas de clima templado y fijan nitrógeno atmosférico, el cual puede ser transferido a las gramíneas acompañantes (5, 6, 9, 52, 72, 74). En siste-

mas de producción secundaria de Europa se ha estimado que la presencia de leguminosas en el forraje puede representar un beneficio de 137 euros por hectárea respecto al forraje compuesto solo por gramíneas (75). Además, la menor incorporación de insumos nitrogenados al sistema reduce considerablemente el riesgo de contaminación del agua superficial y subterránea, redundando en beneficio de la flora, de la fauna y de la sociedad (75).

Lotus tenuis es una forrajera exótica muy utilizada en los pastizales de la Pampa Deprimida (57, 87). Por su capacidad para establecerse en diferentes comunidades vegetales (46, 53, 57, 81), los aportes de nitrógeno al sistema (72, 74, 77) y sus buenas cualidades como forrajera constituye un importante recurso para los sistemas ganaderos (13, 16, 25, 57). En una revisión previa se presentaron los resultados referidos a los aspectos bioecológicos de *L. tenuis* (87). La presente revisión está centrada en aspectos agronómicos y los trabajos seleccionados son locales, de Chile, Estados Unidos, Italia y Uruguay. El manejo del cultivo destinado a la producción de semillas está menos desarrollado que las investigaciones referidas a la producción de forraje. Con la información reunida para *L. tenuis*, se han realizado diagramas conceptuales destacando los factores involucrados en la producción de forraje en pasturas, pastizales (Figura 1a) y de semillas (Figura 1b). Algunos trabajos realizados en el campo no presentan registros climáticos. Tampoco se cuenta para algunos trabajos con datos del poder germinativo de las semillas de *L. tenuis* en los diferentes ensayos de siembra en pastura, pastizal y/o puro. Estas limitaciones no permiten hacer una apropiada comparación entre los resultados de distintos trabajos.

2. Implantación y establecimiento

2.1. Consideraciones antes de la siembra

Algunas de las consideraciones a tener en cuenta antes de sembrar *L. tenuis* son las siguientes (para mayor información consultar 71).

2.1.1. Pureza: El análisis de pureza de las semillas se realiza con la finalidad de conocer la cantidad de semillas de otras especies y el material inerte que puede estar presente en la muestra de estudio.

2.1.2. Poder germinativo: Los resultados del análisis del poder germinativo en condiciones de laboratorio pueden ser: plántulas normales, plántulas anormales, semillas duras, semillas

no germinadas y semillas muertas. La dormición o dureza de las semillas se puede romper escarificándolas con papel de lija.

Conociendo el poder germinativo, el peso de 1000 semillas, la pureza, la densidad de plantas a lograr y el coeficiente de logro (representa factores de pérdida de plantas por distintas condiciones ambientales) se puede determinar la densidad de semillas a sembrar por hectárea para diferentes condiciones ambientales (71). Finalmente, antes de la siembra las semillas deberían ser inoculadas con *Rhizobium loti* y peleteadas con carbonato de calcio.

2.2. Estado sanitario de las semillas de *Lotus tenuis*

El estado sanitario de las semillas hace referencia a enfermedades y plagas transmisibles por las semillas y las que se originan durante la etapa de almacenamiento (71). En diferentes poblaciones de *L. tenuis* se ha encontrado que las semillas son portadoras de los siguientes hongos: *Alternaria tenuis*; *Aspergillus ochraceus*; *Botrytis* sp.; *Cladosporium cladosporioides*; *Curvalaria* sp.; *Drechslera tetrámera*; *Epicoccum* spp.; *Fusarium equiseti*; *F. moniliforme*; *F. oxysporum*; *F. solani*; *Mucor* spp.; *Penicillium* spp.; *Phoma* spp.; *Stemphylium loti*. En términos generales estos hongos deterioran las semillas durante el almacenamiento, impiden la geminación, causan podredumbre de semillas y necrosis radicular. Además, los hongos del género *Fusarium* spp. afectan a las plántulas causando *damping-off* (54). *Colletotrichum destructivum* es un hongo detectado en semillas de *L. tenuis* colectadas en pastizales de Chascomús, el cual parece ser menos severo que los citados anteriormente (91). Entre los predadores de semillas de *Lotus tenuis* localizados en los pastizales de la Pampa Deprimida, se cita a *Bruchophagus platypterus* Walker, microhimenóptero de la familia Eurytomidae (53).

2.3. Germinación en condiciones de campo

En condiciones de campo la germinación de *L. tenuis* es progresiva (escalonada) y la temperatura sería uno de los factores ambientales que influye en el ablandamiento de las

Figura 1 a)

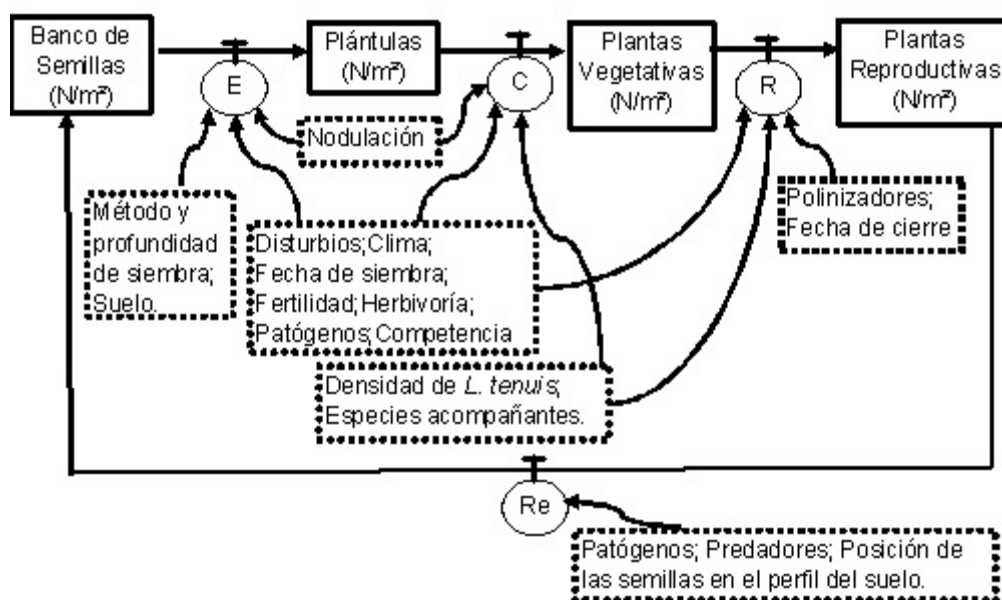


Figura 1b)

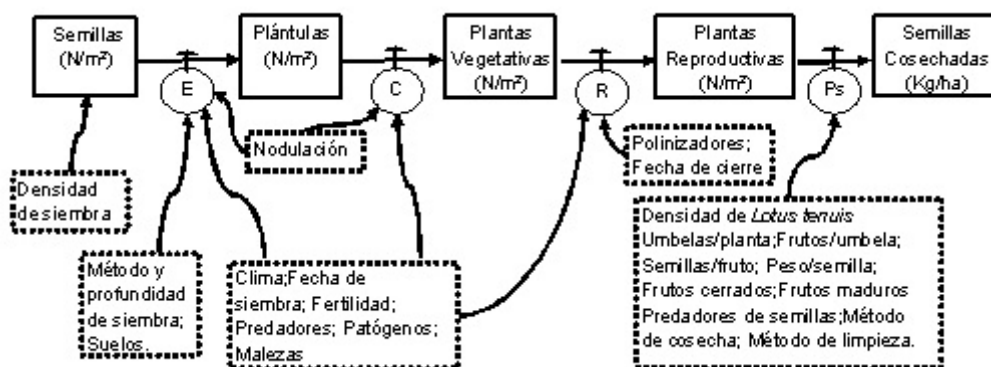


Figura 1: a) Diagrama conceptual de los estados por los que pasa una población de *Lotus tenuis* en una pastura y/o pastizal y **b)** en un sistema destinado a la producción de semillas. Referencias: E, emergencia; C, Crecimiento; R, Reproducción; Ps, producción de semillas; Re, Recarga del banco de semillas del suelo. Cajas con líneas llenas indican estados y cajas con líneas cortadas indican factores ambientales y de manejo que pueden afectar los procesos. Las flechas llenas y rectas con las válvulas representan flujos entre estados. Las válvulas son reguladas por los factores ambientales y de manejo.

Figure 1: Conceptual diagram of the dynamic of a population of *Lotus tenuis* in **a)** pasture and/or grassland and **b)** in a system dedicated to seed production. References: E, emergence; G, Growth; R, Reproduction; Ps, seed production; Re, soil seed bank. Boxes with solid lines represent state variables and boxes with cut line represent environmental conditions and biological interactions. Solid arrows with flow symbol represent fluxes between states and are regulated by the environmental factors and management.

cubiertas de las semillas y en la germinación (63). Las semillas de *L. tenuis* expuestas a bajas temperaturas en condiciones de heladera (5-7°C) pierden su dormancia (dureza). La dormancia de las semillas de *L. tenuis* parece estar determinada por las condiciones ambientales acontecidas durante su desarrollo. Semillas colectadas en diciembre presentaron mayor porcentaje de germinación y en menor tiempo que las semillas colectadas en febrero. La mayor dormancia en febrero fue atribuida a la menor disponibilidad de agua para el cultivo durante la maduración de las semillas, lo cual pudo haber modificado la permeabilidad de la cubierta de las semillas (18).

En condiciones de campo (los Hornos, Buenos Aires, Argentina) el mayor porcentaje de semillas blandas del banco fue registrado en agosto y la mayor emergencia de plántulas en primavera (63). Sevilla et al. (79) en una pastura de *Lotus tenuis* y *Festuca* spp. registraron que el mayor porcentaje de plántulas de lotus se produjo en los meses de julio, agosto y septiembre.

2.4. Fecha de siembra

En la Pampa Deprimida, la interseembra de *L. tenuis* en pastizales naturales y/o como componente de pasturas ha sido realizada preferentemente en otoño (19, 20, 21, 53, 57, 58, 59, 60, 72, 74, 79). En esta época las probabilidades de lluvias son altas y las temperaturas moderadas, lo cual favorece el desarrollo de las plántulas (57, 66).

En Italia y en Chile *L. tenuis* también se siembra en otoño (3, 4, 10, 77) y primavera (65). En los trabajos de la Red de Ensayos de Variedades Forrajeras de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales (Argentina) donde se evalúa el rendimiento de diferentes especies, incluyendo *L. tenuis* y *L. corniculatus*, la siembra también se realiza en otoño. En los pajonales de *Paspalum quadrifarium* y *P. exaltatum* se ha sembrado *L. tenuis* después de la quema de primavera (45, 68). Díaz et al. (25) consideran que la primavera es la mejor estación para sembrar las diferentes especies de *Lotus*. La siembra a fines del verano o a comienzo del otoño es conveniente si las plan-

tas antes de alcanzar el invierno presentan una buena cantidad de biomasa vegetativa (27).

2.5. Métodos y densidades de siembra

2.5.1. Intersiembra en el pastizal natural

La implantación y producción de forraje de *L. tenuis* varían con el manejo de la cobertura vegetal y con la preparación de la cama de siembra (13, 19, 66). El lento establecimiento de las plántulas de *L. tenuis* las deja en desventaja competitiva frente a otras especies establecidas en el pastizal (25, 60, 79). El establecimiento es favorecido si se reduce la competencia y/o interferencia de la vegetación acompañante mediante disturbios generados por: rastras de discos, corte mecánico, quema, herbicida y pastoreo con alta carga (19, 45, 47, 68, 79). En el pastizal, la secuencia de disturbios que ha permitido un buen establecimiento de plántulas de *L. tenuis* ha sido la siguiente: a) pastoreo con alta carga animal y luego sembrar al voleo, b) pastoreo con alta carga, luego pasar una rastra de disco y finalmente sembrar al voleo, c) pastoreo o corte mecánico del pastizal y luego sembrar con intersembradora (19, 21), d) quemar el pajonal y luego sembrar al voleo (45, 68). En suelos bajos de la Pampa Deprimida, la siembra al voleo de *L. tenuis* y posterior compactación con un rolo acanalado produjo mayor establecimiento de plántulas que sin compactación (60). En una pastura manejada con alta carga animal, el establecimiento de *L. tenuis* fue mayor que con baja carga (79). *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* sembradas al voleo en el pastizal, presentaron mayor cobertura cuando el pastizal, previo a la siembra, fue disturbado con rastra de disco que cuando la siembra se realizó sin disturbio previo (19).

En *L. corniculatus* la cantidad de plantas establecidas en el primer año se relacionó positivamente con la densidad de siembra y esta última explicó el 42% de la producción de la biomasa vegetativa (66). Colabelli y Miñón (20) no encontraron diferencias en la producción de biomasa vegetativa con siembras de 2 - 3 kg/ha de *L. tenuis*, en un suelo Natracuol típico de la EEA-INTA Balcarce. Estos resultados se explicarían por las respuestas plásticas

de las plantas, lo cual permitiría compensar la menor densidad de siembra con plantas más vigorosas y con mayor número de tallos (46, 81).

2.5.2. Siembra de pasturas

La cantidad de semillas de *L. tenuis* utilizadas en pasturas varían con las condiciones ambientales, tipo de suelo y especies que acompañan a la mezcla, entre otros factores. La cantidad de semillas de *L. tenuis* utilizadas en los pastizales de la Pampa Deprimida ha sido de 2 a 3 kg/ha (19, 21, 45, 58) y de 5 a 6 kg/ha (60, 72). En suelos ganaderos de la Cuenca del Salado, que por sus restricciones edáficas son de baja aptitud agrícola, *Lotus tenuis* es utilizado en mezcla con festuca alta, agropiro y trébol blanco a razón de 2 a 3 kg/ha de semillas (14). Colabelli y Miñón (20) utilizaron entre 3 a 5 kg/ha de semillas de *L. tenuis* para una pastura pura sembrada al voleo en un suelo Natracuol típico. En cambio, en mezcla con *Festuca arundinacea* se utilizaron aproximadamente 2 kg/ha de semillas. En los suelos dominados por *Distichlis* spp ("pelo de chancho"), con severos problemas de drenaje y pH de 8 a 9, se suele sembrar agropiro alargado (25 a 40 kg/ha), *L. tenuis* (2-3 kg/ha) o *Melilotus* sp. (4-5 kg/ha) (14). En Chile, en suelos de baja fertilidad y deteriorados por cultivos de arroz (suelos vertisoles), un buen establecimiento de *L. tenuis* puro se logró con siembra al voleo utilizando entre 10 a 15 kg semillas / ha (3, 4, 77).

En términos generales, la densidad de siembra debe ajustarse según el poder germinativo de las semillas, la preparación y características del terreno, considerando que cuanto mejores sean las condiciones de la cama de siembra y menor la interferencia por competencia u otros factores ambientales que inciden en el coeficiente de logro de implantación (71), pueden usarse densidades menores. Lamentablemente en algunos trabajos no se presentan los resultados sobre el poder germinativo de las semillas, lo cual dificulta estimar la cantidad de semillas viables para la siembra y hacer una apropiada interpretación de los resultados.

2.6. Profundidad de siembra y tipos de suelos

Las semillas de *L. tenuis* son muy pequeñas (aproximadamente 1 mg/semilla) y sus plántulas de muy pobre vigor, por lo tanto, la profundidad de siembra es uno de los factores que condiciona el éxito de su implantación. La emergencia de las plántulas de *L. tenuis* y la biomasa producida fue mayor cuando la siembra se realizó entre 5 – 10 mm de profundidad que superficialmente al voleo (2). En *L. corniculatus* se recomienda una profundidad de 3 a 8 mm y una buena preparación de la cama de siembra (27). En pajonales quemados de Ayacucho se ha estimado que la emergencia de plántulas de *L. tenuis* pudo haber sido desde una profundidad de 15 – 20 mm (50).

Lotus tenuis es sembrado en diferentes tipos de suelos. En Chile ha sido sembrado en suelos arcillosos y en vertisoles con baja fertilidad (2, 3, 77). También se sembró al voleo en comunidades vegetales dominadas por pajonales (*Paspalum quadrifarium* y *P. exaltatum*) establecidos en Azul (45) y Ayacucho (68) y en pastizales y pasturas establecidas en Balcarce, con suelos Natracuol y Argiacuol (19, 20, 21, 43, 59, 74). En ensayos experimentales, la emergencia y el establecimiento de las plántulas de *L. tenuis* fue mayor en un suelo Hapludol (media loma) que en un Natracualf (bajo salino) (70).

En síntesis, la siembra debería ser suficientemente superficial como para permitir que las plántulas emerjan sin problemas. Una profundidad no mayor a 15 mm parece adecuada en los suelos pampeanos. Una buena preparación de la cama de siembra puede evitar que, debido a las irregularidades del suelo, una proporción de semillas queden enterradas o sobre la superficie del terreno.

2.7. Control de malezas

El control de malezas está dirigido a eliminar las plantas que pueden interferir con el establecimiento y el crecimiento de las plántulas y las plantas de *L. tenuis* (45, 60). La competencia de las malezas puede impedir que se expresen las diferencias en producción de biomasa entre tratamientos de fertilización

(60). Juan et al. (45) realizaron control químico de malezas en primavera tardía en pajonales quemados. El control se realizó dos meses después de la siembra de *L. tenuis* empleando los siguientes productos: 2,4DB + dicamba fueron más eficientes que la mezcla MCPA + dicamba. La aplicación de 2,4DB en invierno a razón de 1 a 2 litros/ha, elimina cardos y otras dicotiledóneas (Cambareri, S., no publicado). También suele usarse Haloxyfop-etil aplicado en invierno para control de gramíneas luego del cierre del lote para la posterior cosecha de semillas. Los ensayos realizados para evaluar los efectos de los herbicidas (aplicados en noviembre) sobre la producción de biomasa aérea de *L. tenuis* dan cuenta de que la mezcla de herbicidas compuesta por Propaquizafop + Clopiralid + 2,4-DB + Aceite afectó significativamente el crecimiento de las plantas. En cambios las mezclas compuestas por Propaquizafop + Clopiralid + Aceite; Propaquizafop + Aceite; Propaquizafop + Clopiralid + Aceite y Propaquizafop + Aceite, no afectaron significativamente la producción de biomasa aérea, respecto al testigo (12).

Altas densidades de plántulas de *Lotus tenuis* pueden afectar negativamente el establecimiento y crecimiento de algunas malezas (45, 47, 48, 67, 68). Efectos alelopáticos de los lixiviados de las semillas de *L. tenuis* sobre la germinación y crecimiento de las plántulas de las malezas podrían contribuir a explicar tales resultados (48). En lotes destinados a la producción de semillas, el control de las malezas permite cosechar semillas limpias o reducir la presencia de otras especies. Esto es muy importante ya que las semillas de algunas malezas presentan un tamaño y peso similar a las de *L. tenuis*, lo cual dificulta la separación mediante tamices e incide negativamente sobre la pureza (71).

3. Cultivares

Los cultivares conocidos a nivel nacional son: Aguapé, Barguay, Boyero, Chajá, Esmeralda, Larrañaga, Matrero y Toba (30). Algunos de estos cultivares son evaluados por la Red de Ensayos de Variedades Forrajeras

(Argentina). La Estación Experimental Agropecuaria del INTA Balcarce, (Buenos Aires, Argentina) cuenta con el cultivar Pampa INTA, seleccionado en suelo Natracuol serie Guido, con pH 8,5 – 9,0 y con 8 – 10 ppm de P (43). En Chile cuentan con el cultivar Parral y germoplasma procedente de diferentes poblaciones que crecen en dicho país (3, 5). Se ha registrado variabilidad entre genotipos de *L. tenuis* en producción de biomasa aérea vegetativa, alturas de las plantas y concentración de N, P, Ca, Mg y Na en hojas, cualidades destacables para el mejoramiento y selección de nuevos cultivares (5).

4. Rendimiento

4.1. Producción de forraje

La presencia de *L. tenuis* en el pastizal puede incrementar la calidad (16, 44, 45) y la productividad del forraje total disponible (21). En pastizales del INTA Balcarce intersembrados con *L. tenuis* se registró durante dos años consecutivos un incremento del forraje del orden del 23% (21). Los pajonales de *Paspalum quadrifarium* y *P. exaltatum* se suelen quemar a fines del invierno y los rebrotes producidos en primavera-verano son de mejor calidad que el forraje de los pajonales no quemados (15, 45). Generalmente, después de una quema, a partir del banco de semillas del suelo se establecen plántulas de *L. tenuis* entre y dentro de las matas del pajonal (47, 78). La máxima densidad de plántulas de *L. tenuis* entre las matas de *Paspalum* spp. fue de 2 pl/cm² y se estimó un aporte de 192 g ms/m² de biomasa aérea, el 79% de la biomasa total de las especies establecidas entre las matas (47). Los aportes de biomasa de *L. tenuis* en pajonales variaron con la frecuencia de quema (49). Con baja, media y alta frecuencia de quema del pajonal, *L. tenuis* produjo 51, 65 y 174 g MS/m², lo cual correspondió aproximadamente al 4, 7 y 20% de la biomasa total de la comunidad, respectivamente (49). Juan et al. (45) luego de quemar el pajonal sembraron al voleo semillas de *L. tenuis* a razón de 2 kg/ha. Los aportes estima-

dos de biomasa acumulada de la leguminosa fueron de 86, 90 y 150 g MS/m², a los 12, 20 y 29 meses después de la quema, respectivamente.

Lotus tenuis es estival y su productividad responde a un patrón estacional. En pastizales del partido de Balcarce, la productividad de *L. tenuis* puro fue del 3% en invierno, 19% en otoño y 78% en primavera-verano (20). Resultados comparables fueron informados en otros trabajos (21, 44). En algunos ensayos, la productividad de *L. tenuis* ha sido superior a la de *L. corniculatus*, aunque generalmente se ha dado la situación inversa; sin embargo, debe notarse que ambas especies se manejan en suelos diferentes. Para nuestro país la producción de forraje de *L. tenuis* ha alcanzado valores de 8.492 kg MS/ha año (20) y en Italia y Chile valores próximos a 10.000 kg MS/ha año (3, 10). En los trabajos de la Red de Ensayos de Variedades Forrajeras es posible informarse sobre los rendimientos de biomasa aérea de diferentes cultivares de *Lotus tenuis*. Para una siembra de diferentes cultivares en otoño del 2000 y sometido a 7 cortes desde el 22 de noviembre de 2000 - 28 de noviembre de 2001, los rendimientos acumulados de los cultivares Matrero, Larrañaga y T. Chaja fueron de 22.959, 25.764 y 23.268 kg MS/ha, respectivamente.

Los suelos de los pastizales de la Pampa Deprimida son pobres en fósforo (24, 76) y *Lotus tenuis* puede crecer naturalmente en comunidades vegetales con valores inferiores a 10 ppm de fósforo (46, 56, 57). La información referida a las respuestas de las plantas de *L. tenuis* frente a variaciones en los niveles de fertilidad con P fue presentada en otra revisión (87). Los fertilizantes que se suelen utilizar son superfosfato triple de calcio y sulfato de potasio (3, 4, 19, 20, 77). La fertilización se suele realizar al momento de la siembra (19, 20, 21) y de mantenimiento (3, 4, 77), registrándose un incremento de la cobertura vegetal, de la biomasa aérea de *L. tenuis* y de la vegetación acompañante (19, 22, 23, 60). Silveira et al. (80) encontraron que las plantas de *L. tenuis* de 120 días de edad habían triplicado su biomasa aérea para dosis

de 150 kg/ha de P como superfosfato triple, respecto a las plantas control.

En ensayos realizados en pastizales de la Cuenca del Salado, Coria et al. (23) registraron respuestas en la producción de biomasa de *L. tenuis* y del resto de las especies del pastizal, entre ellas raigrás criollo, cuando se fertilizó con fosfato diamónico, siendo el rendimiento de 2500 y 500 kg MS/ha con 150 kg/ha de fertilizante y sin fertilizante, respectivamente. En un trabajo realizado en Chile, cuando se fertilizó con 45 kg/ha de superfosfato triple la producción de biomasa de *L. tenuis* fue de 4.700 kg MS/ha y en el control 3.884 kg MS/ha (1).

Considerando la información presentada, y aún cuando *L. tenuis* puede prosperar con valores bajos de P, para obtener aceptables valores de producción de forraje la cantidad de este nutriente en el suelo debería ser igual o superior al 10 ppm.

4.2. Persistencia de *Lotus tenuis* en la pastura y en el pastizal

Los cambios que experimentan las pasturas en el tiempo en su composición de especies, productividad y calidad han sido analizados con un enfoque ecológico, como una sucesión secundaria (13, 51). Desde el punto de vista agronómico la persistencia de una pastura hace referencia a la producción de forraje en el tiempo (13). Dicha productividad se puede mantener en el tiempo (3, 4, 10) o declinar a partir del primer corte como se ha determinado en cultivos puros (Figura 2a), en mezcla con *Festuca arundinacea* bajo corte mecánico (Figura 2b) y en cultivos puros bajo pastoreo (Figura 2c). Son numerosos los factores abióticos y bióticos que pueden incidir en la persistencia de una especie en una pastura y/o en el pastizal: las proporciones de las especies en la mezcla, la competencia, la comunidad vegetal, intensidad y frecuencia de los disturbios (pastoreo, quema), factores climáticos (intensidad y frecuencia de las sequías e inundaciones), edáficos (pH, fertilidad), presencia de patógenos y tamaño del banco de semillas, entre otros (Figura 1a).

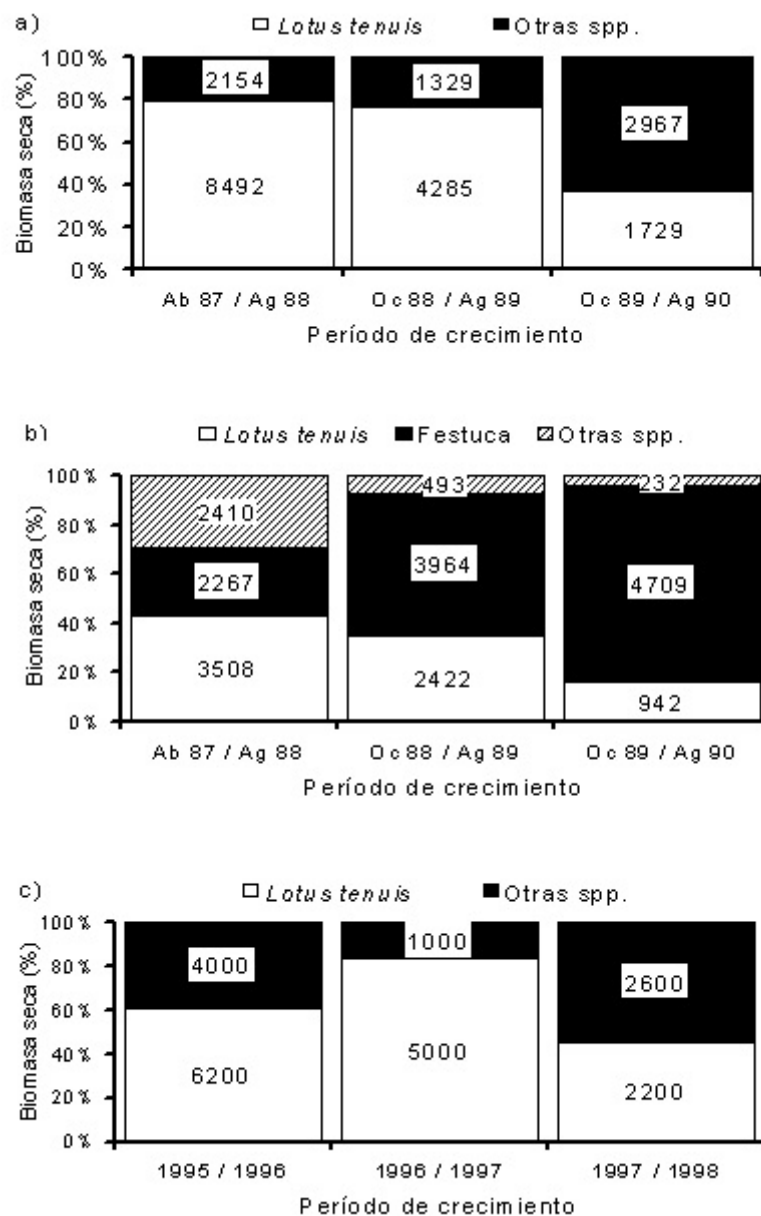


Figura 2: Producción de biomasa de *Lotus tenuis* bajo diferentes condiciones: **a)** puro bajo corte mecánico, **b)** en mezcla con *Festuca arundinaceae* bajo corte mecánico y **c)** puro bajo pastoreo. Los valores en el interior de las barras indican producción de biomasa aérea vegetativa (kg MS/ha) de *Lotus tenuis*, *Festuca arundinaceae* y de otras especies (otras spp). Referencias: Ab, abril; Ag, agosto y Oc, octubre. Fuente: Figura a y b, Adaptado de Colabelli y Miñón (1994); Figura c, Adaptado de Acuña y Cuevas (1999).

Figure 2: Shoot biomass production of *Lotus tenuis* under different conditions: **a)** pure under mechanical cutting, **b)** in mixture with *Festuca arundinaceae* and mechanical cutting and **c)** pure under grazing. The values inside the bars indicate production of shoot biomass (kg DM/ha) of *Lotus tenuis*, *Festuca arundinaceae* and other species of the plant community (otras spp). References: Ab, April; Ag, August and Oc, October.

Los trabajos analizados permiten suponer que uno de los factores que mantendría la productividad de *L. tenuis* en la pastura sería la fertilidad del suelo. En los trabajos donde solo se ha fertilizado a la siembra (20, 72) la productividad vegetativa de *L. tenuis* declinó a partir del primer año de edad de la pastura. En cambio, si la fertilización con P continúa en años sucesivos (3, 4), la productividad se mantiene más tiempo. Beuselinck et al. (8) informaron que las enfermedades causadas por *Rhizoctonia solani* en corona y raíz redujeron la cantidad de plantas de *L. corniculatus* en un 90% en tres años desde la implantación. En pastizales de la Depresión del Salado, se relacionó la mortalidad de plántulas de *L. tenuis* con la presencia de enfermedades causadas por *Fusarium* spp., principalmente *F. oxysporum* (62). Los hongos que impiden la germinación y/o causan la muerte de las plántulas y en algunos casos pueden afectar a las plantas adultas son *Phoma* spp, *Stemphylium botryosum* y *S. loti* (54) (Ver Estado sanitario de las semillas de *Lotus tenuis*). Los nematodos, virus y bacterias pueden afectar negativamente la implantación y/o persistencia de *Lotus* spp. en pasturas y en pastizales (26, 54, 62). En ensayos para producción de semillas, después de la cosecha (a fines de verano), se registró mortalidad de plantas adultas (30%) durante el otoño y el invierno del mismo año (Vignolio, O.R., observ.pers.). En lotes destinados a la producción de semillas se ha registrado mortalidad de plantas en estado reproductivo y fue atribuida a la sequía estival (Vignolio, O.R., observ.pers.).

En pastizales del partido de Ayacucho (Provincia de Buenos Aires, Argentina) también se ha registrado mortalidad de plantas de *L. tenuis*. En el mes de octubre, las plantas de *L. tenuis* fueron transplantadas a diferentes comunidades vegetales: bajo alcalino dominado por *Distichlis spicata*; bajo alcalino dominado por *D. spicata* y *Cynodon dactylon* y un bajo "dulce" compuesto por *Paspalum dilatatum*, *L. tenuis*, *Juncus* spp y *Carex* spp, entre

otras especies. Como muestra la Figura 3, los menores valores de supervivencia de plantas se registraron en el bajo dulce, ambiente donde la actividad de los vacunos fue mayor que en las otras comunidades vegetales. En este mismo pastizal, partiendo de una siembra de otoño, la mayor mortalidad de plantas de *L. tenuis* se registró en primavera y fue atribuido a la sequía y a la competencia de la vegetación acompañante (86). Además, el período más sensible al pastoreo para la supervivencia de las plantas de *L. tenuis* fue entre mediados de diciembre y mediados de febrero. Las inundaciones a principio del verano en el campo y en condiciones controladas provocaron reducción del crecimiento y mortalidad de plantas de *L. tenuis* en poblaciones naturales y cultivadas (53, 63, 82, 83).

En síntesis, la pérdida de fertilidad del suelo, un pobre control de malezas (19, 66, 72), competencia de las especies del pastizal o de la mezcla sembrada (20, 60), mortalidad de plántulas y plantas por enfermedades (26, 45, 62, 91), estrés hídrico (19), pastoreo y el agotamiento del banco de semillas (9, 28) serían algunas de las causas de la disminución de la persistencia y productividad de *L. tenuis* en pastizales y pasturas.

4.3. Producción de semillas

En la zona del partido de Balcarce, la floración de *L. tenuis* comienza aproximadamente entre mediados y fines de la primavera y la producción de frutos, en verano (84, 88, 89). El rendimiento de semillas de un cultivo de *L. tenuis* puede ser determinado de la siguiente manera (55).

Rendimiento (g/ha): densidad de plantas reproductivas (pl/ha) x umbelas por planta (N/pl) x frutos por umbela (N/umbela) x semillas por fruto (N/fruto) x peso medio por semilla (g/semilla).

Lotus tenuis es una especie alógama, por lo tanto la población de insectos polinizadores, principalmente abejas, tiene gran incidencia sobre la producción de semillas (27).

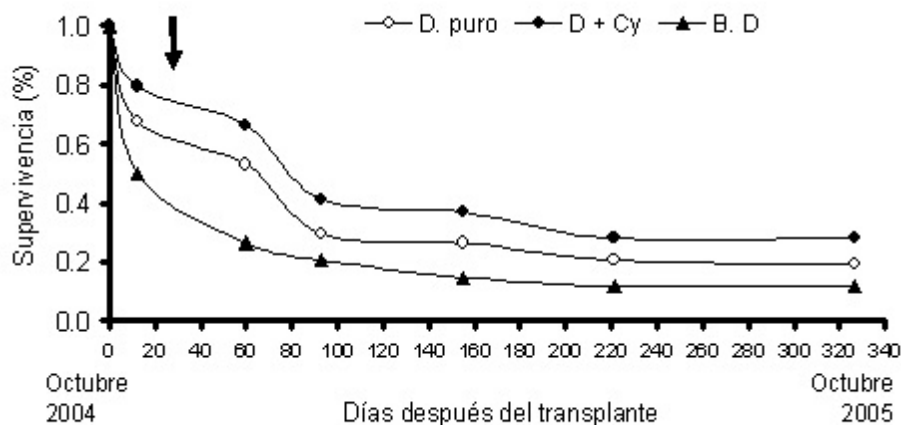


Figura. 3: Supervivencia de las plantas de *Lotus tenuis* en tres comunidades vegetales de un pastizal del partido de Ayacucho (Buenos Aires, Argentina). Referencias: comunidades vegetales dominadas por: *Distichlis spicata* (D. puro); *Distichlis spicata* y *Cynodon dactylon* (D + Cy); bajo dominado por *Lotus tenuis*, *Paspalum dilatatum*, *Trifolium repens*, *Juncus* spp y *Carex* spp (B.D). La flecha indica el momento en que las plantas fueron regadas. Fuente: Vignolio datos no publicados.

Figure 3: Survival of *Lotus tenuis* plants in three plant communities of a grassland at Ayacucho (Buenos Aires, Argentina). References: Plant communities dominated by: *Distichlis spicata* (D. puro); *Distichlis spicata* and *Cynodon dactylon* (D + Cy); lowland community with *Lotus tenuis*, *Paspalum dilatatum*, *Trifolium repens*, *Juncus* spp and *Carex* spp (B.D). The arrow indicates the moment when the plants were irrigated.

En *Lotus pedunculatus*, el rendimiento de semillas fue mayor cuando la siembra se realizó en otoño (15 de marzo) que en invierno (27 de junio) (29). En parcelas experimentales no se registraron diferencias significativas en el rendimiento entre densidades de 4–16 pl/m² en surcos a 35 cm de distancia. Tampoco se registraron diferencias en el rendimiento de semillas en siembras de 17,5 y 35 cm de distancia. Los resultados destacan la capacidad de las plantas de *L. tenuis* para responder plásticamente a los cambios ambientales generados por los arreglos espaciales sin afectar el rendimiento (89). Los datos sobre la producción de semillas de *L. tenuis* son muy variables y escasos. Mazantti et al. (53) y Miñón et al. (57) informaron valores de 25 - 150 kg/ha, respectivamente. Los datos de la Cámara de Semilleros señalan que en la campaña 2004/2005 la producción de semillas

fue de 297 kg/ha (38). En parcelas experimentales se han estimado valores equivalentes a 298 kg/ha (89) y 500 kg/ha (11).

En *L. tenuis* aproximadamente el 35% de las flores/umbela no produjeron frutos (88). La producción de frutos por planta fue principalmente explicada por el número de umbelas por planta (88, 89). En *L. corniculatus* Olmos (66) registró un incremento en el número de frutos/m² de *L. corniculatus* con la fertilización con dosis crecientes de P (P₂O₅) hasta alcanzar 120 kg/ha. *Lotus tenuis* presenta floración indeterminada y frutos dehiscentes, lo cual dificulta una eficiente cosecha de las semillas. Al momento de la cosecha las parcelas pueden presentar flores y frutos en diferentes estados de maduración y también abiertos. En tal sentido, como lo destaca Formoso (29) para *L. pedunculatus*, la determinación del momento óptimo de cosecha es la decisión

más difícil de tomar. A medida que los frutos pierden humedad aumenta el riesgo de que se abran y que se pierdan las semillas. La cosecha puede ser directa, sobre el cultivo no perturbado o previamente secada con desecantes. Cosecha indirecta consiste en cortar la biomasa aérea en su estado natural o previamente secado con desecante, hilerar, dejar secar y luego trillar. El riesgo de pérdidas de semillas durante el hilerado, secado de la biomasa aérea y cosecha pueden ser muy importantes. Las condiciones climáticas durante el secado condicionan la eficiencia de cosecha de semillas. Días soleados con temperaturas altas y baja humedad relativa del aire aceleran el secado y con ello el riesgo de perder semillas. La pérdida de semillas antes y durante la cosecha es sin duda uno de los factores que determinan que el rendimiento registrado en condiciones experimentales difiera marcadamente del obtenido en lotes semilleros. Por ejemplo, en parcelas experimentales se ha estimado que la producción de semillas de *L. tenuis* puede ser de 1.200 kg/ha, sin embargo en la práctica la cosecha no ha superado los 300 kg/ha (89, Vignolio en preparación). Para *Lotus pedunculatus*, Formoso (29) analizó alternativas de cosecha de semillas y hace recomendaciones para reducir las pérdidas en el rendimiento, las cuales pueden ser aplicadas para *L. tenuis*. Otras pérdidas de semillas podrían ser por los predadores como por ejemplo los *Bruchophagus platypterus* (27, ver estado sanitario de las semillas).

Finalmente, los lotes donde se producen semillas pueden ser utilizados exclusivamente para este fin, o en determinadas épocas del año estar bajo pastoreo. En este último caso, los animales ingresan al lote después de la cosecha de las semillas de lotus, consumen el rastrojo y son retirados a fines de invierno. Luego se controlan las malezas para reducir la competencia sobre las plantas de *L. tenuis* que sobrevivieron y facilitar en primavera la emergencia y establecimiento de nuevas plántulas de lotus a partir del banco de semillas y en el verano volver a cosechar. El período crítico de pastoreo para la producción de semillas fue durante el mes de enero. El pastoreo hasta

mediados de diciembre y desde mediados de febrero en adelante, no afectó significativamente la producción de semillas (28).

Según las Estadísticas Agropecuarias Nacionales realizadas en Argentina en el año 2001, la superficie implantada con *Lotus* spp (principalmente *L. tenuis* y *L. corniculatus*) en Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Santa Fe fue de 36.500 hectáreas. En la región Pampeana y en Entre Ríos se destinaron 19.900 y 15.200 hectáreas, respectivamente (34). En Argentina la producción de semillas fiscalizada de *L. tenuis* pasó de 1 a 152 toneladas en las campañas 1997-1998 y 2007-2008, respectivamente (33, 35, 38, 41). La exportación de semillas de *L. tenuis* pasó de 5 toneladas en la campaña 2002 – 2003 (37) a 28,6 toneladas en la campaña 2004-2005 (40). En el año 2005 la exportación de semillas de *Lotus* spp. fueron principalmente a Uruguay y Alemania (39). En el año 2003 se informó que la demanda anual de semillas de *Lotus* spp. fue de 44 t/año (36).

5. Fijación de nitrógeno y calidad del forraje

5.1. Fijación de nitrógeno

Los trabajos de Quadrelli et al. (72) ponen en evidencia el valor de la inoculación de las semillas de *L. tenuis* para el crecimiento y fijación de nitrógeno de las plantas. En las parcelas donde se sembraron semillas de *Lotus tenuis* inoculadas con *Rhizobium loti*, la producción de forraje a los 10 meses después de la siembra fue mayor (5.522 kg MS/ha) que en la condición sin inocular (2.796 kg MS/ha). Sin embargo, en bloques intactos de suelos de media loma y bajo alcalino mantenidos en condiciones de invernadero, Paz (70) no encontró efecto de la inoculación con diferentes cepas de *Rhizobium loti* en combinación con y sin *Azospirillum brasilense* en un suelo bajo alcalino para las siguientes variables: emergencia e implantación de las plántulas, nodulación y biomasa total de las plantas de *Lotus tenuis*. En cambio, en condiciones de campo, la implantación varió con el tipo de inoculante y el cultivar de *Lotus tenuis*. En

estas condiciones tampoco se registraron diferencias significativas en el número de nódulos por raíz principal para los diferentes tipos de inoculantes utilizados. Las diferencias entre los resultados (70, 72) se pueden deber a varios factores: condiciones ambientales (clima, suelo) durante el desarrollo del experimento, técnicas para evaluar una misma variable, vegetación acompañante, cultivar de *Lotus tenuis*, cepas empleadas y, como lo demuestra Paz (70) en su estudio, la competencia generada por las cepas nativas, abundantes en los suelos de la Pampa Deprimida.

La cantidad de nitrógeno en el suelo se puede incrementar con la presencia de *Lotus tenuis*. Dos años después de la siembra de lotus, la cantidad de nitrógeno en el suelo pasó de 30,5 mg/kg a 66,4 mg/kg (1). En diferentes trabajos se ha podido comprobar que parte del nitrógeno fijado por las leguminosas herbáceas puede ser transferido a las gramíneas (52). En el pastizal, las plantas de *Paspalum dilatatum* que crecían en proximidad de las de *L. tenuis* presentaron mayor área foliar, producción de macollas, láminas foliares, menor mortalidad de macollas y senescencia de hojas que en presencia de otras dicotiledóneas herbáceas o sin las dicotiledóneas de la comunidad vegetal (73). La cantidad de nitrógeno que puede fijar *L. tenuis* es variable según las condiciones de crecimiento y la población. Acuña et al. (6) analizaron la fijación de nitrógeno en una colección de germoplasma de *L. tenuis* procedente de Chile y cultivada en tres localidades distintas de dicho país. Los autores encontraron que la cantidad de nitrógeno fijado varió entre introducciones y, para una misma introducción, entre localidades. En una pastura realizada en Chile, el nitrógeno en hoja fue mayor bajo corte mecánico que bajo pastoreo, 166 y 149 kg Nitrógeno/ha, respectivamente (77). Dentro de ciertos rangos, la intensidad y frecuencia de defoliación favorecería la fijación de nitrógeno en *L. tenuis*. Ruz et al. (77) informaron que con cortes cada 6 semanas la tasa de fijación de nitrógeno por *L. tenuis* fue mayor (1,40 kg/ha día) que con cortes cada 8 semanas (0,85 kg/ha día). Con cortes a 3 y 9

cm de altura, la tasa de fijación de nitrógeno fue aproximadamente de 1 y 0,80 kg/ha día, respectivamente (77). La cantidad de nitrógeno fijado por *L. tenuis* en mezcla con *Festuca arundinaceae* y pastoreada por vacunos, fue mayor con el cultivar Maris Kasba (42 kg/ha) que con El Palenque (27 kg/ha) (74).

5.2. Calidad del forraje

Los pajonales de paja colorada se queman en primavera para mejorar su calidad forrajera (15, 45, 78), la cual se ve incrementada con la presencia de *L. tenuis* (45). Pajonales sembrados al voleo con *L. tenuis* presentaron 30 g/m² de proteína cruda, en cambio, en los controles fue de 10 g/m² (45, 78). En comunidades hidromórficas del partido de Ayacucho con la presencia de *L. tenuis* la digestibilidad del forraje fue en promedio del 63%, en cambio, sin la leguminosa fue del 48% (44).

El contenido de proteína cruda y digestibilidad de los tejidos aéreos de *L. tenuis* varía con la estación del año, la altura y frecuencia de corte (44, 60, 90). El contenido de proteínas fue menor en verano que en primavera. En promedio para ambas estaciones, los valores de proteína cruda fueron mayores con alta frecuencia (cada 21 días) que con baja frecuencia de corte (cada 42 días). Con baja frecuencia de corte la relación biomasa de hojas / biomasa de tallos fue baja (90), incidiendo negativamente en la calidad del forraje (60). Otro ejemplo sobre la declinación en el tiempo de la calidad del forraje como consecuencia de un menor aporte de biomasa por *L. tenuis*, se muestra en la Figura 4. Los mayores aportes de biomasa y calidad forrajera de *L. tenuis* se registraron 10 meses después de la emergencia. En cambio, 18 meses después de la emergencia, los mayores aportes de biomasa y nitrógeno en la materia seca fueron de las gramíneas y malezas (72). Según las condiciones experimentales, el cultivar de *L. tenuis*, si está puro o en mezcla y el estado fenológico de las plantas al momento de realizar el análisis, las valores del contenido de proteína cruda y la digestibilidad fueron entre 10–25% y 56–75%, respectivamente (3, 5, 44, 60, 65).

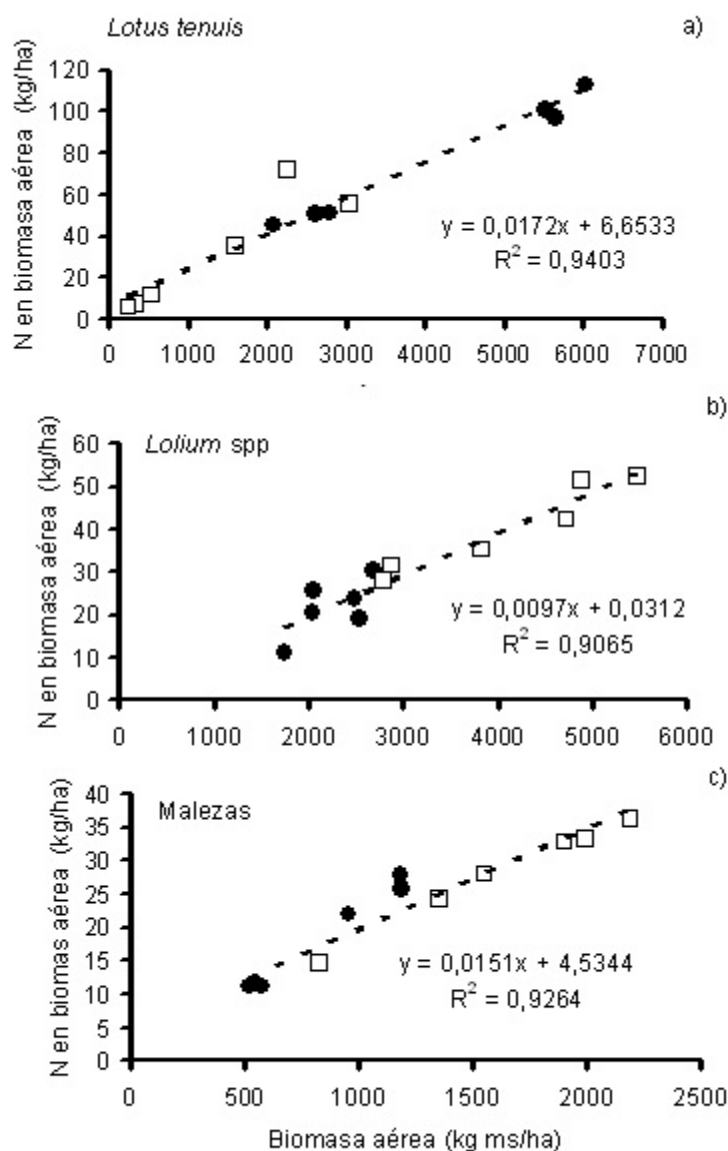


Figura 4: Relación entre la producción de biomasa aérea y su contenido de nitrógeno en: a) *Lotus tenuis*; b) *Lolium* spp. y c) malezas. Referencias: (●) primera y (□) segunda cosecha de biomasa aérea realizadas a los 10 y 18 meses después de la emergencia de *Lotus tenuis*, respectivamente. Fuente: Adaptado de Quadrelli et al. (1997).

Figure 4: Relationship between shoot biomass and its quantity of nitrogen in: a) *Lotus tenuis*; b) *Lolium* spp. y c) weeds. References: (●) first y (□) second shoot harvests done at 10 y 18 months after the emergence of *Lotus tenuis*, respectively.

5.2.1. Taninos

Los taninos son un grupo heterogéneo de compuestos fenólicos de alto peso molecular con la capacidad de formar complejos con proteínas, polisacáridos, alcaloides y minerales. Dependiendo de la cantidad consumida por el animal, estructura, peso molecular de los compuestos y estado fisiológico de las especies consumidas, los taninos pueden ser beneficiosos o dañinos para los rumiantes (ver 87). La cantidad de taninos puede variar con la estación del año (32). La concentración óptima de taninos en *Lotus pedunculatus* es de 20 a 40 g / kg de materia seca (Barry et al., 1986, Aerts et al., 1999, citado en 32). Dietas compuestas por especies forrajeras que poseen una concentración de taninos de 2 a 4% de la materia seca, mejoran la productividad secundaria y la salud animal; no así concentraciones más elevadas (69). Acuña et al. (7) encontraron que la cantidad de taninos en *L. tenuis* varió con la población, siendo en promedio del 4,8%. Algunas especies del género *Lotus* spp., por su concentración de taninos condensados, son muy promisorias como controladoras de parasitosis gastrointestinales y por reducir el riesgo de empaste (31, 42, 69). No se cuenta con información sobre los efectos de los taninos de *L. tenuis* sobre la salud de los animales.

6. Banco de semillas de *Lotus tenuis*

En los pastizales de la Pampa Deprimida el mayor flujo de emergencia de plántulas de *L. tenuis* ha sido registrado al finalizar el invierno (79) y también luego de las quemadas de pajonales, a mediados de la primavera (47). *Lotus tenuis* se propaga por semillas, por lo tanto, si se interrumpe la reproducción por pastoreo, corte mecánico, eventos climáticos y/o patógenos, se afectará el tamaño de su banco de semillas en el suelo. En tal sentido, retirar los animales o no hacer cortes mecánicos durante la floración permitirá la resiembra natural (28, 66). En *Lotus pedunculatus*, a pesar de presentar propagación vegetativa, también es recomendable un banco de semillas para mantener la población en caso de adversida-

des climáticas que comprometan la supervivencia de las plantas (13). Estudios preliminares del banco de semillas de *L. tenuis* en pastizales y pasturas de la zona de Ayacucho y de la Cuenca de Mar Chiquita (Provincia de Buenos Aires) destacan una gran variabilidad entre los establecimientos visitados, posiblemente debido al manejo de cada campo (Vignolio en preparación). Los predadores de semillas como artrópodos y roedores (61, 64), pueden afectar el banco de semillas de *L. tenuis*.

7. Consideraciones finales

Lotus tenuis es considerada una especie clave en el manejo de los pastizales (16, 47, 73). La productividad de *L. tenuis* en pasturas y como componente del pastizal natural podría ser sostenible en el tiempo si se asegura la fertilidad del suelo, el control de malezas y un banco de semillas, en combinación con un buen manejo de la frecuencia e intensidad del pastoreo. Los beneficios de *Lotus tenuis* se deben a la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, mejorar la calidad nutricional del forraje y fertilidad del suelo y de no producir empaste. La producción de semillas de *L. tenuis* en el país ha aumentado considerablemente en los últimos 10 años. Sin embargo, la misma no fue acompañada con trabajos experimentales de manejo (densidad de plantas, fecha de siembra y arreglo espacial de las plantas, fertilidad, densidad de polinizadores, momento y métodos de cosecha, entre otros) que permitan maximizar el rendimiento en semillas. A su vez, muchos trabajos realizados en condiciones de campo no cuentan con datos del clima (lluvia, temperatura), lo cual impide la adecuada interpretación de los resultados y comparación con otros experimentos. Además, se ha registrado información no publicada en revistas sometidas a un comité de revisión. La publicación de esta información en revistas permitiría ampliar los conocimientos sobre el manejo de *L. tenuis*, tanto en la producción de forraje como de semillas y seguramente evitaría repetir trabajos ya realizados.

8. Agradecimientos

A la Lic. María Rosa Desirello por sus observaciones sobre la redacción de los borradores. A los profesionales que hicieron llegar sus trabajos para hacer esta revisión.

9. Bibliografía

1. Acuña, P.H. 1996. Comparación de la respuesta a fósforo de dos especies del género *Lotus* y dos variedades de trébol blanco. Sociedad Agronómica de Chile (SACH), 47° Congreso Agronómico, Arica, Chile. P 128.
2. Acuña, P.H., Figueroa, M.R. y de la Fuente, A.A. 1997. Efecto de la profundidad de siembra y el contenido de agua del suelo en la germinación, desarrollo y crecimiento inicial de *Lotus* spp., en suelos arcillosos. *Agro-Ciencia*. 13: 265-274.
3. Acuña, P.H. 1998. Comparación de variedades de tres especies del género *Lotus* (*L. corniculatus* L., *L. uliginosus* Cav. y *L. tenuis* Wald et Kit.) en suelos de aptitud arrocerá. *Agricultura Técnica*. 58: 7-14.
4. Acuña, P.H. y Cuevas, G.C. 1999. Efecto de la altura y frecuencia de la defoliación, bajo corte y pastoreo, en el crecimiento y productividad de tres especies del género *Lotus* en suelos arcillosos. *Agricultura Técnica*. 59: 296-308.
5. Acuña, H., Figueroa, M., de la Fuente, A., Ortega, F., Seguel, I. y Mundaca, R. 2002. Caracterización agronómica de accesiones de *Lotus glaber* Mill. y *Lotus uliginosus* Schkur naturalizadas en Chile. *Agro-Ciencia* 18: 63-74.
6. Acuña, H., Hellman, P., Barrientos, L., Figueroa, M. y de la Fuente, A. 2004. Estimación de la fijación de nitrógeno en tres especies del género *Lotus* por el método de la dilución isotópica. *Agro-Ciencia* 20: 5-15.
7. Acuña, H., Concha A. and Figueroa, M. 2008. Condensed tannin concentration of three *Lotus* species grown in different environments. *Chilean J. Agric. Res.* (68): 31-41.
8. Beuselinck, P.R., Peters, E.J. and McGraw, R.L. 1984. Cultivar and management effects on stand persistence of birdsfoot trefoil. *Agron. J.* 76: 490-492.
9. Blumenthal, M.J. and McGraw, R.L. 1999. *Lotus* adaptation, use and management. En: *Trefoil: The Science and Technology of Lotus*. Cap. 6. Ed. Beuselinck, P.R. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. Pp. 97-119.
10. Bullitta, S., Falcinelli, M., Lorenzetti, S., Negri, V., Pardini, A., Piemontese, S., Porqueddu, C., Roggero, P.P., Talamucci, P. and Veronesi, F. 1991. Prime osservazioni su specie perenni ed annue autorisemanti in vista della organizzazione di catene di foraggiamento in ambienti mediterranei. *Riv. Di Agron.* 25: 220-228.
11. Cambareri, G. S., Fernández, O.N., Vignolio, O.R. and N. Maceira. 2007. Effects of plant population density and harvest date upon seed yield of narrowleaf trefoil (*Lotus tenuis* Waldst et Kit). Preliminary results. *Lotus Newsletter* (37): 42-45.
12. Cambareri, G.S., Leaden, M.I. y Castaño, J. 2008. Efecto de herbicidas sobre la biomasa total y partición reproductiva de *Lotus tenuis*. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 28 Supl. 1: 349-543
13. Carámbula, M. 1996. *Pasturas Naturales Mejoradas*. Ed. Hemisferio Sur. 524 p.
14. Castaño, J. 2002. *Pasturas y mezclas más adecuadas para la Cuenca del Salado*. http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/43-pasturas_cuenca_del_salado.htm
15. Cauhépé, M.A. y Lateral, P. 1998. Manejo de pajonales de paja colorada basado en estudios ecológicos. *Boletín Técnico* N 145. CERBAS INTA. 20 p.
16. Cauhépé, M.A. 2004. Does *Lotus glaber* improve beef production at the Flooding Pampas? *Lotus Newsletter* 34: 30-35.
17. Cauhépé, M.A. y Hidalgo, L.G. 2005 La Pampa Inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. En: *La Heterogeneidad de la Vegetación de los Agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León*. Eds: M. Oesterheld, Martín Aguiar, Claudio Ghersa y José Paruelo. Editorial de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. pp 401-412.
18. Clua, A.A. and Gimenez, D.O. 2003. Environmental factors during seed development of narrow-leaved bird's-foot-trefoil (*Lotus tenuis*) influences subsequent dormancy and germination. *Grass and Forage Science* 58: 333-338.
19. Colabelli, M.R. y Miñón, D.P. 1993. Métodos de intersembrado de *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* en pastizales de la Pampa Deprimida bonaerense. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13: 225-233.
20. Colabelli, M. y Miñón D. 1994. Rendimiento y cambios botánicos de pasturas de *Lotus tenuis* puro y en mezcla bajo régimen de corte. *Agricultura Técnica* 54: 39-45.

21. Colabelli, M. y Viviani Rossi, E. M. 1997. Efecto de dos métodos de intersembrado de *Lotus tenuis* sobre su implantación y sobre la producción de forraje de pastizales del área ganadera del salado (Argentina). *Avances en Prod. Anim.* 22: 123-128.
22. Collantes, M.B., Stoffella, S.L., Ginzo H.D. y Kade, M. 1998. Productividad y composición botánica divergente de dos variantes florísticas de un pastizal natural de la Pampa Depresada fertilizadas con N y P. *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 103: 45-59.
23. Coria, D., Lucesoli, R., Maresca, S., Obregón, E., Olmos, G., Pettinari, J., Quiroz García, J.L. y Rípodas, I. 2005. Manual para productores ganaderos de la Cuenca del Salado. Estación Experimental Agropecuaria Cuenca del Salado. INTA. Grupo operativo Salado Sur. Unidad Operativa Cuenca del Salado. 153 p.
24. Darwich, N.A. 1989. Manual de Fertilidad de Suelos. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. República Argentina. INTA. 147 p.
25. Díaz, P., Borsani, O. y Monza, J. 2005. *Lotus*-related species and their agronomic importance. Ed. A.J. Márquez A.J., *Lotus japonicus* Handbook. Cap. 1.2. Pp. 25-37. Springer.
26. English, J.H. 1999. Diseases of *Lotus*. En *Trefoil: The Science and Technology of Lotus*. Ed. P.R. Beuselinck. Beuselinck, P.R., Ed. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. pp. 121-131.
27. Fahey D.T. and Smith, R.R. 1999. Seed production in birdsfoot trefoil, *Lotus* species. En: *Trefoil: The Science and Technology of Lotus*. Ed. P.R. Beuselinck. Beuselinck, P.R. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 145-166.
28. Fernández, O.N., Vignolio, O.R. y Cambareri, G.S. 2008. Persistencia de *Lotus tenuis* bajo pastoreo por vacunos: períodos críticos para la supervivencia y la reproducción. IV Taller Interdisciplinario de *Lotus*: Aspectos Genéticos, Moleculares y Ecofisiológicos de *Lotus* spp. y sus Simbiontes. Chascomus, 17 noviembre 2008-19 de noviembre 2008: 34-35.
29. Formoso, F.A. 2000. Producción de semillas de *Lotus* Maku. En: *Lotus Maku: Manejo, utilización y producción de semillas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIA La Estanzuela-Treinta y Tres. Serie N° 119: 39-70.
30. Forrajeras 2008. Guía de leguminosas y gramíneas disponibles para la próxima campaña. Infotambo. Revista del Sector Lechero. N° 226: 58-80.
31. Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F.J. and Mantecón A.R. 2004. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research* (2): 191-202.
32. Gebrehiwot, L., Beuselinck, P.R. and Roberts, C.A. 2002. Seasonal variations in condensed tannins concentration of three *Lotus* species. *Agron. J.* 94: 1059-1065.
33. Genesis 2002. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 46. Mayo. p. 32.
34. Genesis 2003. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 50. Agosto. p. 33.
35. Genesis 2003. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 51. Diciembre. p. 47.
36. Genesis 2003. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 50. Agosto. p. 34.
37. Genesis 2003. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 51. Diciembre. p. 46.
38. Genesis 2005. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 57. Septiembre. p. 44.
39. Genesis 2006a. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 58. Marzo. p. 43.
40. Genesis 2006b. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 59. Junio. p. 35.
41. Genesis 2008. Revista de la Cámara de Semilleros de la Bolsa de Cereales. N 66. Octubre. p. 22.
42. Giménez, G. 2007. Meteorismo espumoso o empaste. www.produccion-animal.com.ar
43. González García, M.J. 2004. Pampa INTA un nuevo cultivar de *Lotus*. *Visión Rural*. 51:33-34.
44. Hidalgo, L.G. y Rimoldi, P.O. 1992. *Lotus tenuis* en pastizales templado sub-húmedos: su efecto en el valor nutritivo de la vegetación. II Congreso Latinoamericano de Ecología. I Congreso de Ecología do Brasil. Caxambú, Mina Gerais, Brasil, diciembre 6-11.
45. Juan, V.F., Monterroso, L., Sacido, M.B. and Cauhépe, M.A. 2000. Postburning legume seedling in the Flooding Pampas, Argentina. *J. Range Manage.* 53: 300-304.

46. Kade, M., Pagani, E.A. and Mendoza, R.E. 2003. A morphological study of population of *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae). *Agronomie*. 23: 203-207.
47. Lateralra, P. 1997. Post-burn recovery in the flooding Pampa: Impact of an invasive legume. *J. Range Manage.* 50: 274-277.
48. Lateralra, p. and Bazzalo, M.E. 1999. Seed-to-seed allelopathic effects between two invaders of burned Pampa grasslands. *Weed Res.* 39: 297-308.
49. Lateralra, P., Vignolio, O.R., Linares, M.P., Giaquinta, A. and Maceira, N. 2003. Cumulative effects of fire on a tussock pampa grassland. *J. Veg. Science*. 14: 43-54.
50. Lateralra, P., Ortega, E.Z., Ochoa, M. C., Vignolio, O.R. and Fernández, O.N. 2006. Interactive influences of fire intensity and vertical distribution of seed banks on post-fire recolonization of a tall-tussock grassland in Argentina. *Austral Ecology*. 31: 608-622.
51. León, R.J.C. y Oesterheld, M. 1982. Envejecimiento de pasturas implantadas en el norte de la Depresión del Salado. Un enfoque sucesional. *Rev. Fac. Agron.* 3: 41-49.
52. Mallarino, A.P., Wedin, W.F., Perdomo, C.H., Goyenola, R.S. and West, C.P. 1990. Nitrogen transfer from white clover, red clover, and birdsfoot trefoil to associated grass. *Agron. J.* 82: 790-795.
53. Mazzanti, A., Montes, L. Miñón, D., Sarlangue, H. y Cheppi, C. 1988. Utilización de *Lotus tenuis* en establecimientos ganaderos de la Pampa Deprimida: resultados de una encuesta. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8: 301-305.
54. Madia de Chaluat, M. 1994. Identificación y patogenicidad de hongos hallados en semillas de *Lotus* spp. en Argentina. *Bol. San. Veg. Plagas* 20: 827-831.
55. McGraw, R.L., Beuselinck, P.R. and Ingram, K.T. 1986. Plant population density effects on seed yield of birdsfoot trefoil. *Agron. J.* 78: 201-205.
56. Mendoza, R.E., Pagani, E. y Pomar, M.C. 2000. Variabilidad poblacional de *Lotus glaber* en relación con la absorción de fósforo del suelo. *Ecología Austral*. 10: 3-14.
57. Miñón, D.P., Sevilla, G.H., Montes, L. y Fernández, O.N. 1990. *Lotus tenuis*: leguminosa forrajera para la Pampa Deprimida. Unidad Integrada Balcarce. FCA-EEA Boletín Técnico N° 98.
58. Miñón, D.P. y Colabelli, M.R. 1993. Intersiembra de *Lotus tenuis* en tres comunidades nativas de la Pampa Deprimida. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13: 133-140.
59. Miñón, D.P. y Refi, R.O. 1993. Persistencia de pasturas de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus tenuis* bajo pastoreo continuo. *Dialogo XXXVIII-Metodología de Evaluación de Pasturas*: 95-102.
60. Montes, L. y Cauhépe, M.A. 1985. Evaluación de *Lotus tenuis* mediante dos métodos de siembra. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 5-6: 313-321.
61. Montes, L., Fernández, O.N., Vignolio, O.R., Sevilla, G.H. y Miñón, D.P. 1990. Variación en el número y estado de las semillas de *Lotus tenuis* bajo 2 presiones de pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 10: 33.
62. Monterroso, L., Juan, V.J., Cauhépe, M.A. y Sacido, M.B. 1998. Incidencia y severidad de *Fusarium* spp. sobre *Lotus tenuis* durante su establecimiento post-quema en pajonales de paja colorada (*Paspalum quadrifarium*). *Fitopatología*. 33: 224-227.
63. Mujica, M.M. y Rumi, C.P. 1993. Dinámica del estado de dureza de semillas de *Lotus tenuis* (Waldst et Kit) obtenidas del suelo en respuesta a un régimen de baja temperatura. *Rev. Fac. Agron. La Plata*. 69: 69-75.
64. Murillo, N., Lateralra, P. and Monterubbianesi, G. 2007. Post-dispersal granivory in a tall-tussock grassland: A positive feedback mechanism of dominante? *J. Vegetation Science* 18: 799-806.
65. Negri, V., Martillotti, F., Francia, U. and Falcinelli, M. 1992. Valutazione quantitativa e qualitativa di popolazioni di *Lotus corniculatus* L. e *Lotus tenuis* Wald. et. Kit. in purezza ed in consociazione con *Dactylis glomerata* L. in relazione a programmi di miglioramento genetico. *Rev. di Agron.* 26: 97-103.
66. Olmos, F. 2001. Mejoramiento de pasturas con *Lotus* en la región noreste. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria. Serie Técnica 124. INIA Tacuarembó. 48p.
67. Ortega, E., Vergara, P., Vignolio, O.R., Lateralra, P. 2000. Efectos de la densidad de *Lotus tenuis* sobre la emergencia, supervivencia y cobertura de *Cirsium vulgare*. *Ecología Austral*. 10: 143-149.
68. Ortega, E. y Lateralra, P. 2003. Fire-induced colonization of a Flooding Pampa grassland by thistles: Remnant litter and interference effects. *Appl. Veg. Sci.* 6: 35-44.

69. Otero, M.J. e Hidalgo L. G. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales (una revisión). *Livestock Research for Rural Development* 16 (2): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/2/oter1602.htm>.
70. Paz, R.C. 2007. Diseño y formulación de inoculantes que mejoren la implantación de *Lotus tenuis* en los sistemas de la Pampa Deprimida. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias (UNMdP). 106p.
71. Peretti, A. 1994. Manual para el análisis de semillas. Ed. Hemisferio Sur S.A. 281 p.
72. Quadrelli, A.M., Laich, F.S., Andreoli, E. y Echeverría, H.E. 1997. Respuesta de *Lotus tenuis* Waldst a la inoculación con *Rhizobium loti* y a la fertilización fosfatada. *Ciencia del Suelo*. 15: 22-27.
73. Quinos, P.M., Insausti, P. and Soriano, A. 1998. Facilitative effect of *Lotus tenuis* and *Paspalum dilatatum* in a lowland grassland of Argentina. *Oecologia*. 114: 427-431.
74. Refi, R.O. and Escuder, C.J. 1998. Nitrogen fixation by *Trifolium repens* and *Lotus tenuis* based pastures in the Flooding Pampa, Argentina. *Agronomie*. 18: 285-297.
75. Rochon, J.J., Doyle, C.J., Greef, J.M., Hopkins, A., Molle, G., Sitzia, M., Scholefield, D. and Smith, C.J. 2004. Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass Forage Sci*. 59: 197-214.
76. Rubio, G., Taboada, M.A., Lavado, R.S., Rimski-Korsakov, H. y Zubillaga, M.S. 1997. Acumulación de biomasa, nitrógeno y fósforo en un pastizal natural fertilizado de la Pampa Deprimida, Argentina. *Ciencia del Suelo* 15: 48-50.
77. Ruz, E., Acuña, H., Zagal, E., Barrientos, L. y Pincheira, A. 1999. Variación en las tasas de fijación simbiótica de nitrógeno en tres especies del género *Lotus* por efecto del corte y del pastoreo. *Agricultura Técnica*. 59: 35-44.
78. Sacido, M.B., Loholaberry, F.K. y Latorre, E. 2004. Dinámica de la oferta en pasturas naturales posquema: cantidad y calidad. *Arch. Zootec*. 53: 153-164.
79. Sevilla, G. H., Fernández, O. N., Miñón, D. P. and Montes, L. 1996. Emergence and seedling survival of *Lotus tenuis* in *Festuca arundinacea* pastures. *J. Range Manage*. 49: 509-511.
80. Silveira, D., Vaz, A., Boggiano, P., Zanoniani, R., Hernández, J., Delpino, A. y Cadenazzi, M. 2004. Efecto del nivel de fertilización fosfatada a la siembra sobre el peso de plantas de *Lotus glaber* Mill. y *Trifolium repens* L. XX Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical-Grupo Campos. Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. 28, 29 y 30 de setiembre de 2004. Regional Norte de la Universidad de la Republica Salto. Uruguay. 289-291.
81. Stoffella, S., Posse, G. and Collantes, M. 1998. Variabilidad fenotípica y genotípica de poblaciones de *Lotus tenuis* que habitan suelos con distinto pH. *Ecología Austral*. 8: 57-63.
82. Striker, G.G., Insausti, P., Grimoldi, A.A. y León R.J.C. 2006. Root strength and trampling tolerance in the grass *Paspalum dilatatum* and the dicot *Lotus glaber* in flooded soil. *Funct. Ecol*. 20: 4-10.
83. Vignolio, O.R., Maceira, N.O. y Fernández, O.N. 1994. Efectos del anegamiento en invierno y verano sobre el crecimiento y la supervivencia de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. *Ecología Austral*. 4: 19-28.
84. Vignolio, O.R., Maceira, N.O. y Fernández, O.N. 1996. Efectos del anegamiento sobre la reproducción de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. *Rev. Arg. Prod. Anim*. 16: 267-278.
85. Vignolio, O.R., Biel, C., de Herralde, F., Araújo-Alves, J. P. L. and Savé, R. 2002. Growth of *Lotus creticus creticus* and *Cynodon dactylon* under two levels of irrigation. *Aust. J. Agric. Res*. 53: 1375-1381.
86. Vignolio, O.R. y Fernández, O.N. 2005. Establecimiento de *Lotus glaber* en un pastizal sembrado a diferentes densidades. III Congreso Nacional Sobre Manejo de Pastizales Naturales. 7. Jornada Regional. Paraná, Entre Ríos. Argentina. pág. 98.
87. Vignolio, O.R. y Fernández, N.O. 2006. Bioecología de *Lotus glaber* Mill (Fabaceae) en la Pampa Deprimida (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Rev. Arg. Prod. Anim*. 26: 113-130.
88. Vignolio, O.R., Fernández, O. N. and Castaño, J. 2006. Responses of *Lotus glaber* (Leguminosae cv. Chajá) to defoliation in reproductive stage. *Annales Botanici Fennici*. 43: 284-287.
89. Vignolio, O.R. y Cambareri G. S. 2008. Producción de biomasa vegetativa y reproductiva en

- plantas de *Lotus tenuis* cultivadas a diferentes densidades. Rev.Arg.Prod.Anim. 28: 77-86.
90. Wernli, C., Echeverría, D. y Cosio, F. 1986. Características nutricionales de una pradera naturalizada de lotera de hoja angosta (*Lotus tenuis* Wald et Kit.). I. Efecto de la temporada, frecuencia de corte y altura de residuo. Agricultura Técnica. 46: 237-244.
91. Wolcan, S.M. y Dal Bello, G.M. 1988. *Colletotrichum destructivum* O'Gara, causal agent of a new disease on *Lotus tenuis* Waldst. et Kit. Agronomie. 8: 741-744.