

Bioecología de *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae) en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina)

*Bioecology of Lotus glaber Mill. (Fabaceae) in the flooding pampa
(Buenos Aires, Argentina).*

Vignolio^{1,2}, O.R. y Fernández¹, O.N.

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

1. Introducción
2. Nombre y origen de *Lotus glaber*
3. Distribución de *Lotus glaber* en la Pampa Deprimida.
4. Descripción de *Lotus glaber*
5. Genética
6. Interacción con el ambiente
 - 6.1. Variabilidad fenotípica
 - 6.2. Temperatura
 - 6.3. Salinidad
 - 6.4. pH
 - 6.5. Sequía y anegamiento
 - 6.6. Fertilidad (P).
7. Poblaciones y sus interacciones
 - 7.1. Variabilidad poblacional
 - 7.2. Fijación de nitrógeno
 - 7.3. Micorrizas
 - 7.4. Polinización
 - 7.5. Compuestos secundarios
 - 7.6. Predadores de semillas
 - 7.7. Enfermedades
 - 7.8. Dispersión de semillas
 - 7.9. Germinación, establecimiento y supervivencia de plántulas
 - 7.9.1 Impacto del fuego sobre el establecimiento y crecimiento de *Lotus glaber*
 - 7.10 Supervivencia de plantas
8. Consideraciones finales
9. Bibliografía

Recibido: febrero de 2005

Acceptado: abril de 2006

1. Grupo Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP). C.C. 276 (7620) Balcarce, Buenos Aires.
ovignoli@mdp.edu.ar; ovignolio@balcarce.inta.gov.ar

Resumen

El objetivo de la presente revisión es presentar los avances referidos a la biología y autoecología (el estudio de los organismos individuales en relación con el medio) y poblacional de *Lotus glaber* durante los últimos 15 años. Los estudios locales y de otros países permiten comprender las respuestas de esta leguminosa a nivel de individuo y de población. A nivel de planta se presentan los resultados obtenidos en condiciones controladas. Estos trabajos hacen referencia a las respuestas de las plantas a la fertilidad, al anegamiento y salinidad. También se presentan resultados sobre las respuestas plásticas de las plantas cultivadas en diferentes condiciones experimentales. A nivel poblacional y en interacción con otros organismos, se presentan los resultados obtenidos en condiciones de campo sobre el establecimiento y supervivencia de plántulas, reproducción, simbiosis, parasitismo, polinización, variabilidad genética entre y en una misma población, competencia y propagación de semillas por los herbívoros. Complementariamente, en la segunda parte de esta revisión, se presentarán resultados sobre la producción de biomasa y de semillas de *Lotus glaber*.

Palabras clave: *Lotus glaber*, relaciones planta – ambiente, variabilidad, poblaciones, interacciones, Pampa Deprimida, ecología.

Summary

The objective of the present revision is to present the advances in the knowledge about *Lotus glaber* biology and population. We presented results of work done during the last 15 years. The local studies - in the Flooding Pampa (Buenos Aires, Argentina) - and from other countries allowed to know the responses of this legume at different experimental conditions and management. At plant level the results are about phenotypic variability and physiological responses to different environmental conditions. At population level, results are about seedling establishment and survival, plant reproduction, symbiosis, parasitism, genetic variability, competition and seed spread by herbivores. We will present results about *Lotus glaber* seed and biomass production in a second revision.

Key words: *Lotus glaber*, plant–environment relationships, variability, populations, interactions, Flooding Pampa, ecology.

1. Introducción

Lotus glaber es una leguminosa que se ha propagado naturalmente en la Pampa Deprimida (Buenos Aires, Argentina). Los aportes de nitrógeno de *Lotus glaber* al sistema (74, 80), sus buenas cualidades como forrajera (56) y su capacidad de establecimiento en diferentes comunidades vegetales (37,38, 55, 56, 86) la destacan como una especie promisoría para los sistemas ganaderos de la región. La principal actividad de la región es la cría de vacunos (26). Los principales disturbios a los que se

encuentran sometidos sus pastizales son originados por el pastoreo, las inundaciones, las sequías y el fuego (26, 36, 44, 72, 81, 85).

En algunos de los estudios fitosociológicos de las comunidades asociados a diferentes características del ambiente edáfico (26, 49), se pone en evidencia que las leguminosas forrajeras están muy poco representadas. El diagrama conceptual del ciclo de vida de *Lotus glaber* ilustrado en la Figura 1 presenta los temas abordados en esta revisión, conectando diferentes estados y

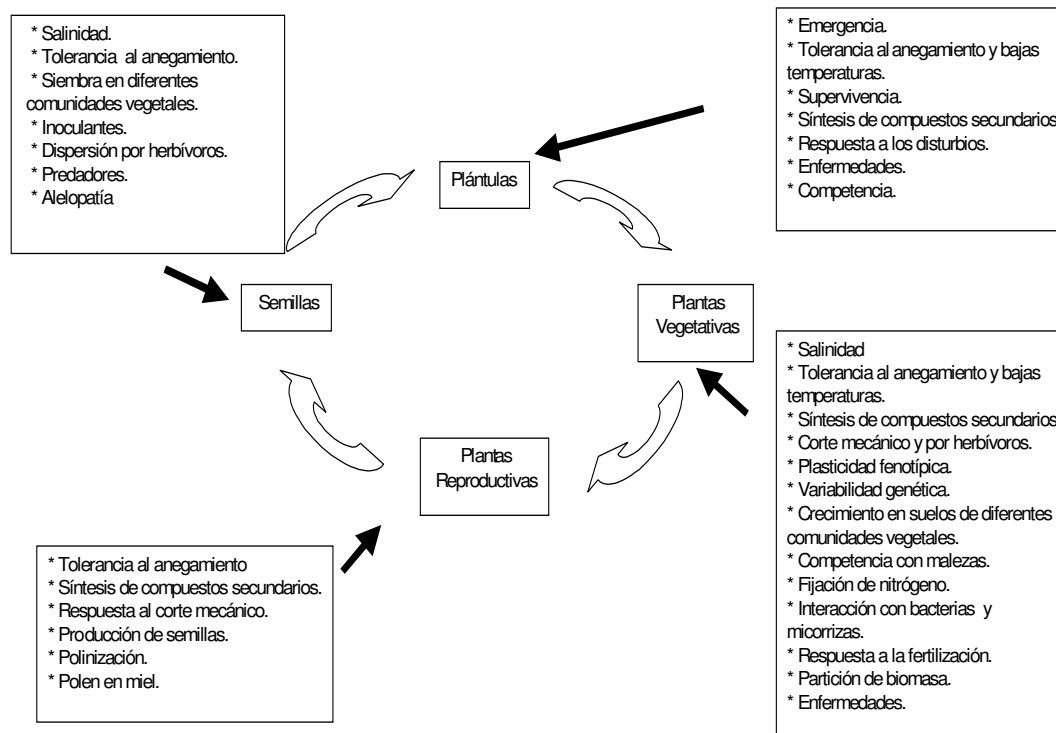


Figura 1: Diagrama conceptual del ciclo de vida de *Lotus glaber* y algunos de los temas considerados en la presente revisión.

Figure 1: Conceptual diagram about the life cycle of *Lotus glaber* and some subjects considered in this review.

procesos demográficos. Se han realizado varios trabajos con la finalidad de comprender las interacciones entre *Lotus glaber* y otras poblaciones vegetales del pastizal, la variabilidad intrapoblacional, las respuestas fisiológicas en diferentes condiciones experimentales, el establecimiento de plántulas y la supervivencia de las plantas bajo diferentes condiciones de manejo. Se presentan los resultados de estos trabajos y se identifica la falta de investigación en algunos aspectos que, a juicio de los autores, pueden limitar el aprovechamiento sustentable de este recurso forrajero.

2. Nombre y origen de *Lotus glaber*

Tradicionalmente *Lotus glaber* es conocida como *Lotus tenuis* y en el año 1987 se produce el cambio de este nombre (40). *Lotus glaber* es perenne (10, 27) y originaria de Europa y Asia Menor (42). La mayor diversidad de especies del género *Lotus* se ubica en la Cuenca del Mediterráneo y posiblemente sea éste el lugar de origen (83). Kirkbride (41) describió más detalladamente la distribución de esta especie: norte de Africa, sur de Europa, Oriente medio, norte de Europa, oeste, este y sudoeste de Asia, la India, centro de Asia y China.

3. Distribución de *Lotus glaber* en la Pampa Deprimida

No se conoce con exactitud cómo y cuándo ingresó *Lotus glaber* a la Argentina (61). Las semillas pudieron haber ingresado de manera voluntaria y no declarada, o de manera involuntaria, por ejemplo mezcladas con semillas de otras especies forrajeras importadas y/o junto con las heces de animales traídos de Europa (91). En la década de 1930 *Lotus glaber* se sembró en Pigüé (Buenos Aires) (61). En 1946 fue encontrada en Brandsen, en proximidades del río Samborombón Chico, en banquinas y canales de desagües de los potreros de suelos bajos (61, 91). En 1949 la especie estaba establecida en pastizales del Partido de Ayacucho, por el camino a Solanet, próximo al arroyo Chelforó y en 1950 por la zona de San Vicente, Jeppener, San Miguel del Monte, Oliden, Ferrari y Vergara (91). En el año 1960 se encontraron poblaciones en Verónica, Monte Veloz, Pipinas y Ruta 205 (91). En 1960 se comenzó a producir semillas de *Lotus glaber* en San Miguel del Monte (91). En el año 1980 *Lotus glaber* estaba establecida en una superficie considerable de los pastizales de la Pampa Deprimida (59). Entre los atributos que pueden explicar el éxito de su propagación se citan la variabilidad genética de sus poblaciones, la plasticidad fenotípica de las plantas, su tolerancia al anegamiento y dispersión por animales (38, 54, 84, 86, 92, 101, 102).

4. Descripción de *Lotus glaber*

Lotus glaber es una especie herbácea policárpica, perenne, sin órganos de propagación vegetativa. Sin competencia por luz su crecimiento es postrado. En cambio, sus tallos adquieren porte erecto cuando está asociada a pastizales altos (18, 56). Si bien las plantas no presentan propagación vegetativa, los tallos tendidos sobre suelo húmedo pueden desarrollar raíces adventicias

(96, Vignolio obs. personal). Las hojas están formadas por cinco folíolos lanceolados, dos en la base del pecíolo y tres en la parte terminal. La raíz es pivotante, muy ramificada en los primeros centímetros del suelo (56). Para más detalles sobre atributos vegetativos ver 56 y 61.

El fotoperíodo que requiere *Lotus glaber* para florecer es similar al de *Lotus corniculatus* (32). En cámara de cultivo las plantas florecieron con un fotoperíodo corto de 8 horas durante 77 días después de la germinación más un fotoperíodo largo de 16 horas durante 75 días (32). La reproducción es indeterminada y la floración comienza en primavera y se prolonga hasta fines del verano. Los frutos y semillas se producen en verano. Las flores son de color amarillo, tienen corto pedicelo y están dispuestas en umbelas, cuyo número varía entre 1 y 6 (42, 56, 99). Algunas flores no desarrollan frutos. En condiciones experimentales se determinó que la relación frutos/flores por umbela fue de 81% (99). Durante la maduración los frutos cambian de color verde a marrón. La forma es cilíndrica achatada con un diámetro máximo de 2,0 y 3,0 mm y mínimo entre 1,6 y 2,0 mm (Vignolio, no publicado) y su longitud es variable, entre 0,6 y 3,5 cm (42, 99). La longitud y la cantidad de semillas por fruto varía durante el ciclo reproductivo. Los máximos y mínimos valores de ambos atributos se registraron al comenzar y al finalizar dicho ciclo, respectivamente (99). El número de semillas por fruto puede variar entre 3 y 35, siendo su promedio entre 12 y 16 (42, 61, 95, 99). Las semillas son pequeñas, duras, lisas y de color marrón (8). Las dimensiones de las semillas son de 1,22 – 1,65 mm de longitud y 1,00 – 1,06 mm de ancho (8). El peso de mil semillas está comprendido entre 0,652 y 1,53 g (8, 42, 56, 61, 79, 95). La producción de frutos y de semillas por planta, cuando éstas fueron cultivadas individualmente en macetas de 4 litros libres de competencia (intra e interespecífica) y en condiciones de campo,

fue de 1.384 frutos/pl y 19.626 semillas/pl (95). En cambio, cuando las plantas de *Lotus glaber* fueron cultivadas en el campo, en un arreglo de 75 cm de distancia entre planta, produjeron 5.565 frutos/pl y 58.551 semillas/pl (100).

En ensayos realizados en condiciones de campo, *Lotus glaber* desarrolló dos pulsos de producción de frutos, el primero comprendido entre diciembre y mediados de febrero, cuando se produjo el 71% del total de los frutos, y el segundo entre mediados de febrero y fin de marzo (95). Las semillas maduras recién cosechadas en forma manual presentan una dureza que puede ser superior al 90% (65).

5. Genética

Lotus glaber es diploide, $2n = 2x = 12$ (18, 27), autoincompatible, polinizada por insectos, principalmente por abejas, *Apis mellifera*, (83, 95, 99). Sin embargo, es posible obtener algunas semillas viables por autopolinización (61).

Autotetraploides de *Lotus glaber* ($2n = 4x = 24$) han sido obtenidos a partir de semillas y plántulas tratadas con colchicina (4, 15, 34, 50). Estos poliploides presentaron mayor tamaño de cáliz, ovario, grano de polen, longitud y ancho del folíolo central y longitud de estomas que los diploides originales (15, 50). Andrés et al. (4) informaron que los tetraploides de *Lotus glaber* cultivados en condiciones de campo (Facultad de Agronomía de Azul) y cosechados en otoño, presentaron valores de proteína bruta y de digestibilidad *in vitro* de la biomasa aérea vegetativa del orden de 14,59 y 59,30 (%), respectivamente. Acuña (2) informó que las plantas diploides de *Lotus glaber* cultivadas en el campo (Chile) y también cosechadas en otoño presentaron valores de proteína bruta y digestibilidad *in vitro* de su biomasa

aérea del orden del 21,9 y 68,0%, respectivamente. Las diferencias entre los tetraploides y diploides en los atributos antes señalados se pueden deber, además de las condiciones ambientales de cada estudio, a que los diploides utilizados por Andrés et al. (4) -para originar los tetraploides- procedían de poblaciones recolectadas en la Depresión del Salado, en cambio Acuña (2) utilizó el cultivar Toba.

En algunos trabajos ha sido informado que los cromosomas de *Lotus glaber* y *Lotus corniculatus* ($2n = 4x = 24$) presentaban alto grado de homología. Se ha planteado la hipótesis de que *Lotus corniculatus* podría ser un autotetraploide derivado de *Lotus glaber* (29, 103) o un híbrido de *Lotus glaber* con *Lotus uliginosus* seguido de la duplicación de cromosomas (78). Rhin y Beuselinck (76) identificaron en *Lotus glaber* aproximadamente 6% de granos de polen diploides, los cuales son de mayor tamaño (longitud $17 \pm 0,18 \mu\text{m}$ y ancho $16 \pm 0,19 \mu\text{m}$) que los normales aploides (longitud $14 \pm 0,11 \mu\text{m}$ y ancho $11 \pm 0,09 \mu\text{m}$). Negri y Lemmi (69) realizaron dos experimentos en cámara, ambos con el mismo nivel de luz pero con diferentes temperaturas. El primero con 28°C durante 18 horas (día) y 15°C durante 6 horas (noche) y el segundo experimento con 18°C durante el día y 12°C durante la noche. En el primer experimento obtuvieron mayor porcentaje de polen $2n$ que en el primero. La presencia de polen $2n$ en *Lotus glaber* puede permitir la obtención de híbridos con *Lotus corniculatus* (68) para incorporarlos a programas de mejoramiento (19). Según Seaney y Henson (83) los híbridos de *Lotus corniculatus* x *Lotus glaber* presentan un fenotipo intermedio a los padres. Aziz et al. (12) a partir de ambas especies obtuvieron híbridos somáticos.

6. Interacción con el ambiente

6.1. Variabilidad fenotípica

A nivel de planta se estudiaron las respuestas plásticas de *Lotus glaber* procedentes de diferentes comunidades vegetales de la Pampa Deprimida. En plantas de un mismo genotipo de *Lotus glaber* cultivadas en suelos procedentes de comunidades vegetales B y C según clasificación de León (49), se registraron variabilidad en el peso de raíz, tallos, hojas, partición de la biomasa y en la eficiencia del uso del P (54). Stoffella et al. (86) analizaron las respuestas plásticas en plantas de *Lotus glaber* procedentes de poblaciones establecidas en diferentes comunidades vegetales, correspondientes a las comunidades B, C y D según clasificación de León (49). Los autores registraron que los genotipos de las tres poblaciones cultivados en el suelo de la comunidad vegetal B presentaron mayor número y longitud de ramificaciones que los mismos genotipos cultivados en un suelo con características de la comunidad D. La longitud y el ancho del folíolo central, y el número de flores, también variaron en clones de un mismo genotipo cultivado en los suelos de las diferentes comunidades (86). Kade et al (37) también registraron cambios morfológicos significativos cuando los genotipos de *Lotus glaber* procedentes de diferentes comunidades vegetales fueron cultivados en una misma condición experimental.

6.2. Temperatura

Plantas de distintas poblaciones y edades de *Lotus glaber* cultivadas en macetas y en el campo toleraron temperaturas inferiores a cero grado. Además, en experimentos de anegamientos sobrevivieron al congelamiento del agua (92, 98). Durante el invierno *Lotus glaber* conservó la biomasa aérea verde, y su crecimiento fue menos afectado que el de *Lotus corniculatus*, *Trifolium* spp. y *Medicago* spp. (9). Las altas temperaturas estivales también afectaron menos el creci-

miento de *Lotus glaber* que el de *Lotus uliginosus*, *Trifolium fragiferum*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens latum* (11).

6.3 Salinidad

Lotus glaber es considerada una especie tolerante a la salinidad (ClNa) en estados de germinación, plántula y planta (11, 42, 77, 82, 97). En los pastizales de la Pampa Deprimida, *Lotus glaber* puede crecer en suelos bajos, anegables, alcalinos, típicos de comunidades vegetales dominadas por *Distichlis spicata* (55, 61, 86).

En condiciones de campo y de laboratorio, la producción de biomasa de *Lotus glaber* fue disminuyendo con el aumento de la salinidad (11, 77, 82). Sin embargo, los porcentajes de supervivencia y crecimiento de las plantas fueron mayores que en *Lotus uliginosus*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium repens latum* y *Trifolium pratense* (11). Bañuelos y Beuselinck (14) no registraron mortalidad de plantas de *Lotus glaber* cultivadas en diferentes condiciones de salinidad y defoliación mecánica. Por el contrario, registraron un aumento de la biomasa aérea acumulada. Debe considerarse que estos resultados están referidos a condiciones experimentales de crecimiento muy particulares, por lo tanto no es posible su generalización.

En la Estación Experimental Agropecuaria del INTA-Balcarce (Buenos Aires, Argentina), se ha seleccionado un cultivar de *Lotus glaber* (Pampa INTA) en suelo natracuol, serie Guido con pH entre 8,5 - 9,0 y P disponible entre 8 - 10 ppm (33).

6.4. pH

Lotus glaber puede crecer en un rango de pH entre 5,5 y 9,8 (54, 61, 86) y en tales condiciones establecer asociaciones simbióticas con cepas de *Rhizobium loti*, *Mesorhizobium loti* y *Mesorhizobium huakuii* (24, 75, 105). El pH por sí mismo no sería el factor limitante para el crecimiento de *Lotus*

glaber, sino que éste puede determinar la concentración y solubilidad de elementos que pueden ser tóxicos para la planta como es el caso del aluminio en suelos ácidos. El menor crecimiento de *Lotus corniculatus* a pH 5 respecto del pH 7 es atribuible a la toxicidad por el aluminio (39). En suelos sin aluminio, la biomasa de las plantas de *Lotus glaber* y de otras leguminosas no fue significativamente diferente a pH 5,5 y 4,5 (82).

6.5. Sequía y anegamiento

A pesar de que las sequías estivales son frecuentes en la Pampa Deprimida, no se dispone de estudios que analicen y evalúen sus efectos sobre el crecimiento y la reproducción de *Lotus glaber*. En pasturas sembradas en la EEA-INTA Balcarce, las sequías estivales afectaron menos la cobertura vegetal de *L. glaber* que la de *Trifolium repens* (22, 74).

Respecto a las respuestas de *Lotus glaber* al anegamiento, los trabajos son más numerosos. Diversos trabajos presentan evidencias sobre la tolerancia de esta especie a la anoxia radical por anegamiento (42, 51, 55, 87, 88, 92, 94, 96, 98). En condiciones controladas, los anegamientos de invierno-primavera afectaron menos el crecimiento de *L. glaber* que el de *L. corniculatus* en los estados de plántula y plantas (87, 92, 94).

En condiciones controladas, las plantas con mayor biomasa y/o edad, fueron menos afectadas por la anoxia radical que las más jóvenes o de menor biomasa. El crecimiento, la supervivencia y la reproducción de las plantas de *Lotus glaber* fueron menos afectados por las inundaciones durante invierno y primavera que en verano (92, 95). El anegamiento durante invierno-primavera no afectó significativamente la producción de frutos y semillas (95). En cambio, el anegamiento en verano provocó la mortalidad de algunas plantas y las que sobrevivieron presentaron aborto de órganos reproductivos y senescencia de tallos y de hojas (92). Las plantas que sobrevivieron al anegamiento estival formaron nuevos tallos

desde la corona y la producción de frutos y semillas fue muy baja debido a que la floración se produjo finalizando el verano (92). La mortalidad de plantas por anegamientos durante el verano también ha sido registrada en pastizales de la Pampa Deprimida (51, 66) y al siguiente año la población se restableció a partir del banco de semillas (51).

La tolerancia de *Lotus glaber* al anegamiento está relacionada con cambios morfológicos y anatómicos en raíces y tallos (55, 87, 88, 92, 96, 98). A nivel anatómico se registró mayor porcentaje de espacios aéreos (aerénquimas) en los tallos y raíces de las plantas anegadas de *Lotus glaber* que en el tratamiento testigo y que en *Lotus corniculatus* (87, 88, 96). Los aerénquimas facilitan el intercambio de gases entre los tejidos anegados de la planta y el exterior. Las plantas de *Lotus glaber* anegadas presentaron clorosis foliar, menor porcentaje de nitrógeno en hojas y menor potencial agua que los controles (94).

El trabajo de Striker et al. (87) permite comprender con más detalles las respuestas de *Lotus glaber* y *Lotus corniculatus* vinculadas con la tolerancia diferencial a las condiciones de anegamiento. Las plantas de ambas especies fueron cultivadas en "panes de suelo" con la vegetación del pastizal y anegadas durante 40 días a principios de primavera. La mayor tolerancia de *Lotus glaber* se explicó por: a) mayor porcentaje de aerénquimas en raíces, b) alta proporción de biomasa aérea por encima del nivel del agua, c) mayor conductancia estomática y d) capacidad de mantener la actividad de fotosíntesis aún en condiciones de anegamiento. Estas respuestas explicarían la capacidad de *Lotus glaber* de seguir acumulando biomasa durante el anegamiento que en este estudio fue comparable a su respectivo control. Si bien la formación de aerénquimas en raíces facilita la oxigenación de estos tejidos, se ha visto que en condiciones de anegamiento las raíces de *Lotus glaber* son más frágiles a la compac-

tación del suelo que las raíces de *Paspalum dilatatum*. La combinación del anegamiento y compactación del suelo, comparable a la que ejercería la pisada de un animal de 400 kg, provocó la muerte de las plantas de *Lotus glaber* que crecían en "panes de suelo" del pastizal natural (88).

Mendoza et al. (55) analizaron en plantas de *Lotus glaber* el crecimiento y la simbiosis con micorrizas y rhizobium. Las semillas utilizadas fueron cosechadas en el pastizal natural y las plantas fueron cultivadas en macetas con un suelo salino-sódico dominado por *Distichlis spicata*. Las plantas fueron anegadas durante 40 días y al finalizar el estudio, la biomasa aérea, de raíces y el número de tallos por planta fueron menores que en el control. En la biomasa aérea y de raíces de las plantas anegadas se registró menor contenido (%) de P y de nitrógeno que en los controles. El P total en la biomasa aérea también fue menor en las plantas anegadas. El P total / peso total de la planta (mg/g) y el N total / peso total de la planta (mg/g) fue mayor en las plantas anegadas. Las raíces desarrollaron aerénquimas. Las micorrizas sobrevivieron al anegamiento y un incremento de la colonización en raíces fue registrado. En las raíces de las plantas anegadas se registró incremento en el número de nódulos. Estos eran más pequeños que en los controles y con menor capacidad para fijar nitrógeno.

La germinación y supervivencia de las semillas de *Lotus glaber* también pueden ser afectadas por el anegamiento y por el momento del evento. En condiciones experimentales la germinación de *Lotus glaber* en suelos inundados durante 56 días a partir de julio (invierno), fue mayor que a capacidad de campo. Por el contrario, la germinación durante los meses de noviembre-diciembre en las mismas condiciones experimentales fue menor con suelo saturado que a capacidad de campo (1). En condiciones controladas (8 hs de luz y 20 °C temperatura del aire) la supervivencia de las semillas de *Lotus glaber* fue decreciendo

con el incremento del tiempo de inundación, siendo más afectadas las semillas blandas que las duras (93).

6.6. Fertilidad (P)

Los suelos de la Pampa Deprimida son pobres en fósforo (P), presentan en promedio 10 ppm (21, 25). *Lotus glaber* puede crecer en comunidades vegetales de la Pampa Deprimida con cantidades de P del orden de 3,04 - 9,2 ppm (61, 86). Con el agregado de P, en condiciones de campo se registró un aumento de la cobertura vegetal (22, 23) y mayor producción de biomasa aérea cuando las semillas fueron inoculadas (73). En experimentos realizados en macetas y en condiciones controladas, las respuestas de las plantas de *Lotus glaber* a la fertilidad con P fueron aumentos en el número de tallos, el área foliar, la biomasa aérea y de raíces y el número de nódulos en raíces (10, 21, 37, 52, 53). Ayala Torales et al (10) además de algunos de los atributos antes señalados, también analizaron la tasa de crecimiento y la eficiencia en la utilización del P. Las determinaciones realizadas 40 días después de la siembra y con adición de P hasta 40 mg kg⁻¹ en suelo, la eficiencia de utilización del P, la tasa de crecimiento de la biomasa aérea y de raíz aumentaron. En el segundo muestreo realizado 60 días después de la siembra, la tasa de crecimiento de la biomasa aérea y de raíz aumentaron con los niveles de P antes citados. En cambio, la eficiencia de utilización del P declinó, lo cual pudo haber sido por cambios en la partición de la biomasa aérea y subterránea. Con bajos niveles de fertilidad la biomasa aérea fue mayor que la biomasa de raíces y la tasa de crecimiento relativo de las plantas también fue alta. Por el contrario, con altos niveles de P, la biomasa de raíz fue mayor que la biomasa aérea y la tasa de crecimiento relativo y la eficiencia de utilización del P fue menor. Mendoza et al (54) encontraron diferencias entre genotipos de una misma población de *Lotus glaber* y entre poblaciones para absorber P del

suelo. Kade et al. (37) registraron diferencias entre poblaciones de *Lotus glaber* en la eficiencia de utilización del P. Con bajos niveles de fertilidad la eficiencia de utilización del P aumentó, en cambio declinó con altos niveles de fertilidad.

7. Poblaciones y sus interacciones

7.1. Variabilidad poblacional

Algunos trabajos ponen en evidencia la variabilidad entre genotipos de una misma población y entre poblaciones de *Lotus glaber* procedentes de diferentes comunidades vegetales de la Pampa Deprimida (38, 54, 86). Kade et al. (38) realizaron un estudio para analizar la variabilidad de algunos atributos morfológicos de *Lotus glaber* cuyas plantas fueron recolectadas de poblaciones establecidas en diferentes localidades y comunidades vegetales de la Pampa Deprimida. Las plantas de cada población fueron cultivadas en macetas, con el mismo suelo (nativo) de la comunidad vegetal en que estaban establecidas. Los resultados de los primeros 50 días del estudio permiten destacar que las plantas de *Lotus glaber* que crecieron en el suelo donde *Distichlis spicata* era la especie dominante, presentaron menor cantidad de tallos, longitud y ancho de hojas que las plantas de las comunidades donde las especies dominantes eran *Piptochaetium montevidense*, *Ambrosia tenuifolia*, *Eclipta bellidioides* y *Mentha pulegium* (38). Las plantas de estas mismas poblaciones cultivadas en un mismo suelo, difirieron en algunos de los atributos antes señalados (38). Mendoza et al. (54) registraron diferencias en el porcentaje de P en raíz y de P total / materia seca total entre poblaciones de *Lotus glaber* procedentes de diferentes comunidades vegetales.

En un experimento realizado en Chile, se sembró *Lotus glaber* cv. Toba en un rastrojo de arroz y las plantas fueron cortadas mecánicamente a tres alturas, 3, 6 y 9 cm y con diferente frecuencia. La longitud y el ancho

del folíolo central, la tasa de aparición de hojas y el número de tallos de *Lotus glaber* fueron mayores con cortes mecánicos cada 6 semanas que cada 8 semanas (datos promedio de tres alturas de corte) (3). Beuselink et al. (18) encontraron en diferentes poblaciones de *Lotus glaber* que el rango de la relación longitud/ancho del folíolo central de las plantas creciendo en el campo fue mayor (2,74 – 3,86) que las mismas poblaciones cultivadas en invernadero (2,46 – 3,02).

7.2. Fijación de nitrógeno

Lotus glaber establece simbiosis con bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Mesorhizobium* y *Bradyrhizobium* (13). En la Unidad Integrada de Balcarce se seleccionó una cepa de *Rhizobium loti* de plantas de *Lotus glaber* cosechadas en distintos pastizales de la Pampa Deprimida (6, 73), denominada con el número 733. Las cepas autóctonas de *Mesorhizobium* sp. de la Pampa Deprimida fueron más eficientes para fijar nitrógeno, producir nódulos y biomasa por planta que la utilizada como control (35). En Chile fueron seleccionadas 68 cepas nativas de *Mesorhizobium loti* y *Bradyrhizobium* sp y tres de éstas fueron muy eficientes para fijar nitrógeno en simbiosis con *Lotus glaber* (16).

La fijación de nitrógeno varía según: fotoperíodo, frecuencia y altura de corte, pastoreo, estación del año y cultivar de la especie acompañante en las pasturas. Plantas de *Lotus glaber* cultivadas experimentalmente durante 152 días con un fotoperíodo de 8 horas presentaron mayor número y peso de nódulos y contenido de nitrógeno que aquellas cultivadas en iguales condiciones pero con 16 horas de luz (32). En una pastura realizada en Chile, la cantidad de nitrógeno fijado durante la primavera y el otoño fue mayor bajo corte mecánico (181 kg N/ha) que bajo pastoreo (112 kg N/ha) (80). Con cortes cada 6 semanas la cantidad de N fijado por *Lotus glaber* fue mayor que

cada 8 semanas. Con cortes a 3 cm de altura, el N fijado fue mayor que a 9 cm (80). En la EEA del INTA Balcarce en una pastura constituida por *Lotus glaber* y *Festuca arundinaceae* y pastoreada por vacunos, la fijación simbiótica varió con el cultivar de la gramínea. Con el cultivar El Palenque, el N fijado fue de 27 kg N/ha año, mientras que con el cultivar Maris Kasba fue de 42 kg N/ha año (74). Las diferencias se podrían deber a la menor capacidad competitiva de Maris Kasba. Por ejemplo, la densidad de puntos de crecimiento y la producción de biomasa de *Lotus glaber* fueron mayores en mezcla con Maris Kasba que con El Palenque (58). La fijación de nitrógeno durante el verano - otoño fue menor (35%) que en invierno - primavera (65%) (74).

En condiciones de anegamiento las plantas de *Lotus glaber* tienen la capacidad de formar nódulos en las raíces (55, 98, 99). En condiciones de anegamiento el número total de nódulos en las plantas anegadas fue menor que en el tratamiento control (98). En condiciones de anegamiento los nódulos fueron de menor tamaño y con menor capacidad para fijar nitrógeno que el control.

7.3. Micorrizas

La asociación micorriza-raíz cobra importancia particularmente en plantas que crecen en suelos con baja fertilidad dado que puede aumentar la capacidad de absorción de minerales por las raíces (20). *Lotus glaber* establece interacciones simbióticas con micorrizas vesículas-arbusculares (MVA) del género *Glomus* y posee una alta dependencia en suelos deficientes en P (5, 20, 37, 52, 53, 54, 55). En condiciones experimentales de invernadero, las plantas de *Lotus glaber* no micorrizadas necesitaron más P que las micorrizadas para alcanzar la misma biomasa (53). Con valores de 3,5 mg P por kg suelo, la longitud específica de las raíces fue mayor en las plantas no micorrizadas que en las micorrizadas (53). Con valores de aproximadamente 75 mg P por

kg de suelo las plantas micorrizadas y no micorrizadas no presentaron diferencias significativas en dicho atributo (53). Los máximos valores de longitud de raíces infectadas fueron obtenidos con aproximadamente 25 mg P por kg suelo y el peso de raíces infectadas con 45 - 75 mg P por kg de suelo y fueron declinando con el aumento de la fertilización (52, 53). Otros autores también informaron menor infección en raíces con el aumento de la fertilización con P (37, 73). El porcentaje de raíces infectadas por MVA puede diferir entre genotipos de una misma población de *Lotus glaber* creciendo en diferentes suelos y con el momento de aplicación del fertilizante fosforado (20). El número de esporas de micorrizas encontradas en diferentes comunidades vegetales de la Pampa Deprimida varió entre 96 y 100 esporas por gramo de suelo (54).

Mendoza et al. (55) también informaron que después de 40 días de anegamiento, la cantidad de esporas (*Glomus fasciculatum*, *G. intraradices*, *Acaulospora* sp. y otra especie del género *Glomus* sp.) fueron mayores en el suelo inundado que en el control. Sin embargo, la tasa relativa de colonización de las micorrizas a las raíces de *Lotus glaber* fue menor con el suelo inundado.

7.4. Polinización

Las flores de *Lotus glaber* pueden ser polinizadas por abejas (*Apis mellifera*) y otros insectos como los abejorros y su polen puede constituir un recurso valioso para la apicultura regional (17, 61). Las muestras de miel recolectadas en campos de La Plata, San Vicente, Cañuelas, Monte, General Paz, Brandsen, Magdalena, General Belgrano, Chascomús, Tandil, Lobería, General Pueyrredón y Junín presentaron granos de polen de *Lotus glaber* (17, 89, 90).

7.5. Compuestos secundarios

Distintas especies de *Lotus* contienen glicósidos cianogénicos, que actuarían como defensa contra los herbívoros y hon-

gos (30). La concentración de estos compuestos en los tejidos varía con las condiciones de crecimiento, estación del año, tipo de tejido, cultivar y estado de desarrollo de las plantas (30). En condiciones de campo, los glicósidos cianogénicos en la biomasa aérea de las plantas de *Lotus glaber* fueron mínimos en invierno y máximos en verano (30). Las raíces de *Lotus glaber* fueron acianogénicas, pero las semillas y los cotiledones de plántulas de tres días de edad fueron cianogénicas (30). La presencia de estos compuestos en plántulas podrían reducir la predación por insectos y moluscos (30). Aunque algunos cultivares de *Lotus glaber* son cianogénicas no se han informado casos de intoxicación en vertebrados domésticos (30).

Los taninos son compuestos secundarios que también pueden ser utilizados por las plantas como defensa contra hongos, bacterias e insectos (28, 31). Baja o moderada concentración de taninos tienen efectos positivos para el ganado ya que previenen el meteorismo. En *Lotus glaber*, *Lotus uliginosus* y *Lotus corniculatus* se registraron diferentes concentraciones de taninos condensados en hojas, tallos y flores. Las concentraciones variaron con la estaciones del año. Los menores valores se registraron en *Lotus glaber* (31). En las plantas de *Lotus glaber* la concentración de taninos condensados no difirió entre estaciones (primavera, verano y otoño), pero fue mayor en flores que en hojas y tallos (31). Altas concentraciones de taninos pueden provocar toxicidad en el ganado y los síntomas son: anorexia, disfunciones hepáticas y renales, úlceras en el tracto digestivo y gastroenteritis (28). La intoxicación en los rumiantes ocurre cuando los animales son obligados a comer alimentos ricos en taninos debido a la falta de fuentes alternativas (28).

7.6. Predadores de semillas

Entre los predadores de semillas de *Lotus glaber* localizados en los pastizales de la Pampa Deprimida, se cita a *Brochophagus*

platypterus Walker, microhimenóptero de la familia Eurytomidae, (51, 64). La hembra de *Brochophagus platypterus* ovipone en las semillas inmaduras de *Lotus glaber* y las larvas se alimentan de ellas. En muestras de semillas de *Lotus glaber* procedentes de diferentes partidos de la provincia de Buenos Aires se registraron signos de haber sido afectadas por *Brochophagus platypterus* (64). En plantas cultivadas en el campo (F.C.A. - INTA Balcarce), el porcentaje (\pm e.s.) de semillas por fruto afectadas por *Brochophagus platypterus* fue de $31 \pm 6\%$ para *Lotus glaber* y de $26 \pm 4\%$ para *Lotus corniculatus* (Vignolio inédito). Las hormigas como *Acromirmex lundii* pueden transportar semillas de *Lotus glaber* (Vignolio obs. pers.).

7.7. Enfermedades

Los hongos *Botrytis cinerea* Pers., *Stemphylium* sp., *Uromyces lotis* Blytt. y *Fusarium* spp. Link ex Fr. causan enfermedades en distintas épocas del año en plantas de *Lotus glaber* (36). En los pastizales de la Pampa Deprimida, *Fusarium solani* y *F. oxysporum* provocaron la muerte de plántulas de *Lotus glaber* ("dumping off"), reduciendo la cobertura en un 36%, respecto al tratamiento control (63). Las plantas de *Lotus glaber* también pueden ser afectadas por *Colletotrichum destructivum* O' Gara y los síntomas son clorosis foliar y muerte de tallos (104). *Colletotrichum destructivum* también fue encontrado en semillas de *Lotus glaber* cuyas plantas crecían en pastizales de la Pampa Deprimida (104). En plantas de *Lotus glaber* recolectadas en los pastizales de Ayacucho cuyas raíces presentaban pudrición y pérdida de la corteza, los hongos presentes eran *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. y *Stemphylium* spp., en tallos con lesiones necróticas los hongos eran *Colletotrichum* spp. y *Fusarium* spp. y en hojas *Alternaria* spp. (Ridao, A., com. pers.). En Nueva Zelandia se han registrado en diferentes especies del género *Lotus* enfermedades causadas por distintos hongos,

Acremoniella sp., *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Cercospora lotti*, *Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Ramularia spherioides*, *Sclerotinia minor* y *Stemphylium* sp. (42).

7.8. Dispersión de semillas

Las semillas de *Lotus glaber* son lisas, carecen de estructuras que les permitan adherirse a los pelos de los animales o ser transportadas por el viento. El ganado vacuno, al consumir frutos y semillas maduras, contribuye con la propagación de la especie mediante la deposición de sus heces (84, 101). Se estimó que el 85% de las semillas introducidas en el rumen de un vacuno fistulado fueron encontradas viables en las heces (101). Las semillas destruidas en el tracto digestivo del animal fueron principalmente las blandas, en tanto que las duras no fueron afectadas (101). El pastoreo con caballos puede promover la distribución de *Lotus glaber* en el pastizal (7). En pellets de liebres también se han encontrado semillas viables de *Lotus glaber* (102).

7.9. Germinación, establecimiento y supervivencia de plántulas

Las semillas jóvenes presentan un alto porcentaje de dormición física (dureza), la cual puede ser removida mediante escarificación y/o bajas temperaturas ($5 \pm 2^\circ\text{C}$) (66). Es probable que las bajas temperaturas expliquen el mayor pulso de emergencia de *Lotus glaber* a fines del invierno. En la Pampa Deprimida se han registrado dos pulsos de emergencia de plántulas: en verano, de bajo porcentaje de emergencia, y en invierno-primavera, de mayor porcentaje (62, 66, 84). En Chile, en un trabajo realizado en condiciones de invernadero, en macetas y suelo de cultivo de arroz, la tasa de germinación de *Lotus glaber* sembrado a tres profundidades 0,0; 0,5 y 1,0 cm, fue mayor en primavera-verano (septiembre - diciembre) que en invierno (julio-agosto) (1).

En siembras experimentales, Montes et al. (62) colocaron en contenedores semillas de *Lotus glaber* con un 95% de viabilidad.

Los contenedores fueron puestos a ras del suelo en una pastura de *Festuca arundinaceae* y *Lotus glaber* y cada 2 meses se extraían 6 de éstos. Al cabo de 16 meses la cantidad de semillas recuperadas fue del 20%. El 30% de las semillas germinaron, pero sólo un 18% sobrevivieron como plántulas y el 12% murieron. El resto de las semillas (50%) no fueron encontradas, posiblemente se murieron o fueron consumidas por insectos y/o roedores.

Debido al pobre vigor y lento crecimiento de las plántulas, el establecimiento de *Lotus glaber* es vulnerable a la competencia de la vegetación acompañante. En tal sentido, la integridad de los cotiledones y la intercepción de la luz son de suma importancia para el establecimiento de las plántulas (10, 67; 84). Los disturbios que reducen la competencia vegetal, como las quemadas de los pastizales y/o el pastoreo generan condiciones que facilitan el establecimiento de las plántulas (36, 44, 45, 47, 71, 84). Por ejemplo, en un experimento realizado en el campo experimental del INTA de Balcarce durante diciembre de 1986 - noviembre de 1988 en una pastura de *Festuca arundinaceae* y *Lotus glaber*, en pastoreo con alta carga se registró mayor establecimiento de plántulas de *Lotus glaber* (39 pl/m² mes) que con baja carga (19 pl/m² mes) (84). En esa misma pastura, en el mes de agosto de 1987 se registró una densidad 131 plantas/m² y en abril de 1988 fue de 6 plantas/m² (84). Miñón y Colabelli (57) también registraron mortalidad de plántulas de *Lotus glaber* sembradas en diferentes comunidades vegetales de la Reserva 8 (INTA - Balcarce). La mortalidad fue mayor en la comunidad que presentaba mayores restricciones para el establecimiento y crecimiento de las plántulas de *Lotus glaber*, por ejemplo, elevado pH, conductividad eléctrica y bajo contenido de materia orgánica. La supervivencia de las plántulas puede ser afectada por las sequías, competencia (57, 60, 84) y como lo hemos señalado, también por enfermedades (36, 104). En heces de vacunos

también fue registrada mortalidad de plántulas de *Lotus glaber*, atribuida a la competencia intraespecífica (84), sequías y predadores (Vignolio obs. pers.).

7.9.1. Impacto del fuego sobre el establecimiento y crecimiento de *Lotus glaber*

Los pajonales de *Paspalum quadrifarium* y *Paspalum exaltatum* cuando tienen elevado porcentaje de biomasa seca son rechazados por los animales y en tales condiciones es aconsejable quemarlos (45). La quema de los pajonales modifica las condiciones ambientales del suelo (temperatura, humedad, radiación) facilitando el establecimiento de *Lotus glaber*, *Trifolium repens*, *Stipa* spp y de malezas *Carduus acanthoides* y *Cirsium vulgare*, cuyas semillas se encuentran en el banco (36, 44, 45, 47, 71). Un modelo sobre la dinámica poblacional de *Lotus glaber* permite predecir que esta especie es promovida por el fuego. Las quemaduras deben ser con una frecuencia tal que las plantas de *Lotus glaber* no sean eliminadas por competencia y además permitir la recarga del banco de semillas (43). Con alta frecuencia de fuego (4 quemaduras en 5 años) los aportes de biomasa de *Lotus glaber* fueron mayores que con baja frecuencia de quema (1 quema en 5 años) (47). Si la quema no es completa, es decir, si queda material seco en el suelo (broza), éste puede interferir en la emergencia de las plántulas de *Lotus glaber* (71). En el pajonal, la emergencia de *Lotus glaber* también puede ser afectada por la profundidad de las semillas en el suelo, por la dureza de las semillas y por la intensidad del fuego (48). La mortalidad de las semillas de *Lotus glaber* por efecto del fuego fue mayor en las establecidas sobre la superficie del suelo que en las enterradas (48). Con la quema, la emergencia de plántulas a partir de semillas duras establecidas a 0,5 cm fue mayor que a 3,0 cm de profundidad. Sin embargo, la emergencia de las semillas establecidas en profundidad aumentó con el incremento de la intensidad del fuego (48).

La emergencia de las plántulas de *Lotus glaber* a partir de las semillas enterradas entre 0,5 - 3,0 cm fue mayor con alta intensidad de fuego que en el control, donde sólo se cortó la biomasa aérea. La supervivencia y emergencia de las plántulas a partir de las semillas duras y blandas de *Lotus glaber* a diferentes profundidades, intensidades y frecuencias de fuego fueron sintetizadas en un modelo (48).

Finalmente cabe destacar que en los trabajos realizados en el pajonal como en el invernadero fue posible comprobar que la emergencia, supervivencia y cobertura de *Carduus acanthoides* y *Cirsium vulgare* disminuyeron con el aumento de la densidad de *Lotus glaber* (36, 44, 70, 71). Estos resultados fueron atribuidos a posibles efectos alelopáticos que tienen los lixivios de las semillas de *Lotus glaber* sobre la germinación, la emergencia y el desarrollo de la radícula de las malezas (46).

7.10. Supervivencia de plantas

Se ha registrado mortalidad de plantas en condiciones de anegamiento (51, 66, 88, 92) y en el jardín experimental de Ecología (Unidad Integrada Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias, INTA) sin competencia y después de un corte mecánico a principios de floración (Vignolio obs. pers). Bajo pastoreo con vacunos se observó reducción en la densidad de ápices de *Lotus glaber* (3, 58), lo cual podría estar reflejando la mortalidad de plantas. No se dispone de trabajos demográficos de largo plazo que permitan estimar la expectativa de vida media y la tasa de recambio poblacional de *Lotus glaber* bajo diferentes condiciones de manejo.

8. Consideraciones Finales

Entre los temas que permitirían ampliar el conocimiento sobre el crecimiento, la supervivencia y la reproducción de *Lotus glaber* frente a cambios ambientales y/o de manejo, podríamos citar: 1) las respuestas

fisiológicas y la fijación de nitrógeno en condiciones de estrés hídrico, 2) estudios sobre la dinámica del banco de semillas, producción de semillas y supervivencia de las plantas bajo pastoreo, 3) efectos de las enfermedades de las plantas y la depredación de semillas sobre la dinámica poblacional. Además, es insuficiente la información disponible a fin de ajustar la densidad y métodos de siembra para las diferentes comunidades vegetales y sistemas de producción. Si bien se conoce cualitativamente la función de los herbívoros en la diseminación de *Lotus glaber*, dada la elevada mortalidad de plántulas observadas en las heces, el balance costo-beneficio en términos de la eficiencia del establecimiento poblacional debería ser analizado.

Agradecimientos

A María Rosa Desirello, al Ing. Arturo Valverde Lyons y a todos los que hicieron llegar sus trabajos. A los revisores de la presente revista quienes con sus aportes mejoraron sustancialmente la presente revisión. A la Unidad Integrada por las instalaciones. El trabajo fue financiado por la UNMdP proyecto: Invasiones de plantas, diversidad y productividad en pastizales pampeanos (15/ A 161).

Bibliografía

1. 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. *Agrociencia* 13: 265-274.
2. 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.
3. 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.
4. Andres, A., Barufaldi, M., Crosta, H., Eseiya, M. y Carrete, J. 2001. Variaciones en algunos aspectos productivos y de fertilidad de genotipos tetraploides de *Lotus glaber* Mill. (*Lotus tenuis* Waldst & Kit), provenientes de dos ciclos de multiplicación. *Rev. de Tecnología Agropecuaria-INTA Pergamino* 6: 49-52.
5. Andreoli, Y.E., Laich, F., Quadrelli de Escuder, A. M. y Echeverría, H. 1997. Efecto de la inoculación con *Rhizobium loti* y la fertilización fosfatada sobre la micorrización en *Lotus tenuis*. *Ciencia del Suelo*. 15: 45-47.
6. Andreoli, Y., Quadrelli de Escuder, A.M., Laich, F.S. y González, N.S. 1998. Identificación de *Rhizobium loti* por inmunodifusión. *Ciencia del Suelo*. 16: 16-19.
7. Ansin, O.E. 2001. Horses grazing management to promote distribution of *Lotus tenuis* (Waldst. et Kit) in a temperate grassland. *Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Brazil 2001*: 814-815
8. Arambarri, A.M. 1983. Morfología y anatomía de las semillas de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus* (Leguminosae-Papilionoideae). *Rev. Fac. Agron. La Plata*. 59: 175-189.
9. Arcioni, S., Falcinelli, M., Francia, U., Lorenzetti, F., Negri, V. and Veronesi, F. 1985. Qualitative evaluation of spontaneous forage legumes growing in central Italy. *Proceedings of the XV IGC* : 1049-1050.
10. Ayala Torales, A.T., Deregibus, V.A. and Moauro, P.R. 2000. Differential response of forage legumes to phosphorus application. *New Zeal. J. Agr. Res.* 43: 473-480.
11. Ayers, A.D. 1948. Salt tolerance of birdsfoot trefoil. *J. Am. Soc. Agron.* 4: 331-334.
12. Aziz, M.A., Chand, P.K., Power, J.B., and Davey, M.R. 1990. Somatic hybrids between the forage legumes *Lotus corniculatus* L. and *L. tenuis* Waldst et Kit. *J. Exp. Bot.* 41: 471-479.
13. Balatti, P.A. 1996. Interacciones tempranas Rhizobio-leguminosa. *Rev. Fac. de Agron. La Plata*. 101: 91-108.
14. Bañuelos, G.S. and Beuselinck, P.R. 2003. Growth of three forage species in saline conditions. *Arid Land Research and Management* 17: 13-22.
15. Barufaldi, M., Andres, A., Crosta, H. y Eseiya, M. 2000. Obtención de una población autotetraploide de *Lotus glaber* Mill. (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit). *Rev. de Tecnología Agropecuaria-INTA Pergamino*. 15: 47-50.

16. Barrientos, L., Higuera, M., Acuña, H., Guerrero, J., Ortega, F. y Seguel, I. 2002. Efectividad simbiótica de cepas naturalizadas de *Mesorhizobium loti* y *Bradyrhizobium* sp. (*Lotus*) en plantas de tres especies del género *Lotus*. Agricultura Técnica (Chile). 62: 226-236.
17. Basilio, A.M., Fernández, C.A., Passalia, M. y Romero, E.J. 2002. Caracterización del contenido de las mieles de la localidad de Junín, (Provincia de Buenos Aires) a lo largo de la temporada de producción y durante la maduración. Revista de Investigación Agropecuaria. 31: 119-136.
18. Beuselinck, P.R., Ben Younes, M. and McGraw, R.L. 1986. Taxonomic investigation of an accession of *Lotus* spp. Crop Sci. 26: 661-664.
19. Beuselinck, P.R., Steiner, J.J and Rim, Y.W. 2003. Morphological comparison of progeny derived from 4x-2x and 4x-4x hybridizations of *Lotus glaber* Mill. and *L. corniculatus* L. Crop Sci. 43: 1741-1746.
20. Ciccorossi, E., Pagani, E., Gigli, S. y Mendoza, R. 1999. Efecto de la incubación de fósforo en el suelo sobre el crecimiento y la infección con micorrizas vesículas-arbusculares en *Lotus glaber* y *L. corniculatus*. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 104(1): 17-23.
21. Clua, A.A y Giménez, D.O. 1996. Fertilización fosforada, edáfica y foliar, en siembras de otoño y primavera de *Lotus tenuis* en un suelo de la Pampa Deprimida. Rev. Fac. Agron., La Plata 101 (1): 67-74.
22. Colabelli, M.R, y Miñon, D.P. 1993. Métodos de intersiembra de *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* en pastizales de la Pampa Deprimida bonaerense. Rev.Arg.Prod. Anim. 13: 225-233.
23. 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 Deprimida fertilizadas con N y P. Rev. Fac. Agron. La Plata. 103 (1): 45-59.
24. Correa, O.S. and Barneix, A.J. 1997. Cellular mechanisms of pH tolerance in *Rhizobium loti*. World J. Microb Biot. 13: 153-157.
25. Darwich, N.A, 1989. Manual de Fertilidad de Suelos. Secretaria de Agricultura Ganadería y Pesca. República Argentina. INTA. 147 Págs.
26. Deregibus, V.A. y Cauhépé, M.A. 1983. Pastizales naturales de la Depresión del Salado: Utilización basada en conceptos ecológicos. Rev. Investigación Agropecuaria. 18: 47-78.
27. Falistocco, E. and Piccirilli, M. 1989. The basic karyotype of *Lotus tenuis* C-banding and feulgen studies. Ann. Bot. 63: 401-404.
28. Frutos, P., Hervas, G., Giraldez, F.J. and Mantecon, A.R. 2004. Review. Tannis and ruminant nutrition. Spanish J. Agr. Res. 2: 191-202.
29. Gauthier, P., Lumaret, R. and Bedecarrats, A. 1997. Chloroplast-DNA variation in the genus *Lotus* (Fabaceae) and further evidence regarding the maternal parentage of *Lotus corniculatus* L. Theor Appl Genet. 95: 629-636.
30. Gebrehiwot, L. and Beuselinck, P.R. 2001. Seasonal variations in hydrogen cyanide concentration of three *Lotus* species. Agron. J. 93: 603-608.
31. Gebrehiwot, L., Beuselinck, P.R. and Roberts, C.A. 2002. Seasonal variations in condensed tannin concentration of three *Lotus* species. Agron. J. 94: 1059-1065.
32. Gimenez, D.O and Balatti, P.A. 1994. *Lotus tenuis* plant growth and development under different environmental conditions. The First International *Lotus* Symposium. Proceedings, March 22-24. Missouri Botanical Gardens. St.- Louis, Missouri. 74-77.
33. González García, M.J. 2004. Pampa INTA un nuevo cultivar de *Lotus*. Visión Rural. 51:33-34.
34. Gran, W.F. 1995. A chromosome atlas and interspecific-intergenic index for *Lotus* and *Tetragonolobus* (Fabaceae). Can.J.Bot. 73: 1787-1809.
35. Iribarne, M.I., Balague, L.J., Diosma, G. y Balatti, P.A. 1998. Capacidad de fijación de nitrógeno de estirpes autóctonas de *Mesorhizobium* spp. en simbiosis con dos poblaciones mejoradas de *Lotus glaber* (Miller). Rev. Fac. Agron. La Plata. 103: 157-164.
36. Juan, V.F., Monterroso, L., Sacido, M.B. "ex aequo" and Cauhépé, M.A. 2000. Postburning legume seedling in the Flooding Pampas, Argentina. J. Range Manage. 53: 300-304.
37. Kade, M., Pagani, E.A. and Mendoza, R.E. 2003. Phosphorus utilization efficiency in populations of narrow-leaf birdsfoot trefoil. Commun. Soil Sci. and Plant Analysis. 34: 271-284.
38. Kade, M., Pagani, E.A. and Mendoza, R.E. 2003. A morphological study of population of *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae). Agronomie 23: 203-207.

39. Kallenbach, R.L., McGraw, R.L. and Beuselinck, P.R. 1996. Soil pH effects on growth and mineral concentration of birdsfoot trefoil. *Can. J. Plant Sci.* 76: 263-267.
40. Kirkbride, J.H. Jr. 1995. Proposal to reject the name *Lotus glaber* Mill. (*Leguminosae*). *Taxon* 44: 423-424.
41. Kirkbride, J.H. Jr. 1999. In: Trefoil: The science and technology of *Lotus*. Beuselinck, P.R. (ed.). CSSA Special Publication 28. 266 p. ASA, and CSSA, Madison, WI. pp. 1-20.
42. Lambrechtsen, N.C., Wills, B.J. and Douglas, G.B. 1986. Management and uses of *Lotus tenuis* (Narrow-leaved birdsfoot trefoil). In *Plant Material Handbook for Soil Conservation*. Eds. van Kraayenoord, C.W.S., Hathaway, R.L. 271-274.
43. Laterra, P. and Solbrig, O.T. 2001. Dispersal strategies, spatial heterogeneity and colonization success in fire-managed grasslands. *Ecological Modelling* 139: 17-29.
44. Laterra, P. 1997. Post-burn recovery in the flooding Pampa: Impact of an invasive legume. *J. Range Manage.* 50: 274-277.
45. Laterra, P., Vignolio, O.R., Hidalgo, L.G., Fernández, O.N., Cauhépé, M.A. y Maceira, N.O. 1998. Dinámica de pajonales de paja colorada (*Paspalum* spp.) manejados con fuego y pastoreo en la Pampa Deprimida Argentina. *Ecotrópicos* 11: 141-149.
46. Laterra, P. and Bazzalo, M.E. 1999. Seed-to-seed allelopathic effects between two invaders of burned Pampa grasslands. *Weed Res.* 39: 297-308.
47. Laterra, 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.
48. Laterra, 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.
49. León, R.J.C. 1975. Las comunidades herbáceas de la región de Castelli-Pila. Monografía 5. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. La Plata, 75-107.
50. Marseille, P.S. and Grant, W.F. 1997. Segregation by morphological analyses of trisomy types in *Lotus tenuis* (Fabaceae). *Can. J. Bot.* 75: 1209-1214.
51. Mazzanti, A., Montes, L., Miñón, D., Sarlangue, H., y Cheppi, C. 1988. Utilización de *Lotus tenuis* en establecimientos ganaderos de la Pampa Deprimida: Resultado de una encuesta. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8: 301-305.
52. Mendoza, R.E. and Gigli, S. 1995. Relative effectiveness of phosphorus on narrow-leaf and broadleaf birdsfoot trefoil growth and the effect of added phosphorus on vesicular arbuscular mycorrhizal infection. *J. Plant Nutrition* 18: 1483-1494.
53. Mendoza, R.E. and Pagani, E.A. 1997. Influence of phosphorus nutrition on mycorrhizal growth response and morphology of mycorrhizae in *Lotus tenuis*. *J. Plant Nutr.* 20: 625-639.
54. 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.
55. Mendoza, R.E., Escudero, V. and García, I. 2005. Plant growth, nutrient acquisition and mycorrhizal symbioses of a waterlogging tolerant legume (*Lotus glaber* Mill.) in a saline-sodic soil. *Plant and Soil*. 275:305-315.
56. 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 .pp 16.
57. Miñón, D.P. y Colabelli, M.R. 1993. Interseembra de *Lotus tenuis* en tres comunidades nativas de la Pampa Deprimida. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13: 133-140.
58. 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.
59. Montes, L. 1980. Narrowleaf trefoil naturalized in low-land fields in Buenos Aires Province (Argentina). *Lotus Newsletter*. 11: 9-10.
60. Montes, L. y Cauhépé, M.A. 1985. Evaluación de *Lotus tenuis* mediante dos métodos de siembra. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 5: 313-321.
61. Montes, L. 1988. *Lotus tenuis*. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8: 367-376.
62. 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.

63. Monterroso, L., Juan, V.J., Cauhépé, 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.
64. Mujica, M.M. 1987. Presencia de *Bruchophagus platypterus* Walker en la Republica Argentina. Infestación de semillas de *Lotus tenuis* Waldst et. Kit. Rev. Fac. Agron. La Plata. 63: 82-90.
65. Mujica, M.M. y Rumi, C.P. 1991. Estado de dureza en las semillas de *Lotus tenuis*: Efecto de las condiciones de conservación. Rev. Fac. Agron. La Plata. 67: 63-66.
66. 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.
67. Mujica, M.M. y Rumi, C.P. 1998. El crecimiento inicial de *Lotus glaber* afectado por la remoción y el sombreado de los cotiledones. Rev. Fac. Agron. La Plata. 103: 127-133.
68. Negri, V. and Veronesi, F. 1989. Evidence for the existence of 2n gametes in *Lotus tenuis* Wald. et Kit ($2n=2x=12$): their relevance in evolution and breeding of *Lotus corniculatus* L. ($2n=4x=24$). Theor. Appl. Genet. 78: 400-404.
69. Negri, V. and Lemmi, G. 1998. Effect of selection and temperature stress on the production of 2n gametes in *Lotus tenuis*. Plant Breeding. 117: 345-349.
70. Ortega, E., Vergara, P., Vignolio, O.R. y Láttera, P. 2000. Efectos de la densidad de *Lotus tenuis* sobre la emergencia, supervivencia y cobertura de *Cirsium vulgare*. Ecología Austral 10: 143-149.
71. Ortega, E. and Láttera, P. 2003. Fire-induced colonization of a Flooding Pampa grassland by thistles: Remnant litter and interference effects. Applied Vegetation Science 6: 35-44.
72. Paruelo, J.M. y Sala, O.E. 1990. Caracterización de las inundaciones en la Depresión del Salado (Buenos Aires, Argentina): Dinámica de la capa freática. Turrialba. 40: 5-11.
73. 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.
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. Rickert, A.A., Soria, M.A. and Correa, O.S. 2000. The adaptive acid response in *Mesorhizobium* sp. World J. Microb. Biot. 16: 475-480.
76. Rim, Y.W. and Beuselinck, P.R. 1996. Cytology of 2N pollen formation and pollen morphology in diploid *Lotus tenuis* (Fabaceae). Am. J. Bot. 83: 1057-1062.
77. Rogers, M.E., Noble, C.L. and Pederick, R.J. 1997. Identifying suitable temperate forage legume species for saline areas. Aust. J. Exp. Agr. 37: 639-645.
78. Ross, M.D. and Jones, W.T. 1985. The origin of *Lotus corniculatus*. Theor. Appl Genet. 71: 284-288.
79. Rowarth, J.S. and Sanders, K.J. 1996. Relationship between seed quality test and field emergence for *Lotus pedunculatus* (Cav.), *L. corniculatus* (L.) and *L. tenuis* (Willd). J. Appl. Seed Prod. 14: 87-89.
80. 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
81. Sala, O., Soriano, A. y Perelman, S. 1981. Relaciones hídricas de algunos componentes de un pastizal de la Depresión del Salado. Rev. Fac. Agron. 2: 1-10.
82. Schachtman, D.P. and Kelman, W.M. 1991. Potential of *Lotus* germplasm for the development of salt, aluminium and manganese tolerant pasture plants. Aust. J. Agric. Res. 42: 139-149.
83. Seaney, R.R. and Henson, P.R. 1970. Bird-foot trefoil. Adv. Agron. 22: 119-157.
84. Sevilla, G.H., Fernandez, O.N., Miñon, D.P. and Montes, L. 1996. Emergence and seedling survival of *Lotus tenuis* in *Festuca arundinacea* pastures. J. Range Manage. 49: 509-511.
85. Sierra, E.M. y Montecinos, E.R. 1990. Cronología de inundaciones y sequías en la Depresión del Salado. Rev. Arg. Agron. 11: 35-45.
86. Stoffella, S., Posse, G. y Collantes, M. 1998. Variabilidad fenotípica y genotípica de poblaciones de *Lotus tenuis* que habitan suelos con distinto pH. Ecología Austral. 8: 57-63.

87. Striker, G.G., Insausti, P., Grimoldi, A.A., Ploschuk, E.L. and Vasellati, V. 2005. Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* Mill. *Plant and Soil* 276: 301-311.
88. Striker, G.G., Insausti, P., Grimoldi, A.A. and León R.J.C. 2006. Root strength and trampling tolerance in the grass *Paspalum dilatatum* and the dicot *Lotus glaber* in flooded soil. *Functional Ecology*. 20: 4-10.
89. Telleria, M.C. 1992. Caracterización botánica y geográfica de las mieles de la provincia fitogeográfica pampeana (República Argentina) I: Distrito oriental. *Darwiniana*. 31: 345-350.
90. Telleria, M.C. 1996. Caracterización botánica y geográfica de las mieles de la Provincia Fitogeográfica Pampeana (República Argentina). II: Tandilia. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 32: 91-94.
91. Valverde Lyons, A. Sin año. *Lotus tenuis* Waldst et. Kit. en la Depresión del Salado, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 94pp.
92. 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.
93. Vignolio, O.R., Maceira, N.O. y Fernández, O.N. 1995. Efectos del anegamiento sobre el poder germinativo de las semillas de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. Implicancias para su propagación diferencial en la Depresión del Salado (Buenos Aires, Argentina). *Ecología Austral*. 5. 157-163.
94. Vignolio, O.R., Fernández, O.N. y Maceira, N.O. 1996. Respuestas de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus* (Leguminosae) al anegamiento en plantas de distintas edades. *Rev. Fac. Agron. de La Plata*. 101: 57-66.
95. 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(3): 267-278.
96. Vignolio, O.R. y Fernández, O.N. 1997. Cambios anatómicos y morfológicos en tallos de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus* (Leguminosae) generados por el anegamiento. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 32:147-151.
97. Vignolio, O.R. and Fernández, O.N. 1999. Germination and emergence of populations of *Lotus tenuis* (Waldst) under saline conditions and in different soil. *J. Appl. Seed Prod.* 17:55-60.
98. Vignolio, O.R., Fernández, O.N. and Maceira, N.O. 1999. Flooding tolerance in five populations of *Lotus glaber* Mill. (Syn. *Lotus tenuis* Waldst. Et Kit.). *Aust. J. Agric. Res.* (50): 555-559.
99. Vignolio, O.R., Fernández, O.N. and Maceira, N.O. 2002. Biomass allocation to vegetative and reproductive organs in *Lotus glaber* and *L. corniculatus* (Fabaceae). *Aust. J. Bot.* 50:75-82.
100. 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.
101. Vignolio, O.R. y Fernández, O.N. 2003. Identificación de especies herbáceas establecidas en heces de vacunos. XXIX Jornadas Argentinas de Botánica San Luis. XV Reunión anual de la Sociedad Botánica de Chile. Vol. 38. pp202.
102. Vignolio, O.R. y Fernández, O.N. 2006. Especies herbáceas de los pastizales de la Pampa Deprimida encontradas en heces de liebre Europea (*Lemus capensis*). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 26(1): 31-38.
103. Wernsman, E.A., Keim, W.F. and Davis, R.L. 1964. Meiotic behavior in two *Lotus* species. *Crop. Sci.* 4: 483-486.
104. Wolcan, S.M. and Dal Bello, G.M. 1988. *Colletotrichum destructivum* O'Gara, causal agent of a new disease on *Lotus tenuis* Waldst. et Kit. *Pathologie Végétale*. 8: 741-744.
105. Wood, M., Cooper J.E. and Bjourson, A.J. 1988. Response of *Lotus* rhizobia to acidity and aluminium in liquid culture and in soil. *Plant and Soil*. 107: 227-231.