

Recibido 29 de octubre de 2018 // Aceptado 15 de abril de 2019 // Publicado online 17 de febrero de 2021

Lotus tenuis (Waldst. et Kit), estudio para un manejo con múltiples propósitos

VIGNOLIO, O.R.¹; PETIGROSSO, L.R.¹

RESUMEN

El uso de cultivos con múltiples propósitos es una opción que permite obtener de un mismo sistema de producción diferentes servicios ecosistémicos. El objetivo del presente trabajo fue combinar fechas de corte en un cultivo de *Lotus tenuis* con la finalidad de utilizarlo para la producción de forraje, de semillas y de flores en el contexto de la producción apícola. Se utilizó el cultivar "Chajá" y se sembró en parcelas de 3,00 x 1,25 m con 8 surcos distanciados en 17,50 cm. La siembra se realizó el 27 de abril de 2015. Se aplicaron dos momentos de corte, al inicio de la floración (IF), con $994,10 \pm 154,10$ umbelas con flores/m² y $909,13 \pm 196,13$ umbelas con frutos verdes/m² y en avanzada floración (AF), con $229,33 \pm 82,79$ umbelas con flores/m² y $1729,50 \pm 728,08$ umbelas con frutos maduros/m². El número de repeticiones fue de 5 y 3 para IF y AF, respectivamente. No se contó con parcelas sin corte. La densidad de *L. tenuis* establecida por raleo fue de 17 pl/m². La dinámica de flores varió en cada uno de los momentos de corte. Fueron evidentes dos picos de floración desfasados en el tiempo. La combinación de ambos cortes prolongó la producción de estos órganos reproductivos. El peso de 1.000 semillas y el poder germinativo no fueron afectados por los cortes, lo cual nos permite considerar que no se vería comprometido el vigor de las plántulas. Los resultados destacan diferentes alternativas de manejo del cultivo de *L. tenuis*. En el caso IF, se obtuvo forraje en el corte (182,16 g MS/m²) y semillas en la cosecha (66,51 g MS/m²). El caso AF permite dos opciones, por un lado, obtener el forraje del corte (322,33 g MS/m²) y semillas en la cosecha (48,15 g MS/m²). Por otro lado, si se considera solamente la producción de semillas, es posible obtener las del corte (40,92 g MS/m²) que, sumadas a las de la cosecha, darían un rendimiento de 89,07 g MS/m². Las opciones presentadas guardan relación con la reproducción indeterminada y la plasticidad fenotípica de las plantas. Futuros trabajos se deberían realizar en condiciones de pastoreo y ajustar decisiones de manejo para maximizar los diferentes servicios ecosistémicos que brinda la especie.

Palabras clave: leguminosa, forrajera, semillas, apícola, servicios ecosistémicos, agroecología.

ABSTRACT

The use of crops with multiple purposes is an option that allows obtaining of the same production system different ecosystem services. In this work, the use of Lotus tenuis with multiple purposes was explored under field conditions, this is, the seed production, forage and flowering as source of Apis mellifera. Lotus tenuis cultivar "Chajá" was sown in plots of 3.00 x 1.25 m with 8 rows separated by 17.50 cm. The sowing was carried out on April 27, 2015. Two cutting moments were applied, at the beginning of flowering (IF) with 994.10 ± 154.10 umbels with flowers/m² and 909.13 ± 196.13 umbels with pods/m², and in advanced flowering (AF), with 229.33 ± 82.79 umbels with flowers/m² and 1729.50 ± 728.08 umbels with mature pods/m². The number

¹Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Unidad Integrada Balcarce (UIB). RN 226, km 73,5 (7629). Correo electrónico: vignolio.osvaldo@inta.gob.ar; ovignoli@mdp.edu.ar

of repetitions was 5 and 3 for IF and AF, respectively. There were no plots without cutting. *Lotus tenuis* plant density determined by thinning was 17 pl/m². The flower and pod dynamics varied in each cutting moment. Two peaks of flowering and pods were recorded. The combination of both cuts allowed prolonging the flowering in the time, which is relevant for bee production. Thousand seed weigh and germination power were not affected by the cutting. Therefore, the seedling vigor would not be compromised. The results allow us to consider different management alternatives for *L. tenuis* crops as multiple purposes. In the IF case, forage was obtained in the cut (182.16 g MS/m²) and seeds in the harvest (66.51 g MS/m²). In the AF case, it is possible to consider two options, forage in the cut (322.33 g MS/m²) and seed in the harvest (48.15 g MS/m²). On the other hand, if we are only interested in seed production, it is possible to obtain those of the cut (40.92 g MS/m²) and of the harvest, a total of 89.07 g MS/m². The options are related to the plant phenotypic plasticity and indeterminate vegetative and reproductive growth of *L. tenuis*. Future works should be done under grazing conditions and to adjust management decisions to maximize the different ecosystem services provided by the species.

Keywords: legume, forage, seeds, apiarian, ecosystem services, agroecology.

INTRODUCCIÓN

El uso de cultivos con múltiples propósitos (CMP) permite obtener diferentes servicios ecosistémicos (SE) con un mismo sistema de producción (Mengistu *et al.*, 2016; Vaarst *et al.*, 2018). Los SE son aquellos beneficios que ofrecen los ecosistemas, especies o poblaciones y que inciden de manera directa o indirecta sobre el bienestar de la sociedad (MEA, 2005). Los CMP pueden ser propuestos en un contexto agroecológico; la integración de diferentes tipos de producciones aumenta la biodiversidad del sistema e incide favorablemente en los aspectos económicos y sociales (Ixtaina *et al.*, 2007; Altieri y Nicholls, 2012).

Lotus tenuis es una leguminosa exótica que se ha propagado en los pastizales de La Pampa Deprimida (Buenos Aires, Argentina). Por sus buenas cualidades como forrajera, algunos productores de la región la han utilizado con el propósito de producir, con el mismo cultivo, forraje y semillas (Ixtaina *et al.*, 2007; Entio *et al.*, 2009). *Lotus tenuis* presenta fecundación cruzada entomófila, principalmente por abejas. Durante el desarrollo de la fase reproductiva del cultivo de *L. tenuis*, su floración provee el SE relacionado con la producción apícola (Malacalza *et al.*, 2005; Dedomenici *et al.*, 2011). En tal sentido, bajo un manejo apropiado, *L. tenuis* podría ser utilizado como CMP, esto es producción de forraje, semillas y apícola. Sin embargo, hasta el presente, el uso múltiple de la especie no ha sido documentado.

El uso de leguminosas forrajeras con el propósito de obtener forraje y semillas ha sido estudiado en diferentes especies, como *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Medicago sativa* (Formoso, 2000). Esta práctica plantea el problema de determinar en qué momento suspender el pastoreo o realizar el corte, de manera de obtener una adecuada cantidad de forraje y que no se vean comprometidos los órganos reproductivos y, por consiguiente, el rendimiento de semillas (Formoso, 2000). La dinámica de la floración, de los frutos y el rendimiento en cultivos de *L. tenuis* ha sido documentada en repuesta al corte (Vignolio *et al.*, 2010; 2016). La posibilidad de utilizar *L. tenuis* como CMP radica en la plasticidad fenotí-

pica de las plantas para rebrotar y restablecer el canopeo del cultivo luego del corte, sin que, en algunos casos, se vea afectado significativamente el rendimiento de semillas (Vignolio *et al.*, 2010; 2016). Los efectos del corte sobre el rendimiento y el peso de mil semillas de *L. tenuis* varían con el cultivar, condiciones experimentales y momentos de la defoliación (Bazzigalupi *et al.*, 2010; Vignolio *et al.*, 2010; 2016). El peso medio de las semillas es un atributo para tener en cuenta en el manejo bajo corte, este guarda relación con el vigor de las plántulas (Entio y Mujica, 2011).

El objetivo del presente trabajo fue combinar fechas de corte en un cultivo de *L. tenuis* con la finalidad de utilizarlo como multipropósitos, es decir, para la producción de forraje, de semillas y el de flores en el contexto de la producción apícola. En la discusión se presentan otros SE que puede prestar *L. tenuis*, además de los analizados, relevantes en el manejo de la especie en sistemas de producción agroecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Unidad Integrada, Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-EEA INTA Balcarce (37°45'47,94" S, 58°17'38,82" W, 130 m s. n. m.). El suelo fue un Argiudol Típico con aptitud para la agricultura (Soil Survey Staff-USDA, 1999). El análisis de los 15 cm superiores del suelo, promedio (\pm EE) presentó pH: 6,60 \pm 0,19, contenido de materia orgánica: 5,92 \pm 0,30%, de fósforo (Método de Bray y Kurtz1): 28,06 \pm 3,31 mg/g, de nitrógeno como nitrato: 33,34 \pm 8,00 mg/g.

Siembra

Las semillas de *L. tenuis* fueron del cultivar "Chajá". Previo a la siembra, las semillas fueron escarificadas con papel de lija e inoculadas con *Rhizobium loti* (cepa 733) y peleteadas con carbonato de calcio. Las parcelas experimentales fueron de 1,25 m de ancho por 3,00 m de largo.

La preparación del suelo fue mediante disqueado y rastrollo de mano. La siembra se realizó el 27 abril de 2015, 8 surcos por parcela, distanciados entre sí en 17,50 cm. Para la siembra, las semillas fueron colocadas dentro de un recipiente cilíndrico de vidrio de 150 cm³ cerrado con una tapa. La tapa tenía una boquilla que dejaba caer las semillas sobre el surco previamente trazado. La densidad se ajustó por raleo a 17 pl/m².

Cobertura vegetal

La cobertura vegetal de las parcelas experimentales se determinó periódicamente mediante fotografías digitalizadas con una cámara color Panasonic Lumix (Model LZ6 color de 3072 × 2048 pixels). Las fotografías se tomaron a 1 m de altura sobre dos superficies fijas, determinadas con un aro de alambre de 56 cm de diámetro. Cada superficie fue marcada de manera permanente con tres estacas de alambre, de manera de poder montar y desmontar el aro sin alterar la arquitectura del canopeo. Las fotos fueron analizadas con un programa Cobcal (Ferrari *et al.*, 2009).

Altura del canopeo

La altura del canopeo se determinó periódicamente con un metro de madera, antes y después del corte. Se tomaron seis lecturas al azar por parcela.

Dinámica temporal de las umbelas con flores y con frutos

Periódicamente se determinó el número de umbelas con flores y frutos utilizando un método no destructivo. En cada parcela se dispuso un aro de 34 cm de diámetro, el cual fue fotografiado con la cámara antes citada. Las fotos fueron analizadas utilizando el programa Microsoft Office PowerPoint y se determinó el número de umbelas con flores y con frutos maduros cerrados, abiertos y los verdes (Vignolio *et al.*, 2016).

Corte

El tratamiento fue corte en dos momentos, al inicio (IF) y avanzada (AF) la floración. Los cortes se realizaron con tijera de mano y fueron a una altura promedio de 10 cm, tomando como referencia el suelo; valor comparable al utilizado por Formoso (2000) en el manejo de cultivos de *Lotus corniculatus*. El corte fue tal que redujo la altura del canopeo en aproximadamente un 75%. Todas las parcelas recibieron el mismo manejo. Se establecieron 5 y 3 repeticiones para los cortes IF y AF, respectivamente. No se cuenta con parcelas sin cortar.

El corte en IF fue realizado el 23 de diciembre de 2015, y las parcelas presentaban umbelas con flores, 994,10 ± 154,40 por m² y 909,13 ± 196,13 umbelas con frutos verdes/m². El corte en AF fue realizado el 15 de enero de 2016 y las parcelas presentaban 229,33 ± 82,79 umbelas con flores por m² y 1729,50 ± 728,08 umbelas con frutos maduros por m², respectivamente. Se determinó el peso seco de la biomasa vegetativa aérea cortada. Para tal fin, la biomasa de 1 m² por parcela fue llevada al laboratorio y secada en estufa a 60 °C hasta peso constante. En AF, además de la biomasa vegetativa, también se determinó el rendimiento de semillas, como se detalla seguidamente.

Cosecha

La cosecha se realizó en diferentes fechas, según la madurez de los frutos (figura 1). La cosecha fue a 4 cm de altura del suelo, también con tijera de mano, cuando el cultivo tenía aproximadamente el 75% de los frutos maduros (Formoso, 2000). La biomasa de cada parcela fue puesta en bolsas rotuladas y conservada en cámara de frío hasta su procesamiento. En el laboratorio se separó la biomasa vegetativa aérea de la reproductiva (frutos y semillas). Se cosecharon todas las umbelas con frutos. Se determinó el número de frutos por umbela sobre una muestra de 50 umbelas por parcela seleccionadas al azar. Seguidamente, se determinó el número de umbelas con frutos mediante una función lineal que relacionó el peso con el número de los

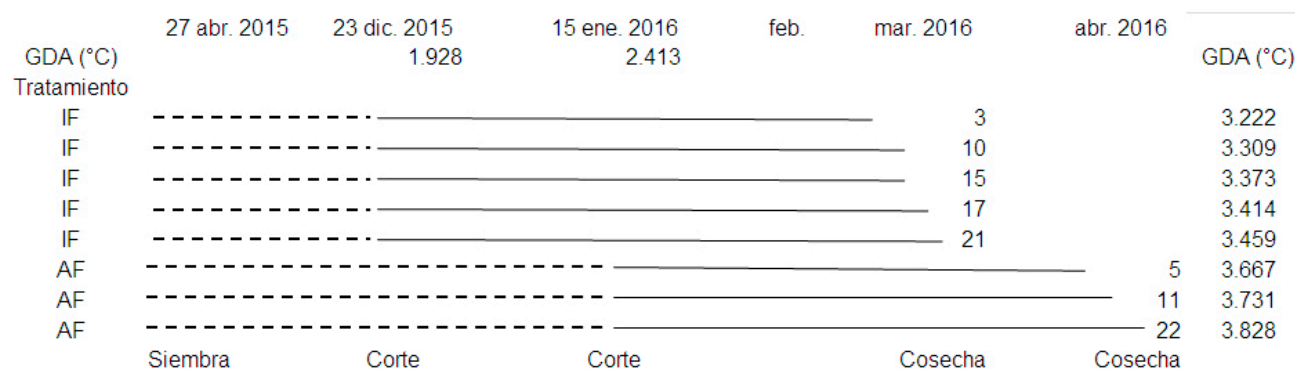


Figura 1. Detalle de las fechas de siembra, de cortes de la biomasa aérea y de las cosechas de semillas del cultivo de *Lotus tenuis*. Referencias: Líneas punteadas indican el tiempo desde la siembra al corte, las líneas llenas indican el tiempo desde el corte a cosecha, IF y AF, momentos del corte al inicio y avanzada la floración, respectivamente. La cosecha del mes de marzo se realizó entre los días 3 y 21, y la de abril entre los día 5 y 22; GDA, grados días acumulados.

órganos reproductivos. Luego, los frutos maduros fueron trillados a mano y las semillas fueron separadas mediante tamices con una luz de 2 y 0,6 mm.

Se realizaron pruebas para determinar el poder germinativo de las semillas siguiendo la metodología ISTA (1985). Para cada parcela se prepararon tres repeticiones, cajas de Petri con papel de filtro. Las semillas se escarificaron con papel de lija y se sembraron 100 por caja y se pusieron en una cámara de cultivo a 20 °C y 8 h de luz. Se consideró que una semilla estaba germinada si emergía la radícula y alcanzaba una longitud aproximada de 2 mm. Las pruebas de germinación duraron aproximadamente 11 días para cada repetición. El peso de 1000 semillas se realizó sobre 3 repeticiones por parcelas de 100 semillas cada una. Para el momento AF, las semillas procedentes del corte y la cosecha fueron mezcladas y se tomaron muestras para determinar el poder germinativo y el peso de 1000.

Grados día acumulados

La cobertura, altura del canopeo, la dinámica temporal de la producción de umbelas con flores y umbelas con frutos se analizaron considerando los grados día acumulados (GDA) según la siguiente función:

$$GDA = \sum (((T \text{ max} + T \text{ min})/2) - T_b)$$

Siendo Tmax y Tmin las temperaturas máximas y mínimas del aire, respectivamente para el intervalo de tiempo considerado. Tb es la temperatura base, 5°C (Vignolio *et al.*, 2016). Valores negativos no fueron incluidos en los cálculos (Teasdale *et al.*, 2004).

Datos climáticos

Los datos climáticos fueron proporcionados por la Estación Meteorológica de la EEA INTA Balcarce, ubicada aproximadamente a 300 m de las parcelas experimentales (tabla 1).

Mantenimiento del ensayo

Las parcelas fueron mantenidas libres de malezas, eliminadas manualmente sin modificar la arquitectura y la cobertura del cultivo. En los meses de verano de 2015-2016 se aplicó riego en los momentos críticos de falta de agua (tabla 1). No se detectaron síntomas de ataques de plagas durante el período experimental. Los principales insectos polinizadores fueron las abejas, *Apis mellifera*, procedentes de las colmenas ubicadas aproximadamente a 400 m del sitio experimental.

Análisis de los datos

Las parcelas de los diferentes momentos de corte fueron distribuidas al azar en el campo experimental. Los atributos vegetativos y reproductivos fueron analizados mediante ANOVA. Los valores medios fueron separados con una probabilidad del 0,05%, utilizando test de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0,05$). La información fue analizada con el programa estadístico Statistica 6.0.

RESULTADOS

Altura del canopeo

Al momento del corte, las plantas estaban en estado reproductivo, en floración y frutos. Luego del corte, las plan-

Meses	T máx (°C)	T min (°C)	PP (mm)	Riego (mm)	ETP (mm)	Rad (Mj/m ² día)	HR (%)
2015							
Abril	23,91	10,08	99,1	0	77,7	11,26	67,9
Mayo	20,24	8,55	24,5	0	47,4	8,17	75,64
Junio	15,85	5,1	37,5	0	41,4	5,92	86,2
Julio	14,99	4,02	49,8	0	34,6	6,48	76,48
Agosto	16,34	6,08	175,5	0	49,3	8,59	80,12
Septiembre	17,35	3,94	23,3	0	74,7	12,74	67,4
Octubre	17,47	5,79	86,2	0	81,2	14,67	77,32
Noviembre	25,04	9,79	81,3	0	130,3	20,01	64,36
Diciembre	29,73	13,27	10,5	5,33	169,5	21,38	60,45
2016							
Enero	29,98	14,37	77,6	73,33	163,6	20,26	63,38
Febrero	29,25	15,45	136,9	13,33	131,2	19,41	72,31
Marzo	25,27	10,95	52,5	53,33	104,6	16,56	72,01
Abril	19,62	9,53	81,8	13,33	55,9	9,15	80,83

Tabla 1. Datos de riego, precipitaciones (PP), evapotranspiración (ETP), media mensual de la temperatura máxima (T. max.), mínima (T. min.) del aire y radiación radiación (Rad) y humedad relativa (HR) registrados durante el período experimental.

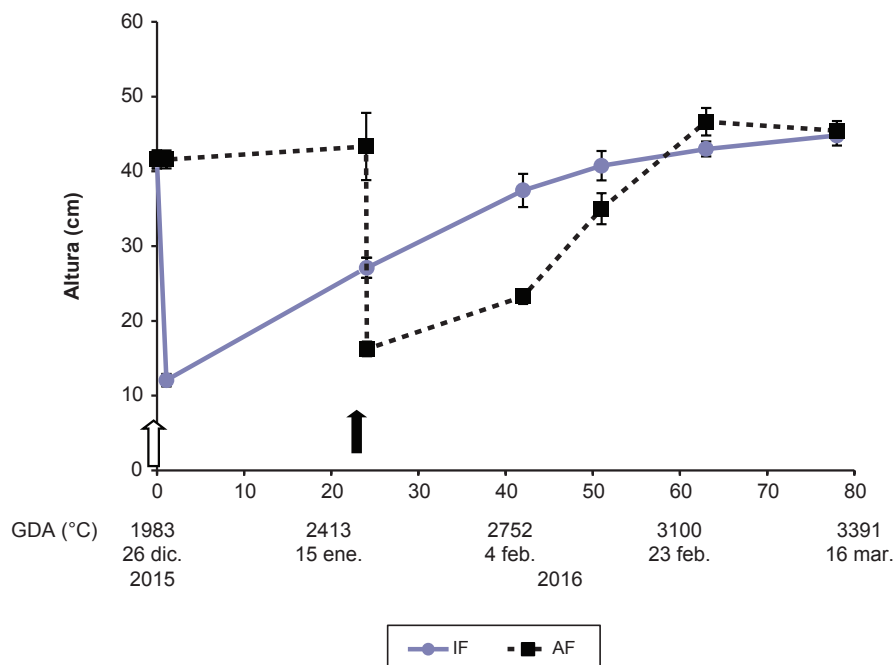


Figura 2. Altura promedio (\pm EE) del canopeo del cultivo de *Lotus tenuis* durante el período experimental.

Referencias: GDA, grados días acumulados; las flechas con y sin relleno indican los momentos de los cortes, al inicio y avanzada la floración, IF y AF, respectivamente.

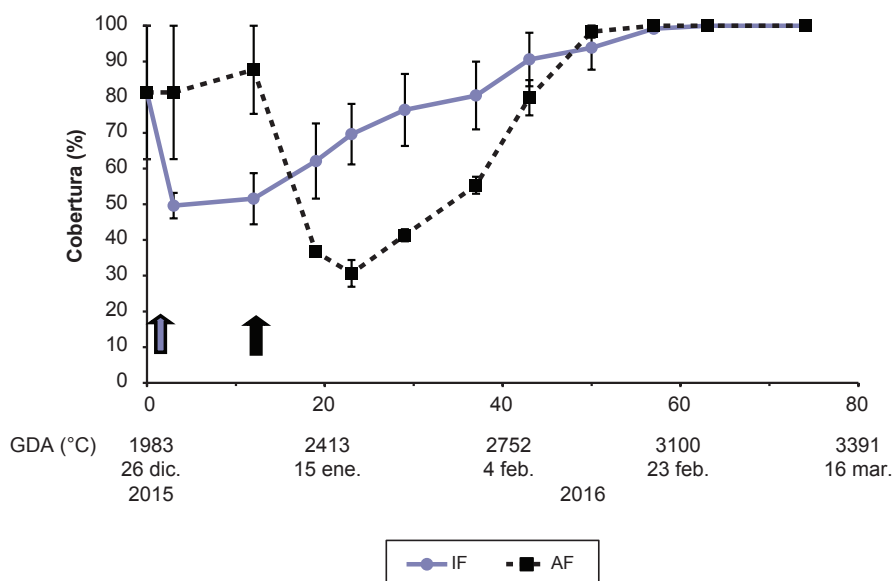


Figura 3. Cobertura vegetal promedio (\pm EE) del canopeo del cultivo de *Lotus tenuis* cortado en diferentes momentos.

Referencias: GDA, grados días acumulados; las flechas con y sin relleno indican los momentos de los cortes, al inicio y avanzada la floración, IF y AF, respectivamente.

tas reanudaron el crecimiento vegetativo y reproductivo, alcanzando una altura máxima de aproximadamente 45,46 cm \pm 1,35 cm (figura 2).

Cobertura del canopeo

Al momento del corte, la cobertura del canopeo fue del 81,33 \pm 18,66% y del 87,66 \pm 12,33% para IF y AF, respectivamente (figura 3). Luego de los cortes, la cobertura se redujo aproximadamente en un 50% y 70% para IF y AF, respectivamente (figura 3). Todas las parcelas alcanzaron el 100% de cobertura en la misma fecha y suma térmica (figura 3).

Atributos reproductivos

Flores. Los cortes afectaron la dinámica de la producción de umbelas con flores (figura 4a) y con frutos (figura 4b). Luego de los cortes, las plantas de *L. tenuis* reanudaron el crecimiento y fueron evidentes dos picos de producción de umbelas con flores. En IF el primer pico fue a los 2.523°Cd y el segundo, de menor importancia, a los 2.878°Cd (figura 4a). En AF el primero y segundo pico fueron a los 1.983°Cd y a los 2.990°Cd, respectivamente (figura 4a).

Frutos. La dinámica de umbelas con frutos fue diferente entre los momentos de corte. En las parcelas cortadas a IF, la producción de frutos fue más concentrada en el tiempo,

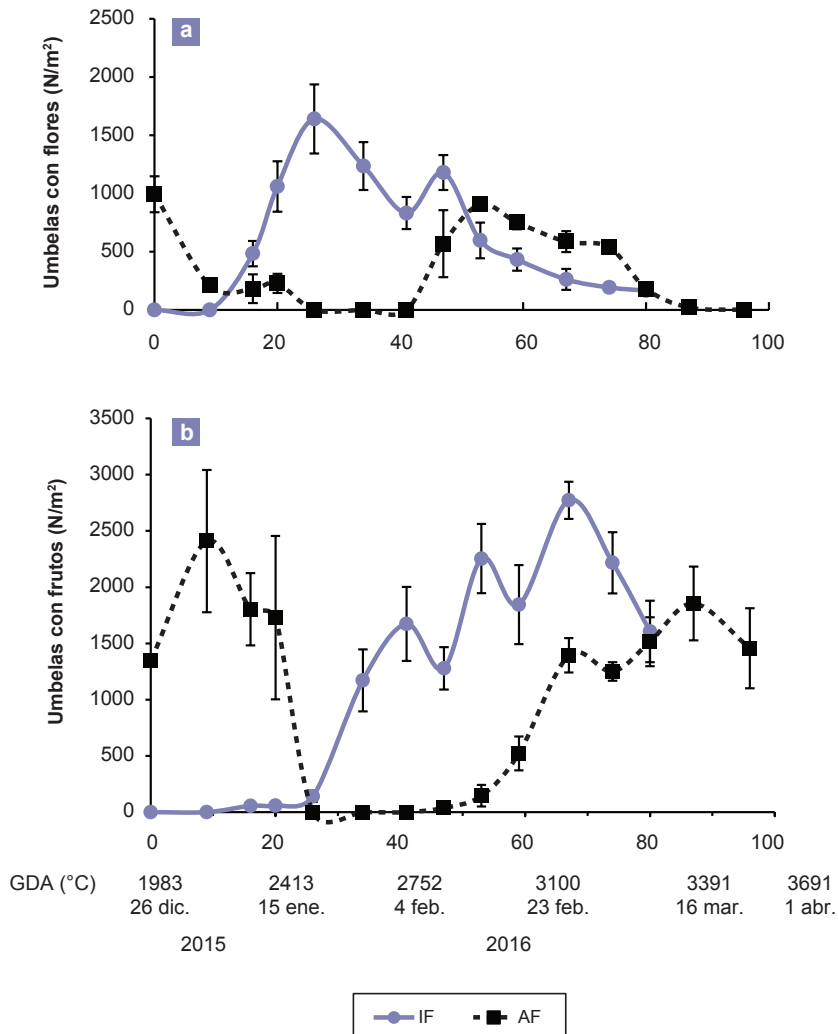


Figura 4. Valores medios (\pm EE) de la producción de a) umbelas con flores y b) de umbelas con frutos en los cultivos de *Lotus tenuis* cortados en diferentes momentos de floración.

Referencias: las flechas con y sin relleno indican los momentos de los cortes, al inicio y avanzada la floración, IF y AF, respectivamente; FI y Fr, umbelas con frutos, respectivamente.

Variables	Momentos de corte	
	Inicio floración	Avanzada floración
Biomasa vegetativa (g MS/m ²). Corte	182,16 ± 21,49 b	322,33 ± 20,82 a
Biomasa vegetativa (g MS/m ²). Cosecha	295,50 ± 25,71 a	341,00 ± 65,39 a
Biomasa vegetativa total (g MS/m ²).	477,66 ± 37,86 b	663,33 ± 73,54 a
Rendimiento (g MS/m ²).	66,51 ± 8,32 a	89,07 ± 12,91 a
Umbelas totales con frutos (N/m ²).	2794,83 ± 295,96 b	3994,00 ± 501,31 a
Umbelas con frutos verdes (%).	17,88 ± 3,13 a	8,40 ± 2,17 a

Tabla 2. Valores medios (\pm EE) del rendimiento de semillas, biomasa vegetativa, número de umbelas con frutos y porcentaje de umbelas con frutos verdes (inmaduros). Para una misma variable, letras distintas indican diferencias significativas entre momentos de corte ($P = 0,05$).

entre 2.752°Cd y 3.221°Cd (figura 4b). En cambio, en las parcelas cortadas en AF, se registraron dos picos, el primero al momento del corte, a los 2.029°Cd y el segundo se concentró entre los 3.221 y 3.613°Cd (figura 4b). En las parcelas AF, al momento del corte el 12,50% de los frutos estaban abiertos. El número de frutos por umbela no fue significativamente diferente entre IF y AF, siendo en promedio $2,811 \pm 0,111$ ($P = 0,145$).

Poder germinativo. El poder germinativo de las semillas no se vio significativamente afectado por los momentos de corte ($P = 0,893$), siendo el valor promedio de $87,70 \pm 3,34\%$. El peso de 1.000 semillas tampoco fue significativamente diferente entre momentos de corte ($P = 0,068$) y el valor medio fue de $1,171 \pm 0,035$ g.

Biomasa vegetativa. La biomasa vegetativa del corte fue mayor en AF que en las parcelas IF ($P = 0,004$). En cambio, la biomasa vegetativa a cosecha no fue significativamente diferente entre momentos de corte ($P = 0,450$) (tabla 2).

Fecha de cosechas. La fecha de la cosecha varió entre momentos del corte, y entre las parcelas de un mismo corte (figura 1). Las parcelas IF fueron cosechadas primero, entre el 3-21 de marzo de 2016, y las de AF, entre el 5-17 de abril de 2016 (figura 1).

Rendimiento. El rendimiento de semillas a cosecha no varió significativamente con los cortes, siendo en promedio de $60,39 \pm 6,22$ g MS/m² (tabla 2). Al momento del corte en AF el cultivo presentó un rendimiento de semillas de $40,92 \pm 11,84$ g MS/m².

Umbelas y frutos. El porcentaje de umbelas con frutos verdes (inmaduros) no difirió ($P = 0,089$) entre momentos de corte (tabla 2). Tampoco se registraron diferencias en el número de semillas por fruto ($P = 0,844$), siendo el valor promedio de $15,82 \pm 0,44$ semillas/fruto.

DISCUSIÓN

Bajo las condiciones del presente trabajo, los resultados muestran que es posible utilizar *L. tenuis* como CMP. La combinación de los cortes permitió producir forraje, semillas y prolongar la floración.

Los resultados permiten considerar diferentes alternativas de manejo del cultivo de *L. tenuis*. En el caso IF, se obtuvo forraje en el corte ($182,16$ g MS/m²) y semillas en la cosecha ($66,51$ g MS/m²). En cambio, mediante el corte en AF, se presentaron dos opciones, por un lado, obtener forraje ($322,33$ g MS/m²) y semillas en la cosecha ($48,15$ g MS/m²). Por otro lado, si se considera solamente la producción de semillas, es posible obtener las del corte ($40,92$ g MS/m²) que sumadas a las de la cosecha producirían en total $89,07$ g MS/m². En este caso tenemos que considerar que no se aprovecharían del corte 322 g MS/m² del forraje para el ganado, que se recicla y que no afecta el rebrote ni la reproducción. La biomasa vegetativa de *L. tenuis* en el corte en AF fue superior que en la de IF, lo cual es esperable por el mayor período de crecimiento del cultivo, comprendido entre la siembra y momento del tratamiento.

La capacidad de *L. tenuis* de brindar los servicios ecosistémicos planteados radica en la reproducción indeterminada y la plasticidad fenotípica de las plantas para restablecer su biomasa vegetativa y reproductiva luego del corte (Bazzigalupi *et al.*, 2010; Entio *et al.*, 2009; Vignolio *et al.*, 2006; 2010; 2016; 2017). Cuando el cultivo es cortado en floración y si las condiciones ambientales son propicias, puede reanudar el crecimiento vegetativo y reproductivo. En este caso, la floración y la producción de frutos quedan acotados en menor tiempo, sin que se afecte el rendimiento de semillas (Vignolio *et al.*, 2010; 2016). La importancia de la plasticidad fenotípica y la reproducción indeterminada también se ha destacado en *Glycine max* para explicar la falta de diferencias significativas en el rendimiento de semillas, cuando el cultivo sufrió estrés hídrico en una etapa reproductiva temprana, R1–R4, inicio de la floración–desarrollo de frutos, respectivamente (Andriani *et al.*, 1991). En *L. tenuis* el número de frutos por umbela, el número de semillas por fruto y el peso medio de estas no cambiaron significativamente con los momentos de corte, lo cual es consistente con la menor plasticidad fenotípica, respecto a otros atributos reproductivos (McGraw *et al.*, 1986; Vignolio *et al.*, 2006). Este resultado es alentador debido a que, al no afectarse el peso medio de las semillas ni su poder germinativo, el vigor y establecimiento de las plántulas no se verían comprometidos por los cortes aplicados en el presente trabajo.

La prolongación temporal de la floración mediante los dos momentos de corte permitiría aprovechar el servicio ecosistémico vinculado con la apicultura. Con el corte a IF, la floración se concentró en el mes de enero, en cambio, cuando fue en AF, la floración se concentró entre el 11 y el 23 de febrero. Estas respuestas podrían ser vistas como una complementariedad temporal en el desarrollo de las flores, lo cual es de suma importancia en los sistemas de producción apícola (Dedomenici *et al.*, 2011). Algunos trabajos destacan que *L. tenuis* es una especie muy visitada por las abejas *Apis mellifera* y que esta leguminosa hace importantes aportes a la producción de miel, polen y jalea real (Malacalza *et al.*, 2005; Dedomenici *et al.*, 2011). Los estudios de polen en mieles de colmenares en la zona de la Depresión del Salado, entre Chascomús y Magadalenita, pusieron en evidencia que todas las muestras resultaron ser monoflorales de *L. tenuis*. Durante los meses de enero, febrero y marzo, los porcentajes de polen de *L. tenuis* fueron mayores al 50% (Dedomenici *et al.*, 2011). Según la legislación de SAGPyA (1995), esta miel tendría un valor económico mayor que los de las mieles a granel (Dedomenici *et al.*, 2011).

No se cuenta para *L. tenuis* con trabajos destinados a múltiples propósitos. Por otro lado, los trabajos en esta especie manejada con el propósito de producir forraje y semillas son escasos y los resultados variables con las condiciones experimentales. Por ejemplo, Entio *et al.* (2009) sembraron *L. tenuis* en condiciones de campo, en Miramar, Buenos Aires, en junio de 2006; el corte se realizó en el mes de octubre de 2006; y la cosecha de semillas, en febrero de 2007. El forraje de *L. tenuis* cosechado fue de 818 kg MS/ha y el rendimiento de semillas fue de 135 kg MS/ha. A través de una encuesta a productores ganaderos de La Pampa Deprimida, Ixtaina *et al.* (2007) han informado que los rendimientos de semillas han sido entre 100 y 150 kg/ha; el principal problema es la falta de uniformidad en la madurez de los frutos y la pérdida de semillas por dehiscencia.

Lotus tenuis tiene reproducción indeterminada y sus frutos son dehiscentes, al madurar se abren esparciendo las semillas. Este atributo torna crítica la decisión del productor respecto al momento de la cosecha (Ixtaina *et al.*, 2007; Cambareri *et al.*, 2012; Vignolio *et al.*, 2010; 2016). La dehiscencia aumenta con altas temperaturas y con baja humedad relativa del aire. Las pérdidas del rendimiento pueden variar entre 14-18% (McGraw y Beuselinck, 1983) y hasta un 85% (Grant, 1996). En nuestro trabajo, la dehiscencia de frutos fue baja, 12,50% y se registró en AF al momento del corte.

En el presente experimento, la madurez de los frutos no fue uniforme entre momentos de corte y entre las parcelas de un mismo momento. Las parcelas IF fueron cosechadas más temprano (marzo) que las de AF (abril). El corte en AF retrasó el desarrollo de las flores y de los frutos hacia condiciones de menor temperatura del aire, de radiación y de humedad relativa que en IF. Respecto a la variabilidad en los momentos de cosecha entre las parcelas de un mismo corte, se explica por la maduración de los frutos, la cual no es uniforme, siendo una de las razones de la brecha entre el rendimiento potencial y el cosechado

(Fairey, 1994). En el presente trabajo, la posibilidad de cosechar las parcelas con un alto porcentaje de frutos maduros y cerrados podría ser una de las razones que explican el mayor rendimiento de semillas respecto a los valores informados por otros autores (Ixtaina *et al.*, 2007; Entio *et al.*, 2009; Lane *et al.*, 2015).

Servicios ecosistémicos que ofrece *Lotus tenuis*

Lotus tenuis brinda múltiples SE, pudiendo satisfacer aspectos sociales, económicos y ambientales. Ixtaina *et al.* (2007), a través de una encuesta a productores de La Pampa Deprimida, destacaron que algunos de ellos manejan a la especie en un contexto agroecológico. Además de los SE aquí presentados, esto es producción de forraje, semillas y la floración para la producción apícola, *L. tenuis* también proporciona otros: i) en pastura y pastizales puede incidir favorablemente en la producción y calidad del forraje (Juan *et al.*, 2000; Sacido *et al.*, 2004; Zeme *et al.*, 2015); ii) presenta taninos condensados que previenen en los vacunos el meteorismo y alta densidad de parásitos intestinales (Otero y Hidalgo, 2004; Acuña *et al.*, 2008; Girardi *et al.*, 2014). De esta manera, se reduce el uso de antibióticos y con ello los efectos negativos sobre la fauna coprófaga (Iglesias *et al.*, 2005); iii) puede reducir los efectos tóxicos sobre los animales que consumen forraje infectado. Por ejemplo, *Schedonorus arundinaceus* (sinónimo *Festuca arundinacea*) es una gramínea C₃ que puede establecer una asociación simbiótica con hongos endófitos foliares (por ej. *Epichloë coenophiala*) quienes producen compuestos tóxicos para el ganado, (por ej. ergoalcaloides) (Torres y White, 2010). La toxicidad del forraje de festuca puede ser atenuado si se siembra con leguminosas, entre ellas del género *Lotus* spp. (De Battista *et al.*, 1997; Villalba *et al.*, 2016); iv) puede aumentar la fertilidad del suelo a través de la fijación de nitrógeno atmosférico (Acuña *et al.*, 2004) y con ello reducir costos, fertilizantes industriales y el riesgo de contaminación ambiental; v) en algunos casos se ha demostrado que el ganado que en su dieta incorpora leguminosas, como las del género *Lotus* spp., presenta menores emisiones de metano (Luscher *et al.*, 2014); vi) en el pastizal dominado por pajonales de *Paspalum quadrifarium*, el establecimiento de *L. tenuis*, luego de una quema, puede interferir con el establecimiento de otras especies de bajo valor forrajero (Laterra, 1997); vii) puede ser sembrada en parques con fines ornamentales (Obs. pers); viii) puede ser utilizada para restaurar suelos degradados y contaminados (García *et al.*, 2015) y ix) seguramente, como ha sido propuesto para otras leguminosas herbáceas, como *Trifolium pratense*, también podría contribuir con el secuestro de carbono en pastizales (De Deyn *et al.*, 2011). Las cualidades antes citadas y la capacidad de la especie de crecer en un amplio rango de condiciones ambientales permiten considerarla como un valioso recurso genético para proyectos de mejoramiento de sistemas de producción primaria y secundaria (Cambareri *et al.*, 2012; Lane *et al.*, 2015; Uzun *et al.*, 2016; Vignolio *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente trabajo, es posible utilizar a *L. tenuis* como cultivo para múltiples propósitos. Se presentaron dos alternativas de manejo. Con el corte a IF, se obtuvo forraje en el corte y semillas en la cosecha. El corte en AF permitiría dos alternativas, por un lado, obtener forraje y semillas como en IF. Por otro lado, considerar solamente la producción de semillas que resulta del corte y de la cosecha. La combinación de los momentos de corte permitió extender la floración. Estas opciones guardan relación con la reproducción indeterminada y la plasticidad fenotípica de las plantas. El peso medio por semilla y el poder germinativo no fueron afectados significativamente por el momento del corte, resultados que nos permiten considerar que no se vería comprometido el vigor de las plántulas. Futuros trabajos deberían realizarse en condiciones de pastoreo y ajustar decisiones de manejo para maximizar los diferentes servicios ecosistémicos que brinda la especie.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los revisores de la revista por sus sugerencias. A María Rosa Desirello por sus observaciones. Los fondos para la realización de este trabajo fueron aportados a través del proyecto "Prácticas de manejo para reducir la toxicidad de *Festuca arundinacea* infectada con endófito asintomático *Epichloë*" Código Proyecto: 15/A542 (FCA, UNMdP).

BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, H.; CONCHA, A.; FIGUEROA, M. 2008. Condensed tannin concentrations of three *Lotus* species grown in different environments. *Chi. J. Agric. Res.* 68: 31-41.
- ACUÑA, H.; HELLMAN, P.; BARRIENTOS, L.; FIGUEROA, M.; 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.
- ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. 2012. Agroecology Scaling Up for Food Sovereignty and Resiliency. Lichtfouse, E. (ed.). *Sustain. Agric. Rev.* 1-29.
- ANDRIANI, J.M.; ANDRADE, F.H.; SUERO, E.E.; DARDANELLI, J.L. 1991. Water deficits during reproductive growth of soybeans. L. Their effects on dry matter accumulation, seed yield and its components. *Agronomie* 11: 737-748.
- BAZZIGALUPI, O.; BERTIN, O.; LLERA, A. 2010. Momentos de defoliación y cosecha en la producción de semilla de *Lotus tenuis*. *Análisis de Semillas* 4: 82-84.
- CAMBARERI, G.S.; CASTAÑO, J.; FERNÁNDEZ, O.N.; MACERA, N.O.; VIGNOLIO, O.R. (EX AEQUO). 2012. *Lotus tenuis*: un recurso forrajero estratégico para la ganadería de La Pampa Deprimida. INTA. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. 48 p.
- DE BATTISTA, J.; ALTIERI, N.; GALDAMES, D.R.; DALL'AGNOL, M. 1997. Significance of endophytotoxicosis and current practices in dealing with the problem in South America. In *Neotyphodium/Grass Interactions*, 383-387 (Eds. C.W. Bacon and Hill, N.S.). Plenum Press, Nueva York.
- DEDOMENICI, A.C.; LEVERATTO, D.; RINGUELET, J.; PASSARELLI, L. 2011. Variaciones en la flora apícola de una región de la Depresión del Salado (Buenos Aires, Argentina) referidas a cambios ambientales asociados con humedales. *Implicancia Económica. Botánica Complutensis*. 35: 141-145.
- DE DEYN, G.B.; SHIEL, R.S.; OSTLE, N.J.; MCNAMARA, N.P.; OAKLEY, S.; YOUNG, I.; FREEMAN, C.; FENNER, N.; QUIRK, H.; BARDGETT, R.D. 2011. Additional carbon sequestration benefits of grassland diversity restoration. *J. Appl. Ecol.* 48: 600-608.
- ENTIO, L.J.; MUJICA, M.M.; GUTHEIM, F. 2009. Dry matter production in dual purpose utilization (seed-forage) of *Lotus tenuis* in Miramar (Buenos Aires Province). *Lotus Newsletter* 39: 9-12.
- ENTIO, L.J.; MUJICA, M.M. 2011. Resiembra natural en *Lotus tenuis* implantado con diferentes sistemas de siembra. *Agrociencia* 45: 431-441.
- FAIREY, D.T. 1994. Seed production in birdsfoot trefoil, *Lotus spp.*: A review of some limiting factors. En: BEUSELINCK, P.R.; ROBERTS, C.A. (Eds.). *First International Lotus Symposium*, St. Louis, Missouri, EE. UU. University Extension, University of Missouri, Columbia, Missouri, EE. UU. 81-85.
- FERRARI, D.M.; POZZOLO, O.R.; FERRARI, H.J. 2009. Desarrollo de un software para estimación de cobertura vegetal. EEA INTA Concepción del Uruguay. (Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo_verificado: 20 de febrero de 2016).
- FORMOSO, F. 2000. Producción de semillas de especies forrajeras. INIA. Serie Técnica 190. 234 p.
- GARCIA, I.; DE CABO, L.; MENDOZA, R.; SANSALONE, M.; WEIGANDT, C.; DE IORIO, A.F. 2015. Participación de la asociación entre *Lotus tenuis* y microorganismos edáficos nativos en la revegetación de ambientes ribereños de la Cuenca Matanza-Riachuelo. VIII Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos. 74 p.
- GIRARDI, F.A.; TONIAL, F.; CHINI, S.O.; SOBOTTKA, A.M.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; BERTOL, C.D. 2014. Phytochemical profile and antimicrobial properties of *Lotus* spp. (Fabaceae). *An. da Acad. Bras. Cienc.* 86: 1295-1302.
- GRANT, W.F. 1996. Seed pod shattering in the genus *Lotus* (Fabaceae): A synthesis of diverse evidence. *Can. J. Plant Sci.* 76: 447-456.
- HALBERG, N. 2018. Exploring the concept of agroecological food systems in a city-region context. *Agroecol and Sustainable Food Systems*, 42: 686-711.
- IGLESIAS, L.E.; SAUMELL, C.A.; FUSÉ, L.A.; LIFSCHITZ, A.L.; RODRIGUEZ, E.M.; STEFFAN, P. E.; FIEL, C.A. 2005. Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, sobre la coprofauna y la degradación de la materia fecal en pasturas (Tandil, Argentina). *RIA* 34: 83-103.
- ISTA. 1985. International Rules for Seed Testing. *Seed Science and Technology*. 13: 299-513.
- IXTAINA, V.Y.; MUJICA, M.M.; HANG, G.M. 2007. Exploración del potencial de los productores agropecuarios de La Pampa Deprimida para protagonizar un modelo de conservación y aprovechamiento sustentable de *Lotus glaber*. Resúmenes de II Congreso Brasileiro de Agroecología. *Rev. Bras. Agroecología*, 2: 1488-1491.
- JUAN, V.F.; MONTERROSO, L.; SACIDO, M.B.; CAUHÉPÉ, M. A. 2000. Postburning legume seeding in the Flooding Pampas, Argentina. *J. Range Manage.* 53: 300-304.
- LANE, P.; PARSONS, D.; HALL, E.; GREEN, P.; LANGWORTHY, A.; SHABAL, S. 2015. Improved seed production of *Lotus tenuis* for a global market. *Rural Industries Research and Development Corporation*. 56 p.
- LATERRA, P. 1997. Post-burn recovery in the flooding Pampa: Impact of an invasive legume. *J. Range Manage.* 50: 274-277.

- LUSCHER, A.; MUELLER-HARVEY, I.; SOUSSANA, J.F.; REES, R.M.; PEYRAUD, J.L. 2014. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Sci.* 69:206-228.
- MALACALZA, N.H.; CACCAVARI, M.A.; FAGUNDEZ, G.; LUPANO, C.E. 2005. Unifloral honeys of the province of Buenos Aires, Argentine. *J.Sci. Food. Agric.* 85: 1389-1396.
- MCGRAW, R.L.; BEUSELINCK, P.R. 1983. Growth and seed yield characteristics of birdsfoot trefoil. *Agron. J.* 75: 443-446.
- MCGRAW, R.L.; BEUSELINCK, P.R.; INGRAM, K.T. 1986. Plant population density effects on seed yield of birdsfoot trefoil. *Agron. J.* 78: 201-205.
- MEA. 2005. Ecosystems and Human Well-being: a Framework for Assessment. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- MENGISTU, A.; KEBEDE, G.; ASSEFA, G.; FEKEDE, F. 2016. Improved forage crops production strategies in Ethiopia: A review. *Acad. Res. J. Agric. Sci. Res.* 4: 285-296.
- OTERO, M.J.; 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: 1-11.
- SACIDO, M.B.; LOHOLABERRY, F.K.; LATORRE, E. 2004. Dinámica de la oferta en pasturas naturales posquema: cantidad y calidad. *Arch. Zootec.* 53: 153-164.
- SAGPYA. 1995. Sistema de clasificación de la miel teniendo como base su origen botánico. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la República Argentina. Resolución 274/95. Boletín Oficial N.º 28268 (1): 2.
- SOIL SURVEY STAFF USDA. 1999. Soil Taxonomy: A Basic System for Classifying Soils. Agriculture Handbook 436, United States Government Printing Office, Washington DC. 886 p.
- TEASDALE, J.R.; DEVINE, T.E.; MOSJIDIS, J.A.; BELLINDER, R.R.; BESTE, C.E. 2004. Growth and development of hairy vetch cultivars in the northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. *Agron. J.* 96: 1266-1271.
- TORRES, M.S.; WHITE, Jr. F. J. 2010. Grass endophyte-mediated plant stress tolerance: alkaloids and their functions. *En. SECKBACH, J.; GRUBE, M. (Eds.). Symbiosis and stress: joint ventures in biology, cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology, 477-493). Springer, Nueva York.*
- UZUN, F.; DÖNMEZ, H.B.; DAL, A.; SÜRMEZ, M.; YAVUZ, T.; MEHMET ARIF ÖZYAZICI, M.A.; ÇANKAYA, N. 2016. Morphological, Agronomical, phenological and stand persistence traits of some wild narrow leaf birdsfoot trefoil (*Lotus tenuis* Waldst. & Kit.) Populations. *J. Agric. Sci.* 22: 152-160.
- VAARST, M.; ESCUDERO, A.G.; CHAPPELL, M.J.; BRINKLEY, C.; NIJBROEK, R.; ARRAES, N.A.M.; ANDREASEN, L.; GATTINGER, A.; FONSECA DE ALMEIDA, G.; BOSSIO, D.; HALBERG, N. 2018. Exploring the concept of agroecological food systems in a city-region context. *Agroecol and Sustainable Food Systems*, 42: 686-711.
- VIGNOLIO, O.R.; FERNANDEZ, O.N.; CASTAÑO, J. 2006. Responses of *Lotus glaber* (Leguminosae cv. Chajá) to defoliation in reproductive stage. *Ann. Bot. Fennici.* 43: 284-287.
- VIGNOLIO, O.R.; CAMBARERI, G.S.; MACEIRA, N.O. 2010. Seed production of *Lotus tenuis* (Fabaceae), a forage legume: effects of row spacing, seedling date, and plant defoliation. *Crop and Pasture Sci.* 61: 1027-1035.
- VIGNOLIO, O.R.; CAMBARERI, G.S.; PETIGROSSO, L.R.; MURILLO, N.; MACEIRA, N.O. 2016. Reproductive development of *Lotus tenuis* (Fabaceae) crop defoliated at different times and intensities. *Am. J. Plant Sci.* 1180-1191.
- VIGNOLIO, O.R.; PETIGROSSO, L.R.; RODRÍGUEZ, I.; MURILLO, N.L. 2017. *Lotus tenuis* (Fabaceae) sowed at different date during the years 1989 to 2016 in Buenos Aires (Argentina). Effect of the temperature, photoperiod and defoliation on flowering time. *Exp. Agric.* 54: 417-427.
- VILLALBA, J.J.; SPACKMAN, C.; GOFF, B.M.; KLOTZ, J.L.; GRIGGS, T.; MACADAM, J.W. 2016. Interaction between a tannin-containing legume and endophyte-infected tall fescue seed on lambs' feeding behavior and physiology. *J. Anim. Sci.* 94:845-857.
- ZEME, S.; ENTRAIGAS, I.; VARNI, M. 2015. Análisis de los servicios ecosistémicos en un pastizal natural de La Pampa Deprimida Bonaerense. *Contribuciones Científicas GÆA*, 27:161-174.