



**ATN\_RF-16926-RG. Intensificación sostenible de sistemas ganaderos con leguminosas:  
plataforma de cooperación Latinoamericana y del Caribe**

**Producto 7.6. Informes técnicos anuales. Fijación biológica de nitrógeno en pastizales  
mejorados con *L. tenuis* de la Pampa Deprimida**

**Busto, M. y Romaniuk, R.I.**

**2024**



**Ministry for Primary Industries**  
Manatū Ahu Matua



**FONTAGRO**



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Busto Mercedes y Romaniuk Romina, investigadoras del INTA, con información de pastizales mejorados de Argentina.

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

<b>Resumen y palabras clave</b> .....	<b>4</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>6</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>7</b>
<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>7</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>8</b>
<b>Discusión</b> .....	<b>10</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>10</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>11</b>
<b>Instituciones participantes</b> .....	<b>13</b>



## RESUMEN

La presente nota técnica corresponde al producto 7 del componente 2, actividad 2.1, mediante la cual se busca evaluar el efecto de las leguminosas forrajeras sobre la fijación biológica de nitrógeno (FBN), presentado en este caso datos obtenidos en mejoramiento de campo natural en la Pampa Deprimida, una de las principales regiones ganaderas de Argentina. En esta región predominan los ambientes marginales para la producción agropecuaria, por lo que la principal actividad que se desarrolla es la ganadería de cría. Una de las estrategias de manejo de la pastura para incrementar los rendimientos es la promoción física y/o química de la leguminosa *Lotus tenuis*. Poco se ha estudiado esta práctica de manejo con respecto a los aportes de nitrógeno al suelo por fijación biológica de *L. tenuis*. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue cuantificar el porcentaje de nitrógeno fijado en la biomasa aérea de *L. tenuis* en ambientes promocionados y no promocionados de la Pampa Deprimida. Para ello se realizó un ensayo en la Chacra Experimental Manantiales, donde bajo la combinación de los factores *ambiente edáfico* (halomórficos y dulces) y del *manejo* (pastura promocionada y no promocionada con *L. tenuis*) se cosecharon muestras de biomasa aérea, de las cuales se seleccionó, secó, procesó y midió el  $\delta^{15}\text{N}$  de *L. tenuis* y de especies de referencia acompañantes. Los resultados obtenidos mostraron una menor cantidad de nitrógeno fijado en la biomasa aérea (64%) durante la primavera, con un incremento de un 9% en el verano y el otoño. En tanto las promociones registraron un 8% menos de nitrógeno fijado en la biomasa aérea, no se observaron diferencias entre ambientes edáficos. Estos resultados muestran una mayor fijación en el estado de maduración de *L. tenuis* y cuando esta leguminosa es dominante en la pastura, tomando mayor cantidad de N del suelo respecto a cuando no lo es; y que la adaptación tanto de esta especie como de sus simbioses es tal en los ambientes bajo estudio que no se registran diferencias entre ambientes edáficos.

**PALABRAS CLAVE:** *Lotus tenuis*, fijación biológica de nitrógeno, suelos halomórficos, pampa deprimida.



## ABSTRACT

The Flooding Pampa is one of the main livestock regions of Argentina. It is dominated by marginal environments for agricultural production, so the main activity carried out is livestock farming. One of the pasture management strategies to increase yields is the physical and/or chemical promotion of the legume *Lotus tenuis*. Little has been studied about this management practice with respect to nitrogen contributions to the soil due to *L. tenuis* biological fixation. That is why the objective of this work was to quantify the percentage of nitrogen fixed in the aerial biomass of *L. tenuis* in promoted and non-promoted environments of the Flooding Pampa. For this, a test was carried out at the Manantiales Experimental Farm, where under the combination of edaphic environment factors (halomorphic and non-halomorphic) and management (pasture promoted and not promoted with *L. tenuis*) samples of aerial biomass were harvested, of which the  $\delta^{15}\text{N}$  of *L. tenuis* and accompanying reference species were selected, dried, processed and measured. The results obtained showed a lower amount of nitrogen fixed in the aboveground biomass (64%) during spring, with an increase of 9% in summer and autumn. While the promotions recorded 8% less fixed nitrogen in the aboveground biomass, no differences were observed between edaphic environments. These results show a greater fixation on the maturation state of *L. tenuis* and when this legume is dominant in the pasture, taking a greater amount of N from the soil compared to when it is not; and that the adaptation of both this species and its symbionts is such in the environments under study that no differences are recorded between edaphic environments.

**Keywords:** *Lotus tenuis*, biological nitrogen fixation, halomorphic soils, depressed pampas.



## INTRODUCCIÓN

El halomorfismo caracteriza a los suelos de más de mil millones de hectáreas de múltiples países en el mundo (Wicke et al., 2011). La Argentina es el tercero -luego de Rusia y Australia- con mayor superficie afectada por este fenómeno (FAO, 1998), alcanzando unas 13 millones de hectáreas del territorio nacional (Courel, 2019). De estas últimas, cerca de 5,4 millones corresponden a la Pampa Deprimida (Otondo et al., 2017). Al estar dominada por ambientes marginales para la producción agropecuaria, la principal actividad que se desarrolla en esta región es la ganadería extensiva, principalmente la actividad de cría. Debido a las condiciones edáficas limitantes, es necesario realizar manejos de los pastizales que permitan mantener la productividad.

*Lotus tenuis* es una leguminosa forrajera perenne (Affinito et al., 2015), proveniente de la región Mediterránea (Vignolio et al., 2016) y naturalizada en la Pampa Deprimida (Nieva, 2018), que posee la capacidad de prosperar en suelos bajo condiciones de estrés por exceso de sales (Espasandin et al., 2018) y sodio intercambiable (Inostroza et al., 2015), condiciones de anoxia provocadas por anegamiento (Striker y Colmer, 2017) y sequías (Bailleres, 2016). Su alto valor como especie forrajera estival en la región radica en sus óptimas características nutricionales (Sannazzaro et al., 2018) y en sus aportes de nitrógeno (N) al sistema edáfico a partir del proceso de fijación biológica de nitrógeno (FBN). Por estas características, se favorece su cobertura en los sistemas bajo pastura mediante la práctica de promoción.

La promoción de *L. tenuis* es una práctica de manejo que se comenzó a implementar en las últimas décadas en la Pampa Deprimida y consiste en aumentar la dominancia de esta especie, a través de mejorar su competencia en el momento de implantación (Druille et al., 2017). Dicho manejo se puede realizar de forma química y/o mecánica. La primera de estas opciones involucra la aplicación de herbicidas selectivos (Nieva et al., 2018) en el invierno que permiten disminuir la competencia de *L. tenuis* con la gramilla (*Cynodon dactylon*) y otras especies estivales (Bailleres y Sarena, 2011). La segunda opción implica la implementación de pastoreo intensivo con ganado bovino (INTA Chascomús, comunicación personal). Ambas prácticas suelen ser acompañadas por el enriquecimiento del banco de semillas (INTA Chascomús, comunicación personal). Con todos estos métodos se logra aumentar la cobertura y biomasa de *L. tenuis*, lo cual puede tener impactos en los aportes de N por FBN.

La FBN en *L. tenuis* puede verse afectada según su dominancia en la pastura. Es por ello que en sistemas en los que no se promueve a esta leguminosa, podrían encontrarse plantas de menor vigor. Esto, a su vez, podría afectar al desarrollo de nódulos y con ello disminuir la eficiencia en el proceso de FBN. También, por el contrario, podría acontecer que una mayor competencia por el



nutriente N estimule la asociación simbiótica y la FBN. Debido a que en la bibliografía no se han encontrado publicaciones al respecto, es de interés su estudio.

## OBJETIVOS

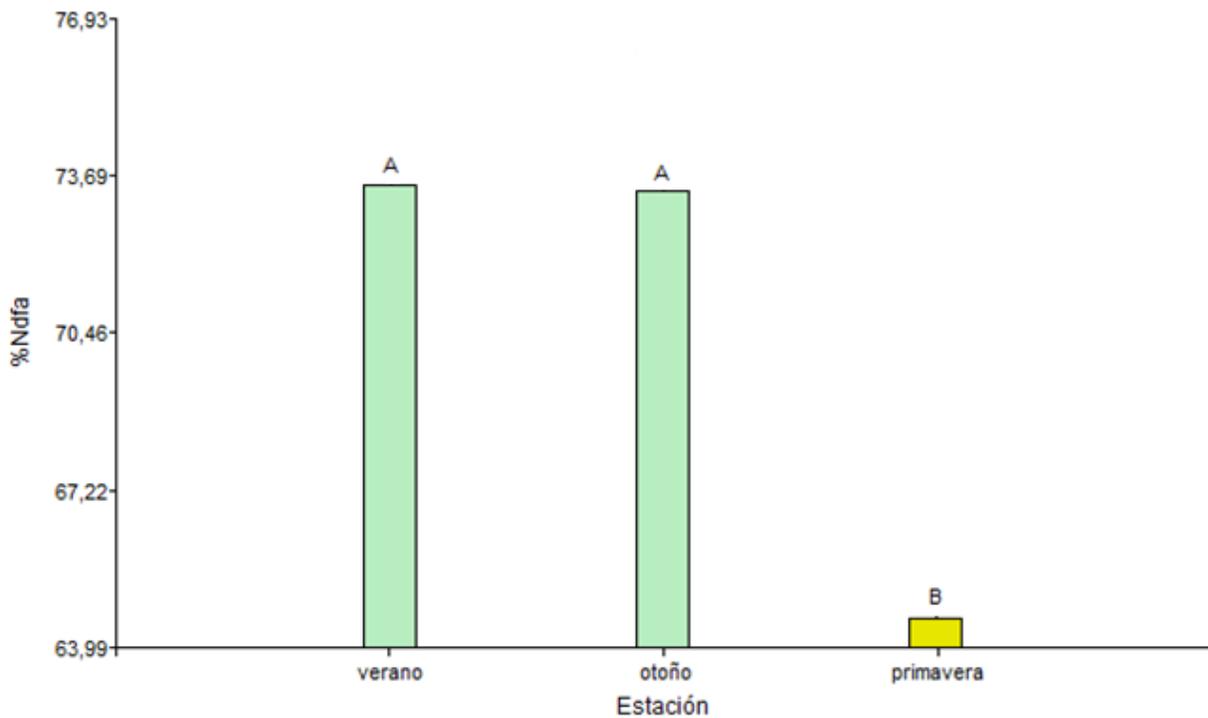
Cuantificar el porcentaje de N fijado en la biomasa aérea (%Ndfa) de *L. tenuis* en ambientes promocionados y no promocionados de la Pampa Deprimida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron ambientes halomórficos y dulces de la Chacra Experimental Manantiales (Convenio INTA-MAIBA), ubicada a 19 Km al sur de la cabecera del partido de Chascomús en la provincia de Buenos Aires (35° 44' 52.44" S; 58° 02' 56.48 W), dentro de la región denominada Pampa Deprimida, la cual posee un clima templado húmedo, con una temperatura media anual de 15°C y precipitación media de 864 mm (Wernbter y Ramallo, 1980). Se realizaron 12 clausuras bajo un diseño factorial con la combinación de los factores *ambiente edáfico* (halomórfico y dulce) y *sistema de manejo* (promocionado y no promocionado), para contar con tres repeticiones por combinación de factores. Se realizaron cosechas de biomasa aérea con cuadrantes de 50 x 50 cm, a 5cm del suelo en las estaciones primavera, verano y otoño, desde la primavera de 2021 hasta el verano de 2024. Por cada ambiente se tomaron cinco muestras de biomasa aérea, de las cuales se separó a *L. tenuis* y se cosecharon de zonas aledañas sin *L. tenuis*, en los mismos ambientes edáficos, las especies utilizadas como referencia. Una vez separadas las plantas, se secaron en estufa con ventilación forzada a 65°C durante 72hs. Se picaron las muestras por molinillo de cuchillas y se realizó una muestra compuesta por cada lote y estación de crecimiento, obteniéndose tres repeticiones por combinación de factores. Cada muestra se pulverizó y se analizó su  $\delta^{15}\text{N}$  por espectrometría de masas de radio isotópico en el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (CCT CONICET Mendoza). Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos, a través de una prueba de Fisher.

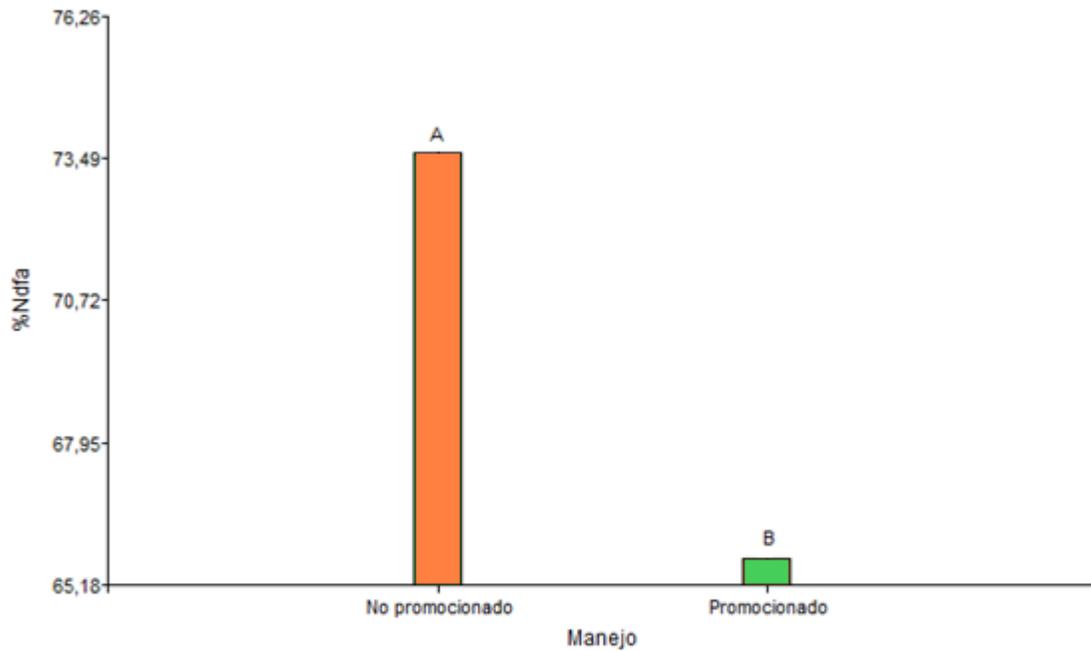
## RESULTADOS

En la primavera, durante los estadios iniciales de crecimiento de *L. tenuis*, se registró la menor cantidad de N fijado en la biomasa aérea (64%), en tanto se observó un incremento de un 9% en el verano que se sostuvo durante el otoño (Figura 1).



**Figura 1. Proporción de N de la biomasa aérea fijado (%Ndfa) en *L. tenuis* en pastizales de la Pampa Deprimida para las estaciones primavera, verano y otoño.**

Respecto de la práctica de manejo, los ambientes no promocionados mostraron un 8% más de N fijado que los promocionados (Figura 2).



**Figura 2.** Proporción de N de la biomasa aérea fijado (%Ndfa) en *L. tenuis* en pastizales de la Pampa Deprimida según la práctica de manejo: lote promocionado o no promocionado con *L. tenuis*.

En cuanto al tipo de ambiente edáfico no se registraron diferencias entre ambientes (Tabla 1).

**Tabla 1: %Ndfa en ambientes edáficos dulces y halomórficos de la Pampa Deprimida.**

Ambiente edáfico	Medias	n	E.E.	
Dulce	72,13	42	2,47	A
Halomórfico	67,16	42	2,47	A



## DISCUSIÓN

La mayor competencia por el recurso N se registró en ambientes no promocionados. Siendo que las leguminosas son peores competidoras en la absorción de nutrientes con respecto a las gramíneas y especies compuestas de la pastura, cuanto menor es la dominancia del *L. tenuis* en el pastizal mayor es la estimulación del proceso de fijación biológica. Esto explica las diferencias observadas en los niveles de %Ndfa de los ambientes promocionados y no promocionados. En cuanto a los contenidos mayoritarios de N fijado en biomasa aérea en las épocas de verano y otoño, estos resultados deben ser contrastados a futuro con los valores de N total y disponible en el suelo, y con el número y peso de nódulos en las raíces. Por último, la falta de diferencia entre ambientes edáficos muestra la gran adaptación que presentan tanto la leguminosa bajo estudio como sus cepas simbiotes para los ambientes marginales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los ambientes de los pastizales de Pampa Deprimida en donde se encontró *L. tenuis*, esta especie mostró ser una buena fijadora de N. Si bien se registraron mayores valores de fijación para aquellas plantas creciendo en pastizales no mejorados, estas diferencias fueron de un 8%. Siendo que los sistemas promocionados, por el tipo de manejo que poseen, proporcionan una mayor biomasa de *L. tenuis*, esto podría derivar en mayores aportes de N totales a través del proceso de FBN, con lo cual esta es una práctica de manejo altamente recomendable para incrementar la oferta forrajera y el contenido de N del suelo en las pasturas en la Pampa Deprimida.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Affinito, A., Franco, M. y Andrés, A. N. (2015). Desarrollo de germoplasma de *Lotus tenuis* tolerante a salinidad. *RTA*, 10 (29). Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pergamino\\_desarrollo\\_de\\_germoplasma\\_de\\_lotus\\_tenuis\\_tolerante\\_a\\_salinidad\\_rta\\_2015.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_desarrollo_de_germoplasma_de_lotus_tenuis_tolerante_a_salinidad_rta_2015.pdf)
- Bailleres, M. (agosto, 2016). Promoción Estival de *Lotus tenuis* Chacra Experimental Integrada Chascomús. En Kugler, W. *XVI Reunión anual de forrajeras: Opciones forrajeras para ambientes ganaderos*. INTA, Pergamino.
- Bailleres, M., & Sarena, D. (2011). Promoción Estival de *Lotus tenuis* Chacra Experimental Integrada Chascomús. *Revista de divulgación técnica "Ida y vuelta Rural"*, 9, 29.
- Courel, G. F. (2019). Suelos salinos y sódicos. En *Guía de estudio suelos salinos y sódicos*. Universidad Nacional de Tucumán.
- Druille, M., Acosta, A. P., Acosta, G. L., Rossi, J. L., Golluscio, R. Á., & Bailleres, M. (2017). Response to glyphosate application of beneficial soil fungi associated with *Lotus tenuis*. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 43(3), 297-302.
- Eckard, R. J., Chapman, D. F. & White, R. E. (2007). Nitrogen balances in temperate perennial grass and clover dairy pastures in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58 (12), 1167-1173.
- Espasandin, F. D., Calzadilla, P. I., Maiale, S. J., Ruiz, O. A. & Sansberro, P. A. (2018). Overexpression of the arginine decarboxylase gene improves tolerance to salt stress in *Lotus tenuis* plants. *Journal of plant growth regulation*, 37 (1), 156-165.
- FAO. (1998). Distribution of Solonchaks: based on WRB and the FAO/UNESCO Soil Map of the World. Recuperado de [http://www.fao.org/index.php?eID=tx\\_cms\\_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSolonchaks\\_1\\_01.jpg&md5=cdfa3cfd5583ba98c5526e87be1eefcd0a09ea8&parameters\[0\]=YTo0OntzOjU6IndpZHRoljtzOjM6IjgwMCI7czo2OiJoZWlnaHQiO3M6NDoiNjAw&parameters\[1\]=bSI7czo3OiJib2R5VGFnjtzOjQxOiI8Ym9keSBzdHlsZT0ibWFyZ2luOjA7IGJh&parameters\[2\]=Y2tncm91bmQ6I2ZmZjsiPiI7czo0OiI3cmFwIjtzOjM3OiI8YSBocmVmPSJqYXZh&parameters\[3\]=c2NyaXB0OmNsb3NIKCK7Ij4gfCA8L2E%2BIjt9](http://www.fao.org/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSolonchaks_1_01.jpg&md5=cdfa3cfd5583ba98c5526e87be1eefcd0a09ea8&parameters[0]=YTo0OntzOjU6IndpZHRoljtzOjM6IjgwMCI7czo2OiJoZWlnaHQiO3M6NDoiNjAw&parameters[1]=bSI7czo3OiJib2R5VGFnjtzOjQxOiI8Ym9keSBzdHlsZT0ibWFyZ2luOjA7IGJh&parameters[2]=Y2tncm91bmQ6I2ZmZjsiPiI7czo0OiI3cmFwIjtzOjM3OiI8YSBocmVmPSJqYXZh&parameters[3]=c2NyaXB0OmNsb3NIKCK7Ij4gfCA8L2E%2BIjt9)
- Inostroza, L., Acuña, H. & Méndez, J. (2015). Multi-physiological-trait selection indices to identify *Lotus tenuis* genotypes with high dry matter production under drought conditions. *Crop and Pasture Science*, 66(1), 90-99.
- Nieva, A. S. D. V. (2018). *Estudio de la biodiversidad microbiana asociada con áreas edáficas marginales para la agricultura en la Pampa Deprimida (Buenos Aires, Argentina), bajo la influencia del monocultivo de Lotus tenuis: Análisis de la interacción entre Lotus spp. y Fusarium solani en el continuum mutualismo-patogénesis* (Tesis de doctorado). Universidad



Nacional de General San Martín.

- Otondo, J. Borrajo, C. y Bandera, R. (2017). Forrajeras templadas y subtropicales en suelos afectados por sales de regiones húmedas y subhúmedas de la República Argentina. En Taleisnik, E. y Lavado, R.S. (Eds.), *Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina: recursos y aprovechamiento productivo* (pp. 295-324). Córdoba: Universidad Católica de Córdoba.
- Sannazzaro, A. I., Torres Tejerizo, G., Fontana, M. F., Cumpa Velásquez, L. M., Hansen, L. H., Pistorio, M. and Estrella, M. J. (2018). *Mesorhizobium sanjuanii* sp. nov., isolated from nodules of *Lotus tenuis* in the saline-alkaline lowlands of Flooding Pampa, Argentina. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 68 (9), 2936-2942.
- Striker, G. G. and Colmer, T. D. (2017). Flooding tolerance of forage legumes. *Journal of Experimental Botany*, 68 (8), 1851-1872.
- 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. *American Journal of Plant Sciences*, 7 (08), 1180.
- Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburg, W. & Faaij, A. (2011). The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy & Environmental Science*, 4 (8), 2669-2681.

## INSTITUCIONES PARTICIPANTES



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)