

RITA

REVISTA DE
TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA

TEC
NO
LO
GÍ
A
GRO
PE
CUA
RIA



INTA // Ediciones

STAFF

Editor Responsable:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Juan Mattera

Comité Editor:

Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvana B. Restovich
Dra. (MSci) Ing. Agr. Raquel Defacio
Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvana M. Cabrini
Méd. Vet. Virginia Fain Binda
Ing. Agr. (MSci) Javier Elisei
Ing. Agr. (MSci) José A. Llovet
Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio Acciaresi

Diseño y Edición:

Lic. DG. Georgina Giannon

Colaboración Fotográfica de Portada:

Héctor Alberto Zeballos

Colaboradora de Edición:

Lic. Mónica Coronel

Director Int. EEA Pergamino:

Dr. (MSci) Ing. Horacio Acciaresi

Director del Centro Regional

Buenos Aires Norte:

Dr. Ing. Agr. Hernán Trebino

DATOS EDITORIALES

Vol. 11. N° 43

Diciembre 2023.

Pergamino, Bs. As., Argentina

ISSN Digital 2469-164X

Estación Experimental Agropecuaria
INTA Pergamino - Buenos Aires
Av. Frondizi (Ruta Prov. 32) km. 4,5
2700 - Pergamino
Tel.: 02477 439000
<http://argentina.gob.ar/inta>
rita.intapergamino@gmail.com



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Esta publicación es propiedad del Instituto Nacional
de Tecnología Agropecuaria. RP 32, km. 4,5.
Pergamino. Buenos Aires, Argentina.

SUMARIO

5

Dispersión de semillas de Capín (*Echinochloa colona*) asociada a la germinación y crecimiento de plántulas

Gabriel Picapietra y Horacio Acciaresi.

11

Eficiencia productiva del sistema de cama profunda

Constanza Stoppani, María Suárez del Cerro, Marcos Pobliti y María José Beribe.

17

Intensificación productiva: comparación de modelos de fertilización para la región núcleo pampeana

Gustavo Ferraris, Martín Díaz Zorita y Andrés Grasso.

23

Mezclas de cultivos de cobertura y su impacto sobre la multifuncionalidad de los agroecosistemas

Silvina Restovich, Adrián Andriulo y Silvina Portela.

29

Producción de materia seca en germoplasma de agropiro alargado creciendo bajo anegamiento y sequía

Oriana Ferraro, Miranda Leguizamón, Ivana Varea, Roque Guillén y Mariela Acuña.

34

Suministro de nitrógeno en soja. ¿Fijación biológica o fertilización química?

Gustavo Ferraris y Santiago de Achaval.

41

Evolución del peso de las cosechadoras de granos ofrecidas en el mercado argentino

Javier Elisei.

45

Análisis económico de propuestas para la intensificación sostenible en el norte de Buenos Aires

Francisco Fillat, Priscila Cano y Silvina Cabrini.

51

Comparación del método de secado tradicional y ultrasecado en semillas de tres razas de maíz (*Zea mays L.*)

Mariana Fernandez, Miriam Arango y Raquel Defacio.

56

Tesis Doctoral Los cultivos de cobertura con filtros bióticos característicos en el ensamblaje de la comunidad de malezas de sistemas agrícolas extensivos

María Victoria Buratovich.

59

Tesis de Maestría Efecto de *Lactobacillus salivarius* sobre la microbiota intestinal, el estado sanitario y el desempeño productivo de cerdos en etapa de recría

Constanza Laura Stoppani.

61

Tesis de Maestría Una mirada sistémica al proceso de difusión de la información meteorológica y climática para la toma de decisiones de los productores agropecuarios en el norte de la prov. de Bs. As.

Cristián Zuchini.

63

46° Congreso Argentino de Producción Animal Innovaciones para sistemas sustentables

Omar Scheneiter.

66

IV Congreso Argentino de Malezas | ASACIM Ciencia, producción y sociedad: hacia un manejo sustentable

Gabriel Picapietra, María Buratovich y Horacio Acciaresi.

70

XXXI Congreso de AAPRESID "C, elemento de vida"

Alicia Irizar.

72

Semblanza Dr. Alfredo Cirilo

Editorial

Estimados Lectores:

Un nuevo número de la Revista de Tecnología Agropecuaria ha sido publicado y con ello nuestra Experimental sostiene y renueva el compromiso con la innovación tecnológica y el desarrollo territorial, aportando a la misión institucional y componentes estratégicos.

La permanencia de la RTA a través del compromiso y trabajo de los equipos de investigación y extensión es un claro ejemplo del acompañamiento permanente de nuestra EEA y Territorio como actor relevante en el sistema productivo de la Región.

Ello ha sido así desde la década del '90 donde ese compromiso se ha ido trasladando de una generación a otra lo que hace posible mantener nuestra Revista como instrumento que visibiliza el accionar en los distintos campos de acción de nuestra Institución.

Es importante destacar como a través de la renovación de las estructuras de gestión y equipos de trabajo, se mantiene la esencia de sostener y aportar al desarrollo territorial que se canaliza entre otros muchos medios por nuestra Revista.

Como surge de la política institucional, la RTA presenta un panorama variado de enfoques que contribuyen a la innovación tecnológica, a la generación de conocimiento, a la intervención territorial, la formación de capital humano, aspectos que son abordados en el presente número.

Es oportuno agradecer a todos los miembros de nuestra EEA que han aportado con esfuerzo y responsabilidad al sostenimiento no sólo de la Revista, si no de todo Inta Pergamino. Es gracias a ellos que nuestra Institución resulta posible y se constituye en un actor relevante del Territorio.

En el contexto de la alegría institucional que implica cada nuevo número de la RTA, existe una pátina de profunda tristeza debido al fallecimiento de nuestro querido compañero y amigo, el Dr. Alfredo Cirilo. Más allá de los innumerables aportes que Alfredo ha realizado en su desempeño profesional, es importante destacar todo su trabajo y compromiso permanente con la RTA desde los diferentes lugares que asumió con entusiasmo y genuina responsabilidad. Es momento asimismo de

destacar la calidad humana de Alfredo como así la ética y nobleza profesional que lo caracterizó. Te echaremos de menos Alfredo.

Hasta el próximo número...

Dr. (MSci.) Horacio Acciaresi

Director | EEA Inta Pergamino

06

Suministro de nitrógeno en soja. ¿Fijación biológica o fertilización química?

GUSTAVO N. FERRARIS^{1,*}

Y SANTIAGO DE ACHAVAL²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Manejo de Cultivos. (Argentina).

² Lallemand Plant Care.

Av. Frondizi (Ruta 32) km 4,5. (B2700WAA).

* ferraris.gustavo@inta.gob.ar

La soja es un cultivo exigente en nitrógeno. Durante cuatro campañas, se compararon dos inoculantes con el agregado de urea, en dos etapas del cultivo. La fertilización química perjudicó la nodulación, mientras que la inoculación la mejoró. El rendimiento relativo entre fertilización y tratamientos biológicos estuvo relacionado con la productividad y calidad de ambiente productivo.

Palabras clave: Soja, Nutrición nitrogenada, Simbiosis, Microbiología.

Introducción

La soja es el cultivo con mayores requerimientos unitarios de Nitrógeno (N). Como en el resto de las Fabáceas, la magnitud de esta demanda determinó el desarrollo de un complejo mecanismo adaptativo, la fijación biológica de N (FBN), mediante la simbiosis con las bacterias del género *Bradyrhizobium*, siendo las especies prevalentes *Bradyrhizobium japonicum* (Bj) y *Bradyrhizobium elkanii* (Be). Sin embargo, la inquietud persiste: ¿la provisión de una fuente externa podría incrementar los rendimientos? Almeida *et al.*, (2023) sugieren que el proceso, al demandar un alto costo energético, termina perjudicando otros mecanismos vitales como la fijación de vainas y el llenado de los granos. El efecto sería más pronunciado en cultivos de alto rendimiento, bajo riego o en condiciones de suelo y manejo optimizadas. Por el contrario, Zilli *et al.*, (2021) enfatizan en que la FBN es altamente regulada, y que la planta asimila todo lo que necesita para su buen rendimiento.

El objetivo de este experimento fue comparar, durante cuatro campañas, el resultado en calidad de nodulación y rendimiento de la inoculación con bacterias de *Bj* y *Be*, en comparación con una fuente química tradicional, en sitios con antecedente de soja previa. La hipótesis sugiere que la inoculación resulta un método eficaz y suficiente para el abastecimiento de N en el cultivo de soja, no presentando diferencias en rendimiento con la fertilización química.

Materiales y Métodos

Durante cuatro campañas consecutivas se evaluó la respuesta a diferentes fuentes de abastecimiento de N en soja: la FBN y la fertilización química. Para ello, se utilizaron dos inoculantes, considerados como formulaciones Premium, en comparación con la aplicación de urea al suelo, la cual fue dividida en dos momentos, a la siembra y post-emergencia. Los experimentos se realizaron en la EEA INTA Pergamino, durante

los ciclos 2019/20, 2020/21, 2021/22 y 2022/23. El diseño fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La caracterización de los sitios experimentales se presenta en la tabla 1, mientras que los tratamientos se presentan en la tabla 2. Los cultivos fueron fertilizados adecuadamente con fósforo (P) y azufre (S), para no limitar la fijación ni el crecimiento.

Tabla 1. Caracterización y manejo de los sitios experimentales.

Factor 1: Genotipo	Campaña 2019/20	Campaña 2020/21	Campaña 2021/22	Campaña 2022/23
Cultivar	DM 49R19 STS	DM 46R18 STS	DM 46I20 STS	N4642 STS
Fecha de siembra	15-nov	12-nov	11-nov	18-nov
MO en suelo (%)	2,35	2,62	1,78	3,16
P disponible (mg/kg)	9,9	9,7	11,7	6.5
pH en suelo	5,6	5,2	5,2	5,6

Tabla 2. Tratamientos de provisión de nitrógeno en soja.

	Tratamientos	Dosis	Estado de aplicación
T1	Testigo		Siembra
T2	Urea	200 kg/haS + 200 kg/ha R1	Siembra + R1
T3	Inoculante1 + Protector	2 + 1 ml/kg	Siembra
T4	Inoculante 2	2 ml/kg	Siembra

Se evaluó la calidad de nodulación, a través de la observación y el recuento de 10 plantas por parcela, calificando de 1 a 5 el número, tamaño, localización y funcionalidad de los nódulos. La mayor numeración equivale a una mejor performance. La escala utilizada,

de desarrollo propio, se describe en la tabla 3. Esta metodología, al permitir evaluar una gran cantidad de plantas, permitiría ser más precisa que el recuento y pesaje de nódulos.

Tabla 3. Metodología para la evaluación de nodulación.

Variable	1. Rojo	2. Naranja	3. Amarillo	4. Verde claro	5. Verde oscuro
N° de nódulos	Nulo	Escaso	Medio	Alto	Muy alto
Tamaño	Muy pequeño	Pequeño	Medio	Grande	Muy grande
Localización	Totalmente en raíces secundarias	Mayormente en raíces secundarias	Distribución equitativa raíz principal	Mayormente en raíz primaria	Totalmente localizados en raíz principal
Funcionalidad	Tonalidad completamente verde o marrón	Tonalidad mayormente verde o marrón	Tonalidad diversa	Tonalidad mayormente rojiza	Tonalidad rojiza en la totalidad de los nódulos

El rendimiento se determinó mediante recolección, trilla, pesaje de las muestras y ajuste a 13% de humedad. El estudio de los resultados se realizó mediante el análisis de la varianza, comparaciones de medias con la prueba DGC ($p < 0,05$).

Resultados y Discusión

En la figura 1 se presentan las precipitaciones decádicas acumuladas en cada ciclo productivo. Claramente, 2019/20 fue el mejor año climático. Le seguiría la campaña 2021/22, que al igual que 2020/21 presentaron una recuperación de las lluvias desde enero. Por último, 2022/23 fue el más desfavorable, con lluvias escasísimas, muy por debajo de la demanda para un buen rendimiento.

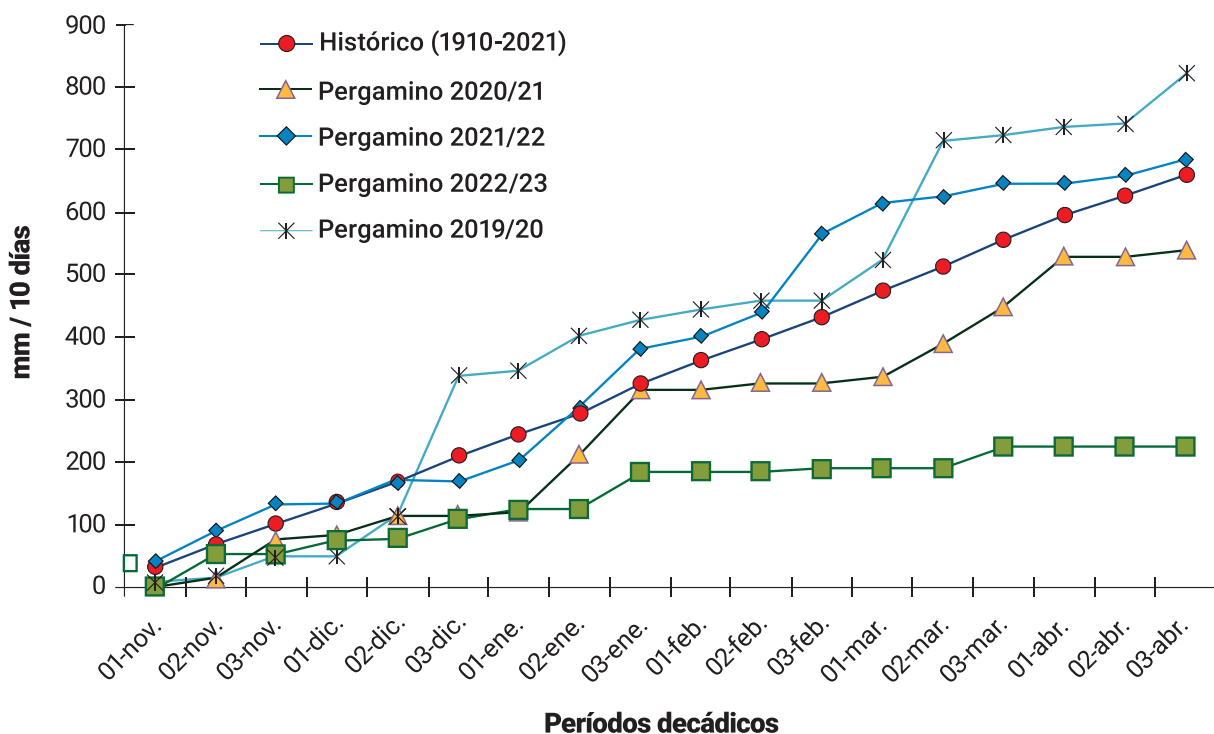


Figura 1. Precipitaciones decádicas acumuladas por campaña, y su comparación con la media histórica. INTA EEA Pergamino.

La nodulación de soja presentó un efecto año, logrando mejor calidad en ciclos con buenos rendimientos (tabla 4). La fertilización química tendió a bajar la calidad de nodulación, afectando especialmente el tamaño y la distribución de los nódulos, tornando su localización hacia las raíces laterales. Esto se debería a la infección más tardía, cuando el nitrógeno disponible en forma de nitratos baja su concentración. Además, en ausencia de inoculación, la nodulación depende de la flora bacteriana del suelo, la que sería menos eficiente en fijar N (de Freitas *et al.*, 2022).

Tabla 4. Evaluación cuantitativa y cualitativa de nodulación en soja. INTA Pergamino, campañas 2019/20 a 2022/23

Campaña 2019/20

T	Tratamientos	Número nódulos (1)	Tamaño nódulos (2)	Localización (3)	Funcionalidad (4)
T1	Testigo	3	2	2	3
T2	Urea 200	2	1	2	2
T3	Inoculante 1 + Protector	4	4	3	3
T4	Inoculante 2	4	3	4	3
R2 vs rend*		0,01	0,06	0,07	0,01

Nota: * Coeficiente de regresión entre cada variable y el rendimiento.

Campaña 2020/21

T	Tratamientos	Número nódulos (1)	Tamaño nódulos (2)	Localización (3)	Funcionalidad (4)
T1	Testigo	5	4	3	3
T2	Urea 200	3	3	2	3
T3	Inoculante 1 + Protector	5	3	5	3
T4	Inoculante 2	4	4	4	4
R2 vs rend		0,03	0,69	0,01	0,04

Campaña 2021/22

T	Tratamientos	Número nódulos (1)	Tamaño nódulos (2)	Localización (3)	Funcionalidad (4)
T1	Testigo	3	4	4	2
T2	Urea 200	4	3	3	3
T3	Inoculante 1 + Protector	4	3	4	4
T4	Inoculante 2	4	4	4	4
R2 vs rend		0,61	0,27	0,04	0,85

Campaña 2022/23

T	Tratamientos	Número nódulos (1)	Tamaño nódulos (2)	Localización (3)	Funcionalidad (4)
T1	Testigo	1	2	2	2
T2	Urea 200	1	2	1	1
T3	Inoculante 1 + Protector	2	3	3	2
T4	Inoculante 2	3	2	3	2
R2 vs rend		0,01	0,09	0,05	0,05

Los tratamientos presentaron una jerarquía relativa según el ciclo climático y nivel de productividad. En 2019/20, inoculantes y fertilización química no presentaron diferencias entre los rendimientos, superando al testigo (figura 2.A). La fertilización química en términos absolutos exhibió una diferencia de 126 kg/ha respecto del mejor inoculado (T3). En 2020/21, la fertilización química y el Inoculante 1 superaron a Inoculante 2 y al testigo (figura 2.B). La primera, en términos absolutos, presentó una diferencia de 75 kg ha⁻¹ respecto del mejor inoculado. En 2021/22, el mejor año de la serie en relación a las precipitaciones, el Inoculante 1 superó al resto de los tratamientos, evidenciando una relación clara entre crecimiento y fijación (figura 2.C). Ciampitti *et al.*,

(2023) sugieren que, en cultivos de alta productividad, la fracción de N proveniente de la FBN se incrementa. Lo contrario sucedería bajo estrés hídrico, donde el proceso de FBN es afectado (de Freitas *et al.*, 2022; Lumactud *et al.*, 2023). El mejor inoculado logró una ventaja con el fertilizado de 206 kg/ha. Por último, en el ciclo 2022/23 los Inoculantes 1, Inoculante 2 y Urea, sin diferencias entre sí, lograron rendimientos superiores al testigo, aun con baja productividad general (figura 2.D). La diferencia absoluta entre urea e Inoculante 1 fue de 116 kg/ha.

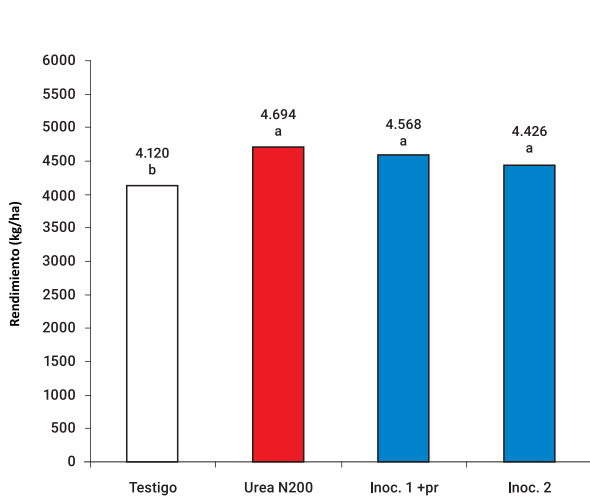


Figura 2. A

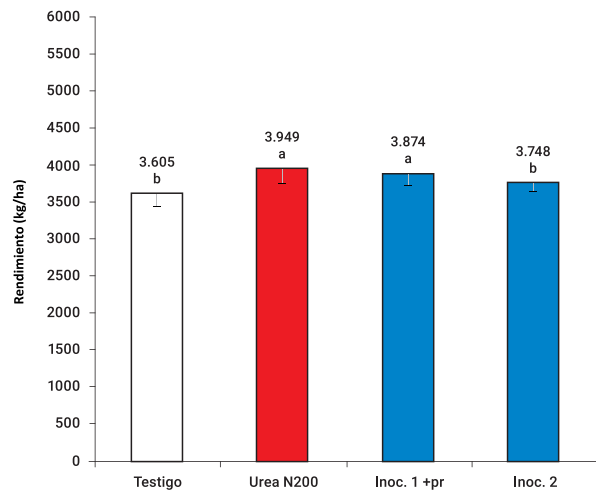


Figura 2. B

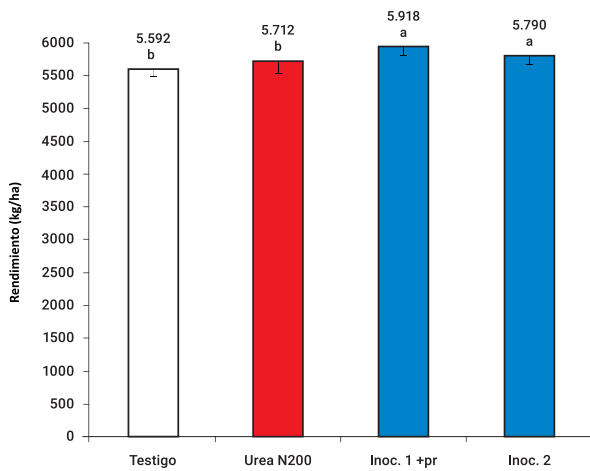


Figura 2. C

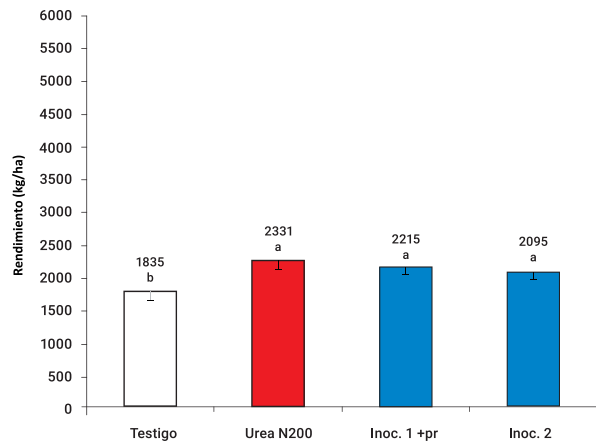


Figura 2. D

Figura 2: Producción media de soja (kg/ha) según tratamientos de nutrición nitrogenada mediante el uso de inoculantes y fertilizantes químicos. Campañas 2019/20 (**2.A**), 2020/11 (**2.B**), 2021/22 (**2.C**) y 2022/23 (**2.D**). Dentro de cada año, letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (DGC a=0,05 en 2019/20, 2020/21 y 2022/23 y DGC a=0,10 en 2021/22).

Conclusiones

La conclusión del trabajo fue que la fertilización química perjudicó la nodulación, mientras que la inoculación la mejoró. El rendimiento relativo entre fertilización y tratamientos biológicos estuvo relacionado con los rendimientos y la calidad del sitio. La inoculación prevaleció en el mejor ciclo productivo.

La fertilización química no perjudicó los rendimientos, pero no encuentra una justificación económica.

Bibliografía

Almeida, L. F. A.; Correndo, A.; Ross, J.; Licht, M.; Casteel, S.; Singh, M.; ... & Ciampitti, I. A. 2023. *Soybean yield response to nitrogen and sulfur fertilization in the United States: contribution of soil N and N fixation processes*. En: *European Journal of Agronomy* 145: 126791.

Ciampitti, I. A.; de Borja Reis, A.; Córdova, S. C.; Castellano, M. J.; Archontoulis, S. V.; Correndo, A. A.; ... & Moro Rosso, L. H. 2021. *Revisiting biological nitrogen fixation dynamics in soybeans*. En: *Frontiers in plant science* 12: 727021.

De Freitas, V. F.; Cerezini, P.; Hungria, M.; Nogueira, M. A. 2022. *Strategies to deal with drought-stress in biological nitrogen fixation in soybean*. En: *Applied Soil Ecology* 172: 104352.

Lumactud, R.A.; Dollete, D.; Liyanage, D. K.; Szczyglowski, K.; Hill, B.; Thilakarathna, M. S. 2023. *The effect of drought stress on nodulation, plant growth, and nitrogen fixation in soybean during early plant growth*. En: *Journal of Agronomy and Crop Science* 209(3): 345-354.

Zilli, J. É.; Pacheco, R. S.; Gianluppi, V.; Smiderle, O. J.; Urquiaga, S.; Hungria, M. 2021. *Biological N₂ fixation and yield performance of soybean inoculated with Bradyrhizobium*. En: *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 119(3): 323-336.