



XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Suelos... Huellas del pasado, desafíos del futuro

San Fernando del Valle de Catamarca,
Prov. de Catamarca, Argentina
21 al 24 de mayo de 2024



LIBERACIÓN DE AZUFRE DESDE LA VICIA Y SU INCIDENCIA SOBRE EL CULTIVO DE SOJA SUCESOR

Rodríguez, M.P.^{1,2*}, Crespo, C.¹, Carciochi, W.D.¹, Sainz Rozas, H.R.^{1,2}, Barbieri, P.^{1,2}

¹Unidad Integrada Balcarce INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta Nacional 226 km 73,5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina; ²CONICET.

rodr.mariapia@gmail.com

RESUMEN: Los cultivos de cobertura (CC) pueden acumular azufre (S) en su biomasa, de este modo, evitar pérdidas por lixiviación en el período invernal y contribuir al reciclaje del nutriente. El objetivo de este trabajo fue analizar la acumulación de S en la materia seca (MS) aérea de vicia (*Vicia villosa* Roth.), cuantificar la liberación de S desde los residuos de vicia durante el ciclo de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] y, analizar la disponibilidad de S-SO₄⁻² a la siembra y cosecha de soja. La secuencia estudiada fue vicia/soja. Se realizó un experimento durante dos campañas en el sudeste bonaerense (SEB). Se evaluó, en vicia, la combinación de dos fechas de siembra: temprana (S1) y tardía (S2) y dos fechas de terminación: temprana (TE) y tardía (TA); y un barbecho (sin vicia). En soja, se evaluó la fertilización azufrada con dos tratamientos: 20S (20 kg ha⁻¹) y 0S (sin fertilizante). La MS de vicia se midió al momento de la terminación. Se cuantificó la liberación de S desde los residuos de vicia. Se determinó el contenido de S-SO₄⁻² del suelo. La mayor acumulación de S en vicia ocurrió en S1-TA (6 a 15 kg S ha⁻¹). En general, el aporte de S de vicia en V6 de soja, osciló entre 60-70% del S total acumulado en vicia. A la cosecha de soja, el S-SO₄⁻² fue mayor en el barbecho, S2-TE y S2-TA (29,5 kg ha⁻¹), en comparación con S1-TE y S1-TA (13 kg ha⁻¹). El rendimiento de soja no difirió entre fechas de siembra-terminación de vicia mientras que la concentración de S en grano fue levemente superior en S1-TE y S1-TA. Este estudio presenta nuevos hallazgos respecto al manejo de vicia en el SEB, la acumulación de S en vicia y la dinámica de liberación de S en los sistemas agrícolas.

PALABRAS CLAVE: Sulfato, *Vicia villosa* Roth., cultivo de servicio

INTRODUCCION

En la Región Pampeana, la falta de rotaciones planificadas, sin alternancia de pasturas, han ocasionado la reducción del aporte de residuos vegetales y una mayor extracción de nutrientes al suelo. Esto ha producido disminuciones en los niveles de materia orgánica (MO) y aumentos en las deficiencias de azufre (S) (Sainz Rozas *et al.*, 2019). En el sudeste bonaerense (SEB) se han observado respuestas a la fertilización azufrada en soja [*Glycine max* (L.) Merrill] (Divito *et al.*, 2013). La demanda de fertilizantes azufrados continuará en aumento si no se incorporan estrategias para evitar las reducciones en la MO y S del suelo. Los cultivos de cobertura (CC) pueden acumular S en su biomasa y evitar potenciales pérdidas por lixiviación en el período invernal (Forján *et al.*, 2012). La vicia (*Vicia villosa* Roth.) como CC acumula, en promedio, 2,5 kg S por Mg de biomasa (Carciochi *et al.*, 2021), provenientes principalmente de la absorción de SO₄⁻² del suelo (Couëdel *et al.*, 2018). La vicia posee una relación C/S inferior a 200 que favorece la mineralización de S de los residuos y liberación de S-SO₄⁻² en el suelo, contribuyendo al reciclaje del nutriente y a la disponibilidad para cultivos sucesores (Eriksen, 2009). La fecha de siembra y de terminación del CC condicionan la acumulación de MS y S en la biomasa. Ciclos de crecimiento largos en vicia, es decir, fechas de siembra tempranas y terminaciones tardías, logran acumular más S en la biomasa de vicia

Organizado por:



AACCS
ASOCIACIÓN ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO



UNCA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA



FCA



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

respecto a siembras tardías y terminaciones tempranas. Además, es esperable que atrasos en la terminación de la vicia produzcan una liberación de S desde los residuos en etapas avanzadas del cultivo de soja y puedan coincidir con estadios de mayor demanda de S (vegetativo avanzado y llenado de granos en soja, Bender *et al.*, 2015). Sin embargo, existen escasos trabajos sobre fechas de siembra y terminación de vicia y la liberación de S desde sus residuos en el SEB. El objetivo de este trabajo fue analizar la acumulación de S en la MS aérea de vicia ante dos fechas de siembra y dos fechas de terminación, cuantificar la liberación de S desde los residuos de vicia durante el ciclo de soja y, analizar la disponibilidad de S-SO_4^{2-} a la siembra y a la cosecha de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento a campo en dos campañas (2019/2020 y 2020/2021), situados en el SEB (37°45'42"S, 58°18'13"O) sobre suelos Argiudoles típicos con textura franca. La secuencia de cultivos estudiada fue vicia/soja. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. Se evaluaron, como parcela principal, la combinación de dos fechas de siembra y dos fechas de terminación de vicia: siembra temprana (S1), siembra tardía (S2), terminación temprana (TE) y terminación tardía (TA) y un barbecho sin vicia, conformando cinco tratamientos de siembra-terminación: S1-TE, S1-TA, S2-TE, S2-TA y barbecho. Como subparcela se evaluó la fertilización azufrada en soja con dos dosis: 20S (20 kg S ha⁻¹) y 0S (sin fertilizante). Las fechas de siembra y terminación de vicia se detallan en la Tabla 1. El suelo presentó, previo a la siembra de vicia, un contenido de materia orgánica (MO) de 49,1 g kg⁻¹, pH de 5,6, P-Bray de 25,5 mg kg⁻¹, N incubado anaeróbicamente (Nan) de 65,3 mg kg⁻¹, y densidad aparente (DAP) de 1,2 Mg m⁻³, medidos a 0,2 m de profundidad. El contenido de N-NO₃⁻ en el suelo fue de 54,3 kg ha⁻¹ y el de S-SO_4^{2-} de 25,2 kg ha⁻¹ a 0,6 m de profundidad.

El cultivar de vicia fue Ascasubi INTA (35 kg ha⁻¹), las semillas se inocularon con *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* antes de la siembra. Previo a la terminación de vicia, se muestreó la MS aérea. La vicia se terminó mediante la aplicación de glifosato [N-(fosfonometil)glicina] a una dosis de 2,40 kg i.a. ha⁻¹. Las muestras de MS fueron analizadas para determinar la concentración de S total. Se calculó el Tiempo térmico acumulado en grados día (°Cd) entre las fechas de siembra y terminación de vicia, donde Tiempo térmico (°Cd) = $\sum [(T_{\text{max}} + T_{\text{min}}) / 2] - T_b$, T_{max} y T_{min} corresponden a las temperaturas máximas y mínimas diarias y T_b a la temperatura base de crecimiento ($T_b = 1,9$ °C para la vicia, Iannucci *et al.*, 2008).

Para la cuantificar la descomposición de residuos y liberación de S se empleó la técnica de la bolsa de malla de red (Kumar, 2000). Dentro de cada bolsa se colocaron 200 g de materia verde (MV) de residuo de vicia. Una submuestra de cada tratamiento se secó en estufa a 60°C para determinar el % de humedad. Las bolsas con los residuos se ubicaron en las subparcelas que corresponden al tratamiento de soja sin fertilizar (0S), sobre la superficie del suelo. En cada momento de terminación, se colocaron seis bolsas por parcela, las que fueron retiradas en seis momentos durante el ciclo de soja: pre-siembra (PRE-S), siembra (S), segundo nudo (V2), sexto nudo (V6), vaina completamente desarrollada (R4) e inicio de maduración (R7). En cada fecha de muestreo el residuo fue secado en estufa a 60°C y pesado. Luego se molió y se les determinó el contenido de cenizas por calcinación de la muestra en horno de mufla a 550°C durante 15 h y se determinó la MS remanente.

La soja se sembró en la segunda quincena de noviembre (DM3810) en ambas campañas, se aplicó fertilizante fosforado a la siembra como superfosfato triple (0-46-0) al voleo, considerando la extracción de los cultivos (25 kg P ha⁻¹). La semilla de soja fue inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* antes de la siembra. La cosecha se realizó en R8 y se ajustó el contenido de humedad a 13,5 g 100g⁻¹. Se determinó la concentración de S total en granos. A la siembra y cosecha de soja se tomaron muestras de suelo para determinar la concentración de S-SO_4^{2-} a 0,6 m de profundidad.

Los experimentos se mantuvieron libre de malezas, insectos y enfermedades, se realizaron bajo condiciones de siembra directa y en seco. Los datos meteorológicos se obtuvieron de la estación meteorológica más cercana ubicada a menos de 1 km de los experimentos.

Para analizar la dinámica de descomposición de MS y de liberación de S desde los residuos se ajustaron modelos exponenciales simples ($Y=Y_0e^{-kt}$) utilizando el software R (R core team, 2023), donde "Y" representa la cantidad de residuo o nutriente remanente luego de un periodo de tiempo "t", " Y_0 " es la cantidad inicial de residuo o nutriente y " k " es la tasa constante de descomposición o liberación del nutriente. Los modelos se ajustaron para cada fecha de siembra-terminación de vicia. Para poder comparar los resultados con otras experiencias y hacer que los mismos sean independientes de las condiciones de humedad y temperatura, la variable tiempo (t) se expresó en días de descomposición (DDD). Se realizaron análisis de varianza para evaluar diferencias entre las constantes y entre los interceptos de los modelos. Cuando las diferencias entre medias fueron significativas se empleó el test HSD de Tukey con un alfa = 0,05. Se analizó el efecto de las fechas de siembra-terminación de vicia sobre la MS de vicia, acumulación de S en la biomasa, disponibilidad de $S-SO_4^{-2}$ en el suelo. Además, se analizó el efecto de la siembra-terminación de vicia y fertilización azufrada en soja (20S y 0S) sobre el rendimiento, concentración y contenido de S en soja mediante el test de análisis de la varianza (ANOVA) (R Core Team, 2023). Cuando las diferencias entre medias fueron significativas se empleó el test HSD de Tukey con un alfa = 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSION

La acumulación de MS aérea de vicia fue superior en la fecha de siembra temprana (S1) y terminación tardía (TA) en ambas campañas (Tabla 1). Por el contrario, la siembra tardía (S2) y terminación temprana (TE) presentaron la menor acumulación de MS aérea. La concentración de S en la biomasa de vicia se mantuvo constante con una media de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ en todas las combinaciones de fecha de siembra y terminación (Tabla 1). El contenido de S en vicia fue de 7 kg ha^{-1} en promedio, en concordancia con lo observado por Carciochi *et al.* (2021).

Tabla 1. Fechas de siembra y de terminación de vicia durante las campañas 2019/2020 y 2020/2021 en el sudeste bonaerense. El tiempo térmico acumulado ($^{\circ}\text{C d}$) fue calculado para el período en días entre la siembra y la terminación de vicia ($T_b = 1,9^{\circ}\text{C}$ para vicia). La materia seca de vicia (Mg ha^{-1}) y su concentración de S (g kg^{-1}) se muestran como media $\pm$ error estándar. Para cada campaña, letras idénticas indican diferencias no significativas entre tratamientos de siembra-terminación de vicia (prueba de Tukey, alfa = 0,05).

Campaña	Fecha de siembra	Fecha de terminación	Siembra-Terminación	$^{\circ}\text{C d}$	Materia Seca (Mg ha^{-1})	Concentración de S (g kg^{-1})
2019/2020	27 Mar	16 Oct	S1-TE	1912	$4,13 \pm 0,18 \text{ a}$	$1,38 \pm 0,09 \text{ a}$
	27 Mar	12 Nov	S1-TA	2261	$4,13 \pm 0,13 \text{ a}$	$1,37 \pm 0,12 \text{ a}$
	30 Abr	16 Oct	S2-TE	1439	$1,43 \pm 0,09 \text{ c}$	$1,42 \pm 0,09 \text{ a}$
	30 Abr	12 Nov	S2-TA	1777	$3,06 \pm 0,20 \text{ b}$	$1,40 \pm 0,06 \text{ a}$
2020/2021	16 Mar	13 Oct	S1-TE	1977	$4,36 \pm 0,19 \text{ b}$	$1,73 \pm 0,05 \text{ a}$
	16 Mar	9 Nov	S1-TA	2346	$7,73 \pm 0,32 \text{ a}$	$1,67 \pm 0,09 \text{ a}$
	13 May	13 Oct	S2-TE	1185	$1,27 \pm 0,07 \text{ c}$	$1,46 \pm 0,14 \text{ a}$
	13 May	9 Nov	S2-TA	1554	$3,87 \pm 0,33 \text{ b}$	$1,72 \pm 0,11 \text{ a}$

La vicia liberó mayor cantidad de S desde los residuos en la siembra temprana y terminación tardía (S1-TA) (Figura 1). La liberación de S fue de 6 kg S ha^{-1} en promedio durante el ciclo de soja para S1-TA (Figura 1b). La menor liberación ocurrió en S2-TE con 1 kg S ha^{-1} (Figura 1c). Mientras que para S1-TE y S2-TA los valores de liberación de S oscilaron entre 5 y 3 kg S ha^{-1} , respectivamente (Figura 1a, 1d). La mayor contribución de S se evidenció en las etapas vegetativas de soja. En el estadio V6 del cultivo de soja, el aporte de S desde los residuos de vicia osciló entre 60 a 70% del S total acumulado. Esta dinámica de liberación es similar a la

observada en el SEB para N (Carciochi *et al.*, 2020). No obstante, la cantidad de N acumulada en vicia es diez veces superior a la cantidad de S acumulada (Eliceche, 2019).

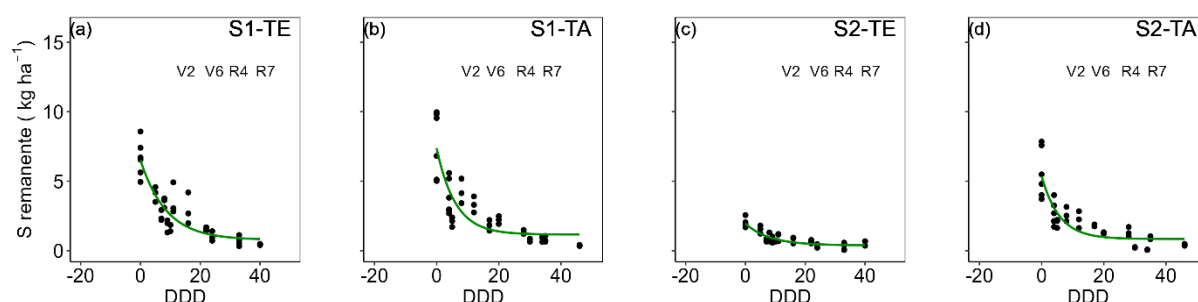


Figura 1. Evolución del azufre (S) remanente en los residuos de vicia (kg ha^{-1}) en función de los días de descomposición (DDD). Se presentan cuatro combinaciones de fechas de siembra y terminación de vicia como antecesor: S1-TE (a), S1-TA (b), S2-TE (c) y S2-TA (d). Donde S1= siembra temprana, S2= siembra tardía, TE= terminación temprana y TA= terminación tardía. Se muestran las etapas fenológicas correspondiente a soja en: segundo nudo (V2), sexto nudo (V6), vaina llena (R4) e inicio de madurez (R7). La línea continua en cada panel representa el modelo de decaimiento exponencial ajustado. Se presentan datos correspondientes a dos campañas en el sudeste bonaerense.

Al igual que el S acumulado en la MS aérea de vicia, el intercepto del modelo de decaimiento exponencial fue superior en S1-TA, mientras que S2-TE tuvo el menor valor (Tabla 2). Las k obtenidas en el presente trabajo son superiores que las evidenciadas por Carciochi *et al.* (2020) para el CC de trigo en el SEB. Esto se relaciona con la calidad de los residuos, es decir la relación C/S, que en trigo es superior a 400 y genera una lenta descomposición y liberación de S, al compararlo con los residuos de vicia (Singh *et al.*, 2021).

Tabla 2. Parámetros correspondientes a las funciones de decaimiento exponencial ajustadas para el azufre (S) remanente en los residuos de vicia durante el ciclo de soja, en durante campañas en el sudeste bonaerense. Se presentan cuatro combinaciones de fechas de siembra y terminación de vicia: S1-TE, S1-TA, S2-TE y S2-TA. Donde S1= siembra temprana, S2= siembra tardía, TE= terminación temprana y TA= terminación tardía. Letras idénticas indican diferencias no significativas entre tratamientos de siembra-terminación (prueba de Tukey, $\alpha = 0,05$). EE= error estándar.

Siembra-Terminación	S inicial Intercepto (Y_0)	EE (Y_0)	Tasa de descomposición (k)	EE (k)	gl	R^2
S1-TE	6,26 b	0,36	0,081 b	0,001	40	0,79
S1-TA	7,75 a	0,66	0,102 a	0,019	40	0,65
S2-TE	1,82 d	0,13	0,066 bc	0,008	40	0,72
S2-TA	4,81 c	0,35	0,080 ab	0,013	40	0,71

El contenido de S-SO_4^{2-} en el suelo a la siembra de soja varió entre 11 y 26 kg S ha^{-1} y no presentó diferencias entre los tratamientos de siembra y terminación de vicia (Figura 2a). A la cosecha de soja, el S-SO_4^{2-} fue mayor en el barbecho y en la siembra tardía de vicia, en comparación con la fecha de siembra temprana de vicia (Figura 2b). Investigaciones previas señalaron incrementos en la disponibilidad de S-SO_4^{2-} a la siembra del cultivo de soja (Carciochi *et al.*, 2021). Esto puede atribuirse a terminaciones de vicia en fechas más

tempranas que las observadas en el presente trabajo, lo que resulta en una liberación de S anticipada y un aumento en la disponibilidad de S a la siembra del cultivo estival.

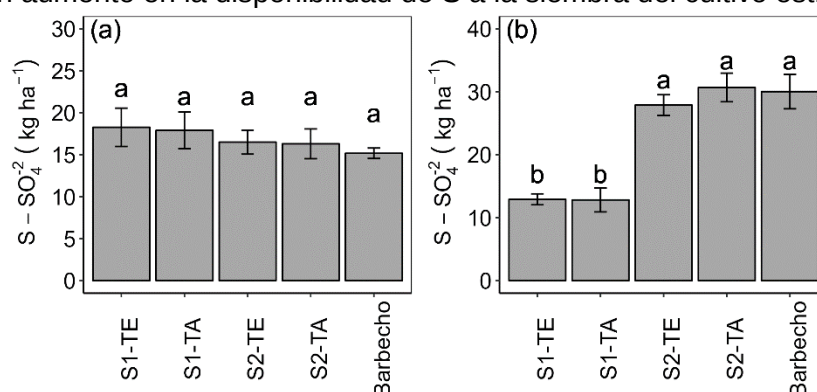


Figura 2. Disponibilidad de S-SO₄²⁻ en el suelo (kg ha⁻¹) en dos momentos: siembra (a) y cosecha (b) de soja a una profundidad de 0,6 m. Se presentan cuatro combinaciones de fechas de siembra y terminación de vicia como antecesor: S1-TE, S1-TA, S2-TE, S2-TA y Barbecho, como control sin vicia. Donde S1= siembra temprana, S2= siembra tardía, TE= terminación temprana y TA= terminación tardía. Las barras muestran la media ± error estándar. Para cada momento, letras idénticas indican diferencias no significativas entre tratamientos de siembra-terminación (prueba de Tukey, alfa = 0,05).

No se observó una interacción entre los tratamientos de siembra y terminación de vicia y la fertilización con S en soja al analizar el rendimiento, la concentración y el contenido de S en el grano de soja (Tabla 3). El rendimiento de soja no mostró diferencias entre fechas de siembra y de terminación de vicia y no hubo respuestas en rendimiento a la dosis de S aplicada (Tabla 3). Sin embargo, S1-TE y S1-TA mostraron una concentración de S en el grano superior al resto de los tratamientos (Tabla 3). Esto puede relacionarse, en parte, con la menor disponibilidad de S-SO₄²⁻ en el suelo observada a la cosecha de soja en dichos tratamientos. Además, estos hallazgos señalan la necesidad de reponer el S extraído en el grano de soja a cosecha, mediante la aplicación de fertilizantes azufrados con el objetivo de evitar posibles deficiencias en el suelo en el largo plazo. Asimismo, se debe considerar que, si bien los rendimientos de soja no fueron afectados por la vicia en el presente estudio, el aporte de N desde los residuos de vicia podría inhibir el proceso de FBN en soja.

Tabla 3. Rendimiento (Mg ha⁻¹), concentración de S (g kg⁻¹) y contenido de S (kg ha⁻¹) en el grano de soja, bajo combinaciones de siembra y terminación de vicia como antecesor: siembra temprana (S1) y tardía (S2), terminación temprana (TE) y tardía (TA), y barbecho; y dos dosis de fertilización en soja: 20 kg S ha⁻¹ (20) y 0 kg S ha⁻¹ (0). Los experimentos se realizaron en el sudeste bonaerense. Letras idénticas indican diferencias no significativas entre siembra-terminación de vicia y entre dosis de fertilización azufrada (prueba de Tukey, alfa = 0,05).

Siembra-Terminación	Rendimiento (Mg ha ⁻¹)	S (g kg ⁻¹)	S (kg ha ⁻¹)
Promedio tratamientos de vicia			
S1-TE	3,14 a	2,93 a	9,49 a
S1-TA	3,22 a	2,78 a	9,33 a
S2-TE	3,48 a	2,45 a	8,41 a
S2-TA	3,02 a	2,21 a	6,70 a
Barbecho	2,97 a	2,16 a	6,52 a
Promedio Fertilización con S			

0	3,15 a	2,50 a	8,01 a
20	3,19 a	2,51 a	8,16 a

CONCLUSIONES

Este estudio presenta nuevos hallazgos respecto al manejo de vicia en el SEB, la acumulación de S en la MS aérea de vicia y la dinámica de liberación de S en una secuencia agrícola. La acumulación de S en la MS aérea de vicia difirió según el largo del ciclo de vicia, siendo mayor en ciclos largos (siembra temprana y terminación tardía, S1-TA). Del mismo modo, el ciclo largo (S1-TA) liberó una mayor cantidad de S durante el ciclo de crecimiento de soja. La tasa de descomposición también presentó diferencias entre fechas de siembra-terminación de vicia ($S1-TA \geq S1-TE \geq S2-TA \geq S2-TE$). La disponibilidad de S en el suelo no difirió a la siembra de soja entre fechas de siembra-terminación de vicia, pero si se observó un leve incremento en la concentración de S en granos de soja. Estos hallazgos destacan la importancia del CC vicia en la acumulación de S durante el periodo invernal y el reciclaje de S desde sus residuos en los sistemas agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

El financiamiento para este trabajo fue otorgado por FONCyT PICT 2016-910, CONICET, proyecto macrorregional INTA "Intensificación Sostenible de la Agricultura Extensiva en la Región Pampeana" (Código: 2023-PE-L01-I012).

BIBLIOGRAFIA

- Bender, R.R., Haegerle, J.W. & Below, F.E. (2015). Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. *Agronomy Journal*. 107(2): 563-573.
- Carciocchi, W.D., Defferrari, A., Bassi, L., Wyngaard, N., Eyherabide, M., Lapaz, A., Tovar Hernández, S., Rodríguez, M.P., Reussi Calvo, N.I., Sainz Rozas, H. y Barbieri, P. (2020). Momento de terminación del cultivo de cobertura de trigo: liberación de nutrientes durante el ciclo de maíz. *XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Lugar: Corrientes.
- Carciocchi, W.D., Crespo, C., Eliceche, M. & Barbieri, P.A. (2021). Nitrogen and sulfur recycling and diagnostic in cover crop-maize systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), pp.801-812.
- Couëdel, A., Alletto, L. & Justes, É. (2018). Crucifer-legume cover crop mixtures provide effective sulphate catch crop and sulphur green manure services. *Plant and Soil*. 426: 61.
- Divito, G.A., Sainz Rozas, H.R., Echeverría, H.E. & Wyngaard, N. (2013). Long-Term Sulfur Fertilization: Effects on Crops and Residual Effects in a No-Till System of Argentinean Pampas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 44(12): 1800-1813.
- Eliceche, M. (2019). Efecto de cultivos de cobertura sobre la disponibilidad de nitrógeno y azufre en maíz. Tesis de grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 37 p.
- Eriksen, J. (2009). Chapter 2 Soil Sulfur Cycling in Temperate Agricultural Systems. *Advances in Agronomy*. 102(9): 55-89.
- Forján, H.J.; Manso, M.L. y Zamora, M. (2012). Evolución del contenido de materia orgánica en rotaciones agrícolas. *XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mar del Plata.
- Iannucci, A., Terribile, M.R. & Martiniello, P. (2008). Effects of temperature and photoperiod on flowering time of forage legumes in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 106(2):156-162.
- Kumar, K. & Goh, K.M. (1999). Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. In: *Advances in agronomy*. 68: 197-319.
- R Core Team. (2023). R: The R Project for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Singh, S., Sharma, P.K., Singh, S. & Kumar, A. (2021). Addition of crop residues with different C: N ratios on the release pattern of available nitrogen and sulfur in different soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(22), pp.2912-2920.
- Sainz Rozas, H.R., Eyherabide, M., Larrea, G., Martínez Cuesta, N., Angelini, H., Reussi Calvo, N. y Wyngaard, N. (2019). Relevamiento y determinación de propiedades químicas

en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. *Simposio Fertilidad 2019*. Rosario, Argentina. pp. 141-158