



# 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



## Cultivos de cobertura y compost como herramientas agroecológicas: efecto en la comunidad microbiana y propiedades del suelo

Ortiz, J.<sup>1</sup>, Faggioli, V.S.<sup>1</sup>, Baigorria, T.<sup>1</sup>, Pegoraro, V.R.<sup>1</sup>, Maury, M.<sup>1</sup>, Aimetta, M. B.<sup>1</sup>, Lorenzon, C. A.<sup>1</sup>, Belluccini, P.A.<sup>1</sup>, Gudelj, O.<sup>1</sup>, Gabbarini, L.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> EEA INTA Marcos Juárez; <sup>2</sup> Universidad Nacional de Hurlingham.

\* Ruta Provincial 12, km 3, (2580) Marcos Juárez, Prov. De Córdoba; [ortiz.jimena@inta.gob.ar](mailto:ortiz.jimena@inta.gob.ar).

**RESUMEN:** Los cultivos de cobertura (CC) y compost pueden ser buenas herramientas para la producción agroecológica. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de cultivo de cobertura y compost como prácticas agroecológicas y su potencialidad para mantener la fertilidad y salud del suelo. Se evaluaron cuatro tratamientos: CC con compost (CC-F), CC sin compost (CC-SF), sin CC con compost (SCC-F) y sin CC sin compost (SCC-SF), sobre una rotación soja-maíz-soja-trigo/soja, en un diseño en bloques completos con tres repeticiones. Se recolectaron muestras de suelo (0-10 cm) para determinaciones físicas, químicas y microbiológicas. Sobre las propiedades edáficas, el compost incrementó la estabilidad de agregados, COS y CE, mientras que, el CC disminuyó el pH ( $p < 0,05$ ). A su vez, incrementó la actividad enzimática de N-acetil glutaminasa ( $p < 0,05$ ). Mientras que, F aumentó las enzimas cellobiohidrolasa, acetilesterasa y fosfatasas ( $p < 0,05$ ). En cuanto a la comunidad microbiana, los CC y F presentaron mayor biomasa microbiana ( $p < 0,05$ ), eficiencia metabólica ( $p < 0,01$ ), diversidad y riqueza de especies bacterianas. En la estructura de la comunidad, se observó efecto únicamente del CC (Permanova,  $p < 0,05$ ). Se concluye que la combinación de CC más compost resultó ser la práctica más indicada para incrementar la fertilidad y la funcionalidad microbiana del suelo a través de los parámetros evaluados en el sistema en estudio.

**PALABRAS CLAVE:** Actividad enzimática, Actividad biológica, bacterias.

### INTRODUCCION

La producción actual de cultivos extensivos en Argentina se desarrolla con escasa rotación, siendo los principales cultivos soja (*Glicine Max L.*), maíz (*Zea mays L.*) y trigo (*Triticum aestivum L.*). De las 35 millones de hectáreas destinadas a la agricultura, el cultivo de soja ocupa 12 millones, seguida por el cultivo de maíz con 6,9 millones y trigo con 4,4 millones de hectáreas sembradas (campaña 2021/22) (MAGyP, 2022). Estos sistemas de producción presentan altos rendimientos de grano comparado a las producciones orgánicas u agroecológicas. Sin embargo, tienen un alto uso de insumos y pueden generar degradación en la salud y calidad de los suelos (Sainz Rozas et al., 2019). Sistemas alternativos están siendo desarrollados, como los sistemas agroecológicos, los cuales utilizan recursos orgánicos renovables para generar materia orgánica en el suelo (MOS) y mejorar la calidad edáfica. El aumento de la diversidad de cultivos en la rotación, la inclusión de cultivos de cobertura (CC), el reciclado de nutrientes para mejorar la calidad del suelo, se han identificado como alternativas viables para la producción de cultivos extensivos.

Los CC son cultivos sin fines comerciales que se siembran entre dos cultivos de cosecha y presentan diversos beneficios, como supresión de malezas (Baigorria et al., 2019), aumento de la actividad microbiana (Chavarría et al., 2016; Frasier et al., 2016), captura en biomasa de nutrientes y luego liberación de los mismos (Beltram et al., 2022). Otra práctica utilizada desde la antigüedad es el uso de estiércoles y compost como fuentes de carbono orgánico

Organizado por:



(CO) y nutrientes (Tiquia et al., 2000; McAndrews et al., 2006), para aumentar el COS y mejorar la calidad del suelo (Wright et al., 1998). Diversos autores han reportado incrementos en el COS y sus fracciones en el horizonte superficial ((Pegoraro et al., 2019) Morales et al., 2016; Pegoraro et al., 2019). También, pueden modificar la actividad biológica (Morales et al., 2016; (Heisey et al., 2022), mejorar los contenidos de nutrientes, las propiedades físicas (Armstrong et al., 2007a) y la producción de diferentes cultivos (Loecke et al., 2004; Armstrong et al., 2007b; Giacomini y Aita., 2008; Pegoraro et al., 2019). Sin embargo, estos cambios están relacionados con la composición del compost, la frecuencia y la cantidad de aplicación. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue: evaluar el impacto de cultivo de cobertura y compost como prácticas agroecológicas y su potencialidad para mantener la fertilidad y salud del suelo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se llevó a cabo en la estación experimental INTA Marcos Juárez, Córdoba (Argentina) (32°42'44.65''S, 62°05'46.07''O). Ubicado sobre un suelo Argiudol típico, serie Marcos Juárez Clase I. Es un suelo oscuro, profundo y bien drenado, de lomas casi planas, desarrollado sobre un sedimento loésico de textura franco-limosa. El contenido de COS es de 18,9 g kg<sup>-1</sup>, el de NOS es de 1,8 g kg<sup>-1</sup> de suelo y el pH de 6,4 (INTA, 1978). La temperatura media anual es de 16,9°C y las precipitaciones medias anuales son de 890 mm (Andreucci et al., 2015). Se utilizó un diseño en bloques completos, aleatorizados con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: CC con F (CC-F), CC sin F (CC-SF), sin CC con F (SC-F) y sin CC sin F (SCC-SF). Los tratamientos se evaluaron sobre una secuencia de cultivos de soja-maíz-soja- trigo/soja durante las campañas 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019. Cada unidad experimental estuvo compuesta por una parcela de 60 m<sup>2</sup>. Los CC utilizados fueron en el primer año Triticale (Triticosecale), segundo año vicia (vicia villosa Roth y tercer año CC multiespecies. Las aplicaciones de compost se realizaron superficialmente previo a la siembra de los cultivos gramíneas, a una dosis equivalente a 20 tn ha<sup>-1</sup>. En este experimento no se realizaron controles químicos de malezas ni insectos, las malezas se controlaron mecánicamente por medio de cultivador de reja plana con una profundidad de labor de 2 cm. Este implemento se utilizó en los tratamientos SCC en las épocas invernales, y en todos los tratamientos en postemergencia del cultivo de soja. No se utilizó en los tratamientos con CC en maíz. Los CC se terminaron de manera mecánica a través de rolo.

El muestreo se realizó en noviembre de 2019, se recolectaron muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad con barreno de 2,5 cm de diámetro. Las muestras fueron tamizadas en húmedo a 2 mm y se conservaron según las determinaciones, una fracción se secó a T ° ambiente para las determinaciones químicas, otra fracción se conservó a 4°C para actividad microbiana y otra fracción se conservó a -20 ° C para la extracción de ADN genómico. Se realizaron las siguientes determinaciones: Químicas: Carbono orgánico del suelo (COS) (Walkley & Black, 1934); fósforo extractable (Pe) según Bray y Kurtz (IRAM, 29570-1, 2010), 2010); nitrógeno total (NT) por microdestilación; pH (IRAM, 1999); conductividad eléctrica (Ce) (Rhoades, 1996). Biológicas: se analizó actividad de enzimas del ciclo de C: Celobiohidrolasa (CBH), β-glucosidasa (BG), acetiltransferasa (ACE); del ciclo de N: quitinasa o N- acetil-b-glucosamina (NAG); del ciclo de P: fosfatasa ácida (FA); y del ciclo de S: arilsulfatasa (SUL) (Truong et al., 2019). Respiración microbiana (RM) se estimó mediante incubación durante estudió mediante secuenciación Illumina Miseq a partir de ADN genómico extraído con kit MOBIO. Para el análisis estadístico utilizó el programa INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2020) y software R.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Indicadores físico-químicos**

Las propiedades físico-químicas medidas se observan en la Tabla 1. Luego de tres y cuatro años de inclusión de CC y F, dichas prácticas tuvieron efecto en cuatro de los seis parámetros medidos. Se encontró un incremento del 24% en el contenido de COS, mejor estabilidad de agregados y mayor CE con el agregado de compost porcino (p<0,05). Mientras que, la utilización de CC disminuyó el pH del suelo (p<0,05), y se observó un incremento del 9 % en

los contenidos de COS, pero sin diferencias significativas ( $p>0,05$ ). El NT y Pe no presentaron cambios con las prácticas empleadas, en el periodo evaluado ( $p>0,05$ ).

El compost tiene un mayor efecto en el carbono orgánico del suelo (Tabla 1), esto puede deberse a la naturaleza de la composición del residuo (Leifeld et al., 2002; Zhang et al., 2020). Leifeld et al., (2002) reportaron que la incorporación de compost incrementa los contenidos de lignina, un componente más recalcitrante. Mientras que el CC aporta a la fracción lábil del COS (Tabla 1), lo que puede sugerir que el CC tiene un mayor potencial para incrementar los nutrientes disponibles para los cultivos. Similares resultados fueron reportados por White et al., (2020) al evaluar la utilización de CC y compost en un sistema orgánico. La CE se incrementó con la aplicación de compost porcino ( $p\leq 0,05$ ). Varios autores (Liu et al., 1998; Plaza et al., 2004; Hernández García, 2006; Pegoraro et al., 2014) evidenciaron que la CE aumenta con el agregado de efluentes y residuos sólidos porcino, lo cual puede atribuirse a la adición de sales que proceden de la dieta de los cerdos (Saviozzi et al., 1997).

La estabilidad de agregados medida a través del CDMP presentó valores entre 0,89 y 1,09 mm (Tabla 3), clasificándose en un rango de buena estabilidad de agregados (Barbaro et al., 2017; Palma, 1998). Un suelo con buena estabilidad de agregados favorece la entrada de agua en el perfil y su almacenamiento (CITA). En este estudio el CDMP fue modificado solo con el agregado de compost (Tabla 3). Similares resultados fueron reportados por Zhang et al. (2022) y Obalum et al. (2019) quienes encontraron efectos en la estabilidad de agregados con la adición de 6 y 5 tn de compost a los 2 y 2,5 años de iniciado el experimento, respectivamente. A su vez, Gudelj et al., (2020) y Pochetino et al. (2014) sobre el mismo tipo de suelo estudiado (Argiudol típico) reportaron mejoras en la estabilidad de agregados al incorporar CC invernales gramíneas en una rotación soja-maíz y en una rotación maíz-trigo/soja-soja luego de 12 años.

Tabla 1. Valores medios de las variables físico-químicas medidas en los diferentes tratamientos a la profundidad de 0-10 cm.

Tratamientos		COS	COP	COE	NOS	NOP	Pe	pH	CE	CDMP
		[g kg <sup>-1</sup> ]					ppm	[1:2,5]	[dS/cm]	[mm]
CC	CC	18,37	3,11	15,54	12,85	0,2	45,12	6,240b	0,16	1,02
	SCC	16,93	3,24	13,53	13,21	0,23	61,4	6,259a	0,13	0,94
F	C	19,52a	3,21a	16,01	13,63	0,25	66,6	6,31	0,16a	0,91b
	SC	15,78b	3,17b	13,62	12,43	0,19	39,92	6,23	0,13b	1,05a
CCxF										
CC	F	21,06	3,86a	17,25	13,52	0,25	52,6	6,27	0,17	0,94
CC	SF	15,68	2,36c	13,82	12,19	0,16	37,63	6,2	0,15	1,09
SCC	F	17,98	3,11b	14,99	13,74	0,25	80,6	6,34	0,14	0,89
SCC	SF	15,87	3,33b	12,55	12,67	0,21	42,2	6,25	0,11	1,00
CC		ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
F		**	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
CCxF		ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (\*) al 5%, (\*\*) significativas al 1%, ns: no significativo.

### Indicadores microbiológicos

La actividad microbiana general como así también actividades enzimáticas se observa en la Tabla 2. El CC y F tuvieron efecto en el CBM. Tanto la utilización de CC como la F, incrementaron el CBM ( $p>0,05$ ), en un 18% y 28% respectivamente. En cuanto al qCO<sub>2</sub> se observó efecto de la interacción CCxF, el tratamiento SCC-SF fue superior a los demás tratamientos, presentando la menor eficiencia metabólica ( $p<0,05$ ). La RM no presentó diferencias entre tratamientos ( $p<0,05$ ). En los perfiles enzimáticos por su parte se observaron efecto en 5 de las 7 actividades enzimáticas medidas. La enzima NAG correspondiente al ciclo

del N, respondió a la interacción CCxF ( $p < 0,05$ ). Las demás actividades enzimáticas CBH, BG, ACE correspondientes al ciclo del C y FA correspondiente al ciclo del P, respondieron a la F ( $p < 0,05$ ). Siendo un 9, 34, 15 y 13 % mayor su contenido con la aplicación de compost. Las enzimas LEU del ciclo del N y SUL del ciclo del S, no presentaron efecto por la utilización de CC y/o F ( $p > 0,05$ ).

El mayor aporte de C en los tratamientos con compost y CC independientemente de su composición (C recalcitrante o lábil) logro incrementar la biomasa microbiana respecto al tratamiento SCC-SF. Estas prácticas también permitieron una mayor eficiencia metabólica de la comunidad microbiana, esto pudo deberse a la mayor oferta trófica y por ende un incremento en la cantidad y diversidad de microorganismos que estén desempeñando eficientemente diversas funciones (CITA)

Tabla 2. Valores medios de actividad microbiana general y actividades enzimáticas medidas en los diferentes tratamientos a la profundidad de 0-10 cm.

Tratamientos		Ciclo del C			Ciclo del N			Ciclo del P	Ciclo del S		
		CBM [mg g <sup>-1</sup> ]	RM	qCO <sub>2</sub>	CBH	BG	ACE	NAG [nmol g <sup>-1</sup> ]	LEU	FA	SUL
CC	CC	0.71a	0.49	0.69b	1978.05	330.05	2879.01	117.63	285.48	1440.71	12.95
	SCC	0.58b	0.45	0.80a	2110.82	312.08	3317.28	110.39	349.81	1591.82	13.92
F	F	0.75a	0.53	0.70b	2146.31a	385.8	3355.14a	127.09	348.7	1620.96a	14.55
	SF	0.54b	0.41	0.78a	1942.57b	256.33	2841.15b	100.93	286.58	1411.57b	12.32
CCxF	CC	0.79	0.55	0.69b	2213.05	423.96	3295.24	160.74a	320.05	1596.85	14.76
	CC	0.63	0.43	0.68b	1743.05	236.13	2462.78	74.52c	250.9	1284.56	11.13
SCC	F	0.71	0.51	0.71b	2079.56	347.64	3415.05	93.43bc	377.35	1645.06	14.33
SCC	SF	0.44	0.39	0.88a	2142.08	276.52	3219.52	127.34ab	322.26	1538.58	13.51
	CC	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	F	**	ns	**	*	*	*	ns	ns	*	ns
	CCxF	ns	ns	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (\*) al 5%, (\*\*) significativas al 1%, ns: no significativo.

### Comunidad microbiana

La secuenciación del gen 16S generó información inédita a partir de un ensayo donde se aplicaron prácticas de manejo agroecológicas. La alfa y beta diversidad de la comunidad bacteriana respondió mayoritariamente al CC (Figura 1). Al cuantificar la alfa diversidad de bacterias, a través de los índices de Riqueza y Shannon-Wiener (Figura 1) se observó un incremento en el índice de Shannon en los tratamientos con CC y con F, mientras que el tratamiento SCC-SF fue el que presentó la menor alfa diversidad ( $p < 0,05$ ). La composición de la comunidad solo respondió a la utilización de CC (PERMANOVA,  $p < 0,031$ ;  $r^2 = 0,1$ ). La comunidad de bacterias con CC fue diferente a la comunidad de bacterias en los tratamientos SCC. En cuanto a la F no se observaron efectos en la composición de la comunidad bacteriana. No se observó correlación entre la comunidad bacteriana y las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas medidas, a través del análisis enfit. Diversos estudios reportan incrementos en la diversidad y cambios en la composición de la comunidad bacteriana con la utilización de CC (Chavarría et al., 2016; Frasier et al., 2016). Esto nos permite inferir que el CC genera un nicho ecológico diferente probablemente debido a las condiciones dadas al tener raíces vivas por más tiempo en el sistema (Vukicevich et al., 2016). Las raíces liberan compuestos sencillos ricos en azúcares que son un alimento altamente requerido por las bacterias y hongos del suelo (Villarino et al., 2021).

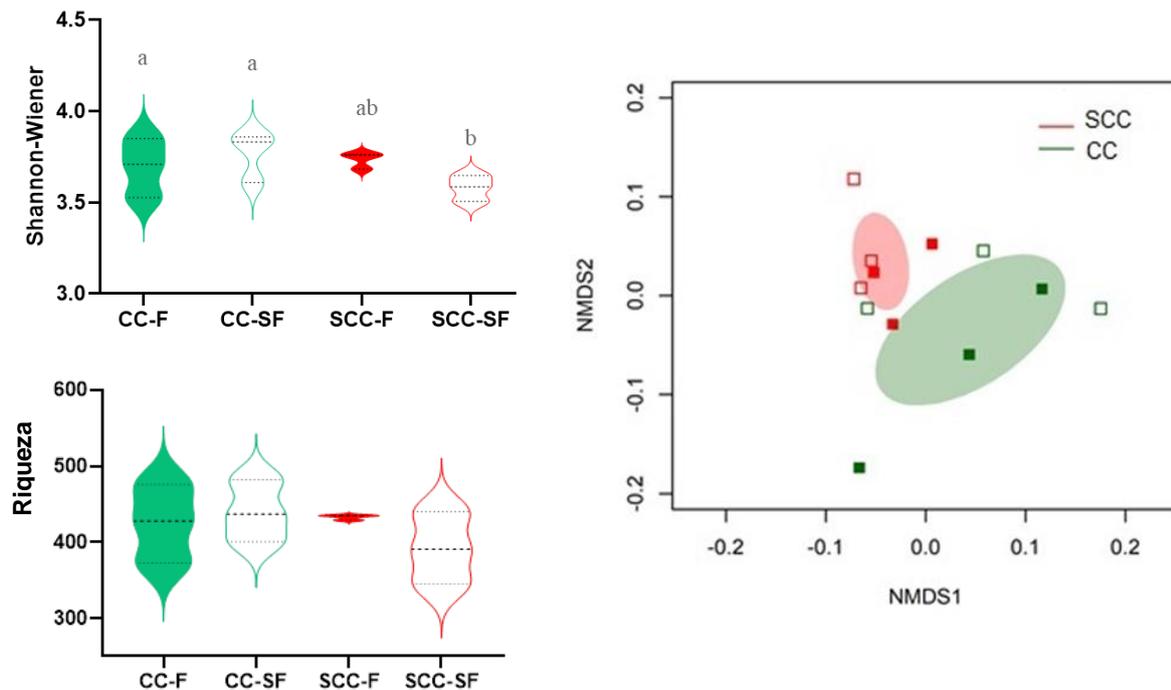


Figura 1. A. Medidas de alfa diversidad de la comunidad de bacterias en los diferentes tratamientos. Los índices medidos fueron: Riqueza (ASVs observadas) y diversidad (Shannon-Wiener). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). B. Composición de la comunidad bacteriana presente en los diferentes tratamientos. Escalamiento multi-dimensional no métrico (NMDS) fue basado en las ASVs abundancias del gen 16S rRNA luego del análisis de secuenciación. Las figuras llenas corresponden a los tratamientos con compost porcino y las figuras vacías a los tratamientos sin compost porcino.

## CONCLUSIONES

La utilización de compost por la naturaleza de su composición más recalcitrante fue más eficiente para incrementar los contenidos de COS, la estabilidad de agregados y perfiles enzimáticos relacionados al ciclo del C y P. Mientras que el CC aporta a la fracción lábil del COS, lo que puede sugerir que el CC tiene un mayor potencial para incrementar los nutrientes disponibles para los cultivos. Por su parte las comunidades microbianas su estructura y composición respondieron principalmente al CC. Los CC generan un nicho ecológico diferente, posiblemente debido a la presencia de raíces vivas en el sistema, estas raíces liberan compuestos simples ricos en azúcares, altamente demandados por las bacterias y hongos del suelo. La combinación de CC más compost resultó ser la práctica más indicada para incrementar la fertilidad y la funcionalidad microbiana del suelo a través de los parámetros evaluados en el sistema en estudio.

## BIBLIOGRAFIA

- Baigorria, T., Alvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Conde, B., Faggioli, V., & Ortiz, J. (2019). Impacto Ambiental Y Rolado De Cultivos De Cobertura En Producción De Soja Bajo Siembra Directa. *Argentina*, 37(2), 355–366.
- Chavarría, D. N., Verdenelli, R. A., Serri, D. L., Restovich, S. B., Andriulo, A. E., Meriles, J. M., & Vargas-Gil, S. (2016). Effect of cover crops on microbial community structure and related enzyme activities and macronutrient availability. *European Journal of Soil Biology*, 76, 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.07.002>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2020). *InfoStat* (2020). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Frasier, I., Noellemeyer, E., Figuerola, E., Erijman, L., Permingeat, H., & Quiroga, A. (2016). High quality residues from cover crops favor changes in microbial community and enhance C and N sequestration. *Global Ecology and Conservation*, 6, 242–256. <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2016.03.009>

- Heisey, S., Ryals, R., Maaz, T. M., & Nguyen, N. H. (2022). A Single Application of Compost Can Leave Lasting Impacts on Soil Microbial Community Structure and Alter Cross-Domain Interaction Networks. *Frontiers in Soil Science*, 2(April), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2022.749212>
- INTA. (1978). Carta de Suelos de la República Argentina. Marcos Juárez. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.*, 86.
- IRAM. (n.d.). 29570-1. *Determinación de fósforo extraíble en suelos. Método Bray Kurtz* .
- IRAM. (1999). *Norma 29410. Determinación del pH*.
- J, R. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Sparks, D., Page A., Helmke P., Loeppert R., Soltanpour P., Tabataba. *American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin*, 417-435.
- Pegoraro, V., Boccolini, M., Baigorria, T., Rizzo, P., Lorenzon, C., & Cazorla, C. (2019). Aplicación de compost de cama profunda porcina: calidad de suelo y producción de soja (*Glycine max L.*). *RIA*, 45(2), 234–241.
- Sainz Rozas, H., Eyherabide, M., Larrea, G., Martínez Cuesta, M., Angelini, H., Reussi Calvo, N., & Wyngaard, N. (2019). Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. *Actas Simposio Fertilidad*, 141–158.
- Truong, C., Gabbarini, L. A., Corrales, A., Mujic, A. B., Escobar, J. M., Moretto, A., & Smith, M. E. (2019). Ectomycorrhizal fungi and soil enzymes exhibit contrasting patterns along elevation gradients in southern Patagonia. *New Phytologist*, 222(4), 1936–1950. <https://doi.org/10.1111/nph.15714>
- Walkley, A., & Black, I. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* , 37, 29–38.