

BASES INTERCAMBIABLES Y MICRONUTRIENTES EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA BAJO DIFERENTES MANEJOS

Perez, M.M ¹; R. Fernández^{1,2}; N. Kloster ^{1,2}

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA, ruta Nac. N° 5 km 580, 6326 Anguil, La Pampa, Argentina.

²Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, 6300 Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

RESUMEN

Las bases intercambiables calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) y los microelementos hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) presentes en el suelo son nutrientes esenciales para el desarrollo de plantas, animales y en última instancia, para la producción de alimentos de consumo humano. Se conoce que su concentración y disponibilidad está relacionada con la textura del suelo y con el tipo de prácticas agrícolas desarrolladas. El objetivo del trabajo fue cuantificar la disponibilidad de bases intercambiables y micronutrientes en suelos de la Región Semiárida Pampeana con diferentes texturas y situaciones de manejo. Para ello se muestrearon suelos superficiales de 3 sitios de diferente textura y con 3 prácticas de manejo: natural, conservacionista, y menos conservacionista. Las muestras de suelo se caracterizaron por sus parámetros físico químicos. Además, se cuantificó mediante espectrometría atómica el contenido de bases intercambiables, extraídas con acetato de amonio a pH 7, y de micronutrientes extraídos con solución de ácido dietilentriaminopentaacético – trietanolamina. Los resultados indican que el contenido de arcilla+limo se relaciona proporcionalmente con la materia orgánica, el nitrógeno total y la capacidad de intercambio catiónico. Se observa que la agricultura aumenta el pH del suelo, el cual afecta la disponibilidad de nutrientes. Hay una tendencia al aumento de la saturación de bases del complejo de intercambio en las prácticas menos conservacionistas respecto de la situación natural. El análisis de microelementos indica que el Zn está por debajo de los niveles críticos para el cultivo de maíz, incluso en la situación natural, línea de base de los suelos. Mientras que no se observa deficiencia de Cu, Fe o Mn en ninguno de los sitios ni prácticas de manejo. Se concluye que el Zn es un micronutriente a corregir en planteos de alta tecnología a ejecutar en suelos de la Región Semiárida Pampeana.

Palabras clave: clase textural, DTPA-TEA, niveles críticos.

INTRODUCCIÓN

Ciertos elementos presentes en el suelo juegan un papel muy importante en su fertilidad, la cual determina directamente el crecimiento de las plantas, la nutrición animal y en última instancia la producción de alimentos para consumo humano (Moreno-Jimenez *et al.*, 2019). Los elementos se denominan macronutrientes o micronutrientes de acuerdo a la concentración requerida para el desarrollo vegetal. Elementos como hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) son micronutrientes, y se obtienen desde la solución del suelo donde están disponibles en concentraciones del orden de los mg Kg⁻¹. Otros elementos como calcio (Ca), magnesio (Mg), y potasio (K) se macronutrientes, y además están en concentraciones más elevadas en suelo, del orden de los g Kg⁻¹. Tanto los macro como los micronutrientes se encuentran en el suelo en diferentes formas químicas, es decir, como minerales solubles en agua, adsorbidos, quelatados, formando agregados, o bien formando parte estructural de minerales primarios y secundarios (Sparks, 1996). Aunque los cationes macronutrientes se encuentran principalmente adsorbidos al complejo de intercambio del suelo, por lo que



se conocen como bases intercambiables. La textura del suelo influye directamente sobre la disponibilidad de nutrientes, en tanto define, conjuntamente con la materia orgánica (MO), la mayor o menor superficie específica disponible para la adsorción de iones. Es decir, suelos de textura más fina, con mayor contenido de arcilla y limo (A+L) tendrán mayor superficie específica y capacidad de adsorción de iones que suelos de textura más gruesa, arenosos. Se sabe también que el manejo afecta directamente la disponibilidad de nutrientes (Sharma *et al.*, 2018). Es decir que la agricultura continua, extractiva, produce una disminución de la disponibilidad de bases intercambiables y micronutrientes por exportación de elementos en los granos, o bien indirectamente por aumento del pH del suelo, comparada con un manejo agrícola ganadero o un sitio con vegetación natural (Fernández, 2018; Kopittke *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue cuantificar la disponibilidad de bases intercambiables y micronutrientes en suelos de la Región Semiárida Pampeana con diferentes texturas y situaciones de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Región Semiárida Pampeana, se seleccionaron sitios de diferentes granulometrías, donde el sitio 1 (S1) correspondió al suelo con menor proporción de A+L, el sitio 2 (S2) con una proporción intermedia y el sitio 3 (S3) con la mayor proporción de A+L. En cada sitio, se seleccionaron tres situaciones de manejo de diferentes estados de conservación: una situación natural (N), considerada estado deseable de calidad del suelo; una situación intermedia con un manejo conservacionista (I) y una situación con un manejo de conservación baja (B). En los suelos sobre los diferentes manejos dentro de cada sitio se tomaron muestras compuestas de suelo a 20 cm de profundidad, las cuales fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm. Posteriormente se caracterizaron por sus propiedades físico químicas: fracciones texturales (Bouyoucos, 1962), materia orgánica (Walkley & Black, 1934), nitrógeno total (NT) (Bremner, 1996), y pH en relación suelo:agua 1:2,5. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) y las bases intercambiables se obtuvieron por extracción con acetato de amonio 1 mol L⁻¹ a pH 7 (Sumner & Miller, 1996). Mientras que los micronutrientes se obtuvieron por extracción con solución de ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA) 0,005 mol L⁻¹, trietanolamina (TEA) 0,1 mol L⁻¹ y cloruro de calcio 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3 (Sparks, 1996). Las bases intercambiables Ca y Mg y los micronutrientes se cuantificaron con espectrometría de absorción atómica, mientras que las bases intercambiables Na y K se cuantificaron mediante espectrometría de emisión atómica, empleando un espectrómetro PinAAcle 900H (Perkin Elmer). Todos los análisis se realizaron por triplicado y se evaluaron estadísticamente aplicando test de Fisher y ANOVA, con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis físico químico de las muestras de suelo se representan en la Tabla 1. En la misma se observa que la mayor proporción de A+L se relacionó con un mayor contenido de MO, NT y CIC, lo cual se corresponde con resultados de la bibliografía (Quiroga *et al.*, 2021).

Al evaluar las tres situaciones de manejo dentro de cada sitio, el suelo N presentó mayor contenido de MO y NT con diferencias significativas. Además, los suelos N tuvieron menores pH asociados a mayor actividad biológica que da lugar a mayor contenido de MO. Los suelos bajo agricultura darían lugar a mayores valores de pH del suelo, lo cual influiría directamente en la disponibilidad de nutrientes. En la misma línea, hay un aumento de la saturación de bases (SB) en las prácticas menos conservacionistas respecto de la situación N. No se observa una tendencia definitiva en la relación Ca/Mg en los tres sitios estudiados, aunque en todos los casos esta relación es menor al valor máximo recomendado de 5 unidades (Quiroga & Bono, 2012). Este parámetro debería continuar evaluándose en otros sitios para corroborar su uso como indicador de degradación química del suelo.



Tabla 1. Caracterización físico química de las muestras de suelo en los tres sitios y tres situaciones de manejo estudiadas.

Sitio	Manejo	A+L	MO	NT	pH	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	Ca/Mg
		(%)	(%)	(%)			(cmol _c Kg ⁻¹)			(%)		
S1	B	14,7	0,8	0,05	6,7	6,9	3,9	1,5	0,27	1,1	98	2,6
	I	18,0	1,2	0,07	6,9	7,4	4,9	1,6	-	1,5	107	3,0
	N	10,0	2,1	0,11	5,5	9,3	5,6	1,2	0,10	0,8	83	4,6
S2	B	33,3	1,5	0,08	6,5	7,6	4,9	1,6	0,31	2,0	115	3,1
	I	35,3	1,7	0,09	6,5	8,7	4,4	1,5	0,25	1,8	92	3,0
	N	33,3	2,6	0,13	6,0	14,0	6,0	2,7	0,23	1,7	76	2,2
S3	B	52,0	1,7	0,09	6,2	14,8	7,7	2,7	0,54	2,5	91	2,8
	I	52,0	2,3	0,08	6,5	14,7	8,7	2,6	0,14	2,5	95	3,4
	N	53,6	3,5	0,17	5,4	15,1	6,2	2,0	-	1,3	63	3,0

La Figura 1 muestra la concentración de micronutrientes en las muestras de suelo de los tres sitios estudiados bajo situación natural. Las concentraciones de Zn, Cu, Mn y Fe extractables con DTPA-TEA se hallan dentro del rango observado para estos elementos en suelos áridos de todo el mundo (Moreno-Jimenez, et al., 2019). Se observa que la concentración de Zn extractable con DTPA-TEA en el suelo en situación N está por debajo de la concentración crítica definida para maíz, es decir el nivel de Zn por encima del cual el cultivo no responde a la fertilización (Barbieri, et al., 2017), en los tres sitios. A diferencia de Cu y Fe que parecen no presentar limitantes para el desarrollo de los cultivos en general, de acuerdo a los valores hallados en los suelos, en comparación con los niveles críticos (Lindsay & Norvell, 1978). Se observan concentraciones de Mn elevadas en las muestras de suelo, aunque no se hallaron en bibliografía niveles críticos para este elemento. La concentración de Mn extractable es comparable al orden de magnitud hallado para Fe, lo cual se corresponde con su comportamiento químico similar en suelos (considerando su número de oxidación predominante, 3+, e influencia del pH y condiciones redox sobre sus formas químicas). Tanto Fe como Mn muestran un orden creciente de concentración, S1<S2<S3, relacionado linealmente con el contenido de A+L de los sitios, lo cual puede asociarse al origen mineral de estos elementos. No se observa una tendencia similar para los contenidos de Zn y Cu, lo que hace suponer que la disponibilidad de estos últimos está ligada más directamente al pH del suelo. Dado que el suelo del sitio 2 presenta un pH levemente superior al pH de los sitios 1 y 3.



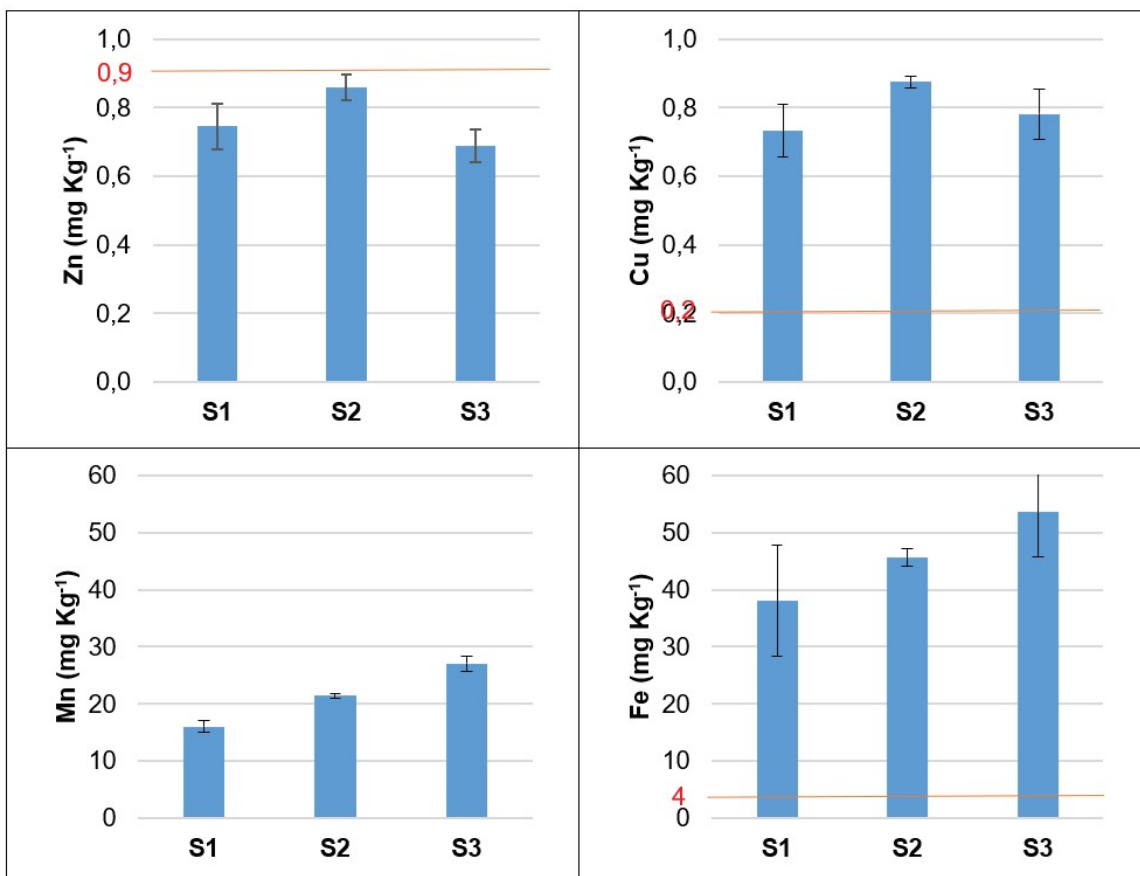


Figura 1. Concentración de micronutrientes en situación natural en los tres sitios estudiados. La línea roja indica la concentración crítica del elemento en suelo para el desarrollo de las plantas.

Los resultados del análisis de micronutrientes en las muestras de suelo en distintas situaciones de manejo se representan en la Tabla 2. En todos los suelos estudiados la concentración de Zn extractable fue menor al nivel crítico (Barbieri *et al.*, 2017). Lo expuesto destaca la importancia de atender al abastecimiento de este elemento en regiones semiáridas, en aquellos planteos de alta tecnología. La concentración de Zn extractable es menor y estadísticamente significativa en los suelos bajo situación B que en los suelos bajo situación N, aunque no hay una tendencia definitiva respecto de los suelos con situación de manejo intermedia (I). Este resultado podría ser producto de exportación del Zn en planta por la agricultura (Kopittke *et al.*, 2017) o bien estar asociado a la mayor disponibilidad de Zn a pH más ácido (Ferraris, 2015; Moreno-Jimenez *et al.*, 2019), característico de los suelos bajo condición natural. Los micronutrientes Cu, Mn y Fe no parecen ser limitantes para el desarrollo de los cultivos en ninguna de las situaciones de manejo estudiadas.

Tabla 2. Concentración de micronutrientes en las muestras de suelo de los tres sitios y tres situaciones de manejo estudiadas. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Sitio	Manejo	pH	(mg Kg ⁻¹)							
			Zn	Cu	Mn	Fe				
S1	B	6,7	0,40	a	0,62	a	11,3	a	29,6	b
	I	6,9	0,64	b	0,56	a	10,9	a	14,0	a
	N	5,5	0,75	c	0,73	b	16,0	b	38,0	b
S2	B	6,5	0,75	a	0,85	b	16,7	b	23,7	a
	I	6,5	1,03	c	0,60	a	15,4	a	31,1	b
	N	6,0	0,86	b	0,88	b	21,4	c	45,6	c
S3	B	6,2	0,50	a	1,09	b	19,1	b	26,5	a
	I	6,5	0,44	a	1,02	b	16,4	a	19,6	a
	N	5,4	0,69	b	0,78	a	27,0	c	53,5	b

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye que, tanto la concentración de las bases intercambiables como de Fe y Mn en suelo, se relacionan de forma proporcional con el contenido de A+L del suelo. Esto se asocia a su dependencia de la superficie específica para la adsorción y origen estructural, respectivamente. Además, la concentración de estos elementos, y la de Zn y Cu, se ve afectada por el manejo del suelo, con una tendencia a su disminución en prácticas menos conservacionistas, lo cual puede atribuirse a la exportación por parte del cultivo y al aumento del pH del suelo que disminuye la disponibilidad de los elementos. Se identifica al Zn como el micronutriente a considerar para plantearse estrategias de fertilización en los sistemas agrícolas, debido a que su concentración está por debajo de los niveles críticos incluso en los suelos bajo condición natural.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbieri, P; H R Sainz Rosas; N Wyngaard; M Eyherabide; N Reussi Calvo; F Salvagiotti & H E Echeverría. 2017. Can Edaphic Variables Improve DTPA-based Zinc diagnosis in Corn?. *Soil Fertility and Plant Nutrition* 81(3):556-563.
- Bouyoucos, G J. 1962. Hydrometer method for making particle size analysis in soils. *Agronomy Journal* 464-465.
- Bray, R H & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59:39-45.
- Bremner, J M. 1996. Total Nitrogen. En: *Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods*. Edit. Sparks, D L, Madison WI: SSSA, 1149-1176.
- Di Rienzo, J; F Casanoves; M Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & C Robledo. 2015. Infostat versión 2015.
- Fernández, R. 2018. Valores de línea de base para evaluar la degradación en Molisoles. Tesis de Doctorado. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.
- Ferraris, G N. 2015. Micronutrientes en Región Pampeana Argentina: diagnóstico de carencias y tecnología de fertilización. *Revista de Tecnología Agropecuaria* 10(29):29-33.
- Kopittke, P M; R C Dalal & M W Menzies. 2017. Changes in exchangeable cations and micronutrients in soils and grains of long-term, low input cropping systems of subtropical Australia. *Geoderma* 285:293-300.
- Lindsay, W L & W A Norvell. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of American Journal* 42: 421-428.
- Moreno-Jimenez, E. y otros, 2019. Aridity and reduced soil micronutrient availability in global drylands. *Nature sustainability* 2:371-377.
- Quiroga, A & A Bono. 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. 2° ed. INTA Ediciones.
- Quiroga, A; R Fernández & C Álvarez. 2021. Ensayos de larga duración. INTA Ediciones.
- Sharma, V; S Irmak & J Padhi. 2018. Effects of cover crops on soil quality: Part II. Soil exchangeable bases (potassium, magnesium, sodium, and calcium), cation exchange capacity, and soil micronutrients (zinc, manganese, iron, copper, and boron). *Journal of soil*



and water conservation 73(6):652-668.

Sparks, D L. 1996. *Methods of soil analysis Part 3 - Chemical methods*. Madison WI: SSSA, American Society of Agronomy.

Sumner, M E & W P Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. Edit. Sparks, D L, Madison WI: SSSA. 1201-1230.

Walkley, A & I A Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

Wang, R; J Dunngait; H Buss; S Yang; Y Zhang; Z Xu & Y Jiang. 2017. Base cations and micronutrients in soil aggregates as affected by enhanced nitrogen and water inputs in a semi-arid steppe grassland. *Science of the Total Environment* 575:564-572.

