

# Evolución de parámetros fisicoquímicos de suelos agropecuarios en comparación con zonas prístinas

## Evolution of physicochemical parameters of agricultural soils in comparison with pristine areas

Presentación: 23 y 24 de octubre 2024

### Javier Vignolo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
[javignolo@sanfrancisco.utn.edu.ar](mailto:javignolo@sanfrancisco.utn.edu.ar)

### Mónica Serra

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
[monica.serra.1977@gmail.com](mailto:monica.serra.1977@gmail.com)

### Micaela del Valle Zapata

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
[micazapata96@gmail.com](mailto:micazapata96@gmail.com)

### María Belén Vignola

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina  
CONICET  
[mbelenvignola@gmail.com](mailto:mbelenvignola@gmail.com)

### Resumen

Este trabajo tiene como objetivo comparar resultados de análisis fisicoquímicos de suelos en cuatro zonas productivas de campos agropecuarios, comparándolos con zonas prístinas de cada serie de suelo. Se realizaron análisis fisicoquímicos con el fin de identificar cuáles son los parámetros que han experimentado mayor variabilidad debido al uso humano. Los datos se analizan mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y se compararon mediante el test de DGC con el programa INFOSTAT. En el caso de carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo se encontró que el contenido es significativamente mayor en zonas prístinas en comparación con las muestras obtenidas en los lotes bajo producción agropecuaria, resultados que se corresponden con trabajos de otros autores.

**Palabras clave:** Suelos – Producción agropecuaria– Ambiente

### Abstract

This study aims to compare the results of physicochemical soil analyses from four productive agricultural zones with pristine areas of each soil series. Physicochemical analyses were conducted to identify which parameters have experienced the greatest variability due to human use. The data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and compared using the DGC test with the INFOSTAT software. In the case of organic carbon, total nitrogen, and phosphorus, it was found that the content is significantly higher in pristine areas compared to the samples obtained from agricultural production fields, which is consistent with findings from other studies

**Keywords:** Soils – Agricultural production – Environment

### Introducción

El uso continuo de los suelos en los sistemas de producción agropecuaria puede llevar a la degradación fisicoquímica, con pérdida de nutrientes esenciales y materia orgánica, fundamentales para el crecimiento de los cultivos, la compactación física y la consecuente disminución de poros edáficos aumentan el deterioro, derivando en una disminución de la productividad (Vignolo et al., 2022).

En la Argentina, diversos autores han estudiado el impacto del proceso de degradación de los suelos como consecuencia de la intensificación de las actividades agrícolas afectando especialmente el sector norte de la Región Pampeana, y en mayor medida como consecuencia del uso de sistemas de labranza agresivos (Martinez et al., 2008).

La materia orgánica es el atributo que con más frecuencia se utiliza en los estudios a largo plazo como indicador importante de su calidad y de su sustentabilidad agronómica (Galantini et al., 2008).

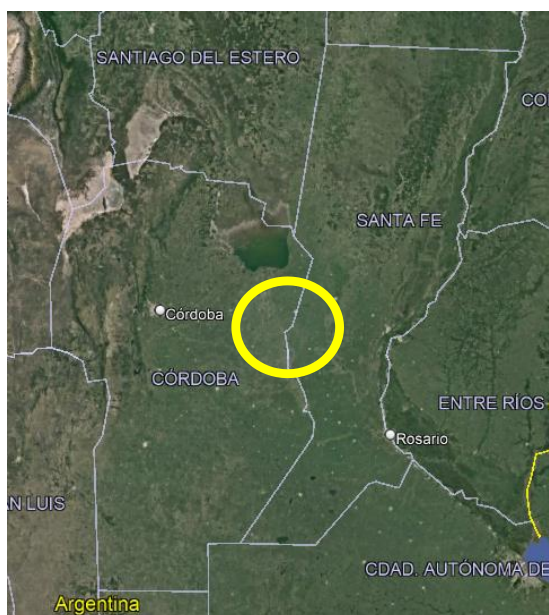
Debido a su heterogeneidad, el suelo no posee estándares de calidad definidos, por lo que es difícil establecer una medida física, química o biológica que pueda mostrar adecuadamente su nivel de calidad. No obstante, los indicadores químicos y físicos caracterizan sus propiedades y adquieren importancia facilitando el diagnóstico agroecológico, especialmente cuando se los analiza en conjunto evaluando su cambio en el largo plazo (Marelli et al., 2017).

Según el relevamiento realizado por Echeverría y Ferrari (1993), la intensificación del uso agrícola del suelo ha provocado una disminución en el contenido de materia orgánica y fósforo disponible. La introducción de sistemas de labranzas conservacionistas como la siembra directa producen cambios en las propiedades químicas y físicas de los suelos que pueden afectar la biología del suelo y el desarrollo radicular de las plantas (Elisondo et al., 2001) (López et al., 2018).

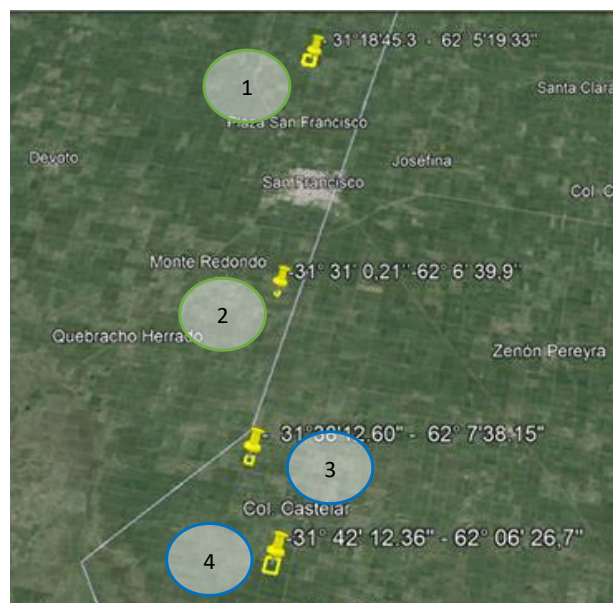
En este estudio, se evaluaron diversos parámetros del suelo en ambientes georreferenciados correspondientes a cuatro sistemas productivos situados en las provincias argentinas de Córdoba y Santa Fe. Los parámetros analizados incluyen carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo extraíble, pH, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, sodio y potasio. Las muestras comparadas fueron extraídas en dos sectores de un mismo campo, una bajo producción agropecuaria y otra en áreas prístinas de la misma serie, estas últimas localizadas debajo de antiguos alambrados perimetrales, correspondientes a terrenos que no han sido modificados desde épocas de la colonización agraria, hace más de 100 años.

## Desarrollo

Para esta investigación se trabajó sobre cuatro campos georreferenciados, ubicados entre las provincias de Córdoba y Santa Fe, en un radio de cincuenta kilómetros con centro en la ciudad de San Francisco (Figura 1- 2),



**Figura 1:** Zona de investigación



**Figura 2:** Posición GPS de los campos bajo análisis

Los suelos de la zona bajo estudio son de origen loésico y se clasifican predominantemente, según la Soil Taxonomy de USDA, como Molisoles, coexistiendo Entisoles, Vertisoles, Alfisoles, entre otros, siendo la textura franco-limosa la predominante. Hasta finales del siglo pasado, todos los establecimientos analizados funcionaban como sistemas mixtos, combinando agricultura y ganadería, con la expansión del cultivo de soja (*Glycine max*), estos campos abandonaron progresivamente la producción tambera y ganadera de carne, transformándose en sistemas agropecuarios exclusivamente agrícolas, gestionados bajo prácticas de siembra directa. En los últimos 25 años la rotación de cultivos predominante, en la región bajo estudio es, trigo / soja / maíz / soja (*Triticum aestivum* / *Glycine max* / *Zea mays* / *Glycine max*) incorporándose en algunos casos en los últimos tres años cultivos de cobertura o servicio, utilizándose principalmente avena (*Avena sativa*) y en algunos casos, vicia (*Vicia sativa*) o centeno (*Secale cereale*).

Durante los meses de junio y julio del año 2024 se visitaron los campos seleccionados, con la colaboración de los productores agropecuarios y los técnicos de la secretaría de Bioagroindustria de la Provincia de Córdoba, en la

ciudad de San Francisco. En cada caso se procedió a extraer muestras compuestas de suelo de la unidad productiva a una profundidad de 0 – 20 cm, luego se extrajeron muestras debajo del alambrado perimetral de esa misma serie, considerándolo como zona prístina, ya que se sabe que ese sector no se utilizó productivamente, ni se realizaron remociones de suelo.

Las muestras de campo fueron remitidas al laboratorio de servicios La.Ser. – LOESS de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco, donde se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos de las mismas. El pH del suelo se determinó en una relación suelo:agua 1:2,5 empleando agua destilada y realizando la medida luego de 2 h de reposo de la suspensión (Galantini et al., 2005). La conductividad eléctrica se determinó mediante lectura con conductímetro en el extracto de pasta de saturación, según norma IRAM-SAGyP 29579. El contenido de carbono orgánico total (COT) se determinó por el método de digestión húmeda con dicromato de potasio según norma IRAM-SAGyP 29571-2. A partir del COT se estimó el contenido de materia orgánica del suelo. El fósforo extractable se determinó por el método de Bray y Kurtz I modificado según norma IRAM-SAGyP 29570-1. El nitrógeno total (Nt) se determinó por el método Kjeldahl modificado según norma IRAM-SAGyP 29572. De los cationes intercambiables, el sodio y el potasio se cuantificaron con fotómetro de llama según norma RAM-SAGyP 29577-1, mientras que el calcio y el magnesio se cuantificaron por complejometría EDTA (Sparks, 2020). Los datos se analizaron mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y se compararon mediante el test de DGC con el programa INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2012).

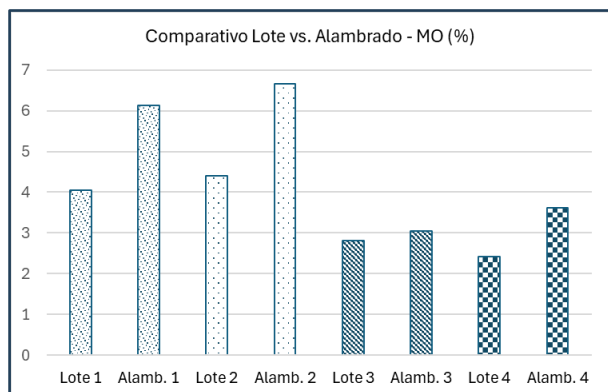
**Tabla 1.** Parámetros fisicoquímicos analizados en las diferentes muestras obtenidas en las provincias de Córdoba (muestra 1 y 2) y Santa Fe (muestra 3 y 4) <sup>1,2</sup>

Muestras	Mo (%)	N (%)	pH	Conductividad	P (ppm)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100g)
LOTE 1	4,05								
ALAMBRADO 1	a	0,14 a	6,43 a	0,76 a	42,95 a	6,40 a	1,09 a	2,49 b	3,51 a
LOTE 2	6,13								
ALAMBRADO 2	b	0,20 b	6,46 b	1,60 b	78,35 b	8,36 a	1,33 a	2,16 a	4,49 b
LOTE 3	4,41								
ALAMBRADO 3	a	0,15 a	6,35 a	0,24 a	39,65 a	9,41 a	1,1 a	2,01 a	2,81 a
LOTE 4	6,66								
ALAMBRADO 4	b	0,22 b	7,18 b	1,19 b	92,51 b	11,2 a	1,7 a	3,01 b	4,90 b
LOTE 3	2,82								
ALAMBRADO 3	a	0,13 a	6,65 a	0,18 a	17,07 a	10,46 b	1,55 a	1,78 a	2,68 a
LOTE 4	3,04								
ALAMBRADO 4	a	0,17 a	6,81 b	2,71 b	71,24 b	8,96 a	2,24 a	1,83 a	3,14 b
LOTE 4	2,41								
ALAMBRADO 4	a	0,18 a	6,62 a	0,13 a	23,54 a	6,15 a	1,68 b	1,30 a	0,62 a
LOTE 4	3,61								
ALAMBRADO 4	b	0,25 b	7,82 b	0,22 b	98,83 b	7,74 b	0,73 a	1,76 b	0,65 a

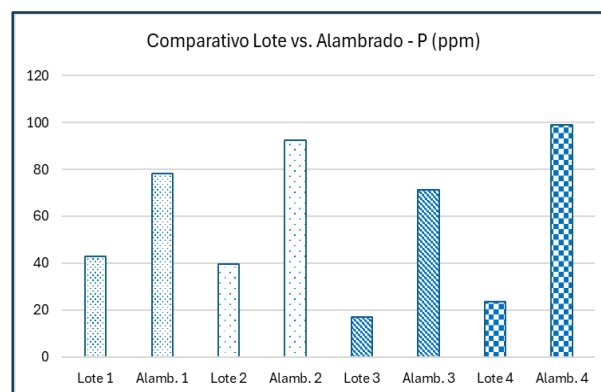
1: MO: materia orgánica, N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio, Mg; Magnesio; Na: sodio, K: potasio

2: Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05).

**Gráfico 1.** Comparativo de resultados de Materia Orgánica (MO), muestreado en Lote (Zona Productiva) y Alambrado (Zona Prístina)



**Gráfico 2.** Comparativo de resultados de Fósforo (P), muestreado en Lote (Zona Productiva) y Alambrado (Zona Prístina)



En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos. El contenido de materia orgánica y nitrógeno total es mayor en todas las muestras de las zonas prístinas en comparación con las obtenidas en áreas bajo producción (grafico 1). En un trabajo realizado por Campitelli et al. (2011) se obtuvo que la disminución de los contenidos de carbono orgánico y el aumento en la susceptibilidad a la erosión hídrica a media que se prolongan los años de agricultura y se incrementan las prácticas tales como monocultivo de soja y siembra convencional, evidencian el deterioro de la calidad del suelo en relación con los sitios bajo bosque nativo que son los que presentan el máximo potencial. El pH, término relacionado a concentración de iones hidrógeno en una solución, se trata de una medida de la acidez o alcalinidad de la solución del suelo. El pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio. El pH del suelo afecta a diversas propiedades físicas (dispersión, estructura, porosidad, etc.), químicas (movilidad de elementos tóxicos, disponibilidad de nutrientes, descomposición de materia orgánica, etc.) y biológicas (relaciones bacterias / hongos, fijación de nitrógeno, movilidad y absorción de nutrientes) (Rivera y col, 2018). En el presente estudio se observaron significativamente mayores valores de pH en todos los lotes analizados en comparación con las muestras bajo alambrado.

La conductividad eléctrica del suelo es un indicador crucial para evaluar la salinidad del suelo, la cual está influenciada tanto por los minerales presentes en el suelo como por el intercambio de agua con las napas freáticas. La relación entre el suelo y las napas puede tener un impacto directo en la distribución de sales solubles a través del ascenso capilar del agua subterránea, afectando la salinidad en el perfil del suelo (Scanlon, 2007). El valor obtenido para el parámetro conductividad eléctrica fue mayor en las muestras bajo alambrado que en los respectivos lotes. Esto sugiere que el suelo virgen retiene más sales solubles, posiblemente debido a menor lixiviación y menor intervención humana, lo que puede haber redistribuido o reducido las sales en los lotes.

Otro parámetro con valores significativamente más altos en las zonas bajo alambrado es el fósforo (grafico 2), que podría deberse a una mayor presencia de materia orgánica y a una liberación más lenta de nutrientes en el suelo no perturbado. En los lotes, las prácticas de cultivo y cosecha pueden haber agotado este nutriente. En cuanto al calcio, se observaron diferencias significativas entre lote y alambrado solo en las muestras 3 y 4, aunque no se identificó una tendencia clara. Para el magnesio, se registró una diferencia significativa, entre lote y alambrado, únicamente en la muestra 4. Por el contrario, en el caso del potasio, no se observó una diferencia significativa en su contenido em ambos espacios en la muestra 4, mientras que, en las otras tres, su concentración fue mayor en las áreas bajo alambrado que en el lote.

Un informe del año 2022, de IDECOR, Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba, muestra resultados de mapeo variable de suelo con contenidos promedios de Materia Orgánica del 2,32%, con valores que van de 1,3% a 5,0%. Para el caso de fósforo y pH los valores promedio de la predicción fueron de 24,7 ppm y 6,64, respectivamente (Córdoba et al., 2022).

## Conclusiones

La valoración de los resultados obtenidos en los análisis de campo y bibliografía consultada nos permiten obtener conclusiones que se asemejan a las obtenidos en otras investigaciones similares realizadas, como son la pérdida de carbono orgánico de los suelos, baja en los niveles de nitrógeno total y disminución de los niveles de fósforo. La calidad fisicoquímica de los suelos puede cambiar con el tiempo por influencia del uso y las prácticas culturales

aplicadas. Su mantenimiento e incluso mejora, genera beneficios, no solo económicos, sino de productividad, uso más racional de fertilizantes y plaguicidas, mejor calidad del aire y agua, y menor producción de gases de efecto invernadero.

Los resultados de los análisis de laboratorio muestran en todos los casos, que la conductividad eléctrica de los suelos es mayor en las zonas prístinas que en las áreas productivas. Este hallazgo nos motiva a ampliar los análisis a muestras de aguas de napas freáticas, de perforaciones correspondientes a las mismas series de suelos, la medición de la profundidad de las napas y los parámetros fisicoquímicos del agua nos permitirá evaluar posibles correlaciones adicionales y comprender los posibles riesgos de salinización y su impacto en la productividad agrícola. Además, la correlación entre la conductividad eléctrica del suelo y los parámetros fisicoquímicos del agua subterránea (pH, concentración de minerales) puede ofrecer una comprensión integral de los ciclos de sales en el ecosistema, especialmente en áreas con napas cercanas a la superficie. Ampliar la base geográfica de muestreo otorgará un valor agregado a esta línea de investigación, permitiendo una comprensión integral y representativa de las variaciones de los parámetros estudiados en diferentes contextos productivos y ambientales, dejando puertas abiertas para futuros trabajos.

## Referencias

- Campitelli, P., Aoki, A., Gudelj, O., Rubenacker, A., y Sereno, R. (2011). Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. 28(2), 223–231.
- Córdoba, M., Alvarez, C., Faule, L., Godino, M., Pérez, M., Pozzi, E., Morales, H., Carranza, J., y Monzani, F. (2022). Mapeo de propiedades de suelo 2022 - Materia Orgánica, Fósforo y pH en la Provincia de Córdoba (Número Versión 2, año 2022, Publicada en abril de 2023).
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2012). InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Elissondo, E., Costa, J., Suero, E., Fabrizzi, K., y Garcia, F. (2001). Evaluación de algunas propiedades físicas de suelos luego de la introducción de labranzas verticales en un suelo bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo*, 19, 10–19.
- Galantini, J. A., y Suñer, L. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia XXV*, 15(1), 41–55.
- Galantini J.A., Suñer L. y H. Kruger. (2005). Dinámica de las formas de P en un Haplustol de la región semiárida pampeana durante 13 años de trigo continuo. *RIA*. 34(2) artículo N°2.
- Gines Navarro García Simón Navarro García (2013). *Química agrícola*. (3.ª ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Lefèvre, C., Rekik, F., V, A., y Wiese, L. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo*. [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)
- López, F., Duval, M., Martínez, J. M., y Galantini, J. A. (2018). Propiedades físicas en suelos bajo siembra directa del sudoeste bonaerense. En *Agro UBA* (pp. 532–547).
- Marelli H, Arce J, Marelli P, y Conde B. (2017). *Indicadores De Sustentabilidad Del Suelo En Areas Del Centro- Sur De La Provincia De Cordoba*. INTA Ediciones.
- Martinez, E., Fuentes, J. P., y Acevedo, E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. *Soil Science Plant Nutrition*, 8(1), 68–96. <https://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n1/arto6.pdf>
- Norma IRAM-SAGyP 29579. Determinación de la conductividad eléctrica en extracto de pasta de saturación para suelos de uso agropecuario. En estudio.
- Norma IRAM-SAGyP 29571-2 Calidad ambiental - Calidad del suelo. Determinación de materia orgánica en suelos. Parte 2 - Determinación de carbono orgánico oxidable por mezcla oxidante fuerte, escala semi-micro. Primera Edición 2011- 06-30

- Norma IRAM-SAGyP 29572 Calidad ambiental - Calidad del suelo. Determinación de nitrógeno en suelo por el método Kjeldahl modificado. Primera edición 2018-10-19.
- Norma IRAM-SAGyP 29570-1 Calidad ambiental - Calidad del suelo. Determinación de fósforo extraíble en suelos. Parte 1 - Método Bray-Kurtz 1 modificado (extracción con solución de fluoruro de amonio - ácido clorhídrico). Segunda edición 2020-02-0.
- Norma IRAM-SAGyP 29577-1. Calidad ambiental – Calidad de suelo. Determinación de capacidad de intercambio catiónico y cationes básicos intercambiables. Parte 1: extracción con acetato de amonio pH 7. En estudio
- Rivera, E., Sánchez, M. y Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de Iniciación Científica*, 4: 101-105.
- Ron, M. de las M., Mandolesi, M. E., Facchinetti, C., & Kiessling, R. J. (2011). Efecto antrópico sobre la fertilidad química de un suelo en el sudoeste bonaerense. *Revista Científica de la AACCS*.
- Scanlon, B.R., Jolly, I., Sophocleous, M., & Zhang, L. (2007). *Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality*. *Water Resources Research*, 43(3).
- Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., & Loeppert, R. H. (Eds.). (2020). *Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods* (Vol. 14). John Wiley & Sons.
- Taboada, Miguel Angel. *Carbono: el elemento que determina la sustentabilidad del agro*. Editorial Fundamento SA, 2022.
- Vignolo, J. A. (2022). *Medición de la evolución del Carbono Orgánico del SUELO en un ambiente específico, destinado a la producción agropecuaria*. UTN Facultad Regional San Francisco.
- Vignolo, J., Serra, M., Zapata, M., Ricci, D., Capello, S., Vignola, M. B., y Rovasio, M. (2022). *Estudio de la evolución de propiedades fisicoquímicas de suelos con diferentes índices productivos y su relación con el valor de la tierra* (Vol. 350).