



Revista Industrial  
y Agrícola de  
Tucumán

ISSN 0370-5404

En línea  
1851-3018

Tomo 99 (1):  
37-42; 2022



ESTACION EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES  
Tucumán | Argentina

Av. William Cross 3150  
T4101XAC - Las Talitas.  
Tucumán, Argentina.

## Estado de fertilidad de los suelos cañeros de Tucumán, Argentina: materia orgánica, nitrógeno y pH del suelo

Esteban A. Arroyo\*, Agustín Sanzano\*, Hugo C. Rojas Quinteros\*  
y Jessica P. Navarro Di Marco\*

\* Sección Suelos y Nutrición Vegetal. EEAOC. Email: earroyo@eeaoc.org.ar

### RESUMEN

La disminución del contenido de materia orgánica del suelo (MOS) usualmente no es percibida como un problema, ya que el mejoramiento genético vegetal y las tecnologías incrementan o mantienen los rendimientos. Sin embargo, aproximadamente el 50% del nitrógeno (N) requerido por la caña de azúcar proviene de la MOS. Por otro lado, el pH del suelo afecta las propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo. El objetivo de este trabajo fue elaborar mapas que muestren la distribución espacial de los contenidos de materia orgánica, nitrógeno total y pH en los suelos cañeros de Tucumán, Argentina. Las muestras se extrajeron a 0-30 cm de profundidad en 2900 sitios distribuidos en toda el área cañera. Los datos fueron procesados en el Sistema de Información Geográfica QGIS versión 2.14.11-Essen, y se utilizó el método de interpolación Kriging Ordinario (KO) para la construcción de los mapas. Los suelos que presentaron contenidos moderados (2-3%) y altos (>3%) de MOS se encuentran al noreste con una superficie aproximada de 120.000 ha y 6.000 ha respectivamente. Suelos con bajos contenidos de MOS (1-2%) se ubican en el área central, donde alcanzan las 155.000 ha (56% del área cañera). Los contenidos de nitrógeno muestran una distribución similar a la de MOS. Los suelos considerados de pH moderadamente ácidos (<6.0) se localizan al oeste, en los departamentos Monteros, Chicligasta, Famaillá y Río Chico; los ligeramente ácidos (6,1-6,5) y neutros (6,6-7,3) se extienden de sur a norte, desde el departamento La Cocha hasta Burruyacú, ocupando el área central. En los departamentos Simoca y Leales se concentran los suelos ligeramente y moderadamente alcalinos (7,4-7,8 y >7,9 respectivamente). Estos mapas servirán para visualizar el estado de fertilidad de los suelos, evaluar su aptitud agrícola y planificar prácticas de manejo sustentables.

**Palabras clave:** suelo, caña de azúcar, nutrientes, mapa.

### ABSTRACT

#### Fertility status of soils in the sugarcane cropping area of Tucumán, Argentina: organic matter, nitrogen and soil pH

Soil organic matter (SOM) decrease is not usually perceived as a problem since the improvement of plant genetics and other technologies increase or maintain yields. However, approximately 50% of sugarcane nitrogen (N) requirement is provided by SOM. On the other hand, soil pH affects chemical, biological and physical properties of the soil. The objective of this study was to build maps that show the spatial distribution of organic matter, total nitrogen content and pH of soils through the sugarcane cropping area of Tucumán, Argentina. Soil samples were taken at 0-30 cm depth in 2900 sites distributed throughout the sugarcane area. Data was processed in the geographic information systems QGIS version 2.14.11-Essen. Ordinary Kriging interpolation method (KO) was used. Soils with moderate (2-3%) and high (> 3%) SOM content were located in north-east region with an approximate area of 120000 ha and 6000 ha respectively. Soils with low SOM content (1-2%) were located in the central area, occupying 155000 ha (56% of the sugarcane area). Total nitrogen content distribution was similar to SOM's. Moderately acidic soils (pH<6.0) were located in the west side of Monteros, Chicligasta, Famaillá and Río Chico departments; slightly acidic (6.1-6.5 pH) and neutral (6.6-7.3 pH) soils were located from La Cocha department to Burruyacú, occupying the central area. Slightly and moderately alkaline soils (7.4-7.8 and >7.9 respectively) were concentrated at Simoca and Leales departments. These maps will help to visualize soils fertility status, assess their agricultural capability and plan sustainable management practices.

**Key words:** soil, sugar cane, nutrients, map.

Fecha de  
recepción:  
18/03/2021

Fecha de  
aceptación:  
12/05/2021

## INTRODUCCION

Los nutrientes del suelo son frecuentemente factores limitantes para el crecimiento de los cultivos. El conocimiento de sus dinámicas de acumulación, de sus requerimientos y de sus roles en la determinación del rendimiento es clave para alcanzar una producción alta, eficiente y sostenible. Las dinámicas del N y el S en el suelo están estrechamente ligadas a la dinámica de carbono (C) principal componente de la materia orgánica del suelo (MOS) (García y Díaz-Zorita, 2015). El carbono es un elemento importante en los procesos del suelo ya que está estrechamente asociado con una amplia variedad de propiedades químicas, físicas y biológicas (Smith *et al.* 2000). La disminución del contenido de materia orgánica en términos generales no es percibida como un problema, ya que el mejoramiento genético y las tecnologías empleadas en la agricultura moderna de alta producción incrementan continuamente los rendimientos de los cultivos, pero también la tasa de extracción de nutrientes del suelo (Casas, 2006). Sainz Rozas *et al.* (2011), comparando suelos bajo prácticas agrícolas con suelos prístinos, determinaron reducciones de la MOS de entre 20% y 40%. En experiencias locales, González *et al.* (2003) determinaron disminuciones significativas de los contenidos de MOS, carbono orgánico y nitrógeno total (N) en suelos cultivados con caña de azúcar con respecto a suelos con bosque nativo, entre 2,5 y 20 cm de profundidad. Esto indica que los suelos bajo este cultivo están sometidos a una importante extracción de nutrientes. Romero *et al.* (2018) determinaron en Tucumán extracciones de nutrientes para la variedad LCP 85-384 con riego de 100 kg de nitrógeno, 15 kg de fósforo, 283 kg de potasio, 19 kg de calcio y 14 kg de magnesio por hectárea (ha).

El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes de la planta, en la que forma parte de aminoácidos, proteínas y otros componentes orgánicos (Romero *et al.*, 2009). La bibliografía señala que si no existen condiciones que limiten la mineralización del nitrógeno del suelo, el abastecimiento de este nutriente está asociado directamente al contenido de materia orgánica del suelo (Scandaliaris *et al.*, 1999). Franco *et al.* (2010) indican que el 50% del nitrógeno total utilizado por el cultivo de caña de azúcar proviene de la mineralización de la MOS y de los residuos de cosecha, microorganismos y otras fuentes. En ese mismo sentido, Van Antwerpen *et al.* (2003) mencionan que la incorporación de materia orgánica al suelo es capaz de duplicar la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos. Pérez Zamora *et al.* (1999) establecieron las dosis de fertilización para caña de azúcar en Tucumán a partir de dos criterios: el nivel de abastecimiento de nitrógeno del suelo (expresado por el porcentaje de materia orgánica, capacidad de mineralización y porcentaje de nitrógeno foliar) y por el rendimiento esperado. En esto se sustenta la importancia de conocer el contenido de materia orgánica del suelo en los suelos cañeros de Tucumán. Sanzano *et al.* (2017) detectaron que un alto porcentaje de esos suelos presentaron valores inferiores al 2% de MOS y solo en un pequeño porcentaje de casos (4%) conservaron contenidos superiores al 3% de MO.

El grado de acidez o alcalinidad del suelo, expresado como unidades de pH, es una característica química importante que afecta a una amplia gama de propiedades

edáficas, tanto químicas como biológicas e incluso físicas (Brady and Weil, 2002). La acidificación de los suelos se debe a la pérdida de bases, calcio, magnesio y potasio, lo que se atribuye a la extracción por los cultivos, las pérdidas por lavado y, en menor medida, al incremento en el uso de fertilizante amoniacales (García y Díaz-Zorita, 2015). En el relevamiento de Sainz Rozas *et al.* (2011) en suelos pampeanos y extrapampeanos de Argentina, los valores medios de pH en muestras de suelos agrícolas fueron un 4,2% inferiores que los de suelos prístinos. En ese sentido, Vázquez y Rotondaro (2005) señalaron que la remoción de bases (calcio, magnesio) sin reposición de las mismas lleva a una disminución en la saturación del complejo de intercambio y la acidificación de los suelos. Por otro lado, cuando los valores de pH del suelo son altos, la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes se ve afectada (Brady and Weil; 2002). Fogliata (1995), en suelos salino-sódicos de Tucumán, detectó que valores de pH superiores a 8,2 corresponden a situaciones donde el cultivo de caña de azúcar está seriamente afectado; y por arriba de 8,5 los daños fueron muy severos.

Los mapas de fertilidad de suelos constituyen una manera práctica y global para detectar áreas o regiones con diferentes niveles de nutrientes (Bertsch, 1987), lo que permite el conocimiento, registro y ubicación espacial de las áreas que pudieran necesitar un manejo especial, así como las que pudieran requerir diferentes niveles de nutrientes (Calderon Puig *et al.*, 2012). Para el área cañera de Tucumán hay poca información sobre la distribución geográfica de la fertilidad de los suelos.

El objetivo de este trabajo fue elaborar mapas que muestren la distribución espacial de los porcentajes de materia orgánica del suelo (MOS), de nitrógeno total (N) y de pH en la capa superficial de los suelos cañeros de la provincia de Tucumán, Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra localizada entre los 26° 30' y 27° 52' Latitud Sur y entre 64° 38' y 65° 45' Longitud Oeste. La superficie neta cosechable total con caña de azúcar para el año 2020 en Tucumán fue estimada en 276.880 ha (Fandos *et al.*, 2020). Sobre esta superficie, entre los años 2013 y 2017 se extrajeron muestras de suelo compuestas a 0-30 cm de profundidad, utilizando pala barreno. Estas fueron georeferenciadas (GPS Garmin Etrex 35) en 2900 sitios distribuidos en toda el área cañera de la provincia. El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), donde se determinó el porcentaje de materia orgánica oxidable por la metodología Walkley-Black, porcentaje de nitrógeno total por Kjeldahl y pH actual del suelo en relación agua1:2,5 por conductimetría.

Los datos obtenidos fueron cargados y procesados en el sistema de información geográfica libre QGIS versión 2.14.11-Essen, usando como cartografía de base la división departamental de la provincia de Tucumán. Se realizó la interpolación de los datos de cada sitio por el método Kriging Ordinario (KO), siendo el más comúnmente utilizado en el procesamiento espacial de datos (Villatoro *et al.*, 2008). Posteriormente se utilizó como máscara la superficie del área cañera, acotando los resultados a los

suelos de uso cañero. Este proceso se efectuó tanto para los contenidos porcentuales de materia orgánica, nitrógeno total y pH del suelo.

Se realizó una clasificación de acuerdo al porcentaje de materia orgánica de los suelos (MOS) en cuatro categorías: <1% (muy bajo); 1-2% (bajo); 2 a 3% (moderado); >3% (alto); del mismo modo, para el contenido de nitrógeno total (N) también se clasificó en cuatro categorías: <0,05% (muy bajo); 0,05-0,10% (bajo); 0,10-0,15% (moderado) y >0,15% (alto). Para el pH del suelo se consideraron cinco categorías: moderadamente ácido (<6,0); ligeramente ácido (6,1 a 6,5); neutro (6,6 a 7,3); ligeramente alcalino (7,4 a 7,8) y moderadamente alcalino (>7,9).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa la distribución espacial de los porcentajes de materia orgánica en los suelos cañeros de la provincia de Tucumán. Los suelos que poseen bajo contenido de MOS se encuentran concentrados en el área central, en los departamentos de Simoca, Monteros y Chicligasta. En sentido opuesto, los suelos que presentan porcentajes de MOS moderados (2-3%) y altos (>3%) se ubicaron hacia el noreste del área cañera.

En general, los suelos cañeros del centro y el sur de la provincia se caracterizaron por bajos contenidos de MOS, mejorando claramente esta situación en los suelos de los departamentos Cruz Alta y Burruyacú. En el sector este del área productiva, en el departamento Leales, la mayoría de los suelos presentaron valores bajos de MOS con algunos sectores de contenido moderado, y en Simoca los contenidos que predominaron son considerados de bajos (1-2%) a muy bajos (<1%) de MOS.

La estimación de superficie con suelos de bajo contenido de MOS (1 - 2%) fue 155.000 ha, que ocupan aproximadamente el 56% del área cultivada con caña de azúcar. Los suelos con porcentajes medios de MOS (2 a 3%) alcanzaron cerca del 41% del área, lo que representaron alrededor de 112.000 ha bajo esta condición edáfica; y solo un 2%, reflejado en alrededor de 6.000 ha, se caracterizó por poseer valores altos (>3%) de MOS. Los suelos de contenidos muy bajos de MOS (<1%) ocupan un porcentaje mínimo del área cañera. Sin embargo en la Figura 1 se evidencia que hay una cantidad importante de suelos que si bien no son considerados en la categoría más pobre, poseen valores muy cercanos al 1% de MOS. Estos resultados están en coincidencia a los reportados por Sanzano *et al.* (2017), don-

de más de la mitad de los sitios analizados presentaron contenidos inferiores al 2% de MOS, y solo un 4% de los suelos analizados mostraron contenidos superiores al 3% de MOS.

El ordenamiento espacial que muestra el nitrógeno (Figura 2) está muy asociado al contenido de materia orgánica del suelo, observándose hacia el noreste, en los límites de los departamentos Burruyacú y Cruz Alta, porcentajes altos (>0,15%) y moderados (0,10-0,15%). Se estimó que aproximadamente 136.000 ha, que representan 49% de la superficie con caña de azúcar, poseen moderado contenido de N; y menos del 4% del área cañera, que suma una superficie aproximada de 10.000 ha, se caracteriza por altos contenidos de N del suelo. Los porcentajes considerados muy bajos (<0,05%) se concentran en el centro del área cañera, en Simoca y Monteros, y hay predominancia de contenidos bajos (0,05-0,10%) de nitrógeno en el resto de los departamentos donde se cultiva caña de azúcar. Se estima que el 46% del área cañera posee bajos valores de N, lo que representarían cerca de 127.000 ha con baja disponibilidad de este nutriente.

Sanzano *et al.* (2017) reportan que más del 50% de los sitios analizados presentaron valores de muy bajos a bajos de N, lo que podría estar relacionado al historial

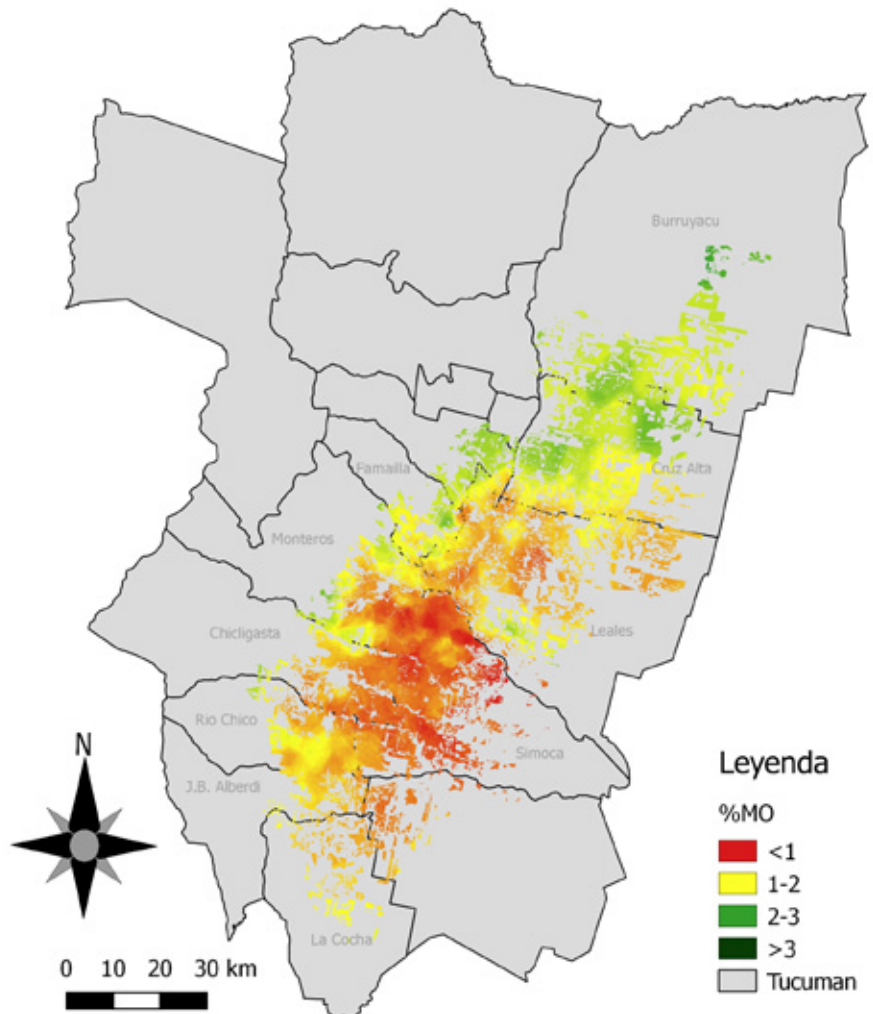


Figura 1. Mapa de distribución de contenido de materia orgánica oxidable % (Walkley-Black) en el área cañera de Tucumán.

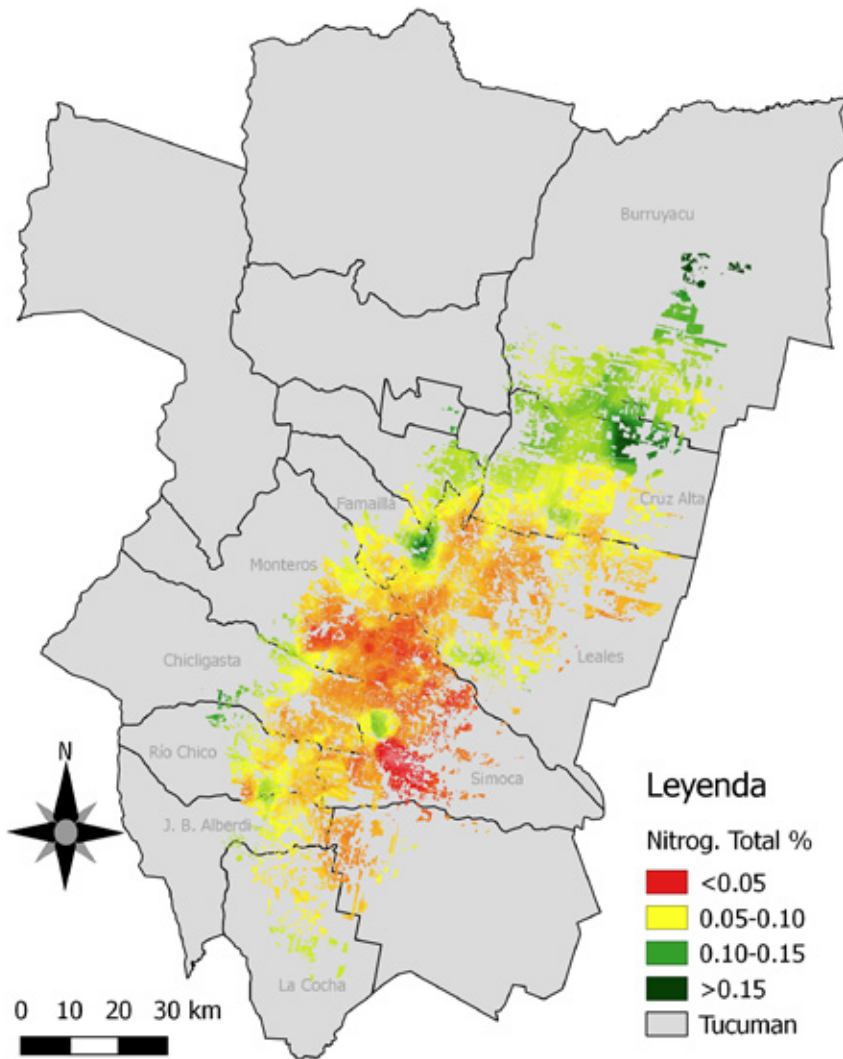


Figura 2. Mapa de distribución de contenido de nitrógeno total % (Kjeldahl) en el área cañera de Tucumán.

de más de 100 años de monocultivo con caña de azúcar. En ese sentido, González *et al.* (2003), en ensayos locales, determinaron que los contenidos de MOS y N del suelo con monte nativo y cultivo de caña de azúcar resultaron significativamente diferentes en favor del primero, desde los 2,5 cm hasta los 20 cm de profundidad, lo que podría explicarse por las sucesivas extracciones realizadas por los cultivos sin reposición de nutrientes. En caña de azúcar, Romero *et al.* (2018) reportaron balances negativos de nutrientes para un ciclo completo de cinco años del cultivo. Si gran parte del área cañera de la provincia posee contenidos de N nativos bajos o muy bajos, se hace más imprescindible aun el aporte de este en forma de fertilizantes minerales, orgánicos o biofertilizantes para poder satisfacer las necesidades del cultivo y maximizar los rendimientos.

La materia orgánica del suelo es capaz de proporcionar la mitad o más del N que requiere el cañaveral (Franco *et al.* 2010), y las prácticas que mantienen o mejoran sus contenidos en el suelo, tales como distribución de residuos agrícolas, podrían reducir la necesidad de aplicación de fertilizante nitrogenado a largo plazo (Pérez

Zamora, 2005). En experiencias locales Sotomayor *et al.* (2019) observaron incrementos en rendimiento del cañaveral (t/ha) de un 13% con la aplicación de 20 t/ha de compost (compuesto por cachaza, bagazo, cenizas y vinaza). Por otro lado, para conservar o aumentar los tenores de materia orgánica puede recurrirse a la cosecha en verde de caña y al mantenimiento del residuo agrícola de cosecha en el campo, por el significativo aporte de nutrientes (Digonzelli *et al.*, 2011).

Con respecto al pH de la capa superficial, la distribución geográfica en Tucumán (Figura 3) muestra que los suelos considerados moderadamente ácidos se ubican recostados principalmente al oeste del área cañera, en la región pedemontana, (departamentos Monteros, Chicligasta, Famailá y Río Chico), lo cual podría estar asociado a la alta pluviometría y al predominio de texturas de moderadamente gruesas a gruesas (Arroyo *et al.*, 2018b). Los suelos que no presentaron limitaciones para el normal desarrollo del cultivo desde el punto de vista del pH, es decir aquellos comprendidos en los rangos ligeramente ácidos y neutros, se ubicaron de sur a norte, desde el departamento La Cocha a Burruyacu, ocupando el área central de la provincia; los suelos ligeramente ácidos predominaron recostados al centro-oeste, y los neutros al centro-este. Zuccardi y Fadda (1985) señalaron que algunos suelos del pedemonte mostraron reacción química ácida (5,5 a 6,5).

También Moscatelli *et al.* (2005) indicaron, para las series de suelos localizadas en esta área, que la reacción química va de moderadamente ácida a neutra. Similares resultados reportaron Arroyo *et al.* (2018a) para suelos del sur del departamento Monteros. Los suelos de pH ligeramente alcalino y moderadamente alcalino se concentraron principalmente en los departamentos de Simoca y Leales, en la región de llanura deprimida salina. Para esta región, Sanzano *et al.* (2017) observaron suelos alcalinos por presencia de carbonato de calcio, y una proporción de suelos fuertemente alcalino-sódicos. Del mismo modo, para varias series de suelos identificadas en el departamento Simoca reportaron pH alcalinos y alcalinos sódicos (Moscatelli *et al.*, 2005).

El estado nutricional de los suelos a través de los mapas de fertilidad moviliza a buscar un balance adecuado en el suministro de nutrientes y en el manejo de alternativas orientadas al reciclaje de los mismos (Calderón Puig *et al.*, 2012). Esto cobra mucha más importancia en caña de azúcar, dado que los balances de nutrientes estimados para un ciclo económico (cinco años) fueron

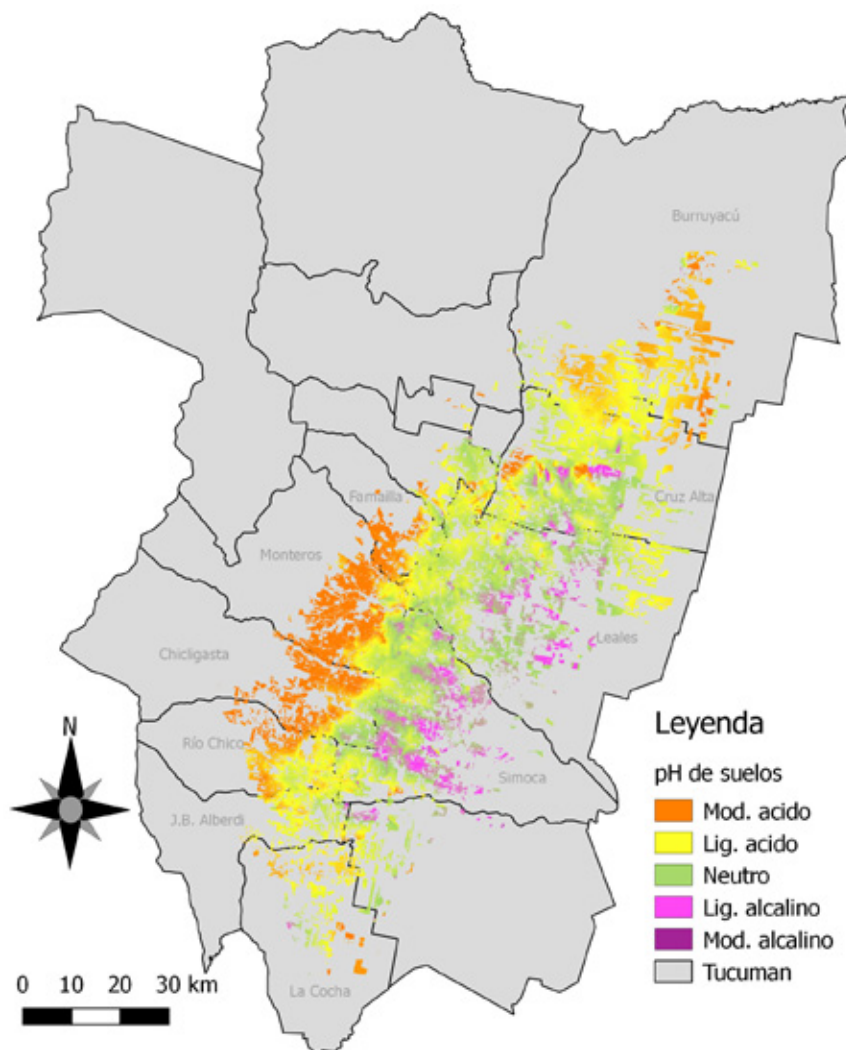


Figura 3. Mapa de distribución de pH del suelo (0-30cm) en el área cañera de Tucumán.

negativos, marcándose esta diferencia en los tratamientos con mayor rendimiento cultural (t/ha), situación que se agrava si se elimina total o parcialmente el residuo de cosecha (Romero *et al.*, 2018). Es por esto que el aporte de información georeferenciada sobre la fertilidad de los suelos cañeros en la provincia debe ser considerada como una herramienta básica en la toma de decisiones a nivel local por parte del productor, zonal por grupos o consorcios de productores, o regional por sectores gubernamentales.

### CONCLUSIONES

Se observó que los suelos cañeros de Tucumán se caracterizan por un bajo contenido de MOS, por lo tanto poseen de moderada a baja provisión de N nativo; por otro lado no se detectaron limitaciones importantes para el cultivo con respecto a pH del suelo. Los mapas de materia orgánica, nitrógeno total y pH en los suelos cañeros servirán para monitorear el estado de fertilidad de estos, y evaluar su aptitud agrícola ubicándolos geográficamente en el área productiva. Además, podría ser un instrumento importante en la evaluación local de las prácticas agro-

nómicas llevadas a cabo por productores o asesores, e incluso proveer información básica para estudios de sustentabilidad y proporcionar datos esenciales para modelos agronómicos.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero para el análisis de los datos en laboratorio realizados en el marco del Programa para Incrementar la Competitividad del Sector Azucarero (PROICSA), y a los productores cañeros que realizaron sus análisis en el laboratorio de suelos de la EEOC.

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Arroyo, E.; N. Aranda; G. A. Sanzano; H. Rojas Quinteros y J. Navarro Di Marco. 2018a. Estado actual de saturación con bases en hapludoles del oeste del área agrícola de Tucumán. XVI Congreso argentino de la ciencia del suelo. Tucumán, Argentina, pp 413-416.
- Arroyo, E.; N. Aranda y A. Sanzano. 2018b. Reconocimiento de suelos productivos en el sur del depar-

- tamento Monteros, provincia de Tucumán. *Revista Avance Agroindustrial* 39 (3).
- Bertsch, F. 1987.** Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Oficina de publicaciones de la Universidad de Costa Rica: 7-15.
- Brady, N. y R. Weil. 2002.** Soil acidity. The nature and properties of soils. 13th ed. 363-411.
- Calderón Puig, A.; D. Lara Franquiz & A. Cabrera Rodríguez. 2012.** Confección de mapas temáticos para evaluar fertilidad del suelo en las áreas agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales* 33 (1): 11-18.
- Casas, R. 2006.** Preservar la calidad y salud de los suelos: una oportunidad para la Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. *Anales Tomo LX.*
- Digonzelli, P.; E. Romero; L. Alonso; J. Fernández de Ullivarri; J. Scandaliaris and S. Fajre. 2011.** Assessing a sustainable sugar cane production system in Tucumán, Argentina. Part one: Sugar cane harvest residue (trash) decomposition dynamics. *Rev. Industrial y Agrícola de Tucumán* 88 (1): 1-12.
- Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris; J. Carreras Baldrés ; F. Soria; J. Giardina; J. Fernández de Ullivarri y E. Romero. 2020.** Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2020 en Tucumán. *Reporte Agroind. EEAOC* 190.
- Fogliata, F. A. 1995.** Factores edáficos limitantes del cultivo. En: *Agronomía de la caña de azúcar. Ediciones El Graduado. Tucumán, Argentina. Vol. 2. (Tomo II): 698-713.*
- Franco, H. C. J.; P. C. O. Trivelin; R. Otto; C. E. Faroni; A. C. Vitti and E. C. A. Oli-veira. 2010.** Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 27.
- García, F. y M. Díaz-Zorita. 2015.** El deterioro del suelo y el ambiente en la Argentina. La fertilidad de los suelos y el uso de nutrientes en la producción agrícola extensiva de Argentina Vol. 1(Tomo I):183-195.
- González, M. C.; S. C. Guillén; J. Manzur y P. J. Vidal. 2003.** Indicadores de calidad de suelo en cultivo de caña de azúcar en el pedemonte tucumano, Argentina. III Reunión de producción vegetal y I Reunión de producción animal en el NOA.
- Moscatelli, G.; R. Godagnone; J. Salazar; V. Nakama y M. Cuenca. 2005.** Estudio de suelos para la reconversión del sector agropecuario. Departamentos de Famaillá-Monteros-Simoca y Chicligasta. Provincia de Tucuman. Ed. INTA.
- Pérez Zamora, F. 2005.** Caña de Azúcar. En: Echeverría, H. y F. García (eds.), *Fertilidad de los suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA. Balcarce. Argentina, pp. 379-397.*
- Pérez Zamora, F.; J. Scandaliaris; A. Menéndez; R. Villegas y N. Dantur. 1999.** Diagnóstico de las necesidades de fertilización nitrogenada de las cañas socas en Tucumán (Argentina). *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán (RIAT)* 76 (1-2): 37-40.
- Romero, E. R.; L. Alonso; S. Casen; F. Leggio Neme; J. Tonatto; J. Scandaliaris; P. Digonzelli; J. Giardina y J. Fernández de Ullivarri. 2009.** Fertilización de la caña de azúcar. Criterios y recomendaciones. En: Romero, E. R.; P. Digonzelli y J. Scandaliaris (eds.), *Manual del Cañero. EEAOC. Tucumán, Argentina, pp. 87-100.*
- Romero, J. I.; A. Sanzano; E. R. Romero; F. Madrid; Y. Navarro Di Marco; R. Mi-randa; H. Rojas Quinteros; G. Juárez y R. Dellmans. 2018.** Extracción y balance de macronutrientes en caña de azúcar con riego por goteo y en secano. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamerica. I. A. 30: 8-13.*
- Sainz Rozas, H.; H. E. Echeverría & H. P. Angelini. 2011.** Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeanas. Argentina. *Informaciones Agronómicas* 2: 1-7.
- Sanzano, G. A.; E. Arroyo; N. Aranda; H. Rojas Quinteros; F. Madrid & J. Di Mar-co. 2017.** Muestreo intensivo para determinar la fertilidad del área cañera de la provincia de Tucumán-Argentina. XIV Congreso Internacional sobre el azúcar y derivados. Cuba.
- Scandaliaris, J.; F. Pérez Zamora; A. Menéndez; G. Fadda y M. Morandini. 1999.** Factores que condicionan la respuesta de la caña de azúcar a la fertilización nitrogenada en Tucumán (Argentina). *Revista industrial y agrícola de Tucumán (RIAT)* Tomo 76 (1-2) 41-49.
- Smith, O. H.; G. W. Petersen & B. A. Needelman. 2000.** Environmental indicators of agroecosystems. *Adv. Agron.* 69: 75-97.
- Sotomayor, C.; C. Esquivel; M. E. Garnica; H. Rojas Quinteros; M. Ruiz; A. San-zano; E. Quaia; D. Paz y M. Abregú. 2019.** Manejo sustentable de residuos de la caña de azúcar. Elaboración y empleo de compost en suelos cañeros. *Revista Avance Agroindustrial* 40 (4).
- Van Antwerpen, R.; R. J. Haynes; J. H. Meyer and D. Hlanze. 2003.** Assessing organic amendments used by sugarcane growers for improving soil chemical and biological propertie. *Proc South Africa Sug. Technol Ass* 77.
- Vázquez, M. y R. Rotondaro. 2005.** Acidificación de suelos en el sur de Santa Fe y el norte bonaerense. *Revista de la Asociación de Cooperativas Argentinas Acaecer* 350: 26 -32.
- Villatoro, M.; C. Henríquez y F. Sancho. 2008.** Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo. *Agronomía Costarricense* 32 (1): 95-105.
- Zuccardi, R. B. & G. Fadda. 1985.** Bosquejo agrológico de la provincia de Tucumán. Misc. 86. Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. Tucumán. Argentina.