

# Indicadores de sustentabilidad del suelo en diferentes áreas del centro-sur de la provincia de Córdoba\*

Hugo Marelli<sup>1</sup>, Juan Arce<sup>1</sup>, Patricio Marelli<sup>1</sup> y Belén Conde<sup>1</sup>

- *El conocimiento de indicadores apropiados para cada zona permite evaluar los cambios producidos por los sistemas productivos, el manejo y la intensificación productiva.*
- *Las variables químicas y físicas del suelo determinadas individualmente o en conjunto, proporcionan una información sintética sobre un fenómeno ambiental complejo que permite conocer y evaluar el estado y la variación de la calidad del suelo.*
- *En este trabajo se presenta una breve síntesis introductoria del libro recientemente publicado por INTA sobre indicadores de sustentabilidad del suelo en diferentes áreas del centro-sur de Córdoba. Estos indicadores reflejan el estado actual y pueden ser utilizados para establecer líneas bases y comparar su evolución temporal a nivel de lotes de productores.*

## Introducción

Una de las funciones económicas del suelo es proporcionar y mantener una buena productividad de los cultivos. El manejo de los suelos, bajo esta premisa, deberá tender a sostener y/o a mejorar la calidad de este recurso natural. Para cuantificarla, se pueden usar indicadores que deben ser medidos para la evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas, los que deberán ser fáciles de determinar y sensibles a los cambios que generan las prácticas de manejo. El modelo de agricultura sustentable para los próximos años, deberá ser formulado examinando las fortalezas y debilidades del agro-ecosistema, respetando los principios ecológicos básicos.

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 agro-ecológico, especialmente cuando se los analiza en conjunto evaluando su cambio en el largo plazo. El conocimiento de indicadores apropiados para cada zona permite evaluar los cambios producidos por los sistemas productivos, el manejo y la intensificación productiva.

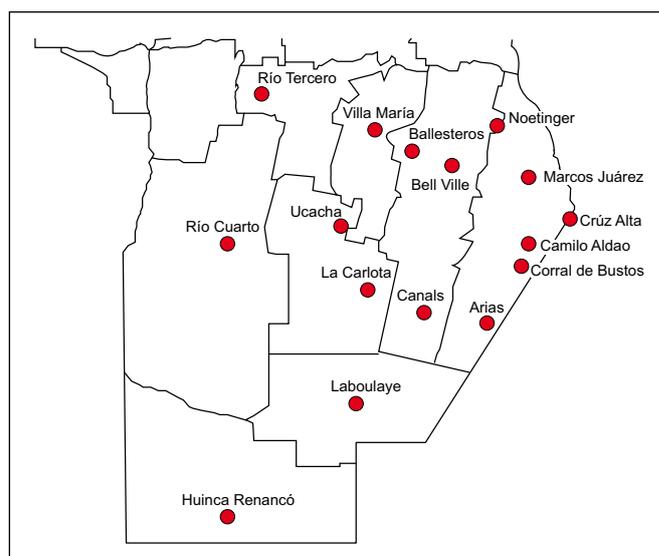
En este trabajo se presentan indicadores de sustentabilidad del suelo en diferentes áreas del centro-sur de Córdoba, incluyendo todas las determinaciones realizadas con sus repeticiones geo-referenciadas. Estos indicadores reflejan el estado actual y pueden ser utilizados como línea de base para comparar su evolución temporal a nivel de lotes de productores.

## Materiales y métodos

El periodo del estudio realizado abarcó desde 2007 al 2012 dentro del marco del Proyecto Regional de Gestión Ambiental. Los muestreos de suelo se realizaron en lotes

de productores propuestos por los agentes de extensión del área centro-sur de la provincia de Córdoba (**Figura 1**) vinculados al desarrollo territorial del área de la EEA Marcos Juárez (12 localidades), y del área de la EEA Manfredi (3 localidades). Se seleccionaron lotes bajo secuencias agrícolas en siembra directa más “un suelo de referencia” (bajo alambrado, áreas de vía férrea, potrero, monte o parque) de la misma serie de suelo.

Por diferentes razones operativas, no todos los lotes estudiados presentan todas las variables analizadas. En cada uno de los sitios se tomaron las muestras de suelo a tres profundidades, 0-5 cm; 5-15 cm; y 15-25 cm. Fueron extraídas con barreno de 2.5 cm. de diámetro apartando los residuos superficiales antes de la extracción. Las muestras fueron secadas al aire, molidas a mano, tamizadas por mallas de 2 mm y conservadas a temperatura ambiente. Las determinaciones de Carbono total (Ct) y Nitrógeno total (Nt) se hicieron por el método de combustión con un equipo LECO TRUSPEC.



**Figura 1. Ubicación de las localidades donde se realizaron los muestreos.**

<sup>1</sup> EEA INTA Marcos Juárez. Marcos Juárez, Córdoba, Argentina

\* Síntesis del libro homónimo (Marelli et al., 2017), disponible en [http://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_mj\\_indicadores\\_suelos\\_cba\\_0.pdf](http://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_mj_indicadores_suelos_cba_0.pdf)



**Figura 2. Ubicación geo-referenciada de los puntos de muestreo en la localidad de Arias.**

Las fracciones de materia orgánica particulada (POM) se determinaron siguiendo una adaptación del método propuesto por Cambardella y Elliot (1992) y descrita por Morón y Sawchik (2002). Las determinaciones químicas y físicas de suelo de rutina, incluyendo materia orgánica (MO), nitratos ( $\text{NO}_3$ ), fósforo (P), pH, conductividad eléctrica (CE), azufre (S), potasio (K), humedad edáfica, densidad aparente y estabilidad de agregados se realizaron según las metodologías estandarizadas de INTA. Las determinaciones de los micronutrientes fueron realizadas por espectrometría atómica con DTPA (ácido dietilenotriaminopentaacético) como extractante.

### Variables determinadas

- Carbono total (Ct) y Nitrógeno total (Nt), expresado en  $\text{t ha}^{-1} \text{ capa}^{-1}$ , corregidos por masa equivalente.
- C y N de las fracciones de la MO (C-POM y N-POM): 2000-212  $\mu$ , 212-53  $\mu$  y 53-0  $\mu$ . Valores expresados en  $\text{t ha}^{-1} \text{ capa}^{-1}$ , corregidos por masa equivalente.
- Micronutrientes: Fe, Mn, Zn, Cu, (Espectrofotometría de Absorción Atómica, DTPA), boro (B) (Azometina).
- Análisis de rutina: MO (Walkley y Black),  $\text{NO}_3^-$  (Harper), P (Bray y Kurtz-1), S (Turbidimetría), pH, CE.
- Densidad aparente por dos profundidades (0-7 y 7-14 cm), método del doble cilindro.
- Estabilidad de agregados (De Boodt y De Leenher, 1959).

### Ubicación y descripción de los predios estudiados

A modo de ejemplo, en la **Figura 2** se muestra el esquema general de muestreo en la localidad de Arias. En todos los casos se tomaron registros de latitud y longitud geo-referenciando los sitios de muestreo.

### Resultados

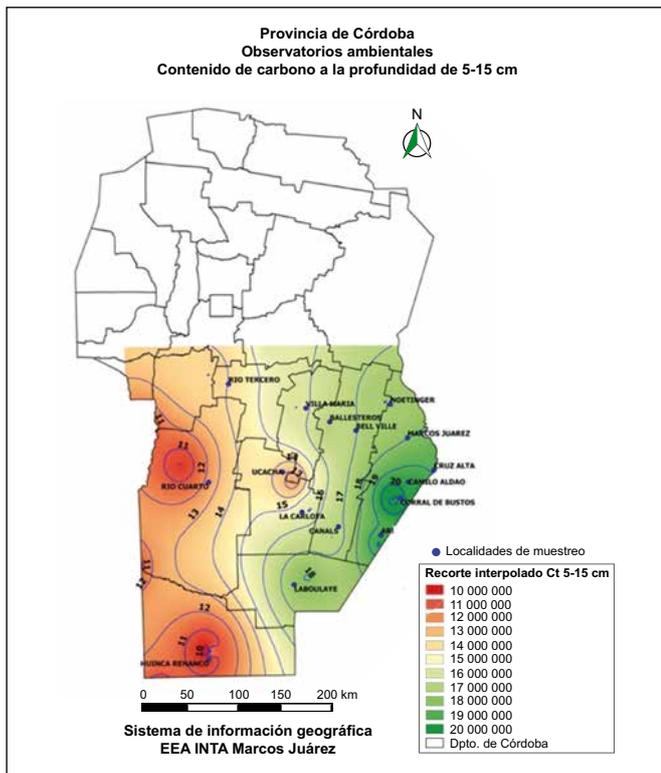
A continuación, se presentan algunos resultados parciales para algunos indicadores. Se recomienda al lector consultar la información completa en Marelli et al. (2017).

### Contenidos de carbono y nitrógeno

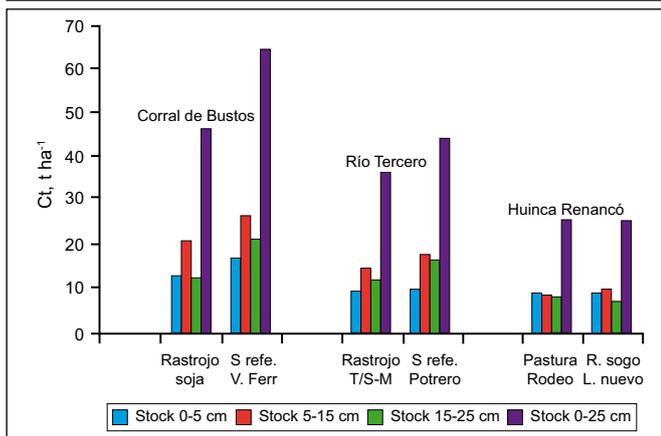
Utilizando el método de interpolación con ponderación inversa a la distancia, se realizaron mapas de isolíneas del Ct a diferentes profundidades. La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra (**Figura 3**).

A modo de ejemplo, en la **Figura 4**, se muestran los valores de Ct ( $\text{t ha}^{-1} \text{ capa}^{-1}$ ) a las tres profundidades y para tres localidades de muestreo y dos situaciones del suelo bajo agricultura. En el análisis del Ct se tiene en cuenta el espesor de la capa considerada.

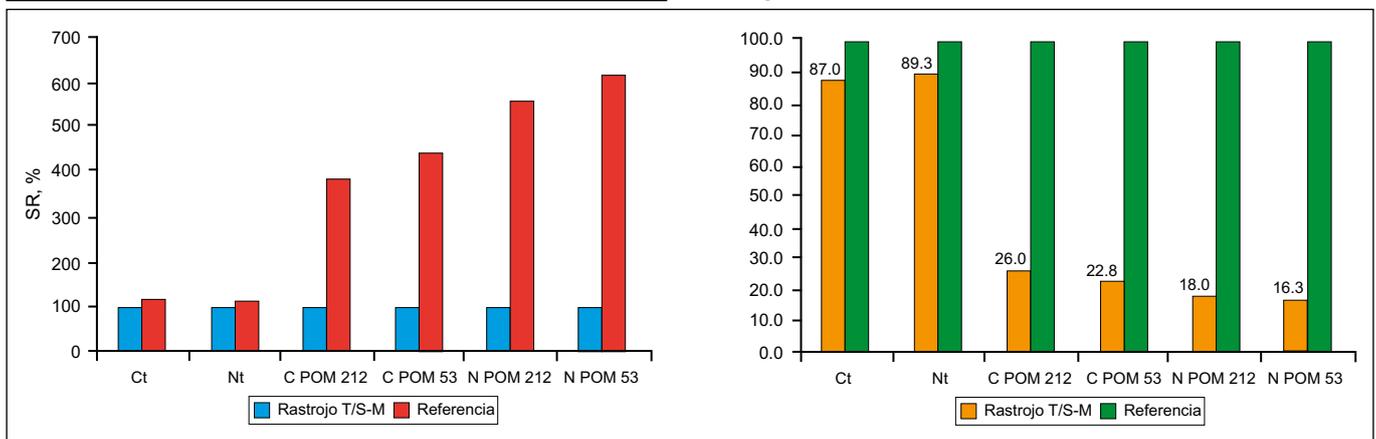
Las situaciones con historia de agricultura, como era de esperarse, mostraron valores menores en todos los indicadores cuantificados, con diferente sensibilidad relativa respecto de la situación de referencia (**Figura 5**).



**Figura 3. Isolíneas de stock de C ( $t\ ha^{-1}\ capa^{-1}$ , 5-15 cm). Equidistancia de  $1\ t\ ha^{-1}\ capa^{-1}$ .**



**Figura 4. Stocks promedio de Ct para distintas profundidades de muestreo en tres localidades selectas del estudio y bajo dos situaciones (agrícola y referencia).**



**Figura 5. Sensibilidad relativa (SR) de distintos indicadores de calidad de suelos relacionados a C y N (Ct, Nt, y fracciones de C y N particulado) respecto de la situación de referencia (100%) para la localidad de Río Tercero. Profundidad 0-15 cm.**

En este sentido, Ct y Nt mostraron ser las variables menos sensibles, mientras que las fracciones particuladas expresaron la mayor sensibilidad.

### Niveles de P extractable

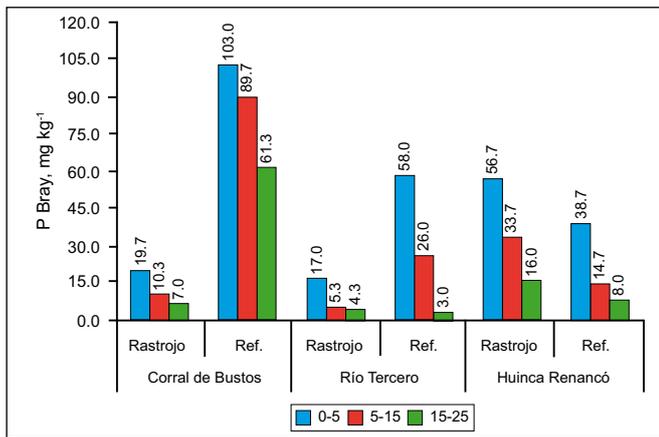
En la **Figura 6**, se muestra la relación del P extractable del suelo a tres profundidades de muestreo, para tres localidades y diferentes condiciones de uso.

### Micronutrientes

A modo de ejemplo, se muestran los valores de Zn para la profundidad 5-15 cm por localidad. Entre los factores que influyen en la disponibilidad del Zn, deben mencionarse el pH, textura y composición química del suelo (**Figura 7**).

### Comentarios finales

- El estudio realizado en diferentes áreas del centro-sur de Córdoba mostró mayores valores de Ct del suelo “de referencia” en comparación con las situaciones de uso agrícola.
- Los indicadores C-POM y N-POM para los suelos de referencia presentaron valores mayores que en los suelos agrícolas. Estos indicadores podrían ser más sensibles para detectar diferencias en calidad de suelos.
- La distribución relativa del carbono de las fracciones de la MO (C-POM) dentro del C total, muestran una mayor proporción ocupada por las fracciones más estables (C-MAOM) en los lotes más deteriorados y con mayor uso en agricultura. Los suelos de referencia muestran los menores valores de C en estas fracciones.
- Se apreció una estratificación marcada, con mayores valores de P en 0-5 cm de profundidad.
- Entre los micronutrientes, en general, los contenidos de B, Cu y Fe superaron el valor crítico. El Zn mostró niveles por sobre el valor crítico reportado para la región pampeana, salvo para tres localidades.
- La degradación estructural promedio del suelo, medida a través del Cambio del diámetro medio ponderado de agregados (CDMP), muestra un valor de 0.436 para los suelos de referencia y de 0.702 para los suelos de uso agrícola.

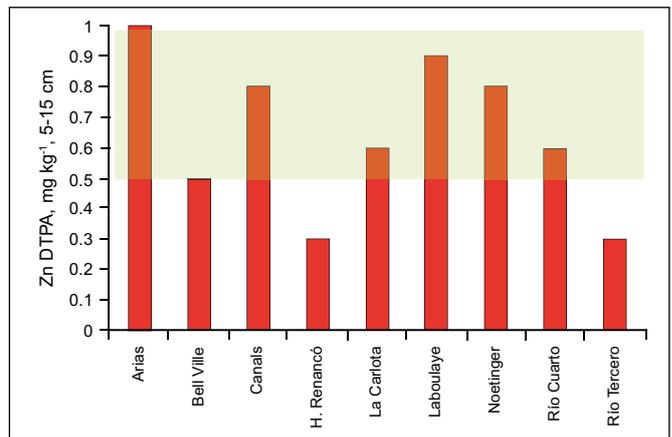


**Figura 6. Niveles de P extractable Bray-1 a distintas profundidades de muestreo en tres sitios selectos.**

- Los mapas generados por el método de ponderación inversa muestran la variabilidad espacial de los nutrientes, permitiendo identificar aproximadamente áreas de concentración o déficit de los mismos.
- Muestreos futuros de suelo permitirán estimar la evolución de sus patrones de distribución.

### Bibliografía

Cambardella, C.A. y E.T. Elliott. 1992. Particulate Soil organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. *Soil Sci. Soc. Am.* 1. 56:777-783.



**Figura 7. Contenido de Zn (extractable DTPA) por localidad a 5-15 cm. La franja sombreada horizontal indica un rango de suficiencia (0.5-1 ppm) para profundidades de 0-20 cm.**

De Boodt, M. y L. De Leenher. 1959. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Proc. Int. Symp. On soil structure. Mededelingen van de Landbouhogeschool. Gent. Belgica.*

Marelli, H.J., J.M. Arce, P.M. Marelli, y M.B. Conde. 2017. Indicadores de sustentabilidad del suelo en diferentes áreas del centro-sur de la provincia de Córdoba. Información para extensión en línea No. 20. Colección divulgación. INTA Ediciones. ISSN: 2250-8511. Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_mj\\_indicadores\\_suelos\\_cba\\_0.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_mj_indicadores_suelos_cba_0.pdf)

## Cursos y Simposios

### 1. III Workshop Ecofisiología Vegetal

**Organiza** : Red de Ecofisiología Vegetal - SEMA  
**Lugar** : Mar del Plata, Buenos Aires  
**Fecha** : Septiembre 28-29, 2017  
**Información** : Telf.: (011) 4322-6210  
[www.ecofisiovegetal.com.ar](http://www.ecofisiovegetal.com.ar)

### 2. V Reunión de la Red Argentina de Salinidad. "Salinidad: Un desafío para el semiárido"

**Organiza** : AACS  
**Lugar** : Villa Mercedes, San Luis, Argentina  
**Fecha** : Octubre 4-6, 2017  
**Información** : [info.ras2017@gmail.com](mailto:info.ras2017@gmail.com)  
<http://www.suelos.org.ar>

### 3. ASA-CSSA-SSSA Meetings: "Managing Global Resources for a Secure Future"

**Organiza** : ASA-CSSA-SSSA  
**Lugar** : Tampa, Florida, EE.UU.  
**Fecha** : Octubre 22-25, 2017  
**Información** : <https://www.acsmeetings.org>

### 4. VIII Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo

**Organiza** : Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) de Santa Cruz y SBSC  
**Lugar** : Santa Cruz de la Sierra, Bolivia  
**Fecha** : Noviembre 13-15, 2017  
**Información** : [www.sbcs.com.bo](http://www.sbcs.com.bo)

### 5. XIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Suelo y Sustentabilidad y 1<sup>era</sup> Reunión de Materia Orgánica 2017

**Organiza** : Pontificia Univ. Católica de Chile  
**Lugar** : Santiago de Chile, Chile  
**Fecha** : Noviembre 20-23, 2017  
**Información** : <http://congresosuelo.uc.cl>

### 6. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

**Organiza** : AACS  
**Lugar** : San Miguel de Tucumán, Argentina  
**Fecha** : Mayo 15-18, 2018  
**Información** : <https://congresosuelo2018.org>  
[congresosuelo2018@gmail.com](mailto:congresosuelo2018@gmail.com)