



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

### INDICADORES DE LA FERTILIDAD EN SUELOS CON TRIGO BAJO SIEMBRA DIRECTA

JUAN MANUEL MARTÍNEZ<sup>1,3\*</sup>; MATÍAS E. DUVAL<sup>1</sup>; FERNANDO M. LÓPEZ<sup>1,3</sup>; MARIA ROSA LANDRISCINI<sup>1</sup> & JUAN A. GALANTINI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Conicet- Cerzos; <sup>2</sup>Comisión de Investigaciones Científicas (CIC)-CERZOS; <sup>3</sup>Dpto. de Agronomía-Universidad Nacional del Sur.

\* [jmmartinez@criba.edu.ar](mailto:jmmartinez@criba.edu.ar)

**Palabras clave:** Calidad de suelos; Trigo; Molisol

#### Resumen

En la actualidad, resulta necesario contar con información científica que permita seleccionar indicadores de calidad de suelos (CS) en el sudoeste bonaerense (SOB). El objetivo fue evaluar diferentes indicadores químicos, físicos y biológicos de la CS asociados a la fertilidad y determinar cuáles son los más importantes en suelos con trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo siembra directa (SD) del SOB semiárido. Durante los años 2010 y 2011 se muestrearon 27 lotes de productores destinados al cultivo de trigo bajo SD, situados en la región semiárida bonaerense. Los suelos se muestrearon en 0-20 cm al momento de la siembra del cultivo. Para detectar indicadores se utilizó al análisis de componentes principales (CP) utilizando a todos los indicadores químicos, físicos y biológicos; y al rendimiento en grano como variable de clasificación. El análisis de CP permitió explicar un 77% de la variabilidad total en el rendimiento en grano, agrupando los primeros 4 CP con autovalores > 1. Dentro de las variables seleccionadas como indicadores de calidad se encontraron arenas, carbohidratos totales (CHt) y carbohidratos solubles (CHs) para CP1; pH, arenas y limo + arcilla en CP2, Pe en CP3 y carbono orgánico particulado grueso (COPg) en CP4. Se pudo detectar a los CHs como indicador biológico principal de la calidad de estos suelos con trigo. Las fracciones más lábiles del C no fueron indicadores de la fertilidad de gran importancia por la variabilidad en los aportes de fracciones lábiles por los residuos de cultivos en esta región.

#### Introducción

La calidad de suelos (CS) ha sido definida como la capacidad del suelo de funcionar efectivamente en el presente y futuro (Doran & Parkin, 1994). En la actualidad, resulta necesario contar con información científica que permita seleccionar indicadores de calidad, y desarrollar índices a fin de evaluar la calidad de los suelos, con respecto a la degradación y la sustentabilidad del mismo (Duval *et al.*, 2013). En los suelos agrícolas la calidad estará dada por su potencial para permitir el desarrollo de los cultivos, sin causar degradación del suelo ni deteriorar el ambiente. Las propiedades físicas,



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

---

químicas y biológicas pueden ser buenos indicadores de CS aunque la mayoría no son universales, y son variables con el ambiente y características edáficas bióticas y abióticas (Shukla *et al.*, 2005). Sin embargo, debido a la imposibilidad de considerar todas estas propiedades juntas, es necesario hacer una selección de los indicadores más importantes.

Diferentes autores han definido una serie de requisitos o pautas específicas que deben cumplir los parámetros evaluados para ser considerados indicadores. Según Dalal (1998) supone que un buen indicador debe medir una o más funciones del suelo; ser lo suficientemente sensible para reflejar los cambios debidos a perturbación, restauración o manejo; facilitar la referencia de valores críticos o umbrales; ser fácilmente interpretables; ser fácil y barato de obtener. Las propiedades físicas, químicas y biológicas pueden ser buenos indicadores de CS aunque la mayoría no son universales, y son variables con el ambiente y características edáficas bióticas y abióticas (Shukla *et al.*, 2005). Los indicadores de CS más efectivos probablemente varían acorde a la región, clima y sistema de producción (Parr *et al.*, 1992).

El cultivo de trigo es la base de los sistemas productivos en una amplia región del sudoeste bonaerense (Martínez *et al.*, 2012). Sus rendimientos son influenciados por las condiciones climáticas y las propiedades edáficas, obligando a un uso eficiente de los recursos (Galantini *et al.*, 2004).

En este ambiente donde los recursos- como el agua - son limitados, se desconocen en detalle cuales son los indicadores de CS asociados a la fertilidad que nos permiten observar el efecto de la agriculturización y de la SD sobre la productividad de estos suelos. El objetivo fue evaluar diferentes indicadores químicos, físicos y biológicos de la CS asociados a la fertilidad y determinar cuáles son los más importantes en suelos con trigo bajo SD del SOB semiárido.

### **Materiales y métodos**

Durante los años 2010 y 2011 se muestrearon 27 lotes de productores destinados al cultivo de trigo bajo SD, situados en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires, en lo que comprende la región semiárida bonaerense. Las características de los sitios y lotes se encuentran en la Tabla 1.

Los suelos se muestrearon en 0-20 cm al momento de la siembra del cultivo en tres puntos de muestreo georeferenciados en un radio de 50 m, en cada uno de los lotes. En cada punto de muestreo se tomó una muestra compuesta de suelo (15-20 submuestras).

Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron por 2 mm. Luego, se evaluó como indicadores químicos: Carbono orgánico total (COT) por combustión seca con

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

analizador automático Leco (Leco Corporation, St Joseph, MI), N total (Nt) del suelo (Bremner & Mulvaney, 1982), pH y fosforo extraible (Pe, Bray & Kurtz, 1945). Con respecto a los indicadores físicos se analizó: almacenamiento de agua del suelo al momento de la siembra (AS) y granulometría por tamaño de partículas por fraccionamiento físico del suelo (Duval *et al.*, 2013), obteniendo las fracciones: arenas y Limo+ arcilla. Como indicadores biológicos se evaluó: N potencialmente mineralizable medido como N anaeróbico (Nan) (Waring & Bremner, 1964), Carbono orgánico particulado grueso (COPg, > 100 micrones) y particulado fino (COPf, < 53 micrones) (Duval *et al.*, 2013), e hidratos de C totales y solubles (CHt y CHs) (Puget *et al.*, 1999). En madurez fisiológica del trigo, se obtuvieron 2 muestras compuestas de 2 m lineales trigo, para estimar el rendimiento de grano.

El análisis estadístico se basó en el uso de componentes principales (CP) utilizando a todos los indicadores químicos, físicos y biológicos como variables; y al rendimiento en grano como variable de clasificación. Se seleccionaron todos los CP > 1 y dentro de cada uno se seleccionó a las variables con los mayores autovectores y aquellas en que la distancia con era hasta un 10% con respecto a la más elevada (Li *et al.*, 2013). El análisis estadístico se realizó con el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

**Tabla 1.** Características generales y climáticas de los sitios seleccionados.

Sitio	n	Clasificación Taxonómica	Cultivo antecesor %	Temperatura			Pp.	
				media	máx	mín	Annual	Ciclo
				°C			mm	
García del Río	2	Haplustol Típico	Avena (50); Soja (50)	14,9	21,3	8,5	690	353
Las Oscuras	1 7	Argiustol Típico	Trigo (60); Arveja (20); Maíz (20)	15,0	21,4	8,6	669	317
Cnel. Rosales	4	Haplustol Entico	Cebada (100)	14,9	21,3	8,6	664	285
Cnel. Pringles	4	Haplustol Típico	Trigo (60); Cebada (20); Mijo(20)	14,8	21,1	8,4	686	331

n, numero de lotes por sitio. Cultivo antecesor, % de cada cultivo antecesor en los n lotes por sitio; Pp. Precipitaciones. Ciclo, precipitaciones durante el ciclo del cultivo.

### Resultados y discusión

Los suelos evaluados tuvieron un nivel de materia orgánica en el rango 16 a 27,4 g kg<sup>-1</sup>. El pH fue de ligeramente ácido a neutro (6,1- 7,2), condición típica de los suelos de la región (Landriscini *et al.*, 2015). La concentración de Pe de los suelos, en general se encontró por encima del límite establecido por Ron & Loewy (1990) de 10 mg kg<sup>-1</sup> quienes encontraron estos valores en 0-10 cm y con otro sistema de labranza, salvo el sitio “Cnel. Pringles” donde se reportaron menores valores promedios (6,9 mg kg<sup>-1</sup>).



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

---

Los rendimientos del trigo oscilaron entre 1882 kg ha<sup>-1</sup> y 3469 kg ha<sup>-1</sup> con un promedio de 2445 kg ha<sup>-1</sup>. Los mayores rendimientos se hallaron en el sitio “Cnel. Pringles”, mientras que los menores en “Las Oscuras”.

El análisis de CP permitió explicar un 77% de la variabilidad total en el rendimiento en grano (Tabla 2), agrupando los primeros 4 CP con autovalores > 1. Dentro de las variables seleccionadas como indicadores de calidad encontramos a arenas, CHt y CHs para CP1; Nt, pH, arenas y Limo+ arcilla en CP2, Pe en CP3 y COPg en CP4.

La selección de 4 CP con autovalores > 1 es dada por la elevada variabilidad de las propiedades químicas físicas y biológicas en los diferentes lotes evaluados (Li *et al.*, 2013) sumado a la variabilidad obtenida en los rendimientos de trigo, característico de la región semiárida. Dentro de los indicadores seleccionados el más importante en el caso del CP1 fueron los CHs, siendo el indicador de calidad más importante para estos suelos con trigo. Esta es una fracción altamente lábil y sensible por las prácticas de manejo (Duval *et al.*, 2013). Además, Angers *et al.* (1993) sugirieron que existe un enriquecimiento de CH en la MO bajo el sistema SD, por lo que sería importante cuantificarlos con este manejo. En el CP2 se encontró a las fracciones granulométricas y al pH. Estos resultados coinciden a los hallados con Li *et al.* (2013), quienes concluyeron que todos los factores que regulan el agua, los nutrientes y la absorción de nutrientes por el cultivo, son importantes indicadores de la calidad de suelos. En este caso la condición textural y el pH cumplen una parte importante sobre el agua y la disponibilidad de nutrientes. Por su parte, Schoenholtz *et al.* (2000) concluyeron que la textura es un indicador de calidad de gran importancia.

Para el CP3 se halló al Pe y esto puede ser explicado por la influencia de los indicadores en el CP2, que regulan la disponibilidad del P. Mientras, que en el CP4 con menor explicación de la variabilidad total se encontró al COPg, debido a que en estas regiones debido a la erraticidad de las precipitaciones, existe mucha variabilidad en los aportes de C lábil de los residuos de cultivos y generalmente son escasos, en eso radica esa menor importancia en el rendimiento. Esto demuestra que a pesar de ser un indicador sensible e importante para otros suelos (Duval *et al.*, 2013), en este caso debido a la baja explicación de la variabilidad total, no sería un indicador de la calidad de suelo importante.

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

**Tabla 2.** Análisis de componentes principales con todos los indicadores para rendimiento de trigo.

	Rendimiento de trigo			
	CP1	CP2	CP3	CP4
Autovalores	4,59	2,02	1,5	1,16
Proporción de Varianza	0,38	0,17	0,12	0,1
Varianza acumulada	0,38	0,55	0,68	0,77
Variables	Autovectores			
COT	0,32	-0,03	0,31	0,24
Nt	0,30	-0,35	-0,002	0,08
pH	-0,03	<u>0,38</u>	-0,35	0,35
Pe	0,02	-0,24	<u>0,55</u>	0,44
AS	0,33	0,30	-0,06	-0,03
Arenas	<u>-0,35</u>	<u>-0,39</u>	-0,17	-0,03
Limo+arcilla	0,34	<u>0,39</u>	0,16	0,02
COPg	0,01	-0,13	-0,43	<u>0,68</u>
COPf	0,34	0,03	-0,37	-0,13
Npm	0,27	-0,34	-0,17	-0,36
CHt	<u>0,36</u>	-0,06	0,12	-0,01
CHs	<u>0,38</u>	-0,33	-0,22	0,09

Subrayados, se indican las variables con mayores autovectores por cada CP generado.

### Conclusiones

Se pudo detectar a los CHs como indicador biológico principal de la calidad de estos suelos con trigo. Otros indicadores importantes fueron la condición textural y el pH, dado que son reguladores del agua en el suelo y la disponibilidad de nutrientes para el trigo. Las fracciones más lábiles del C no fueron indicadores de gran importancia por la variabilidad en los aportes de fracciones lábiles por los residuos de cultivos en esta región.

Existe una falta de información sobre los indicadores de calidad de suelos en este ambiente, donde los rendimientos de los cultivos son muy variables y por lo tanto, los aportes de fracciones lábiles por los residuos resultan en general, escasos y dependientes de las condiciones climáticas del año. Sería importante incluir estos indicadores en la confección de índices funcionales del sistema que permitan explicar en mayor medida la variabilidad de los factores estudiados.

### Bibliografía

Angers, DA; N Bissonnette; A Logbre & N Samson.1993. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. Can. J. Soil Sci. 73: 39-50.



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

Bray, R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39- 45.

Bremner, AE, Mulvaney, C.S. 1982. Total nitrogen. *In: Methods of soil analysis, Part 2, Page, C et al.* (Eds). Pp. 595-624. American Society of Agronomy and Soil Science Society of American Journal. Madison, WI.

Dalal, RC. 1998. Soil microbial biomass-what do the numbers really mean?. *Anim. Prod. Sci.* 38: 649-665.

Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Doran, JW & BT Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. *In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment, Doran, JW et al.*(Eds.). Pp. 3-21. Soil Science Society of America. Madison, WI.

Duval, ME; JA Galantini; JO Iglesias; S Canelo; JM Martinez; L Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131: 11-19.

Galantini JA; RE Fernández; GV Minoldo; MR Landriscini; RJ Kiessling; RA Rosell. 2004. Fertilización del trigo con N y S en suelos bajo siembra directa del S y SO Bonaerense. *Actas VI Congreso Nacional de Trigo.* Bahía Blanca Argentina.

Karlen, DL; MJ Mausbach; JW Doran; RG Cline; RF Harris & GE Schuman. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 4-10.

Landriscini MR; JM Martínez & JA Galantini. 2015. Fertilización foliar con nitrógeno en trigo en el sudoeste bonaerense. *Ci. Suelo* 33: en prensa.

Li, P; T Zhang; X Wang & D Yu. 2013. Development of biological soil quality indicator system for subtropical China. *Soil and Till. Res.*126: 112-118.

Martínez, JM; MR Landriscini; JA Galantini; ME Duval; CC Cerda. 2012. Predicción del rendimiento en trigo mediante la utilización del índice de verdor. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Trabajo completo en CD-ROM. 16 al 20 de abril. Mar del Plata, Argentina.

Parr, JF; RI Papendick; SB Hornick & RE Youn. 1992. Soil quality: Attributres and relationship to alternative and sustainable agriculture *Amer. J. Altern. Agric.* 7: 5-16.



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

Puget, P; DA Angers & C Chenu. 1999. Nature of carbohydrates associated with water-stable aggregates of two cultivated soils. *Soil Biol. Biochem.* 31: 55-63.

Ron, M & T Loewy. 1990. Fertilización fosfórica en trigo en el sudoeste bonaerense. I Modelo de respuesta. *Ci. Suelo* 8(2): 187-194.

Schoenholtz, SH; HV Miegroet & JA Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *For. Ecol. Manage.* 138: 335-356.

Shukla, MK; R Lal & M Ebinger. 2005. Soil quality indicators for reclaimed mine soils in southeastern Ohio. *Soil Sci.* 169: 133-142.

Waring, SA & JM Bremner. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201: 951-952.