

NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA Y pH EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN PAMPEANA Y EXTRAPAMPEANA ARGENTINA

Hernán Sainz Rozas^{1,2}, Hernán E. Echeverría¹ y Hernán Angelini¹

Introducción

La materia orgánica del suelo (MO) es considerada un indicador de salud del mismo y su efecto positivo sobre la sostenibilidad del sistema productivo ha sido ampliamente documentado. Para un determinado ambiente, los niveles de MO más elevados se encuentran en pastizales naturales, y cuando estos sistemas son cultivados, se produce una rápida caída de la MO seguida por una declinación más lenta hasta un nuevo estado estable. El nivel de MO en dicho estado va a depender del clima, suelo y del manejo del mismo (labranzas, rotaciones, secuencias de cultivos agrícolas, fertilización). La intensificación de la actividad agrícola y la falta de rotaciones con pasturas ha producido un deterioro de los niveles de MO, los que en algunos casos, dependiendo del tipo de suelo y textura, presentan sólo el 50% de su nivel original (Álvarez, 2001; Lavado, 2006), lo que explica la respuesta generalizada al agregado de nitrógeno (N) (Echeverría y Sainz Rozas, 2007), en menor medida a azufre (S) (Reussi Calvo et al., 2008) y el desencadenamiento de problemas ambientales como la erosión de los suelos (Lavado, 2006).

El pH del suelo es una de las propiedades químicas más relevantes ya que controla la movilidad de iones, la

precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. La remoción de bases (calcio, magnesio, potasio) sin reposición de las mismas, conlleva a una disminución en la saturación del complejo de intercambio y acidificación de suelos (Vázquez, 2005).

Por otra parte, la aplicación frecuente de fertilizantes también contribuye a la disminución del pH del suelo (Liebig et al., 2002), dependiendo dicho efecto de la capacidad tampón del mismo. El uso de fertilizantes fosfatados y nitrogenados se ha incrementado desde mediados de los 90, y en la actualidad, el consumo de fertilizantes (fosfatados mas nitrogenados) se ubica alrededor de 120 kg ha⁻¹ (Melgar, 2006). En suelos de Balcarce se han determinado caídas en los valores de pH en situaciones con aportes de N y fósforo (P) durante siete años (Fabrizzzi et al., 1998).

Si bien la MO y el pH del suelo son indicadores de la capacidad productiva del mismo, no se cuenta con información actualizada del estado de estas propiedades en suelos de la región pampeana y extrapampeana. Esta información es necesaria a los fines de evaluar el estado de deterioro de los mismos, con el objeto de implementar acciones correctivas tendientes a mejorar

Tabla 1. Número de muestras y estadísticos descriptivos del contenido de materia orgánica del horizonte superficial del suelo (0-20 cm) en provincias de la región pampeana y extrapampeana.

Provincia	No. de muestras	Promedio	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	----- Percentil -----		
						0.25	0.50	0.75
----- % -----								
Buenos Aires	19 842	2.7	1.2	0.07	8.3	1.9	2.5	3.2
La Pampa	1122	1.6	0.6	0.5	5.2	1.2	1.5	1.9
Santa Fe	4439	2.7	0.6	0.5	6.5	2.3	2.7	3.0
Córdoba	3895	2.0	0.7	0.3	5.5	1.5	2.1	2.5
Santiago del Estero	220	2.5	0.4	1.6	5.0	2.2	2.4	2.6
Entre Ríos	1087	3.4	0.9	1.0	7.7	2.8	3.3	3.9
Salta	373	2.4	0.5	0.9	5.8	2.1	2.3	2.6
Tucumán	641	2.6	0.5	0.4	5.9	2.3	2.6	2.9

Fuente: Laboratorio Tecnoagro, laboratorio Suelofertil de ACA Pergamino, laboratorio ISETA de 9 de Julio, laboratorio Tecnosuelo NOA, laboratorio EEA INTA Oliveros, laboratorio EEA INTA Marcos Juárez, laboratorio EEA INTA Balcarce y laboratorio EEA INTA Anguil.

¹ Unidad Integrada Balcarce: EEA INTA - FCA UNMP

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), C. C. 276, (7620). Balcarce, Argentina. Correo electrónico: fertibalca@balcarce.inta.gov.ar

la capacidad productiva del sistema suelo. Los objetivos del presente trabajo fueron: i) Relevar los contenidos actuales de MO y el pH y mapear dichas variables en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana y extrapampeana; y ii) estimar el cambio en los contenidos de MO causados por la actividad agrícola en algunas áreas de la región pampeana.

Materiales y métodos

Para confeccionar los mapas de MO y pH se recopiló información de los laboratorios que trabajan bajo normas IRAM. El carbono (C) orgánico oxidable se determinó siguiendo la norma IRAM-SAGPyA 29571-2 la que se basa en la metodología propuesta por Walkley y Black (1934). La determinación de pH en todos los laboratorios que contribuyeron con datos se realizó siguiendo el mismo protocolo: se agregó agua a muestras de suelo secas al aire o a 30 °C y tamizadas a 2 mm en una relación suelo:agua de 1:2.5 (v:v), se mezcló y se dejó equilibrar por 1 hora. Transcurrido este tiempo la suspensión se agitó nuevamente y se midió el pH con el electrodo en posición vertical. Las muestras correspondieron al estrato superficial de 0-20 cm y fueron extraídas durante las campañas 2005 y 2006. El mayor número de muestras provino de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba (**Tablas 1 y 3**). Las muestras con valores de pH superiores a 7.5 fueron eliminadas dado que estos suelos no fueron considerados apropiados para la mayoría de los cultivos agrícolas realizados en la región.

Los datos se agruparon por provincia y partido o departamento y se determinó el promedio, mediana, desvío estándar, valor mínimo, máximo y los percentiles. La normalidad de la distribución de los datos de MO y pH fue testeada utilizando la rutina Proc Univariate del programa Statistical Analysis System (SAS, 1985). Según el resultado de este análisis se utilizó el valor de la mediana de MO y pH de cada partido o departamento para la realización de los mapas. Para ello los rangos de valores de MO seleccionados fueron de 1.0 a 1.9; 2.0 a 2.9; 3.0 a 3.9; 4.0 a 4.9 y entre 5.0 y 6.5 %. Los rangos de valores de pH utilizados fueron de 5.5 a 5.9; 6 a 6.4 y de 6.5 a 7.5.

Para generar los mapas se utilizó el programa ESRI ArcMap (2009) con cartografía base correspondiente a la división política del país. Se generó un punto, latitud y longitud correspondiente al centro de cada partido o departamento, el cual se relacionó con el valor del estadístico utilizado. El método de interpolación utilizado para realizar los mapas de MO y pH fue el Kriging Ordinario (KO), el cual fue validado mediante el análisis de los valores predichos versus observados,

Tabla 2. Contenidos de materia orgánica en suelos prístinos y en suelos muestreados en 2005-2006 en algunas zonas de la región pampeana.

Provincia	Zona	Prístinos promedio	Actual promedio	Reducción respecto de condición prístina
				%
Buenos Aires	Sudeste*	8.6 (1.8)	5.5 (0.9)	36.6
	Norte	5.0 (1.0)	2.9 (1.2)	42.0
Santa Fe	Sur	4.3 (1.1)	2.6 (0.5)	39.0
Córdoba	Sudeste	3.3 (0.8)	2.0 (0.6)	39.4
La Pampa	Este	3.4 (0.7)	1.6 (0.6)	53.0

* Valores entre paréntesis representan el desvío estándar.

los que se obtuvieron por validación cruzada (Villatoro et al., 2008). También se calculó la eficiencia de predicción (EP), la que estima que tan efectivo es el uso de una variable interpolada respecto del uso del promedio general de la misma (Schloeder et al., 2001). Un valor de 100 indica predicción perfecta y valores bajos o valores negativos indican que la estructura espacial es pobre y que no es viable realizar un muestreo intensivo para realizar un mapa.

Para evaluar los cambios en los contenidos de MO causados por la actividad agrícola en algunas zonas de la región pampeana, se compararon los datos promedios actuales con los promedios de MO de suelos en condición prístina. Las zonas o áreas evaluadas fueron: suroeste y sudeste de Córdoba, datos publicados por Cantú et al. (2007) y Ferreras et al. (2007) de los departamentos de Río Cuarto, Marcos Juárez y Unión, sur de Santa Fe, datos publicados por Ferreras et al. (2007) de los departamentos de Belgrano, Iriondo, San Lorenzo, Constitución, Gral. López y Caseros, norte de Buenos Aires, datos publicados por Vázquez et al. (1990) y Ferreras et al. (2007), de los partidos de Pergamino, Gral. Arenales y Salto, sudeste de Buenos Aires, datos publicados por Urquieta (2008) de los partidos de Azul, Tandil, Benito Juárez, Lobería, Balcarce, Gral. Pueyrredón y Gral. Alvarado, y noreste y centro-este de La Pampa, datos publicados por López et al. (2007) de los departamentos de Conhelo, Quemú Quemú, Toay, Capital, Catrilo y Atréuco.

Resultados y discusión

Materia orgánica

El análisis de la distribución de los datos ($n = 31619$) indicó una ligera desviación desde la normalidad ($P < 0.07$), por lo que los valores promedio fueron ligeramente mayores a la mediana (**Tabla 1**). Por lo tanto, los mapas resultantes de interpolar con ambos estadísticos fueron similares (datos no mostrados). La relación entre valores predichos por el KO y observados fue significativa ($P < 0.05$), con ordenada al origen y pendiente no diferentes de 0 y 1, respectivamente ($y = 0.98x$, $r^2 = 0.80$). Los mayores errores de predicción del KO se determinaron en la zona norte de la provincia de Santa Fe, norte de Santiago del Estero y en algunas zonas de Salta (**Figura 1**), lo que puede ser atribuido a la baja cantidad de departamentos relevados en dichas zonas. No obstante, la EP calculada fue del 80%, valor considerado aceptable para la aplicación de métodos de interpolación (Villatoro et al., 2008).

Los contenidos de MO disminuyeron de este a oeste y de sur a norte del área relevada, con valores de MO que variaron de 1.0 hasta 6.5%, según zonas. Como se mencionó, los valores más bajos se determinaron al oeste de Buenos Aires, este de La Pampa y sur-suroeste de Córdoba, y los más elevados al sudeste de Buenos

Aires (**Figura 2**), provincia que presentó la mayor variación en los niveles de MO (**Tabla 1**). A nivel regional, los niveles de MO de suelos prístinos están regulados por el clima, dado que el mismo incide en el balance de C al afectar el ingreso del mismo al suelo y su salida por respiración microbiana (Álvarez y Steinbach, 2006). Por lo tanto, la caída de los niveles de MO hacia el oeste de la región se asocia a la disminución de la precipitación media anual, mientras que la disminución de los niveles de MO hacia el norte de la región se relaciona con el aumento de la temperatura media (Álvarez y Steinbach, 2006). Además, la MO también se incrementa al aumentar la proporción de arcillas por una mayor protección contra el ataque microbiano (Six et al., 2002) y por mayor disponibilidad de agua. Por lo tanto, la variación de textura del horizonte superficial contribuiría también a explicar la disminución de MO este-oeste. Los contenidos de MO de los suelos del este de La Pampa oscilaron de 1.0 a 1.9% (**Figura 1**) y son similares a los reportados por Romano y Roberto (2007) para dicha área en un relevamiento realizado durante el período 2004-2006.

Los niveles de MO de suelos prístinos tomados de la bibliografía para diferentes zonas de la región pampeana (**Tabla 2**) fueron similares a los determinados (datos no

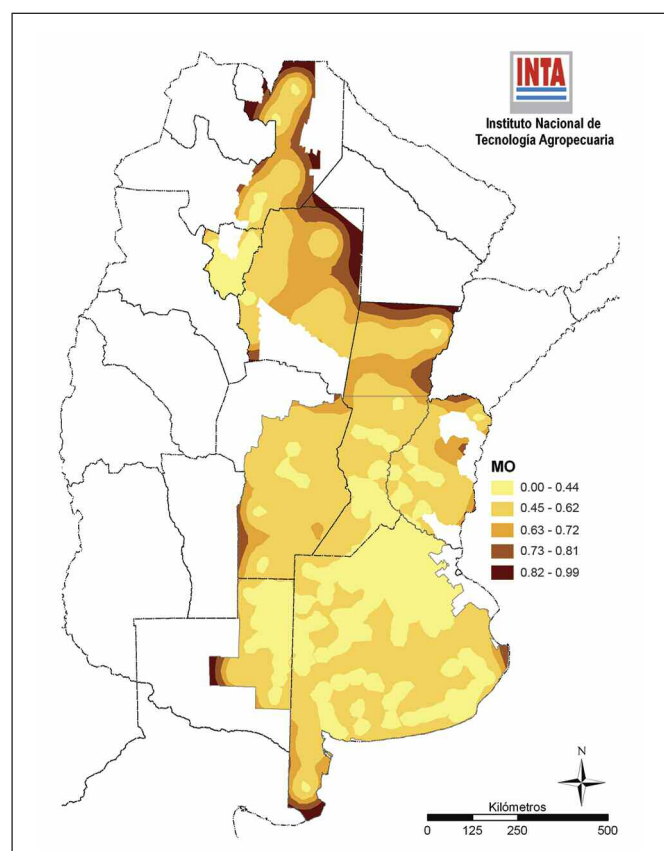


Figura 1. Mapa del error estándar del valor estimado de materia orgánica (MO, %) por el método Kriging para suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana.

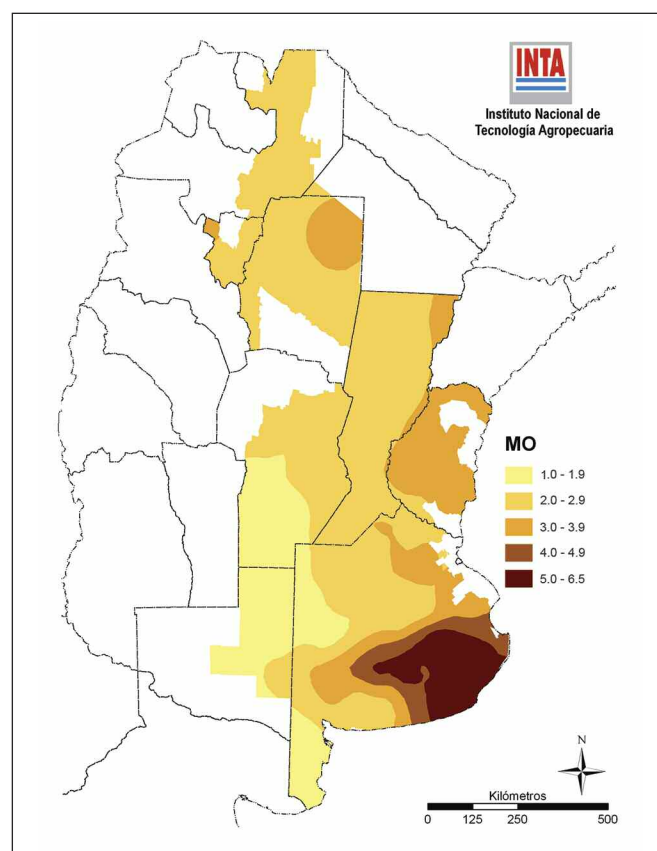


Figura 2. Rangos de valores de mediana del contenido de materia orgánica (MO, %) del horizonte superficial (0-20 cm) de suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana. Interpolación realizada con el método Kriging.

mostrados) utilizando el modelo desarrollado por Álvarez y Steinbach (2006), el cual incluye temperatura media, precipitaciones y textura del horizonte superficial como variables explicativas del nivel de MO en condición prístina. Por lo tanto, es factible que los valores de MO de suelos prístinos tomados de la bibliografía sean representativos de la condición inicial, a pesar de que no se contó con un elevado número de sitios. La reducción de los niveles de MO respecto de la condición prístina osciló del 36 al 53% según zonas

(Tabla 2), valores similares a los reportados por otros autores (Álvarez, 2001; Lavado, 2006). La menor caída se determinó para la región sudeste de Buenos Aires y la mayor para los suelos del este de La Pampa (Tabla 2). La mayor disminución detectada para esta región se explicaría en parte por la textura más gruesa de estos suelos, la que determina una menor protección de la MO (Six et al., 2002). Las elevadas caídas de MO determinadas en el norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba se podrían asociar a la

prolongada historia agrícola de los suelos de esta área y a la elevada frecuencia del cultivo de soja en la rotación (Casas, 2003). Es válido destacar que las fracciones de la MO que se reducen en mayor medida son las más lábiles, las que son muy importantes para promover la estabilidad de los agregados y proveer N a través de la mineralización (Studdert et al., 1997; Six et al., 2002). Para el horizonte superficial de un suelo franco la disminución de un 1% de MO implica la pérdida de 1000 a 1400 kg de N ha⁻¹ y de 80 a 120 kg de P y S ha⁻¹ (García et al., 2006; Echeverría, 2007), lo que pone de manifiesto la incidencia de la pérdida de MO sobre las reservas de nutrientes en el suelo.

El contenido de MO de un suelo es definido por el balance entre ingresos (básicamente residuos vegetales) y salidas de C (mineralización). Por lo tanto, todas las acciones que incrementen la entrada de C al suelo (rotación con pasturas, elevada frecuencia de cultivos con altos aportes de C, adecuada fertilización, riego, etc.) asociadas a labranzas que minimicen la salida de C (labranzas conservacionistas) incrementarán el contenido de C del suelo.

En el sudeste de Buenos Aires, Studdert et al. (2010) reportaron que las caídas de C orgánico total (COT) y particulado (COP) en suelo disminuyeron rápidamente desde la salida de la pastura, particularmente bajo labranza convencional, y que ambas fracciones se incrementaron rápidamente (3 años) con la inclusión de una pastura en la rotación (Figura 3). Para la misma

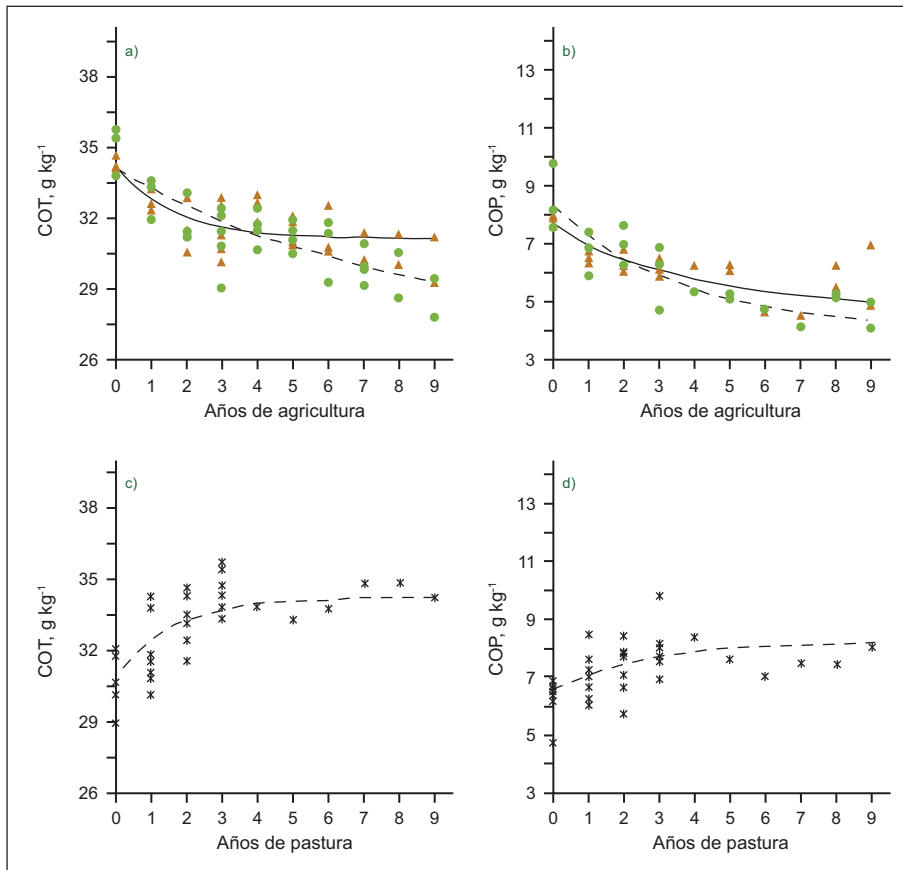


Figura 3. Evolución del contenido de carbono orgánico total (COT) (a) y particulado (COP) (b) en función de los años de agricultura para siembra directa (triángulos) y labranza convencional (círculos), y del COT y COP en función de los años bajo pastura mixta de gramíneas y leguminosas (c y d, respectivamente). Adaptado de Studdert et al. (2010).

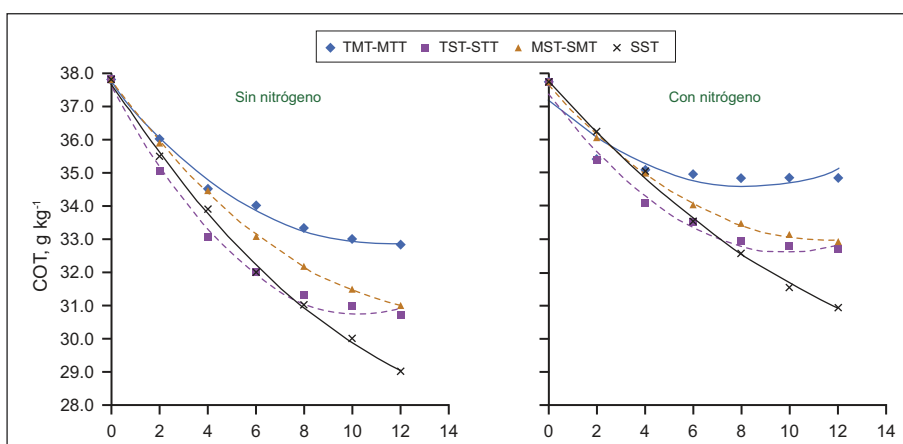


Figura 4. Evolución del contenido de carbono orgánico total (COT) para distintas rotaciones de cultivos sin y con fertilización nitrogenada; T = trigo, S = soja, M = maíz. Adaptado de Domínguez et al. (2007).

Tabla 3. Número de muestras y estadísticos descriptivos del pH del horizonte superficial del suelo (0-20 cm) en provincias de la región pampeana y extrapampeana.

Provincia	No. de muestras	Promedio	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	----- Percentil -----		
						0.25	0.50	0.75
Buenos Aires	19 094	6.22	0.44	4.40	7.50	5.90	6.20	6.50
La Pampa	1007	6.52	0.45	5.25	7.50	6.20	6.50	6.80
Santa Fe	4802	6.03	0.36	5.00	7.50	5.80	6.00	6.20
Córdoba	3960	6.20	0.44	5.10	7.50	5.90	6.20	6.40
Santiago del Estero	231	6.80	0.38	5.81	7.50	6.51	6.80	7.10
Entre Ríos	1191	6.34	0.53	4.20	7.50	5.90	6.30	6.70
Salta	439	6.71	0.52	5.03	7.50	6.34	6.78	7.13
Tucumán	674	6.35	0.58	4.97	7.50	5.92	6.35	6.78

Fuente: Laboratorio Tecnoagro, laboratorio Suelofertil de ACA Pergamino, laboratorio ISETA de 9 de Julio, laboratorio Tecnosuelo NOA, laboratorio EEA INTA Oliveros, laboratorio EEA INTA Marcos Juárez, laboratorio EEA INTA Balcarce y laboratorio EEA INTA Anguil.

zona, Domínguez et al. (2007) reportaron menores caídas de COT desde la salida de la pastura en la medida que aumentó la frecuencia de gramíneas y cuando las mismas fueron fertilizadas con N (Figura 4). Estos resultados muestran que la inclusión de pasturas incrementa rápidamente el COT y COP y que la agricultura produce una rápida caída de ambas fracciones del C. No obstante, los ciclos bajo agricultura podrían prolongarse con la adopción de labranzas conservacionistas como la SD y con combinaciones de cultivos de elevada frecuencia de gramíneas adecuadamente fertilizadas.

Reacción del suelo

El análisis de la distribución de los datos (n = 31398) no indicó desviación desde la normalidad (P > 0.10), por lo que los valores promedio fueron iguales a la mediana en la mayoría de las provincias relevadas (Tabla 3) y a nivel de partido (datos no mostrados). Por lo tanto, y de manera análoga a MO, se optó por la mediana para la realización del mapa. La relación entre valores predichos y observados fue significativa (P < 0.05), con ordenada al origen y pendiente diferentes de 0 y 1, respectivamente ($y = 2.19 + 0.65x$, $r^2 = 0.66$). No obstante, la EP fue del 67%, valor considerado aceptable para la aplicación de métodos de interpolación (Villatoro et al., 2008). La pendiente menor a uno indica que el método de interpolación subestimó el pH para valores elevados del mismo. Los mayores errores de predicción del KO se determinaron en zonas como el norte de la provincia de Santa Fe, norte de Santiago del Estero y en algunas zonas de Salta (Figura 5), lo que puede ser atribuido a la baja cantidad de departamentos relevados.

Los suelos de la mayor parte de los partidos o departamentos relevados en las provincias de Buenos

Aires, La Pampa, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, Santiago del Estero, Salta y Tucumán presentaron valores de pH dentro del rango de 6 a 7.5 (Figura 6), los cuales son considerados óptimos para el crecimiento de los principales cultivos de la región. Sólo algunos partidos del norte de Buenos Aires (Baradero, Ramallo, San Nicolás, Mercedes, Chacabuco, Pergamino, Colón, Junín) y centro, centro-sur de Santa Fe (San Martín, San Jerónimo, Belgrano, Iriondo, San Lorenzo, Caseros, Rosario y Constitución) y este de Córdoba mostraron valores de pH en el rango de 5.5-6 (Figura 6). Estos bajos valores de pH podrían ser explicados por la mayor exportación de bases de esta área respecto de otras regiones agrícolas (Cruzate y Casas, 2003). Es probable también que la mayor acidez de los suelos de esta zona se asocie a una prolongada historia de aplicación de fertilizantes nitrogenados. Para el sudeste de Buenos Aires, Fabrizzi et al. (1998) reportaron descensos de hasta 0.3 unidades de pH para aplicaciones anuales de 120 kg N ha⁻¹. El alto contenido de MO confiere a los suelos del sudeste bonaerense una alta capacidad de resistir procesos de acidificación. Principalmente, este efecto obedece a la presencia de grupos funcionales en la superficie de la MO que permiten el intercambio de H⁺ con la solución del suelo (Wong y Swift, 2003). De este modo, los suelos del sudeste bonaerense presentarían una mayor tolerancia a la acidificación ante similares dosis de fertilización con N respecto de los suelos de la pampa ondulada. El proceso de acidificación sería más intenso en los estratos superficiales del suelo (0-5 cm), zona en la cual se realiza habitualmente la localización de los fertilizantes nitrogenados (Divito et al., 2011).

Los valores de pH determinados en el este de la provincia de La Pampa son similares a aquellos reportados por Romano y Roberto (2007) en un

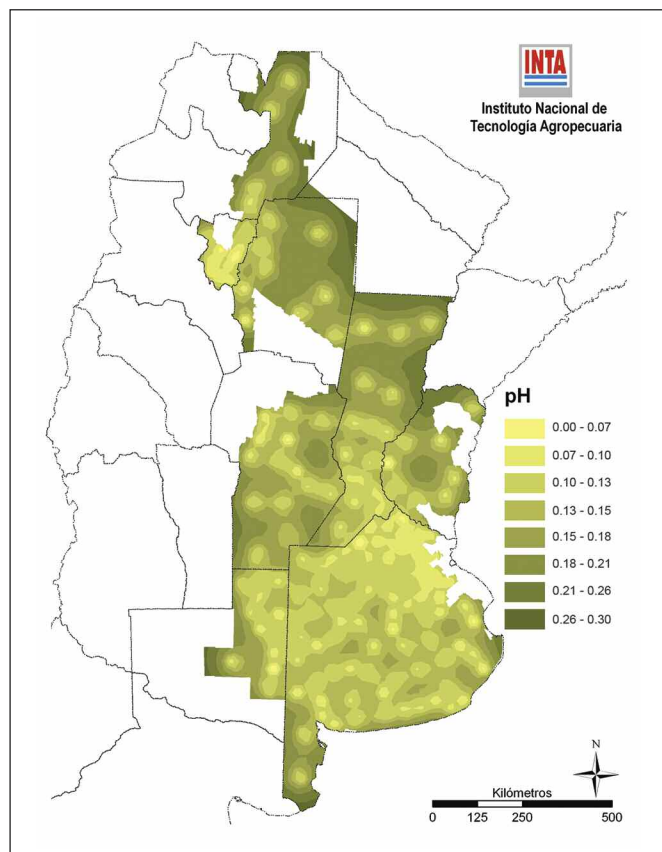


Figura 5. Error estándar del valor estimado de pH por el método Kriging para suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana.

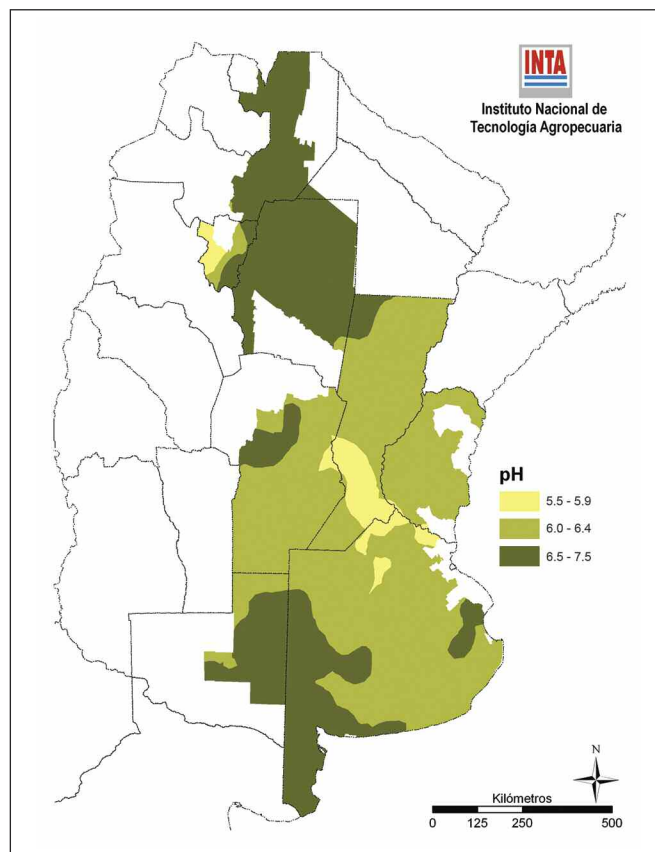


Figura 6. Rango de valores de mediana de pH del horizonte superficial (0-20 cm de profundidad) de suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana. Interpolación realizada con el método Kriging.

relevamiento realizado durante el período 2004-2006.

Conclusiones

Los mayores valores de MO se determinaron en el sudeste de la región pampeana y los valores más bajos hacia el oeste y norte de dicha región. Los contenidos actuales representan entre el 47 al 63% de los originales, lo que marca la necesidad de implementar prácticas de manejo de suelo y cultivo que aumenten el ingreso de C para revertir este proceso de degradación.

En general, el pH de los suelos no sería limitante para la producción de los cultivos extensivos en la mayor parte del área relevada, pero se pueden presentar potenciales problemas de acidez en áreas específicas.

Agradecimientos

A los que aportaron información sobre los análisis de suelos: José Lamelas y Luis Berasategui (Tecnoagro), Roberto Rotondaro (Suelofertil), Graciela Cordone (INTA Casilda), Carlos Galarza (INTA Marcos Juárez), Alfredo Bono (INTA Anguil), Juan Galantini (UNS), Luis Ventimiglia (INTA 9 de Julio), Sebastián Gambaudo (INTA Rafaela) y Laboratorio Tecnosuelo del NOA. Este trabajo fue financiado con fondos del proyecto INTA AERN 295561 y AGR 319/10 de la UNMP.

Bibliografía

- Álvarez, R., y H.S. Steinbach. 2006. Factores climáticos y edáficos reguladores del nivel de materia orgánica. En: *Materia Orgánica "Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos"* (ed. R Álvarez). Editorial. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. pp. 31-40.
- Álvarez, R. 2001. Estimation of carbon losses by cultivation from soils of the Argentine Pampa using the Century Model. *Soil Use and Management*. 17:62-66.
- Cantú, M.P., A. Becker, J.C. Bedano, y H.F. Schiavo. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del Suelo* 25:173-178.
- Casas, R.R. 2003. Sustentabilidad de la agricultura en la región pampeana. <http://www.inta.gov.ar>
- Cruzate, G., y R. Casas. 2003. Balance de nutrientes. *Fertilizar*. Año 8. Número especial "Sostenibilidad" Diciembre 2003. pp. 7-13.
- Divito, G.A., H.R. Sainz Rozas, H.E. Echeverría, y G.A. Studdert. 2011. Long term nitrogen fertilization: soil property changes in an Argentinean papas soil under no tillage. *Soil & Tillage Research* (En prensa).
- Domínguez, G.F., G.A. Studdert, y H.E. Echeverría.

2007. Propiedades del suelo: Efectos de las prácticas de manejo. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 207-229.
- Echeverría, H.E., y H. Sainz Rozas. 2007. Nitrógeno. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 69-97.
- Echeverría, H.E. 2007. Azufre. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 139-160.
- ESRI ArcMap 9.2, 2009. Licencia 37142261_v9 del set ArcGIS Desktop.
- Fabrizzi, K.P., L. Picone, A. Berardo, y F.O. García. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en las propiedades químicas de un Argiudol Típico. *Ciencia del Suelo*. 16:71-76.
- Ferreras, L., G. Magra, P. Besson, y F.O. García. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo*. 25:159-172.
- García, F.O. 2003. Agricultura sustentable y materia orgánica del suelo: siembra directa, rotaciones y fertilidad. III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 17-19 Septiembre. Actas en CD.
- García, F.O., L.I. Picone, y A. Berardo. 2006. Fósforo. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 99-121.
- Lavado, R. 2006. La región Pampeana: Historia, características y uso de sus suelos. En: *Materia Orgánica "Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos"* (ed. R. Álvarez). Editorial. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. pp. 1-12.
- Liebig, M.A., G.E. Varvel, J.W. Doran, y B.J. Wienhold. 2002. Crop sequence and nitrogen fertilization effects on soil properties in the western corn belt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:596-601.
- López, M.V., J.M. de Dios Herrero, G.G. Hevia, R. Gracia, y D.E. Buschiazzo. 2007. Determination of the wind-erodible fraction of soils using different methodologies. *Geoderma*. 139:407-411.
- Melgar, R. 2006. El mercado de fertilizantes en la Argentina y su relación con el sector agropecuario. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 489-502.
- Reussi, Calvo N.I., H.E. Echeverría, y H.R. Sainz Rozas. 2008. Usefulness of foliar nitrogen-sulfur ratio in spring red wheat. *Journal of Plant Nutrition*. 31:1612-1623.
- Romano, N., y M. Roberto. 2007. Contenido de fósforo extractable, pH y materia orgánica en los suelos del este de la provincia de La Pampa. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 33:1-6.
- SAS Institute, Inc. 1985. User's guide. Statistics. Version 5. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Schloeder, CA; NE Zimmerman y MJ Jacobs. 2001. Comparison of methods for interpolating soils properties using limited data. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:470-479.
- Six, J., R.T. Conant, E.A. Paul, y K. Paustian. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*. 241:155-176.
- Studdert, G.A., H.E. Echeverría, y E.M. Casanovas. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1466-1472.
- Studdert, G.A., G.F. Domínguez, M. Agostini, y G. Monterubbianesi. 2010. Cropping systems to manage southeastern pampas' Mollisols health. I. Organic C and mineralizable N. *New Advances in Research and Management of World Mollisols Proceedings of International Symposium on Soil Quality and Management of World Mollisols*. July 13-16, 2010, Harbin, China.
- Urquieta, J.F. 2008. Nitrógeno potencialmente mineralizable anaeróbico en suelos del sudeste bonaerense y su relación con la respuesta a nitrógeno en trigo. Tesis ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina.
- Vázquez, M.E. 2005. Calcio y Magnesio, acidez y alcalinidad del suelo. En: Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos (ed HE Echeverría y FO García). Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 161-188.
- Vázquez, M.E., L.A. Berasategui, E.R. Chamorro, L.A. Tanquini, y L.A. Barberis. 1990. Evolución de la estabilidad estructural y diferentes propiedades químicas según el uso de los suelos en tres áreas de la pradera pampeana. *Ciencia del Suelo*. 8:203-210.
- Villatoro, M., C. Enríquez, 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*. 32:95-105.
- Walkley, A., y Y. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-37.
- Wong, M.T.F., y R.S. Swift. 2003. Role of Organic Matter in Alleviating Soil Acidity. In: Rengel, Z. (Ed.). *Handbook of Soil Acidity*. Marcel Dekker. New York. USA. pp. 337-358. □