

## NITRÓGENO INCUBADO EN ANAEROBIOSIS Y MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE BUENOS AIRES

Presentado en el XXIV Congreso Argentino de Ciencias del Suelo – Bahía Blanca – Mayo 2014

Reussi Calvo, N.<sup>1,2\*</sup>; Calandroni, M.<sup>2</sup>; Studdert, G.<sup>2</sup>; Cabria, F.<sup>2</sup>; Diovisalvi, N.<sup>1</sup>; Berardo, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de suelos FERTILAB, <sup>2</sup>Unidad Integrada Balcarce

\* Autor de contacto: [nreussicalvo@laboratoriofertilab.com.ar](mailto:nreussicalvo@laboratoriofertilab.com.ar); Moreno 4524, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina; 0223-4724184.

### RESUMEN

La materia orgánica (MO) y el nitrógeno (N) incubado en anaerobiosis (Nan) son indicadores de calidad del suelo. Además, el Nan es un estimador del aporte de N por mineralización, y ha sido empleado para el ajuste de la dosis de N en los cultivos. El objetivo de este trabajo fue 1) relevar y mapear el contenido de MO y Nan (0-20 cm) de los suelos agrícolas de la provincia de Buenos Aires y 2) relacionar dichas variables a escala regional. Se emplearon un total de 33.117 y 6.556 muestras de suelo (0-20 cm) para MO y Nan, respectivamente. La eficiencia de predicción para MO y Nan fue de 78 y 67%, respectivamente. El contenido de MO varió entre 5 y 130 g kg<sup>-1</sup>, aumentando de Oeste a Este y de Norte a Sur de la provincia de Buenos Aires. La concentración de Nan varió entre 12 y 260 mg kg<sup>-1</sup>, siendo mayores los niveles en el Este que al Oeste. Esto evidencia el diferente potencial aporte de N por mineralización que poseen los suelos, el cual debería ser considerado al momento de ajustar la dosis de N en los cultivos. Por último, se determinó una asociación significativa entre los niveles de MO y Nan a nivel regional, siendo el coeficiente de determinación del 50%. No obstante, la estimación del contenido de Nan de los suelos a partir de la MO no sería una práctica recomendable a los fines del diagnóstico de N.

### PALABRAS CLAVE

mineralización de nitrógeno; indicadores de suelo; mapas de propiedades de suelo.

### INTRODUCCIÓN

La materia orgánica (MO) del suelo cumple un rol fundamental como reservorio de nutrientes y en la estabilización de la estructura edáfica, dependiendo su nivel del clima, la textura, el sistema de labranza, las rotaciones, la secuencia de cultivos agrícolas y la fertilización (Studdert & Echeverría, 2000). Los efectos del uso del suelo pueden ser detectados rápidamente mediante los cambios en el contenido de MO, o mejor aún, a partir algunas de sus fracciones más lábiles tal como la materia orgánica particulada (MOP) (Cozzoli et al., 2010). En los últimos años, la intensificación de la actividad agrícola en toda la Región Pampeana ha ocasionado una disminución en el contenido de MO cercano al 50% de su nivel original (Sainz Rozas et al., 2011). Esto sumado a la implementación generalizada de sistemas de labranza conservacionistas como la siembra directa (SD) han provocado una disminución del aporte de nitrógeno (N) por mineralización, lo cual se ve reflejado en una alta frecuencia de casos con respuesta positiva al agregado de N (Pagani et al., 2008; Barbieri et al., 2009).

La metodología más difundida para el diagnóstico de N en los cultivos se basa principalmente en la determinación del contenido de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo (0-60 cm) al momento de la siembra (Pagani et al., 2008;

Barbieri et al., 2009). Para su empleo, se han propuesto distintos umbrales de disponibilidad de N (suelo+fertilizante), los cuales varían según zona, sistema de labranza y rendimiento objetivo del cultivo. No obstante, este tipo de modelos simplificados no contemplan de forma directa el aporte de N por mineralización. Sólo entre 38 y 54% de la variación en el rendimiento de los cultivos es explicada por la disponibilidad de  $N-NO_3^-$  (0-60 cm) a la siembra (Barbieri et al., 2009). Lo mencionado plantea la necesidad de contar con herramientas complementarias para cuantificar el aporte de N por mineralización, lo que permitiría mejorar la estimación del N disponible para los cultivos y el diagnóstico para la fertilización. La determinación del contenido de N-amonio producido en incubación anaeróbica (Nan) de muestras de suelo del estrato superficial, parecería ser un indicador confiable para tal fin, dado que se correlaciona estrechamente con el N potencialmente mineralizable (Echeverría et al., 2000). Para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (Sainz Rozas et al., 2008) y de trigo (*Triticum aestivum* L.) (Reussi Calvo et al., 2013), se mejoró el ajuste de la dosis de N cuando se incorporó el Nan para el diagnóstico de disponibilidad de N.

En la actualidad no hay registros de trabajos que evalúen los niveles de Nan a nivel regional y, por ende, que permitan conocer el potencial actual de mineralización de N de los suelos. Además, si bien hay trabajos en los cuales se ha evaluado la relación entre los contenidos de MO y Nan en el suelo (Studdert et al., 2006); esta información no está disponible a escala regional. El objetivo del presente trabajo fue: 1) relevar y mapear el contenido de Nan y MO en suelos agrícolas de la Provincia de Buenos Aires y 2) relacionar el contenido de Nan y MO a escala regional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron mapas de MO y Nan a partir de muestras de suelo (0-20 cm) provenientes de la Provincia de Buenos Aires analizadas por el Laboratorio de suelos FERTILAB entre 2010 y 2013. El número de muestras fue de 33.117 para MO y de 6.556 para Nan. El contenido de MO se determinó por la metodología propuesta por Walkley & Black (1934), mientras que la concentración de Nan se cuantificó por el método descrito por Gianello & Bremner (1986). Los rangos de valores de MO seleccionados para los mapas fueron menores que 19, de 20 a 29, de 30 a 39, de 40 a 49 y mayores que 50  $g\ kg^{-1}$ , siendo para Nan menores que 35, de 35 a 49, de 50 a 64, de 65 a 80 y mayores que 80  $mg\ kg^{-1}$ .

Para generar los mapas se utilizó el programa Arc GIS 9,3 ESRI (2009) con cartografía base correspondiente a la división política de la provincia de Buenos Aires. El método de interpolación utilizado para realizar los mapas de MO y Nan fue el Kriging ordinario, el cual permite caracterizar la variabilidad espacial y mapear propiedades edáficas en escalas que varían de cm a km (White et al., 1997). Las predicciones de la interpolación se evaluaron mediante el análisis de los valores observados versus predichos. También se determinó la eficiencia de predicción (EP) la que estima qué tan efectiva fue la misma, respecto del uso del promedio general de los datos. Con la finalidad de relacionar los valores de MO y Nan a nivel regional se generó un archivo de puntos al azar del área en común entre ambos mapas, siendo el total de 1000 puntos. Para ello se utilizó la herramienta Create Random Point del Arc GIS 9.3 ESRI (2009). Luego, los puntos generados se asociaron con los valores de MO y Nan empleando la herramienta Extract Values to Point. Para testear la relación entre dichas variables se empleó el procedimiento PROC REG del programa Statistical Analysis System (SAS, 1985).

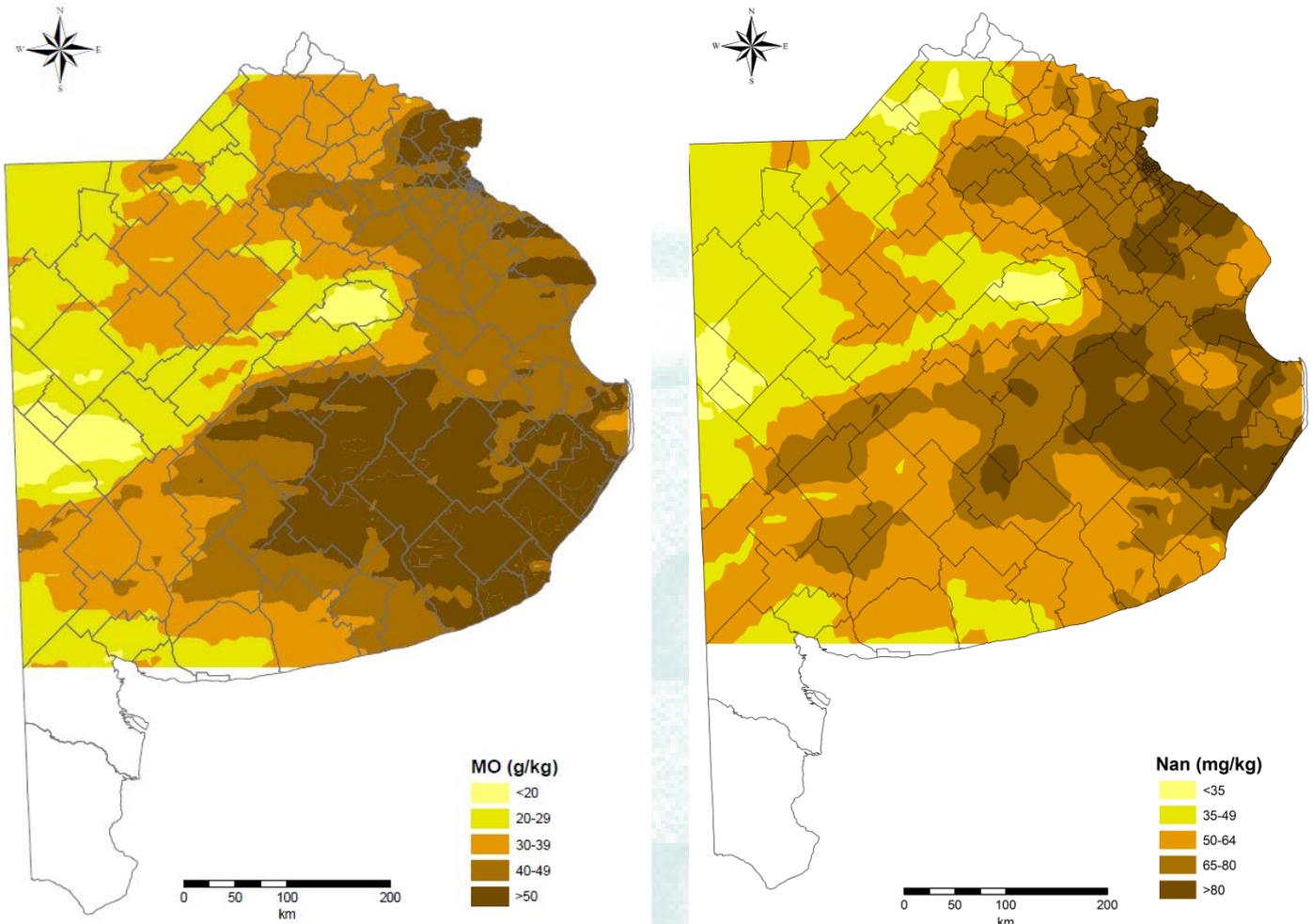
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para MO y Nan, la relación entre los valores predichos y los observados fue significativa ( $P < 0,05$ ), siendo el coeficiente de determinación de 0,79 y 0,57, respectivamente. Para ambas variables, la ordenada al origen y la pendiente no difirieron ( $P > 0,05$ ) de 0 y 1, respectivamente. Además, la EP fue del 78% para MO y del

67% para Nan, valores considerados aceptables para la aplicación de métodos de interpolación (Villatoro et al., 2008).

La concentración de MO varió entre 5 y 130 g kg<sup>-1</sup> según la zona, aumentando la misma desde el Oeste hacia el Este y desde el Norte al Sur de la provincia de Buenos Aires (Figura 1a). El mayor contenido de MO en el Este respecto al Oeste se explicaría por las mayores precipitaciones y, por ende, un mayor aporte de carbono al sistema. Por el contrario, la disminución en el nivel de MO de Sur a Norte sería producto del incremento de la temperatura media, lo cual acelera los procesos de degradación (Álvarez & Steinbach, 2006). Además, mayores contenidos de arcilla se asocian a mayor contenido de MO, producto de la protección física y química relacionada con dicha fracción mineral frente a la acción de los microorganismos (Six et al., 2002). Por lo tanto, los cambios en el contenido de la fracción fina del horizonte superficial también ayudarían a explicar las variaciones en los niveles de MO de los suelos de la Provincia de Buenos Aires. Diovisalvi et al. (2010a) determinaron contenidos de limo+arcilla en el horizonte superficial de 18,6 y 57,4% para la zona Oeste y Sudeste, respectivamente. Además, Buschiazzo et al. (1991) determinaron que en suelos del Oeste de la provincia, los niveles de MO variaban con el contenido de limo+arcilla. Por otra parte, en un trabajo realizado a nivel de la región pampeana, Sainz Rozas et al. (2011) determinaron similares variaciones en el contenido de MO de los suelos de la provincia de Buenos Aires. Según estos autores los niveles actuales representan el 58,0 y el 63,4% del contenido de MO de los suelos prístinos para la zona Norte y Sur, respectivamente.

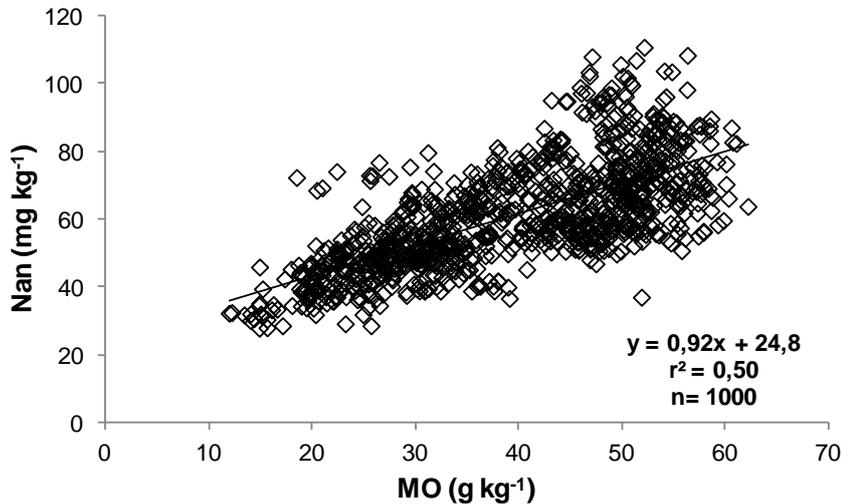
Los niveles de Nan variaron entre 12 y 260 mg kg<sup>-1</sup> según la zona, siendo mayores los niveles en el Este y menores en el Oeste de la Provincia de Buenos Aires (Figura 1b). Lo mencionado constituye una evidencia de los diferentes potenciales de mineralización de N que poseen dichos suelos, lo que debería ser considerado al momento de ajustar la dosis de N para los cultivos (Sainz Rozas et al., 2008; Reussi Calvo et al., 2013). Los altos contenidos Nan en la zona Este se explicarían en parte por los mayores contenidos de MO de dichos suelos (Figura 1a). Otros autores han determinado estrecha asociación entre los contenidos de MO y Nan en horizontes superficiales del Sudeste Bonaerense (Studdert et al., 2006). Sin embargo, algunos partidos del Este de la provincia presentaron altos y bajos contenidos de Nan aún para niveles medios de MO (Figura 1), lo cual se explicaría por la diferente historia agrícola de los lotes. Genovese et al. (2009) determinaron disminuciones en la concentración de Nan frente al aumento en los años de agricultura. Para el Sudeste Bonaerense, Diovisalvi et al. (2009) determinaron un 85 y 35% de lotes con valores de Nan inferiores a 100 mg kg<sup>-1</sup> para zonas agrícolas y agrícola-ganaderas, respectivamente, lo que evidencia el efecto del uso del suelo sobre el contenido de Nan. Además, Cozzoli et al. (2010) observaron mayores niveles de Nan en tratamientos con pastura respecto a SD y labranza convencional. Por otra parte, al igual que para la MO, la textura favorece la acumulación de Nan debido a su incidencia sobre la protección de la fracción orgánica frente a la actividad microbiana, lo cual ayuda a explicar las variaciones observadas de Este a Oeste en la concentración del indicador. Si bien es escasa la información para suelos prístinos, es válido mencionar que para suelos del Sudeste Bonaerense los niveles de Nan serían, en promedio, de 138,4 mg kg<sup>-1</sup>, con valores máximo y mínimo de 222,0 y 70,7 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Urquieta, 2008). Para suelos de textura más gruesa, el contenido de Nan oscila entre 55 y 75 mg kg<sup>-1</sup>, según el porcentaje de arena de los mismos (Reussi Calvo, comunicación personal). Por lo tanto, al igual que para MO, los niveles de Nan habrían disminuido por lo menos un 50% por efecto de la actividad agrícola. No obstante, es necesario profundizar la investigación en suelos prístinos para confirmar estos resultados.



**Figura 1.** Rangos de a) materia orgánica (MO) y b) N-incubado en anaerobiosis (Nan) del horizonte superficial (0-20 cm) de suelos agrícolas de la Provincia de Buenos Aires.

En la Figura 2 se presenta la relación entre los contenidos de MO y Nan a escala regional. Se determinó una estrecha asociación ( $P < 0,05$ ) entre los niveles de MO y Nan, siendo el coeficiente de determinación del 50% (Figura 2). Estos resultados coinciden con lo determinado por Studdert et al. (2006) a escala experimental. No obstante, a medida que el contenido de MO de los suelos aumenta (mayormente en los suelos del Este de la región), también se incrementa la variabilidad en los valores de Nan (Figura 2). Lo mencionado se explicaría en parte por la elevada protección de la MO en dichos suelos y la diferente historia agrícola de los lotes, lo cual produce distinto potencial de mineralización (estimado con el Nan y asociado con la proporción de fracciones lábiles de la MO) para niveles similares de MO total. Esto coincide con lo informado por Diovisalvi et al. (2010b) quienes mostraron menor asociación entre MO total y Nan en suelos de textura más fina. Además, la mineralización del N del suelo depende del tamaño de la fracción lábil de N y del sistema de labranza (Fabrizzi et al., 2003). Considerando que el contenido de MO no ha mostrado una estrecha asociación con la respuesta a N en los diferentes cultivos de la región, la estimación del contenido

de Nan de los suelos a partir de dicha variable no sería una práctica recomendable a los fines del diagnóstico de N.



**Figura 2.** Relación entre el contenido promedio de materia orgánica (MO) y N-incubado en anaerobiosis (Nan) del horizonte superficial (0-20 cm) de suelos agrícolas de la Provincia de Buenos Aires. n= número de puntos.

## CONCLUSIÓN

Los suelos de la provincia de Buenos Aires presentaron en general mayores niveles de MO y Nan en el Este que al Oeste. La variación en el contenido de Nan evidencia el diferente aporte potencial de N por mineralización de los suelos, aspecto que debería ser considerado al momento de ajustar la dosis de N en los cultivos.

A nivel regional la asociación entre los contenidos de MO y Nan en suelo fue significativa. No obstante, la estimación del contenido de Nan a partir de la MO no sería una práctica recomendable a los fines del diagnóstico de N.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez R. & 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. p. 31-40.
- Barbieri P.A., Echeverría H.E., & Sainz Rozas H.R. 2009. Dosis óptima económica de nitrógeno en trigo según momento de fertilización en el sudeste bonaerense. *Ci. Suelo* 27: 115-125.
- Buschiazzo D.E., Quiroga A.R. & Stahr K. 1991. Patterns of organic matter distribution in soils of the semiarid argentinean pampas. *Z. Pflanzenernahr. Bodenkr.* 154:473-441.
- Cozzoli M.V., Fioriti N., Studdert G.A., Dominguez G.F. & Eiza M.J. 2010. Nitrógeno liberado por incubación anaeróbica y fracciones de carbono en macro- y microagregados bajo distintos sistemas de cultivo. *Ci. Suelo* 28(2): 155-167.
- Diovisalvi N., Berardo A. & Reussi Calvo N. 2009. Nitrógeno anaeróbico potencialmente mineralizable: Una nueva herramienta para mejorar el manejo de la fertilización nitrogenada. 12 y 13 de Mayo, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Diovisalvi N., Studdert G.A. Reussi Calvo N.I. & Domínguez G.F. 2010a. Relación entre el contenido de carbono orgánico particulado y total en suelos con diferente textura. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas y CD 2 pág. Rosario, Sante Fé, Argentina.
- Diovisalvi N., Reussi Calvo N.I., Studdert G.A. & Domínguez G.F. 2010b. Relación entre el nitrógeno incubado anaeróbico y fracciones de carbono orgánico en suelos con diferente textura. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas y CD 2 pág. Rosario, Sante Fé, Argentina.
- ESRI ArcMap 9.2 – - Licencia 37142261\_v9 - del set ArcGIS Desktop.
- Fabrizzi K.P., Morón A. & García F.O. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 1831-1841.
- Genovese F., Echeverría H.E., Studdert G.A. & Sainz Rozas H. 2009. Nitrógeno de amino-azúcares en suelos: calibración y relación con el nitrógeno incubado anaeróbico. *Ci. Suelo* 27 (2): 225-236.
- Gianello C. & Bremner J.M. 1986. A simple chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 17:195-214.
- Pagani A., Echeverría H.E., Sainz Rozas H. & Barbieri P.A. 2008. Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Ci. Suelo* 26 (2):183-193.
- Reussi Calvo N.I., Sainz Rozas H. Echeverría H.E. & Berardo A. 2013. Contribution of anaerobiosis incubated nitrogen to the diagnosis of nitrogen status in spring wheat. *Agron. J.* 105: 321-328.
- Sainz Rozas H., Calviño P., Echeverría H., Redolatti M. & Barbieri P. 2008. Contribution of anaerobically mineralized nitrogen to reliability of planting or presidedress soil nitrogen test in maize. *Agron. J.* 100:1020-1025.
- Sainz Rozas H., Echeverría H.E. & Angelini H. 2011. Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *Ci. Suelo* 29:29-37.
- SAS. 1985. User's guide. Statistics. Version 5. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Six J., Conant R.T., Paul E.A. & Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil* 241: 155-176.
- Studdert G.A. & Echeverría H.E. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1496-1503.
- Studdert G.A., Domínguez G.F., Fioriti N., Cozzoli M.V., Diovisalvi N.V. & Eiza M.J. 2006. Relación entre nitrógeno anaeróbico y materia orgánica de Molisoles de Balcarce. Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta-Jujuy, 19 al 22 de septiembre de 2006. En CD.
- 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.
- Villatoro M., Enríquez C. & Sancho F. 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. & Black Y. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed Codification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-37.
- White J.G., Welch R.M. & Norvell W.A. 1997. Soil zinc map of the USA using geostatistics and geographic information systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:185-194.