

VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES DE SITIO Y SU RELACIÓN CON RENDIMIENTO EN SOJA.

¹M. Castro Franco*; ²N. Peralta; ³J.L. Costa. ⁴M. Simon

¹Facultad de Agronomía (UNMdP) ²CONICET. ³INTA Balcarce ⁴AGD
agronomao@gmail.com Teléfono: 2266 15 506785.

Introducción

La agricultura de precisión se define como la adopción de prácticas de manejo, en el momento y lugar adecuado (McKinion, *et al.* 2010). En la actualidad, los productores disponen de herramientas para la caracterización espacial de variables agronómicas dentro de un lote. Por este motivo, la información obtenida con equipos de medición con GPS, puede ser la base para la generación de conocimiento agronómico que permita implementar prácticas de manejo por sitio específico (Bullock, *et al.* 2007).

Con el mapa de rendimiento de un año no es suficiente para caracterizar ambientes ya que se puede prestar para múltiples errores de interpretación (Blackmore, *et al.*, 2003; Kaspar, *et al.* 2003). Por lo tanto, es necesario la búsqueda de factores con mayor estabilidad espacio temporal que permitan explicar la variabilidad del rendimiento (Mackinon, *et al.* 2010).

La topografía, la profundidad de tosca y la Conductividad Eléctrica Aparente (CEa) son propiedades de sitio que pueden ayudarnos a entender la variabilidad espacial del rendimiento en soja (Jiang y Thelen, 2004; Kaspar, *et al.* 2004; Kravchenko y Bullock, 2000; Sadras y Calviño, 2001), Estas propiedades se pueden medir de una manera rápida, fácil y con bajo costo, y han sido referenciadas como información auxiliar para la determinación de la variabilidad espacial de algunas propiedades de suelos (Kitchen, *et al.* 2003).

La caracterización de la variabilidad de las propiedades del suelo, junto con la dinámica climática, son dos de los insumos más importantes para poder determinar las causas de la variabilidad espacio temporal del rendimiento a escala de lote (Bullock y Bullock, 2000). Esta información, junto con la determinación de la variabilidad del rendimiento, puede servirnos de apoyo para establecer zonas de manejo homogéneo.

Como hipótesis de trabajo se planteó que la determinación de la variabilidad de las propiedades de sitio están significativamente relacionadas con el rendimiento. Si esta hipótesis no es rechazada, entonces el análisis combinado de las propiedades de sitio puede ser usado para determinar zonas de manejo homogéneo.

El objetivo de este trabajo fue determinar la relación espacial entre las propiedades de sitio y el rendimiento en soja en lotes de producción comercial.

Materiales y Métodos.

Se trabajó en 2 lotes de producción. El primer lote se ubica en el Campo Aleluya en el Partido de Balcarce, Provincia de Buenos Aires y el segundo se ubica en el Campo Mercapire en Canals, Provincia de Córdoba. La caracterización de estos se muestra en la tabla 1.

La altimetría se midió con GPS Trimble® R3 con corrección diferencial. Para la profundidad de tosca se elaboró una grilla de puntos de muestreo de 30x30m y en cada punto se tomó una medición con el equipo Gidding Soil Sampler®. El equipo Veris 3100® (Veris 3100, Division of Geoprobe Systems, Salina, KS), se pasó por toda la superficie del lote en forma de transectas separadas a 20 m, para determinar la variabilidad espacial de la CEa. El monitoreo de rendimiento de soja fue para la campaña 2005–2006 para Mercapire y 2007–2008 para Aleluya.

El análisis estadístico exploratorio se realizó mediante el procedimiento PROC UNIVARIATE, del software estadístico SAS y las interpolaciones geoestadísticas se elaboraron mediante la extensión Geostatistical Analyst, del Software ARCGIS 9.3.1.

Una vez obtenidos los mapas de propiedades de sitio y rendimiento, se elaboró una grilla de puntos de 10x10m. A cada punto se le georreferenciaron los valores de topografía, profundidad de tosca, CEa y rendimiento. Con esta grilla se elaboró una tabla donde se agruparon valores de propiedades de sitio por zonas y a partir de estas, se elaboró un análisis de varianza y una prueba de diferencia de medias, utilizando el Software estadístico SAS (SAS, 2002).

Tabla 1. Descripción general de las series de suelos dominantes en los campos Aleluya y Mercapire.

Descripción	Lotes		
	Aleluya	Mercapire	
Localización	Latitud	37° 35' S	33° 37' S
	Longitud	58° 37' O	62° 55' O
Area (ha)	53.00	42.00	
Ud Cartográfica	M11	Cs	
Series de suelos (%)	Mar del Plata	50.00	Canals
	Azul	30.00	
	Cinco Cerros	20.00	
Capacidad de uso	II e - IV es	III sc	

Resultados

Los mapas de CEa, para el campo Aleluya y Mercapire se muestran en la figuras 1.

La unidad cartográfica (U.C) para el lote Aleluya, es la M16 (INTA, 2010). Esta U.C. está formada por 3 series las cuales tienen grandes diferencias de profundidad debido a la presencia de tosca. De estas series, la Cinco Cerros y la Azul, se caracterizan por la presencia de tosca a menos de 45 y 80 cm respectivamente. La serie Mar del Plata, por el contrario presenta suelos profundos (>150cm).

De acuerdo al mapa (Figura 2A), la presencia de tosca por debajo de los 70 cm, se presenta en la zona este del lote, mientras que profundidades mayores a 150 cm se encuentran en las zonas oeste, norte y sur. No en todas las zonas altas se presentó tosca menos profunda (<70cm). Por lo tanto, queda evidencia que en el lote Aleluya se puede tener presencia de las series Cinco cerros y Azul en la zona este, este sur, y serie Mar del Plata en la zona norte y nor-oeste.

La textura se ha referenciado como una de las propiedades de suelo que mayor influencia tiene sobre la CEa (Corwin y Lesch, 2003). El ANOVA indica que las medias de la CEa para las zonas de profundidad de tosca tuvieron diferencia significativa ($P < 0.001$). Valores altos de CEa se presentaron en zonas con menor profundidad de tosca. La zona que mayor CEa presentó pertenece a la series Cinco Cerros y Azul, las cuales a 45 cm de profundidad, tienen presencia de arcilla mayor al 40%. De acuerdo con esto, se concluye que posiblemente la diferencia en la presencia de arcilla, junto con el efecto de profundidad de suelo que tiene la presencia de tosca, influenciaron la medición de CEa.

En la figura 2(B), se muestra como la tosca determinó el comportamiento del rendimiento en zonas con profundidades menores a los 100 cm, y en la figura 3(C) se observa como las medias del rendimiento por zona de CEa, tuvieron diferencia significativa, encontrándose que bajos valores de CEa, correspondieron a zonas de tosca más profunda, presentando mayores rendimientos.

La relación entre CEa y Rendimiento fue distinta para los dos lotes (Figura 3C y 3D). Para Aleluya fue una relación inversa, mientras que para Mercapire fue directa. Sin embargo, para ambos lotes se presentó correspondencia espacial para estas dos variables. Es decir, que las propiedades que determinaron la CEa, posiblemente pueden estar relacionados con la variabilidad espacial del rendimiento, sin necesariamente concluir, que estas propiedades que determinaron la CEa, sean las mismas para ambos lotes.

La altimetría no tuvo una buena correspondencia espacial con el rendimiento en Mercapire, ya que el patrón de variabilidad en este lote, se presentó de acuerdo a la distribución espacial de la tosca.

En Mercapire, la serie de suelos predominante es Canals (Cs). Son suelos algo excesivamente drenados con un alto contenido de arenas (58%), donde su capacidad de uso se encuentra limitada por la baja retención de humedad y el clima (INTA 2010).

De acuerdo con las figuras 3(B)(D), el rendimiento tiene una correspondencia espacial con el comportamiento de la CEa y la altimetría. Así mismo, valores altos de conductividad se presentaron en zonas bajas del lote. Dos efectos principales pueden tener la topografía sobre el rendimiento (Kravchenko y Bullock, 2000). Un primer efecto relacionado con la influencia en la redistribución, ya sea por erosión o deposición, de partículas de suelo, materia orgánica (M.O) y nutrientes, y un segundo efecto, relacionado con la distribución de agua tanto vertical como horizontalmente.

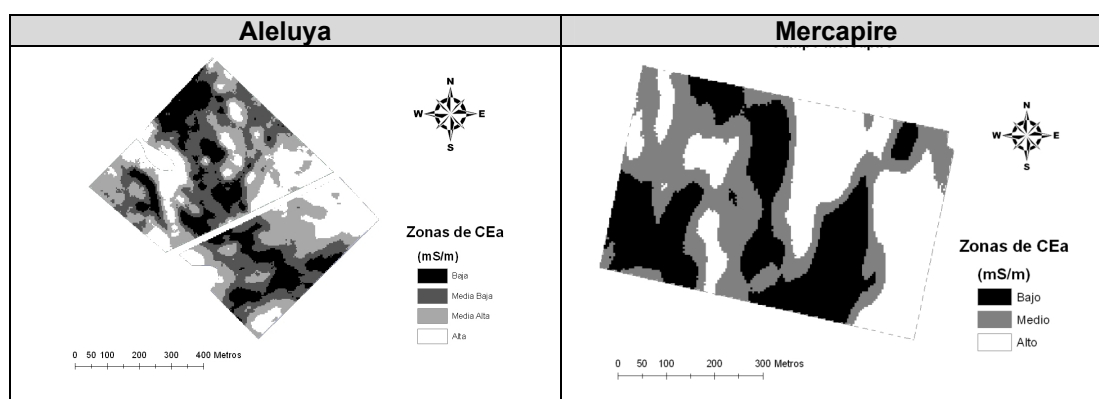


Figura. 1 Mapas de zonificación de CEa para los campos Aleluya y Mercapire.

La topografía puede tener una influencia significativa en el efecto de la precipitación, temperatura y radiación sobre el rendimiento durante un ciclo de cultivo determinado. La media mensual histórica de precipitación para la zona de Canals fue de 81 mm entre 1935 y 2005, existiendo una marcada predominancia de precipitación en la primavera, verano y otoño, con una fuerte disminución en el invierno (INTA, 2009).

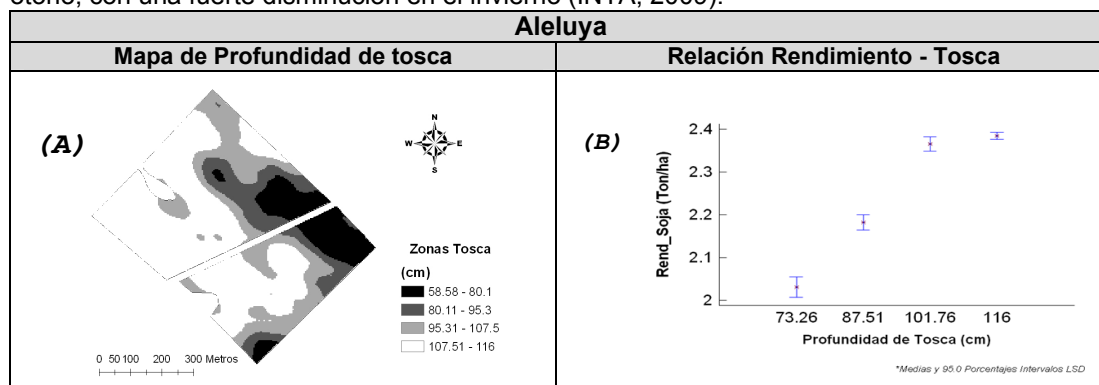


Figura. 2 (A.) Mapa de profundidad de tosca. (B.) Diferencia de medias de rendimiento de soja por zonas de profundidad de tosca para el campo Aleluya.

Teniendo en cuenta esta limitante climática, junto con el excesivo drenaje que presenta la serie Canals, es posible que aquellas zonas que se encuentran en la parte baja del lote, tengan mayor oportunidad de acumulación de agua, junto con mayor contenido de M.O y esta, ha sido referenciada como una de las propiedades del suelo que pueden influenciar la CEa (Corwin y Lesch, 2003).

Conclusiones

Este estudio indica que la topografía, la profundidad de tosca y la CEa tienen un gran potencial para determinar zonas de manejo homogéneo. Lo encontrado sugiere que (I) la CEa tiene correspondencia espacial con el rendimiento y con otras propiedades de sitio. (II) La determinación de zonas de manejo con mapas de rendimiento, sin tener en cuenta la distribución espacial de propiedades de sitio, puede prestarse para interpretaciones erróneas. (III) la CEa, puede tener el potencial de determinar la distribución de series de suelo dentro de un lote, lo que a su vez, nos indicaría una distribución de propiedades del suelo.

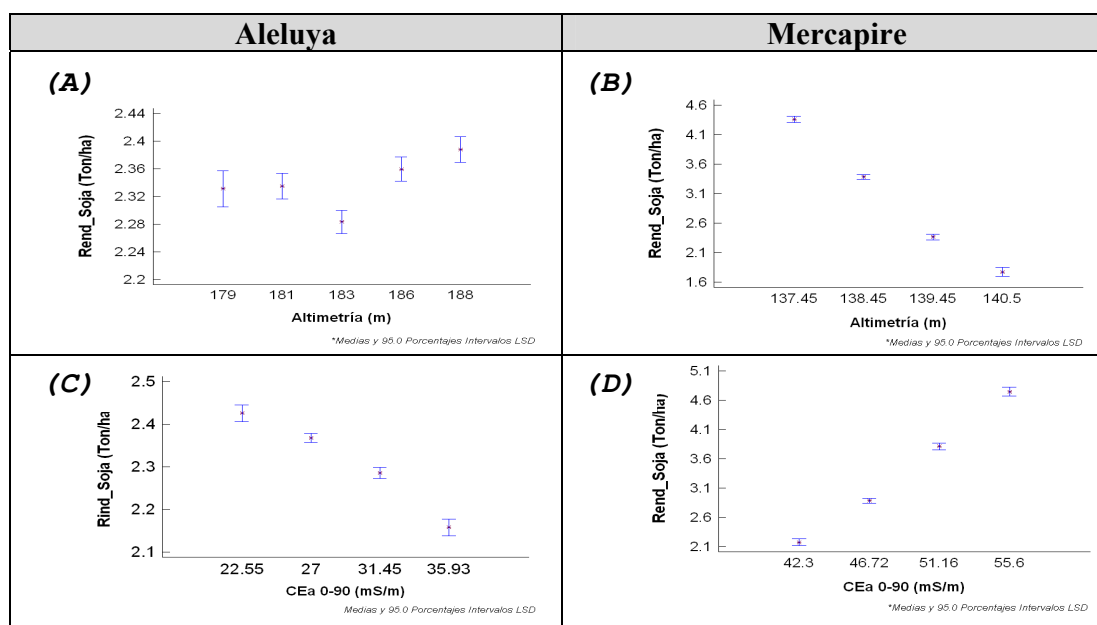


Figura. 3 Diferencia de medias de rendimiento de soja en cada zona de altimetría (A) y (B) y CEa (C) y (D), para los campos Aleluya y Mercapire.

Bibliografía

- BLACKMORE, B.S. 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. Computers and electronics in agriculture 26(1)37-51.
- BLACKMORE, B.S.; GODWIN, R.J.; FOUNTAS, S. 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. Biosystems Engineering 84(4) 455-466.
- BULLOCK D.S; BULLOCK D.G. 2000. From agronomic research to farm management guidelines: A primer on the economics of information and precision technology. Precision Agric. 2, 71-101.
- CORWIN D.L.; LESCH S. M. 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: Theory, principles, and guidelines. Agron J. 95, 455-471.
- INTA. 2009. Estudio estadístico del régimen pluviométrico de Canals - Córdoba situación Comparativa de 2006-2009. EEA INTA Marcos Juárez.
- INTA. 2010. Carta de Suelos de la Provincia de Córdoba. Hoja Canals 3363-28.1986.
- INTA. 2010. Carta de Suelos de la Provincia de Buenos Aires. Hoja Napaleofú 3760-30.1970.
- JIANG, P.; THELEN, D. 2004. Effects of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. Agron. J. 96:252-258.



- KASPAR, T.C.; PULIDO, D.J.; FENTON, T.E.; COLVIN, T.S.; KARLEN, D.L. JAYNES, D.L.; MEEK, D.W. 2004. Relationship of corn and soybean yield to soil and Terrain Properties. *Agron. J.* 95:483-495.
- KITCHEN, N.R.; DRUMMOND, S.T.; LUND, E.D.; SUDDUTH, K.A.; BUCHLEITER, G.W. 2003. Soil electrical conductivity and topography related to yield for three contrasting soil-crop systems. *Agron. J.* 96:700-709.
- KRAVCHENKO A.N.; BULLOCK D.G. 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agron. J.* 92:75-83.
- KRAVCHENKO A.N.; BULLOCK D.G. 2002. Spatial variability of soybean quality data as a function of field topography: I. Spatial data analysis. *Crop Sci.* 42:804-815.
- KRAVCHENKO, A.N.; ROBERTSON, G.P.; THELEN K.D.; HARWOOD, R.R. 2005. Management, topographical and weather effects on spatial variability of crop grain Yields. *Agron. J.* 97:514-523.
- McKINION, J.M.; WILLERS, J.L.; JENKINS, J.N. 2010. Spatial analyses to evaluate multi-crop field stability for a field. *Computers and Electronics in Agriculture* 70, 187-198.
- SADRAS, V.O.; CALVIÑO, P.A. 2001. Quantification of grain yield response to soil depth in soybean, maize, sunflower and wheat. *Agron. J.* 93: 577-583.