

DELIMITACIÓN Y SELECCIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE ZONAS DE MANEJO A PARTIR DE DOS PROGRAMAS DIFERENTES

KEMERER, A.^{1,2}; MELCHIORI, R. ¹; HILL, S.²; GALARZA, R³.; BASCONCEL, B³.; MASTAGLIA, N.³; MARTINEZ, C.^{3,4}; ALBORNOZ, E³. ; ALBARENQUE, S.¹

¹EEA INTA Paraná, CRER

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER

³Instituto de investigación en señales, sistemas e inteligencia computacional, UNL-CONICET

⁴Laboratorio de Cibernética, Facultad de Ingeniería, UNER

kemerer.alejandra@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

Las zonas de manejo son subregiones dentro de los lotes que presentan similares factores limitantes del rendimiento, en las cuales resulta adecuado aplicar una misma cantidad de insumos (Doerge 1999). La delimitación de zonas de manejo requiere de varios pasos que involucran desde la obtención de datos, su acondicionamiento para llevarlos a la misma resolución espacial, la clasificación y selección del número óptimo de zonas, hasta la generación de un archivo de prescripción variable de insumos.

Para la delimitación de zonas de manejo se han utilizado diferentes tipos y número de capas de datos, como ser imágenes satelitales, conductividad eléctrica aparente del suelo, atributos topográficos y mapas de rendimiento, entre otros (Zhang et al. 2010; Peralta et al. 2015; Guastaferró et al. 2010). Un problema frecuente en la delimitación de zonas de manejo es la selección del número óptimo de zonas. MZA (Management Zone Analyst; Fridgen et al. 2010), que es el programa más utilizado para este fin, incluye dos índices (NCE: Índice de Clasificación de Entropía Normalizada y FPI: Índice de Performance Difusa) que al minimizarse para un mismo número de zonas lo indican como el óptimo. Sin embargo, en muchos casos no se observan coincidencias en el mínimo, con lo cual la selección del número de zonas queda a criterio del usuario de manera subjetiva.

Adicionalmente, los programas disponibles para el procesamiento de datos y la delimitación de zonas de manejo requieren de usuarios entrenados en el uso de SIG, hecho que ha limitado su adopción. Recientemente, Albornoz et al. (2017), presentaron un programa para la delimitación de zonas de manejo diseñado en base a los requisitos de un usuario final que carece de habilidades en el uso de SIG y que resuelve todos los inconvenientes que se presentan en el proceso de zonificación.

El objetivo de este trabajo fue comparar la delimitación y selección del número óptimo de zonas de manejo utilizando MZA y el programa propuesto por Albornoz et al. (2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó sobre un establecimiento con 400 has agrícolas ubicado en cercanías de la localidad de Nogoyá, Entre Ríos, donde se desarrolla un módulo demostrativo de las actividades realizadas en el proyecto de agricultura de precisión (Figura 1). Como primer paso del desarrollo de este módulo se planteó la delimitación de zonas de manejo. Debido a la ausencia de otras fuentes de información (i.e mapas de rendimiento), la zonificación se llevó a cabo en base al procesamiento de imágenes satelitales de campañas anteriores.

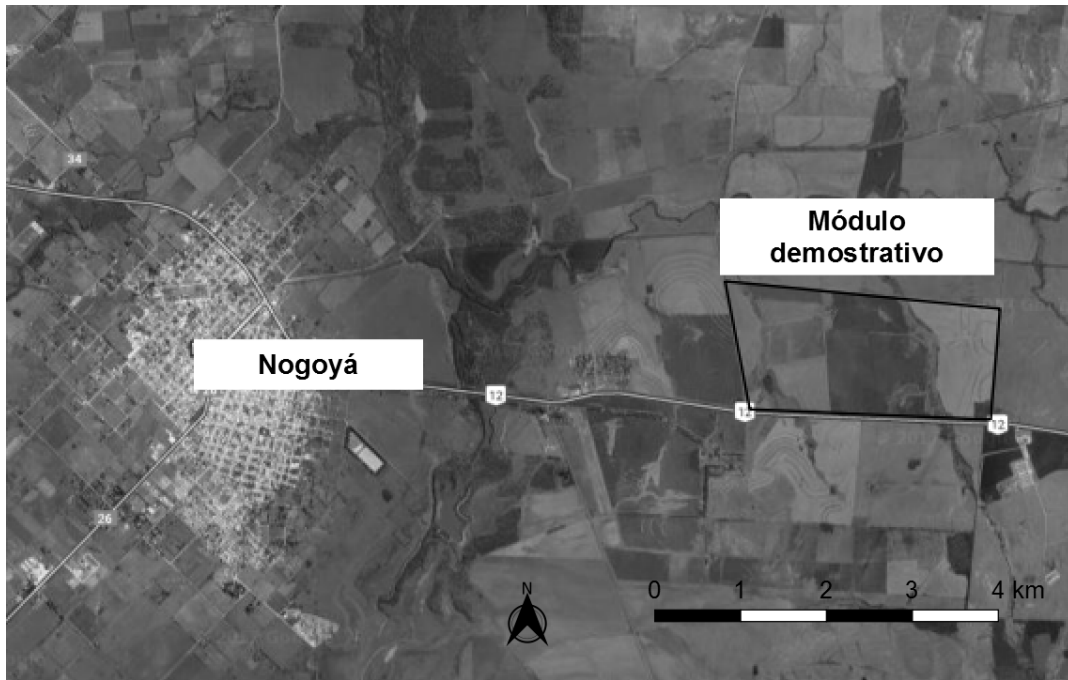


Figura 1. Localización del área del área de estudio.

Se obtuvieron las imágenes satelitales disponibles en el período septiembre – abril de las últimas seis campañas (2011-2016) correspondientes a la escena 226/82 de los satélites Landsat 5, 7 y 8. Con las bandas correspondientes al infrarrojo cercano y rojo se calculó el NDVI para cada fecha. En cada uno de los lotes se analizó la evolución del NDVI en el tiempo y para cada campaña se seleccionó la fecha en que el índice alcanzó el máximo valor. Se extrajeron los valores de NDVI para la fecha y se relativizaron respecto al valor máximo de cada lote. La información relativizada de cada lote se integró por campaña en un archivo único. Cuando se presentó la secuencia trigo/soja, se utilizaron sólo los datos correspondientes al cultivo de trigo. El procesamiento de los datos se realizó mediante el programa QGis V.2.18 Las Palmas

Se utilizó la información visual de Google Earth para delimitar y separar las áreas de cañadas y/o no agrícola del área útil de cultivos y esta información fue excluida del análisis. Los datos de NDVI relativizados disponibles de las seis campañas fueron clasificados de manera conjunta para generar las zonas de manejo. Se empleó el programa MZA con sus recomendaciones estándar de uso, y el propuesto por Albornoz et al. (2017), que resuelve con mínima intervención del usuario los pasos para la delimitación.

RESULTADOS

En todas las campañas evaluadas se contó con al menos cuatro imágenes satelitales durante el desarrollo de los cultivos de las cuales la de máximo valor por lote fue seleccionada. Los índices disponibles en MZA para seleccionar el número óptimo de zonas no coincidieron en un único valor, mientras el índice NCE alcanzó el valor mínimo en dos zonas, el índice FPI lo hizo en tres zonas (Figura 2).

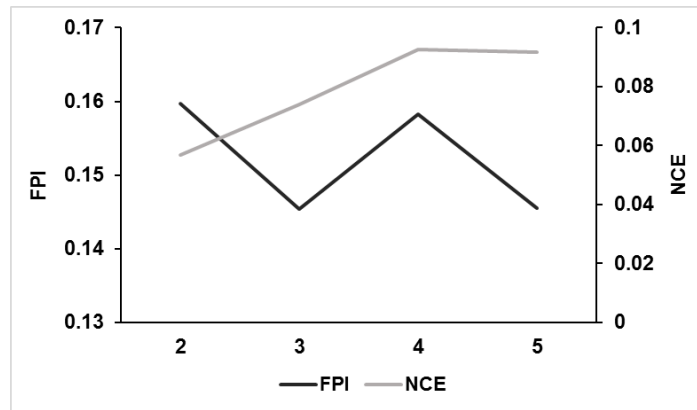


Figura 2. Índice de Performance Difusa (FPI) e Índice de Clasificación de Entropía Normalizada (NCE) según número de zonas obtenidos con MZA.

Las zonas delimitadas con MZA (figuras 3 y 4), en especial cuando se consideran tres ambientes, presentaron una proporción elevada de grupos pequeños y/o píxeles aislados distribuidos dentro de áreas mayores correspondientes a otras zonas (delimitación poco compacta).

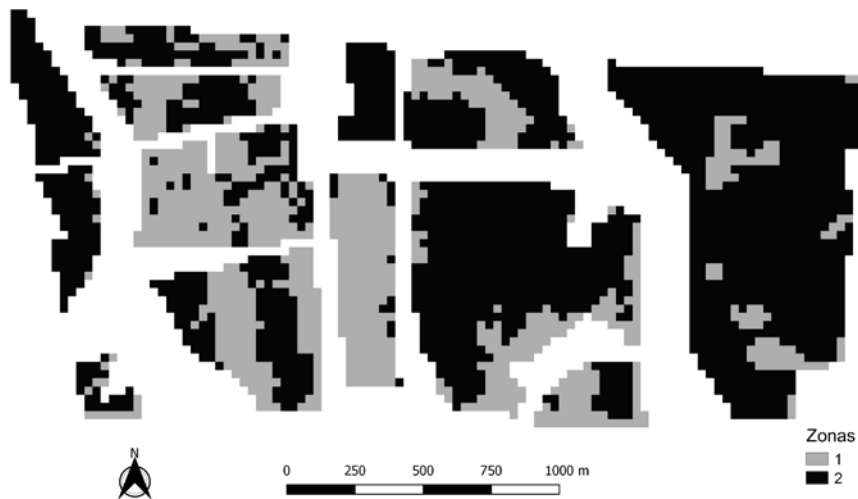


Figura 3. Resultado de la delimitación de dos zonas generado con MZA.

La utilización de las zonas delimitadas para la aplicación variable de insumos hace necesario un post-procesamiento de los datos que permita eliminar los píxeles aislados, como por ejemplo procesos de filtrado. Estos, a su vez, requieren de conocimientos específicos y habilidades por parte de los usuarios finales. Resultados similares han sido observados por Ping y Doberman, (2003); Doberman et al. (2003) utilizando información de mapas de rendimiento y Córdoba et al. (2013); Córdoba et al. (2016) utilizando mapas de conductividad eléctrica aparente.

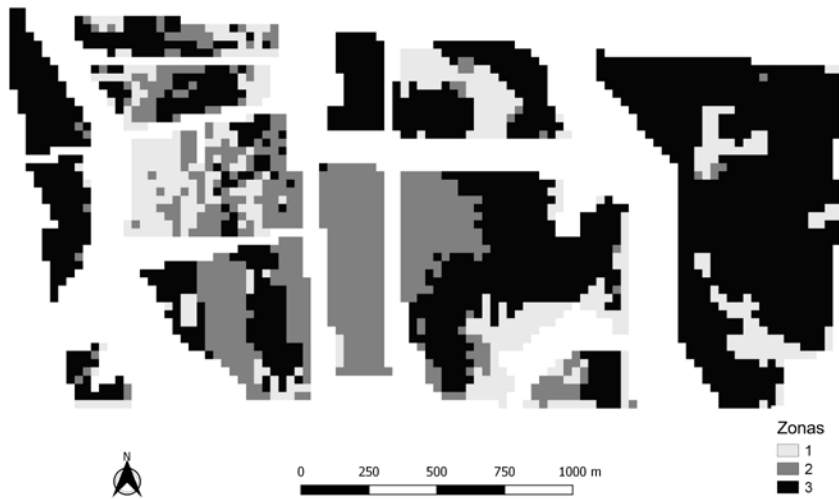


Figura 4. Resultado de la zonificación generado con MZA para 3 zonas

Una de las mejoras que proponen Albornoz et al. (2017), consiste en utilizar la Distancia Euclídea entre tres índices de agrupamiento. A partir de esto, se obtiene un único número óptimo de zonas de manejo. La metodología resuelve el inconveniente de la subjetividad en la selección del número óptimo de zonas cuando los índices del programa MZA no convergen indicando un mismo número de zonas a delimitar. En el caso estudiado la Distancia Euclídea indicó un mínimo para tres zonas (Figura 5).

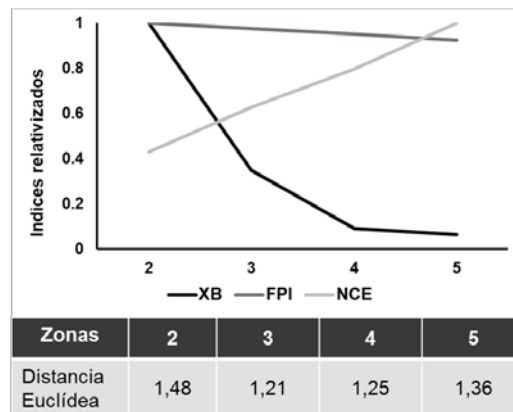


Figura 5. Índice de Performance Difusa (FPI), Índice de Clasificación de Entropía Normalizada (NCE), e Índice XB relativizados y Distancia Euclídea en función del número de zonas según el programa propuesto por Albornoz et al. (2017).

El programa propuesto incluye un proceso automatizado de reproyección e interpolación de los datos importados para zonificar, donde el usuario sólo debe indicar cuál es la resolución espacial con la que se desea trabajar. Permite ingresar diferentes formatos de datos y resoluciones espaciales. En este caso se utilizó una resolución espacial de 10 m, lo que permitió generar la zonificación para la superficie total del campo. Para lograr un resultado similar utilizando el MZA la interpolación debe realizarse previamente, antes de ingresar los datos, utilizando un SIG.

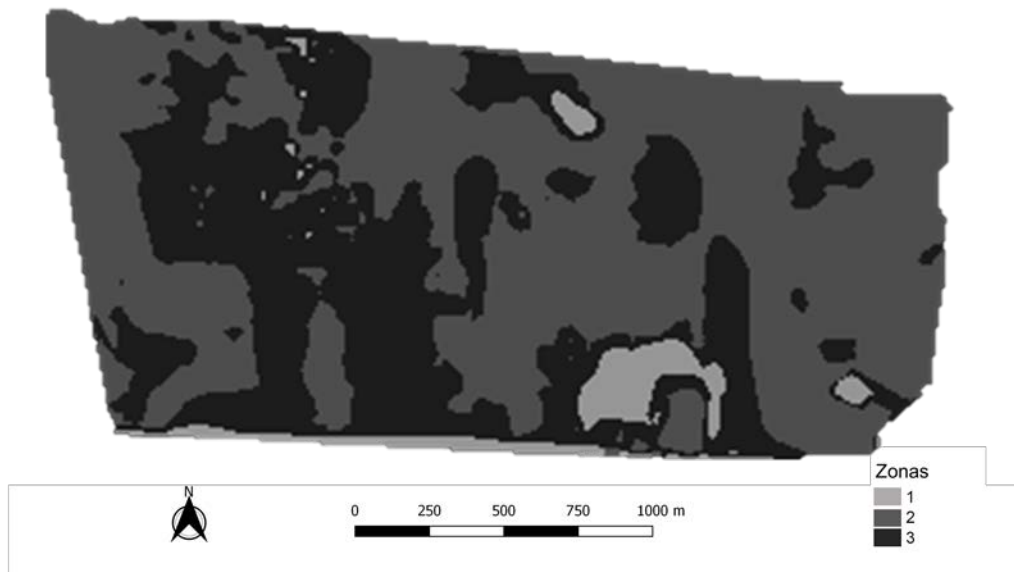


Figura 6. Delimitación de tres zonas mediante el programa propuesto por Albornoz et al. (2017).

El resultado de la zonificación obtenida mostró en general áreas extensas, que pueden utilizarse directamente en el manejo variable de insumos (figura 6). Este resultado se logró a partir de procesos de filtrado aplicados de manera automática por el programa propuesto, sin requerir conocimientos ni destreza específica en el uso de SIG.

CONCLUSIONES

Los dos programas evaluados fueron útiles para la delimitación de zonas de manejo, pero el propuesto por Albornoz et al. 2017 permitió resolver de manera sencilla y automática los inconvenientes más comunes en el proceso de zonificación: la identificación inequívoca del número óptimo de zonas, la interpolación automática de los datos y el filtrado y post-procesamiento de los datos para la generación de zonas de manejo y la generación de archivos de prescripciones para la aplicación variable de insumos.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, E.; Kemerer, A.; Galarza, R.; Mastaglia, N.; Melchiori, R. and C. Martínez. 2017. Development and evaluation of an automatic software for management zone delineation. *Journal of Precision Agriculture*.
- Cordoba, M.; Bruno, C.; Costa, J.; and M. Balzarini. 2013. Subfield management class delineation using cluster analysis from spatial principal components of soil variables. *Computers and Electronics in Agriculture*. 97:6–14.
- Cordoba, M.; Bruno, C.; Costa, J.; Peralta, N. and M. Balzarini. 2016. Protocol for multivariate homogeneous zone delineation in precision agriculture. *Biosystems Engineering*, 143:95–107.
- Doberman, A.; Ping, J.; Adamchuk, V.; Simbahan, G. and R. Ferguson. 2003 Classification of crop yield variability in irrigated production fields. *Agronomy Journal*. 95(5):1105–1120.
- Doerge, T. A. 1999. Management zone concepts. SSMG-2. In: *Information Agriculture Conference*, August 9-11, 1999, Stewart Center, Purdue, IN.

- Fridgen, J.J.; Kitchen, N.R.; Sudduth, K.A.; Drummond, S.T.; Wiebold, W.J. and C.W. Fraisse. 2004. Management Zone Analyst (MZA): Software for Subfield Management Zone Delineation. *Agronomy Journal*. 96:100–108.
- Guastaferro, F., Castrignano, A., Benedetto, D., Sollitto, D., Troccoli, A., & Cafarelli, B. 2010. A comparison of different algorithms for the delineation of management zones. *Precision Agriculture*, 11(6):600–620.
- Peralta, N. R., Costa, J. L., Balzarini, M., Franco, M. C., Cordoba, M., & Bullock, D. 2015. Delineation of management zones to improve nitrogen management of wheat. *Computers and Electronics in Agriculture*. 110:103–113.
- Ping, J. L. and A. Dobermann. 2003. Creating spatially contiguous yield classes for site specific management. *Agronomy Journal*. 95:1121-1131
- Zhang, X., Shi, L., Jia X., Seielstad, G., & Helgason, C. 2010. Zone mapping application for precision-farming: a decision support tool for variable rate application. *Precision Agriculture*. 11(2):103–114.