

Delimitación de ambientes de producción mediante el análisis de mapas de rendimiento en el centro-oeste de la provincia de Córdoba



AFS



IS
InfoStat



Management
Zone Analyst
MZA
Versión 1.0.1

Autores:

Carpineti, Ignacio
Correa, Nicolás Rogelio
Depetris, Matías
Pignatelli, Martin

Área de Consolidación: Métodos cuantitativos para la investigación agropecuaria

Tutor: Laura Gonzalez

Asesor: Pablo Paccioretti

Año: 2018



FCA

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

UNC



AGRADECIMIENTOS

- » Agradecemos a la empresa de Raúl Depetris por la colaboración con la base de datos.
- » A nuestra tutora Laura González por la coordinación, acompañamiento y predisposición para el desarrollo del presente trabajo.
- » A Pablo Paccioretti por el asesoramiento en el uso de la aplicación Fast Mapping.
- » A nuestras familias, amigos y compañeros por el apoyo incondicional.
- » A la Facultad de Ciencias Agropecuarias por formarnos como futuros profesionales.

Delimitación de ambientes de producción mediante el análisis de mapas de rendimiento en el centro oeste de la provincia de Córdoba

RESUMEN

En la actualidad la agricultura se encuentra en un periodo de transición, donde se busca obtener los mayores beneficios económicos en forma sustentable. Una de las maneras mediante la utilización de técnicas relacionadas a la agricultura de precisión, siendo la delimitación de zonas de manejo diferencial una de las más usadas en el país y el mundo. Dicha técnica debe ser comprendida como una herramienta que le permite al productor cuantificar y caracterizar la variabilidad de su unidad productiva, para realizar un uso variable de insumos, disminuyendo costos, el riesgo ambiental y mejorando los rendimientos. Es por ello, que en el presente trabajo se realizaron dos métodos para delimitar zonas, utilizando mapas de rendimiento de tres lotes agrícolas, en los que se realizan cultivos de maíz y soja. Un método fue mediante el análisis de conglomerados utilizando el *management zone analyst* (MZA), y el otro utilizando el análisis de conglomerados *no jerárquicos k-means*.

Palabras clave: agricultura de precisión, zonas de manejo diferenciales, análisis de conglomerados.

Contenidos

INTRODUCCIÓN	5
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
MATERIALES Y METODOS	7
Datos.....	7
Procesamiento de datos.....	8
RESULTADOS	11
DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIÓN.....	17
BIBLIOGRAFIA.....	18
ANEXOS.....	19

INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión (AP), consiste en una tecnología que se basa en obtener datos georreferenciados de rendimiento, nutrientes, conductividad eléctrica, materia orgánica, índice de verde, etc. del lote para lograr un mayor conocimiento de los factores que contribuyen a la variabilidad de rendimientos que se presentan en cada lote y con ellos poder delimitar zonas de manejo diferenciadas. Dichas zonas se comportan como subregiones dentro de un lote, constituidas por una combinación homogénea de factores que determinan el rendimiento (Justo C., Lardone A., Barraco M., Scianca C., Miranda W., Noellemeyer E., Abadie G., 2012.). En base a lo dicho anteriormente, la AP brinda la posibilidad de hacer un uso diferente de insumos, adecuándose a cada zona de manejo permitiendo lograr resultados que no se conseguirían si se trata el lote como un promedio. Mediante este manejo diferencial es posible obtener un mejor resultado económico, y una reducción del riesgo ambiental por el uso racional de los agroquímicos.

Las zonas de manejo diferenciadas pueden determinarse en base a cartas de suelos, imágenes satelitales, conductividad eléctrica, y mapas de rendimiento de cultivos, entre otros. De estas fuentes se obtienen áreas con valores correlacionados al ambiente y/o al cultivo dependiendo de que fuente de información se utilizó para llevar a cabo la determinación. Mediante el agrupamiento de datos correlacionados es posible la diferenciación de zonas dentro de un mismo lote.

El monitor de rendimiento es un dispositivo electrónico de salida de imagen donde se muestran las variables de las mediciones que toman el conjunto de sensores incorporados en la máquina cosechadora. Entre las más importantes tenemos: velocidad de avance de la cosechadora, humedad de grano, masa rendimiento seco, masa de rendimiento húmedo y ancho de franja. En síntesis, los sensores son los encargados de la adquisición de datos de rendimientos de los cultivos y los monitores representan la información en gráficos que se constituyen por puntos georreferenciados de distintos colores correspondientes a rindes diferentes. Sin embargo, la exactitud de los datos no siempre es la mejor, los principales motivos de error se deben a la calibración de los sensores y a la señal GPS, por lo que toda la información registrada debe ser procesada.

Si bien se sabe que el mapa de rendimiento de un año es útil en interpretaciones de posibles causas de la variación del rendimiento, resulta de valor limitado para la toma de decisiones. Disponer de mapas de varios años nos permite dejar por un lado las causas ambientales de variación y por el otro las que son debidas al manejo o errores de medición.

Al depurar los datos de rendimiento se tiene en cuenta valores mínimos y máximos de rendimiento atribuibles al lote y valores entre datos vecinos. Se eliminan los valores erróneos para mejorar la exactitud de los datos de rendimiento intralote, mejorando la precisión en las decisiones de manejo.

Objetivo General

Delimitar zonas de manejo diferencial a través del procesamiento de información georreferenciada de rendimientos mediante el uso de softwares geoestadísticos.

Objetivos Específicos

- Analizar la información obtenida del monitor de rendimiento de sucesivas campañas.
- Confeccionar mapa multianual de rendimiento.
- Estandarizar datos de rendimiento.
- Depurar datos de rendimiento de mapas anuales.
- Configurar archivos de datos combinados en AFS para lograr compatibilidad con Management Zone Analyst (MZA).
- Configurar archivos de datos en FastMapping para procesar con Info Stat (IS).

MATERIALES Y METODOS

Datos

Se trabajó con tres lotes de producción agrícola, ubicados en el centro-oeste de la provincia de Córdoba, Argentina. La superficie total estudiada fue de 258 ha. correspondiéndose 83ha. al lote “Tanque”, 110 ha al lote “Bossio” y 65 ha. al lote “Isaía”.



Figura 1: Ubicación de los lotes a estudiar en el presente trabajo

Se compilaron datos georreferenciados de rendimiento que se obtuvieron con una cosechadora (Vasalli Ax7500), equipada con un monitor de rendimiento (Sensor). Estos datos fueron obtenidos por el monitor, mediante la determinación del rendimiento, a través, de un sensor de placa ubicado en la noria de descarga de granos hacia la tolva de la cosechadora quedando registrado la ubicación mediante el posicionamiento GPS. El monitor fue calibrado, según las instrucciones del fabricante, antes de la recolección de los datos.

Los datos de Maíz y Sojarecabadosentre los años 2013 y 2017, en los diferentes lotes puede verse en la siguiente tabla:

Tabla 1: Datos de cada lote recabados entre el año 2013 y 2017.

Año	Lote		
	“Bosio”	“Tanque”	“Isaía”
2013	Sin Datos	Soja	Sin Datos
2014	Sin Datos	Sin Datos	Soja
2015	Maíz	Soja	Sin Datos
2016	Soja	Soja	Maíz
2017	Soja	Maíz	Soja

Procesamiento de datos

Para realizar una primera lectura de la información obtenida, se realizó un procesamiento de los datos mediante la utilización de un software de la firma CASE IH (AFS software) y posteriormente se procedió a generar medidas resumen mediante el software Info Stat, siendo el rendimiento de masa seca la variable en estudio. Sumado a lo anterior el software estadístico Info Stat provee las herramientas para la depuración de los datos erróneos y delimitación de zonas de manejo diferenciadas, entre otras.

En primera instancia se generó con el uso del AFS el mapa de rendimiento de cada lote, que consta de una delimitación territorial en la cual se expresan los puntos recogidos por el monitor en el momento de la cosecha. Cada punto cuenta con datos de rendimiento que se manifiestan en el mapa con diferentes colores según la escala establecida.

Luego se procedió a la depuración de *outliers* (valores extremos) e *inliers* (valores atípicos en relación con su ubicación espacial) que distorsionan la información. Los *outliers* e *inliers* se generan en el proceso de captura de datos georreferenciados cuando se producen errores en las mediciones de las variables. Los errores más comunes son:

1. La circulación de la cosechadora por la cabecera anteriormente cosechada, donde podría estar registrando rendimiento 0 (debido a que no está cosechando).
2. Cuando la plataforma no está cosechando con su ancho efectivo total, podría marcar una disminución del rendimiento. Si se utiliza media plataforma mapearía un área sobreestimada en relación con la cosechada.
3. Las aceleraciones o desaceleraciones bruscas modifican los datos obtenidos debido a que el cálculo del rendimiento realizado por el monitor se hace en base a la distancia recorrida por el ancho del cabezal indicado (superficie) y el volumen de granos ingresado.

La eliminación de datos *outliers* ha sido abordada empleando métodos que aplican secuencias de filtros, requiriendo conocimientos previos de la variable relevada (rendimiento en nuestro caso) para establecer el umbral superior e inferior que permita identificar los datos erróneos. Los rangos utilizados para la depuración de los *outliers* se determinaron en base a los rendimientos históricos alcanzados en cada lote, los valores que se encontraron fuera de dichos rangos no se tuvieron en cuenta para ser analizados. Para el caso de *inliers* su depuración se realizó con el uso de la aplicación *FastMapping* (Córdoba et al., 2015).

Tabla 2: Rangos utilizados para la depuración de los *outliers*.

Cultivo	Mínimo	Máximo
Soja	3qq/ha	50qq/ha
Maíz	20qq/ha	150qq/ha

Posteriormente a la depuración de datos, se procedió a la delimitación de zonas de manejo diferencial, utilizando y comparando dos métodos: análisis de conglomerado no jerárquico k-meansy análisis de conglomerados mediante *management zone analyst* (MZA). Esta técnica de clasificación basadas en agrupamientos implica la distribución de las unidades de estudio en clases o categorías de manera tal que cada clase reúne unidades cuya similitud es máxima bajo algún criterio. Es decir, los objetos en un mismo grupo comparten el mayor número permisible de características y los objetos en diferentes grupos tienden a ser distintos (Balzarini et al., 2008).

Para el caso del análisis utilizando el *management zone analyst* (MZA), se procedió a la creación de un mapa conglomerado (mapa multianual promedio) por lote, agrupando los datos georreferenciados de rendimiento de los distintos años utilizando el software AFS.

Una limitante para procesar datos de dos o más cosechas de un mismo lote, fue que el monitor de rendimiento no guarda los datos de varios años en las mismas coordenadas. Para analizar los datos fue necesario interpolarlos en una grilla de 10x10m con coordenadas en común para cada uno de los mapas disponibles y realizar una normalización de datos (ajustar valores medidos a diferentes escalas respecto a una escala en común) para poder expresar rendimientos de soja y maíz en una misma escala.

Así generando un mapa de rendimiento promedio se disminuye las probabilidades de trabajar sobre mapeos con errores en las interpretaciones debido a causas naturales como podrían ser franjas afectadas por granizo, ruedas afectadas por insectos, sectores con fitopatologías, etc.

En la siguiente instancia, ya con los mapas conglomerados generados se procedió a utilizar el software MZA, que es una herramienta para la delimitación y determinación del número óptimo de zonas de manejo diferenciadas (ZMD) en un lote. La identificación del número óptimo de zonas se produce a través de dos índices que genera el software: *fuzziness*

performance index (FPI) o índice de borrosidad de rendimientos y *normalized classification entropy* (NCE) o clasificación normalizada de entropía. Ambos índices tienen valores entre 0 y 1.

FPI es una medida del grado de miembros (puntos de rendimiento) que se comparten entre zonas (0 indica zonas diferentes sin miembros que se comparten y 1 indica que todos números de miembros se comparten); NCE es una estimación del grado de desorganización creada por un número de clases (0 indica un alto grado de organización y 1 representa un fuerte grado de desorganización). El número óptimo de ZMD se obtuvo cuando cada uno de los índices tuvo el mínimo valor, que indico una baja cantidad de miembros que se comparten y la mejor organización de zonas.

Por otro lado, para ejecutar un análisis de conglomerados no jerárquicos k-means, era necesario la existencia de dos o más variables representadas en la misma coordenada geográfica, debido a que este método es un análisis multivariado. En este caso particular, contamos únicamente con la variable rendimiento, pero con datos de dos cultivos diferentes, soja y maíz.

En primera instancia se re proyectaron las coordenadas geodésicas (expresados en grados, minutos y segundos) a otro sistema de coordenadas cartesianas llamado sistema de proyección *universal transverse mercator* (UTM). Esta transformación permite que las distancias entre los sitios o puntos desde donde se leen los datos se expresen como distancias absolutas (metros).

Una vez transformadas las coordenadas, se procesaron los datos de cada lote mediante el software *FastMappingy* se determinó un límite perimetral por lote y una grilla con los valores predichos para que dentro de ella coincidan los datos de rendimiento de los diferentes años y cultivos. De esta manera se obtuvo una tabla por lote/año que cuenta con la información de las coordenadas y el rendimiento.

Para poder correr los datos se procedió a unir las tablas de cada lote mediante el software *Infostat* utilizando las coordenadas como variable para la concatenación. Así se generó una tabla en la que cada coordenada geográfica contaba con tres o cuatro datos de rendimiento de distintos cultivos, con lo que nos habilita la posibilidad de realizar un análisis de conglomerados no jerárquicos k-means, en el cual, se obtiene una única descomposición o partición del conjunto original de objetos en base a la optimización de una función objetivo. El algoritmo agrupa objetos en k grupos haciendo máxima la variación entre conglomerados y minimizando la variación dentro de cada conglomerado.

RESULTADOS

A modo ilustrativo, en la Figura 2, se puede observar el cambio cualitativo producido por la eliminación de puntos de rendimiento y/o franjas con valores extremos (outliers), puntos que no se incluían dentro de la superficie del lote y puntos en donde el rendimiento se diferenciaba mucho de los valores vecinos (inliers). También se observan cambios cuantitativos siendo diferente el rendimiento entre el mapa depurado y el no depurado que se tomó como ejemplo.

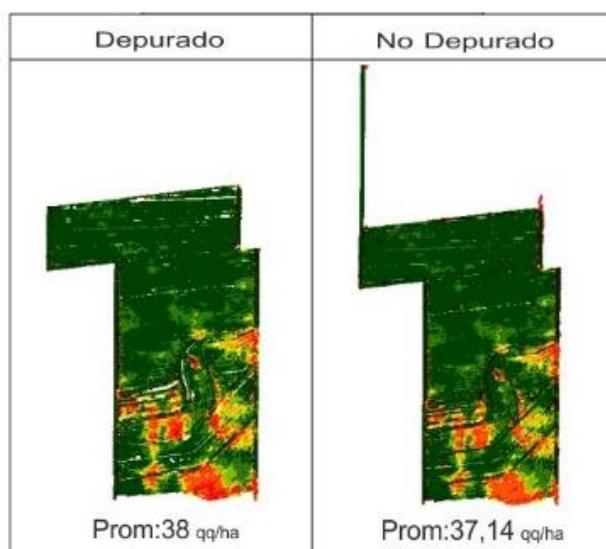


Figura 2: Mapa depurado y no depurado del rendimiento del cultivo de soja en el lote Tanque, cosecha 2015

Este mismo proceso de depuración fue aplicado y se vio reflejado en todos los mapas de rendimientos tratados. Se presentan los rendimientos (Tabla 3), de las diferentes campañas de los tres lotes tratados.

Tabla 3: Rendimientos datos depurados y sin depurar

			n Sin Depurar	n Depurado	Rto. Sin Depurar (tn/ha)	Rto. Depurado (tn/ha)
Bossio	Maíz	2015	37.030	36.493	9,46	9,45
	Soja	2016	28.509	26.206	2,86	3,08
	Soja	2017	28.636	28.540	3,35	3,34
Isaia	Soja	2014	17.425	15.726	2,22	2,43
	Maíz	2016	25.723	19.847	5,87	7,4
	Soja	2017	20.443	17.768	2,50	2,76
Tanque	Soja	2013	25.166	22.975	2,06	2,24
	Soja	2015	24.787	21.177	3,70	3,71
	Soja	2016	22.881	20.658	3,05	3,33
	Maíz	2017	29.308	26.085	6,84	7,58

En el proceso de conglomeración se generó un mapa similar al entregado por el monitor de rendimiento de la cosechadora, pero con la diferencia que los datos pasaron a ser de rendimiento normalizado, presentados en cuadrículas de 10x10m con el promedio de todos los puntos de rendimientos normalizados de cada uno de los años mapeados que caían dentro de las cuadrículas (Figura 3).

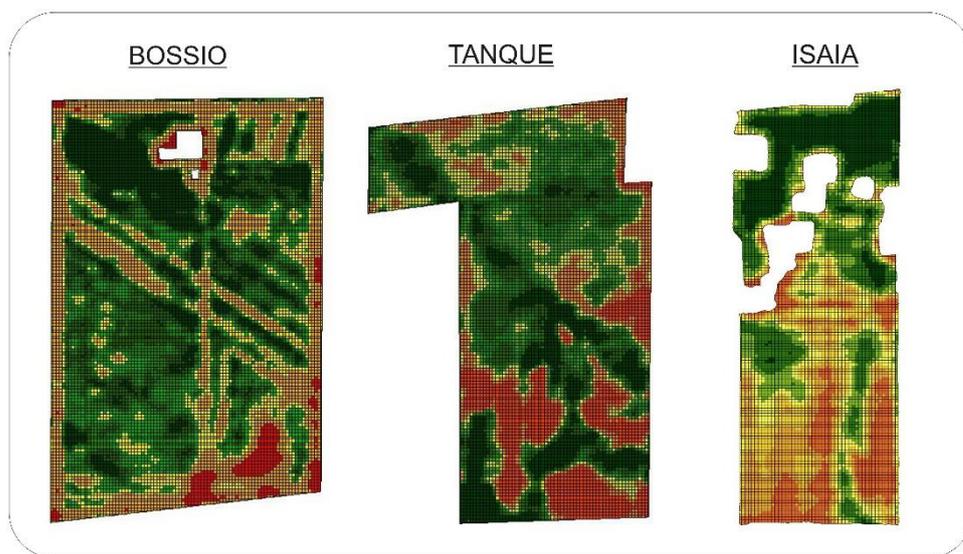


Figura 3: Mapas conglomerados de rendimientos normalizados de cada lote tratado.

Con los nuevos datos entregados por estos mapas conglomerados se realizó el análisis para la división de zonas de manejo diferencial mediante el software MZA.

Este análisis arrojó gráficos con índices FPI y NCE para dos, tres, cuatro, cinco y seis zonas de manejo diferencial (Figuras 4, 5 y 6), para así poder determinar o elegir cuantas de ellas vamos a designar en cada lote tratado.

En el lote Bosio se observó que con tres zonas de manejo diferencial se obtenía la más baja cantidad de miembros que se comparten entre zonas y si bien no corresponde a la mejor organización de zonas, debido a que el índice NCE con tres zonas no es el de valor más cercano a cero, es baja la diferencia con respecto a utilizar dos zonas. Esto conllevaría a un mayor número de miembros compartidos por zona.

Tanto en el caso del lote Tanque como en el lote Isaia se observó que con dos zonas de manejo diferencial se encontraba la mínima cantidad de miembros que se comparten y la mejor organización de zonas.

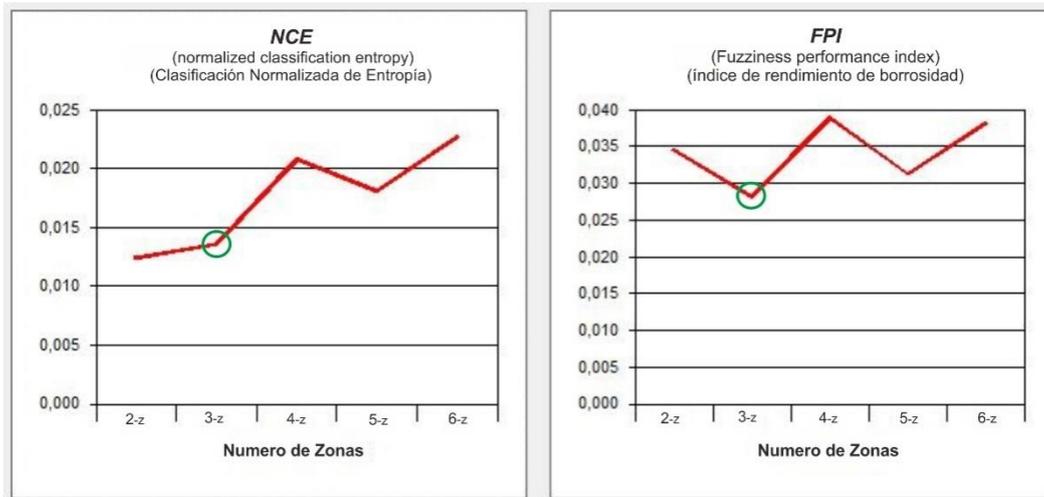


Figura 4: Gráficos con índices NCE y FPI del lote Bossio

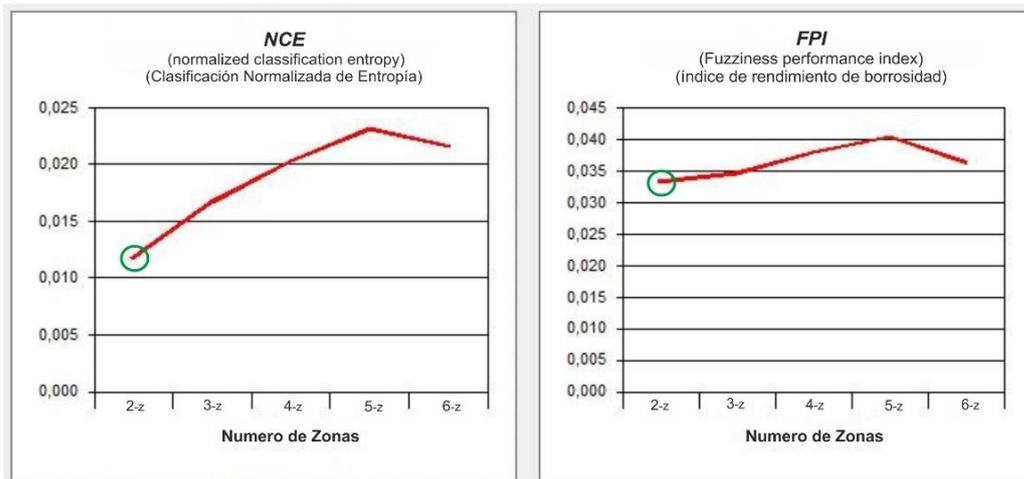


Figura 5: Gráficos con índices NCE y FPI del lote Tanque

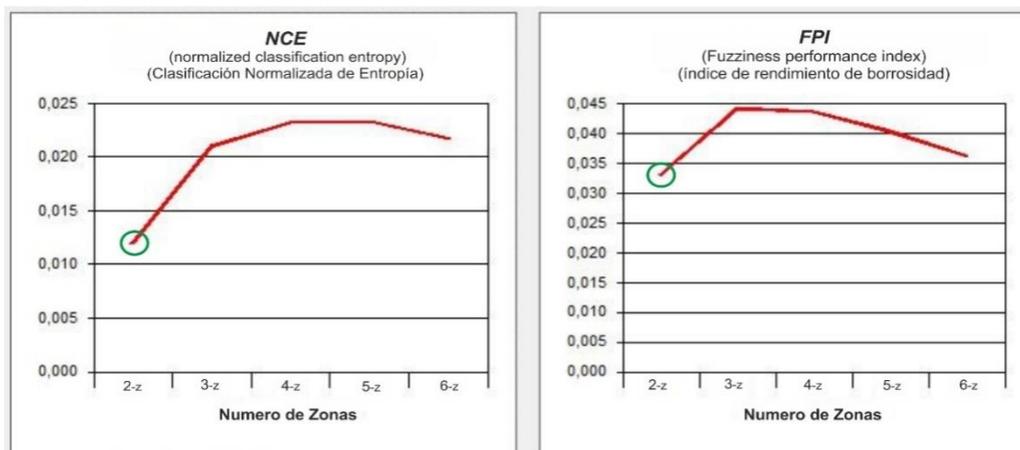


Figura 6: Gráficos con índices NCE y FPI del lote Isaías

Por ultimo con los numeros de zonas de manejo diferencial definidos para cada lote y con los archivos devueltos por el software MZA se generaron los mapas zonificados para cada uno de los lotes (Figura 7), con el software AFS.

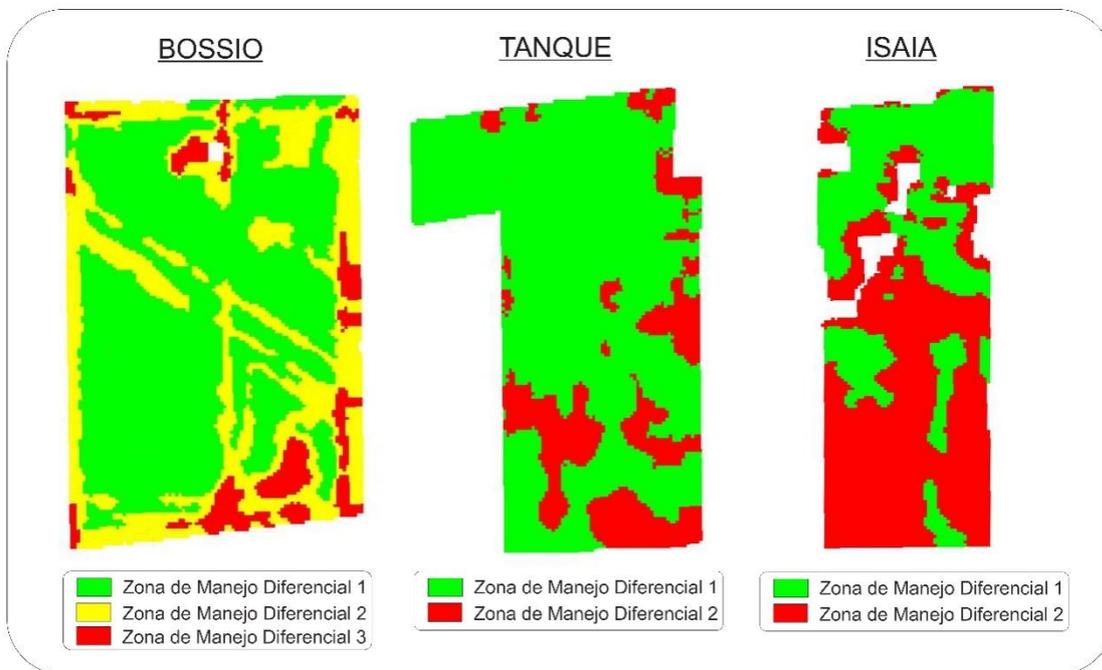


Figura 7: Mapas de los lotes tratados con las zonas definidas mediante MZA

Los promedios para cada zona de manejo diferencial en cada lote tratado que arrojó este análisis se pueden ver en la siguiente tabla (Tabla 4):

Tabla 4: Medidas resúmenes por zonas de manejo diferencial en cada lote.

		Variable	n	Media	D.E.	C.V.	Min.	Max.
Bossio	ZMD1	Masa de rto. Normalizado	6697	210,00	6,89	3,28	200,21	238,91
	ZMD2	Masa de rto. Normalizado	3271	190,38	6,66	3,50	175,25	200,20
	ZMD3	Masa de rto. Normalizado	844	160,24	15,29	9,54	97,48	175,20
Isaia	ZMD1	Masa de rto. Normalizado	2693	122,92	13,90	11,31	103,28	158,04
	ZMD2	Masa de rto. Normalizado	3752	83,47	10,54	12,63	36,24	103,21
Tanque	ZMD1	Masa de rto. Normalizado	6381	106,49	10,29	9,66	91,37	384,00
	ZMD2	Masa de rto. Normalizado	1716	76,33	12,57	16,47	40,33	91,36

Los resultados obtenidos por el análisis abordado mediante conglomerados no jerárquicos k-means demostraron que existen diferencias significativas (Figura 8).

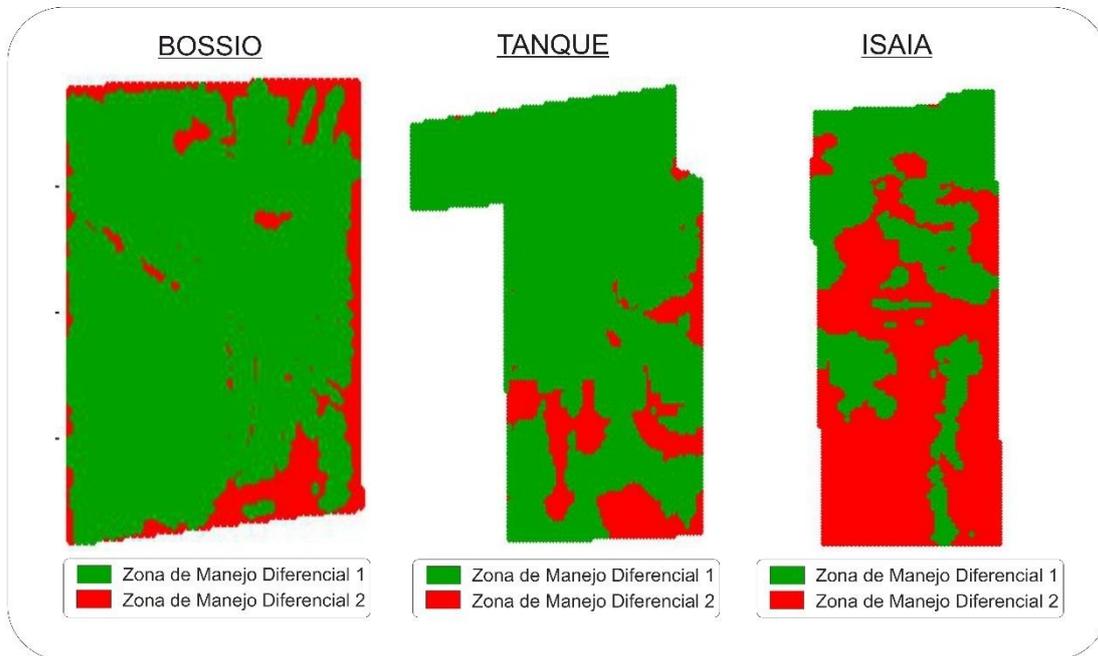


Figura 8: Mapas de los lotes con las zonas obtenidas con InfoStat

En base a la entropía de partición el análisis se destaca que el número óptimo de zonas de manejo diferencial (Figura 9) fue de dos para todos los lotes, y se denominaron ZMD1 y ZMD2. Esto significa que la variación dentro de cada conglomerado es mínima mientras que la variación entre conglomerados es máxima. En la siguiente tabla (Tabla 6) se presentan los cultivos de cada lote y se compara la media de rendimiento de cada ZMD.

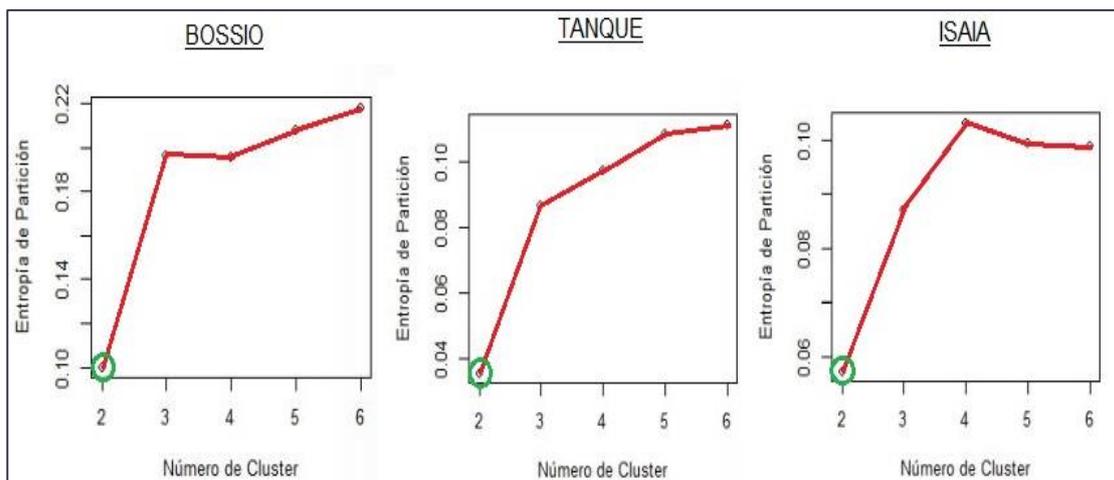


Figura 9: Entropía de partición para diferentes números de zonas en cada uno de los lotes tratados. El círculo verde indica que el número óptimo de zonas es dos.

Tabla 6: Media de rendimiento para las diferentes zonas obtenidas con InfoStat en cada lote.

Lote		ZMD 1		ZMD 2	
		n	Media	n	Media
Bossio	Maiz 2015	8369	9,66 Tn/Ha	2357	9,02 Tn/Ha
	Soja 2016		3,22 Tn/Ha		2,85 Tn/Ha
	Soja 2017		3,53 Tn/Ha		2,86 Tn/Ha
Isaia	Soja 2014	2733	2,83 Tn/Ha	4187	2,05 Tn/Ha
	Maiz 2016		9,31 Tn/Ha		5,93 Tn/Ha
	Soja 2017		3,54 Tn/Ha		2,28 Tn/Ha
Tanque	Soja 2013	6449	2,43 Tn/Ha	1508	1,56 Tn/Ha
	Soja 2015		4,10 Tn/Ha		2,56 Tn/Ha
	Soja 2016		3,66 Tn/Ha		2,36 Tn/Ha
	Maiz 2017		7,86 Tn/Ha		6,00 Tn/Ha

DISCUSIÓN

Coincidimos con diversos autores de la “Red de Agricultura de Precisión” en que el proceso de delimitación de zonas de manejo diferenciadas es una etapa crucial para aplicar nuevas tecnologías de manejo sitio-específico en un lote.

Hemos encontrado que para realizar una delimitación de zonas existe información disponible como imágenes satelitales, índices de ndvi, altimetría, etc. que no fueron incluidas en este trabajo. O información que puede ser obtenida mediante, análisis de suelos, rastra veris, mapeo de rendimiento, etc. Creemos que el uso de los datos del monitor de rendimiento es valioso cuando se conoce todo el proceso productivo, ya que, representa una combinación de técnicas agronómicas donde ocurren diversas interacciones y al igual que los técnicos del INTA General Villegas, coincidimos en que datos de un solo año resultan de valor limitado para la toma de decisiones de estrategias de manejo de sitio específico en periodos de mediano a largo plazo, pero si disponemos de mapas de varios años podríamos solucionar ese problema (Albarenque & Velez, 2009).

Si analizamos los métodos estadísticos utilizados, vemos que mediante la aplicación del método no jerárquico k means y el uso del MZA, se logró delimitar las zonas al igual que otros autores lo han hecho sobre otros campos.

CONCLUSIÓN

El uso de datos de rendimiento recabados durante sucesivas campañas representa una excelente fuente de información para el diagnóstico intraespecífico de la superficie productiva a analizar que nos sirve no solo para ser más eficientes y racionales en el uso de los recursos, sino también para incrementar el rendimiento promedio del lote reduciendo el desvío con respecto a la media de producción a mediano plazo, y como consecuencia obtener una rentabilidad más elevada.

Es de fundamental importancia destacar que logramos incorporar los conocimientos necesarios para la delimitación de zonas de manejo diferencial mediante dos métodos, los cuales mostraron resultados similares y nos permitieron cumplir con nuestros objetivos propuestos en un principio.

Las acciones futuras que el productor puede realizar luego de la delimitación de zonas son la dosificación variable de semilla y fertilizantes mediante mapas de prescripción cargados en los monitores de sembradoras y fertilizadoras de dosificación variable con las dosis correctas para cada una de las zonas.

BIBLIOGRAFIA

Córdoba M., Balzarini M. (2015). FastMapping v.1.0. Manual de Usuario. Córdoba, Argentina.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Albarenque S. M., Vélez J. P., (2011). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Entre Ríos. Técnicas para el procesamiento de mapas de rendimiento. Disponible en:

<http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/software/Tecnicas-Procesamiento-Mapas-Rendimiento.asp>

Córdoba M, Bruno C, Aguate F, Tablada M, Balzarini M. (2014). Análisis de la variabilidad espacial en lotes agrícolas. Manual de Buenas Prácticas. Ed. Balzarini, M. Eudecor. Córdoba, Argentina.

Lambertucci D., Rueda Coll A., (2017). FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Métodos cuantitativos para la investigación agropecuaria Comparación de modelos geo-espaciales para datos de rendimiento en lotes de cultivos. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4731/Comparaci%C3%B3n%20de%20modelos%20geoespaciales%20para%20datos...%20Lambertucci%2c%20D.%20-%20Rueda%20Coll%2c%20A..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Boretto D., Vélez J. P., (2011). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación experimental Manfredi. Técnicas para la delimitación de ambientes de manejo mediante sistemas de información geográfica. Disponible en: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/software/Tecnicas-Delimitacion-Ambientes-De-Manejo-Mediante-SIG.asp>

Córdoba M., Bruno C., Costa L. J., Balzarini M., (2015). Universidad Nacional de Córdoba, Variabilidad espacial multivariada en variables de suelo a escala de lote y su relación con el rendimiento. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286930876_Variabilidad_espacial_multivariada_en_variables_de_suelo_a_escalade_lote_y_su_relacion_con_rendimiento

Vega A., Córdoba M., Balzarini M., (2015). Universidad Nacional de Córdoba, Filtrado y depuración de datos georreferenciados en agricultura de precisión. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/286937511_Filtrado_y_depuracion_de_datos_georreferenciados_en_agricultura_de_precision

Arnaudo J., Marcili M., Passadore F., (2017). FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Métodos cuantitativos para la investigación agropecuaria, Zonificación y validación de Zonas de Manejo Homogéneas (ZMH) en un lote del Sudeste Bonaerense.

ANEXOS

Tabla 7. Índices fuzziness performance index y normalized classification entropy obtenidos con el software MZA en el lote Bossio.

N° Zonas	FPI	NCE
2	0,0345	0,0124
3	0,0282	0,0136
4	0,039	0,0208
5	0,0313	0,0181
6	0,0381	0,0227

Tabla 8. Índices fuzziness performance index y normalized classification entropy obtenidos con el software MZA en el lote Isaia.

N° Zonas	FPI	NCE
2	0,0333	0,0118
3	0,0346	0,0167
4	0,0379	0,0203
5	0,0404	0,0231
6	0,0363	0,0216

Tabla 9. Índices fuzziness performance index y normalized classification entropy obtenidos con el software MZA en el lote Tanque.

N° Zonas	FPI	NCE
2	0,033	0,012
3	0,0441	0,021
4	0,0436	0,0232
5	0,0403	0,0233
6	0,0362	0,0217