

# Zonas de producción: atributos edáficos y respuesta al manejo. Estudio de casos

NOTA TÉCNICA

Javier Coitiño López\*, Oswaldo Ernst\*

## INTRODUCCIÓN

La agricultura en Uruguay se ha realizado históricamente sobre unidades de manejo “chacra” o “potrero” delimitados con fines agrícola-pastoriles, que generalmente presentan variación interna en propiedades del suelo y el comportamiento de los cultivos. A pesar de ello, el manejo tradicional de los cultivos extensivos se ha realizado en forma homogénea dentro de chacras, considerando características cuantitativas promedio, como niveles de nutrientes en suelo o capacidad de almacenaje de agua disponible, y variables cualitativas como historia de chacra y cultivo antecesor. Dicha situación ha sido consecuencia de dificultades operativas en la cuantificación de diferencias entre sitios a nivel de chacra y en las posibilidades de variar el manejo a esa escala.

En la actualidad es relativamente común contar con información de mapas de rendimiento de cultivos obtenidos con cosechadoras equipadas con monitor de rendimiento y GPS, así como imágenes aéreas y satelitales de diversas etapas de los cultivos. A su vez, existen nuevas maquinarias apoyadas por GPS que facilitan el realizar manejos a escala más pequeña. Utilizando esa información e intentando aumentar los rendimientos promedio y/o reducir los costos promedio, se ha vuelto frecuente el delinear zonas dentro de chacras con diferente capacidad para producir con el objetivo de realizar un manejo diferenciado de suelos y cultivos, pero en general no se consideran características de suelos que expliquen el comportamiento diferencial entre zonas y justifiquen las medidas de manejo a tomar.

En la presente nota se resumen los principales resultados de trabajos en los que se estudió:

- ✓ Rendimiento de cultivos de trigo y soja en zonas definidas según rendimiento e imágenes de cultivos anteriores.
- ✓ Atributos del suelo dentro de zonas definidas según rendimiento de un cultivo de soja o sorgo.

- ✓ Comportamiento del cultivo de soja en zonas definidas según atributos del suelo.
- ✓ Concordancia entre las zonas definidas a partir de distintas fuentes de información.
- ✓ Respuesta diferencial al manejo del cultivo de trigo y soja para las zonas identificadas.

Todos los trabajos considerados corresponden a Tesis de grado de Facultad de Agronomía, realizadas en chacras comerciales del litoral del país durante el año 2010-2011 dentro del proyecto “Identificación y manejo de ambientes con diferente potencial de producción dentro de chacras en base al uso de mapas de rendimiento de cultivos” (Financiación: Agencia Nacional de Investigación e Innovación, Fondo María Viñas\_2009\_1\_2496).

## RENDIMIENTO DE CULTIVOS Y ATRIBUTOS DEL SUELO EN ZONAS DEFINIDAS SEGÚN DIFERENTES FUENTES DE INFORMACIÓN

Durante la zafra 2010-2011 se realizó un experimento en un cultivo de trigo incluyendo tratamientos de fertilización (Coitiño y Mazzoni, 2011), en una chacra donde previamente se habían definido dos zonas de productividad en base a información de rendimiento e imágenes de cultivos anteriores. El experimento abarcó una zona “A” que correspondió a sitios con rendimientos superiores al promedio de la chacra en todos los años, y una zona “B” donde los rendimientos fueron variables según año y cultivo.

Utilizando un análisis de agrupamiento para el rendimiento de trigo sembrado en el año 2010, registrado mediante monitor de rendimiento, se identificaron 4 grupos (Figura 1). Luego se estudió la asociación entre zonas según información previa y grupos de rendimiento (Cuadro 1). El 58% de los sitios comprendidos en la Zona A y en la Zona B pertenecieron a los grupos de rendimiento Medio del trigo 2010. En la zona “A” la mayoría de los sitios restantes (34%) integraron el grupo de rendimiento Alto, al tiempo que en la zona “B” la proporción de sitios correspondientes a los grupos de rendimiento de trigo 2010 Alto y Bajo Variable fue similar. Por tanto, la

\*Ings. Agrs. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC

delineación de zonas en la chacra a partir de datos de cultivos anteriores permitió identificar aceptablemente los lugares de mayores rendimientos en el cultivo de trigo 2010.

**Cuadro 1.** Concordancia entre grupos de rendimiento respecto a la media y zonas (%) (Coitiño y Mazzoni, 2011).

Zonal Grupo	Medio 1	Medio 2	Alto	Bajo V	Total
A	23	35	34	8	100
B	42	16	21	21	100

\* Medio 1 y Medio 2: grupos con rendimiento intermedio.

\* Bajo V: grupo de rendimiento bajo y variable

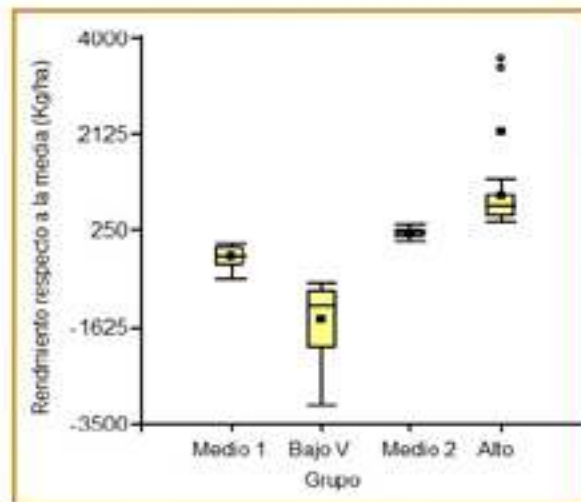
La segunda estrategia utilizada en el estudio de Bosch y Lecueder (2012) para definir las zonas fue agrupando por los atributos del suelo y estudiando su relación con el rendimiento de soja de segunda.

El suelo de cada celda de 30 por 30m fue caracterizado determinando la profundidad de sus horizontes, su textura, capacidad de almacenar agua disponible en el perfil (CAAD), pH, fósforo disponible (Bray I), potasio (meq/100 g de suelo), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de carbono orgánico (Corg). Se identificaron 3 grupos utilizando un análisis de conglomerados, el cual busca formar grupos con similares características dentro de sí pero diferentes entre ellos.

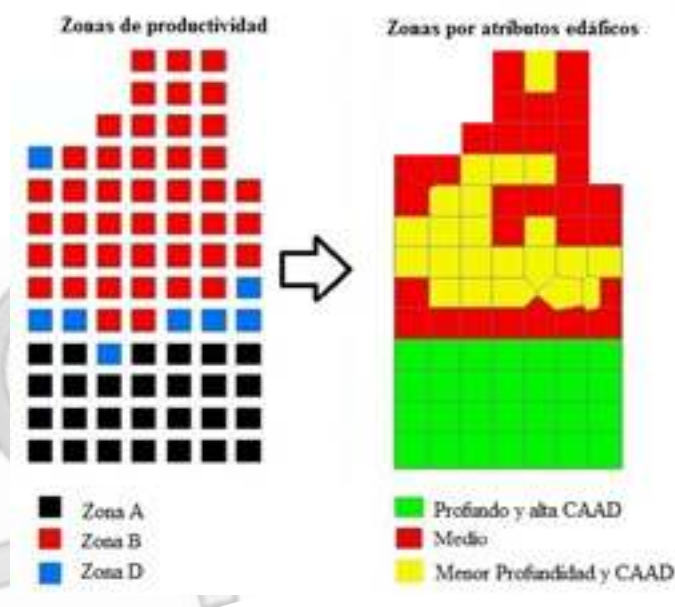
De todas las propiedades consideradas sólo las presentadas en el Cuadro 2 difirieron entre grupos, siendo usadas para nombrarlos. La zona llamada “Profundo y con alta CAAD” presentó la mayor profundidad de horizonte A, profundidad total, CAAD y Corg. en horizonte A. En cambio las otras dos zonas no difirieron entre sí en Corg de horizonte A pero sí en las demás características.

Al comparar el rendimiento de soja logrado en cada zona no se encontraron diferencias desde el punto de vista estadístico, aunque sí hubo una tendencia desde el punto de vista numérico (Cuadro 2). El bajo rendimiento medio y baja respuesta a los atributos del suelo que establecieron grupos diferentes, se atribuye a que el cultivo no logró explotar sus ventajas al ser sembrado de segunda y en una condición de déficit hídrico en gran parte del ciclo.

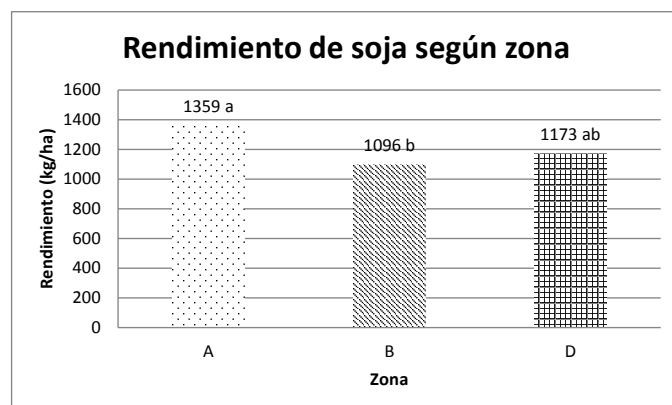
Al estudiar la similitud entre las zonas predefinidas y los grupos generados en base a atributos del suelo (Figura 2 y Cuadro 3), el 100% de los sitios ubicados en la zona A se correspondieron con celdas caracterizadas como “Profundo y con alta CAAD”. En cambio en la zona B, existió una proporción simi-



**Figura 1.** Grupos de rendimiento respecto a la media (Coitiño y Mazzoni, 2011).



**Figura 2.** Mapas de zonas de productividad y mapa de zonas por atributos edáficos (Bosch y Lecueder, 2012).



**Figura 3.** Rendimiento de soja según zona (Bosch y Lecueder, 2012). \*Letras distintas indican diferencias significativas. Test Tukey ( $p < 0,05$ ).

lar de celdas categorizadas como “Medio” y “Menor profundidad y CAAD”. La zona A se ubicó sobre los lugares con mejores suelos en cuanto a profundidad, CAAD y contenido de materia orgánica, siendo razonable esperar que allí se logren los mejores rendi-

mientos en la mayoría de los años. Por otro lado, la zona B al situarse en suelos de menor aptitud agrícola sería más afectada por las condiciones ambientales en cada año, generando rendimientos más variables.

**Cuadro 2.** Propiedades edáficas y rendimiento de soja según zona por propiedades de suelo (Bosch y Lecueder, 2012).

Zona	Prof. total	Prof. Hz. A	CAAD perfil (mm)	C org (%) A	Rend. soja (kg/ha)
<b>Profundo y alta CAAD</b>	98 a	21 a	161 a	2,4 a	1333 a
<b>Medio</b>	83 b	17 b	139 b	1,9 b	1128 a
<b>Menor prof. y CAAD</b>	73 c	12 c	118 c	1,8 b	1109 a

\*Letras distintas en la columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

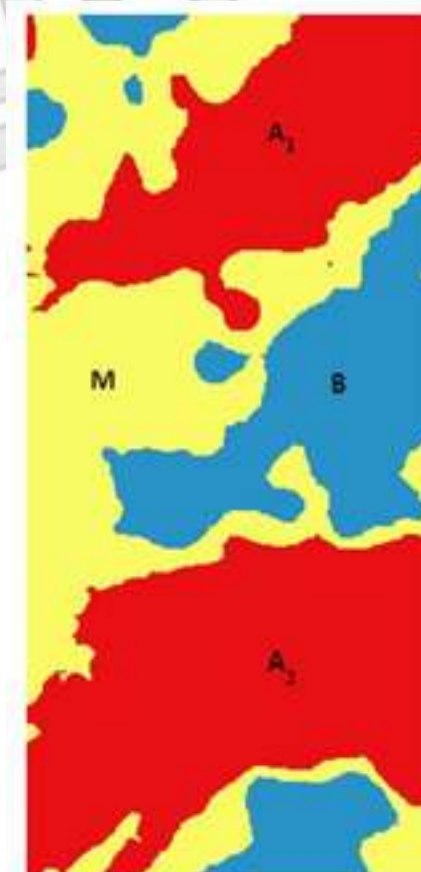
**Cuadro 3.** Similitud entre zonas definidas según rendimiento y atributos del suelo (%) (Bosch y Lecueder, 2012).

	A	B	D
<b>Medio</b>	0	50	88
<b>Menor profundidad y CAAD</b>	0	50	0
<b>Profundo y alta CAAD</b>	100	0	12
<b>Total</b>	100	100	100

En resumen, la correspondencia entre las zonas de mayor rendimiento identificadas con las tres fuentes de información utilizadas, la de cultivos previos, el monitor de rendimiento del cultivo de soja y los atributos edáficos de las celdas definidas, fue alta, no así para las demás zonas. Por tanto, resultaron útiles para la definición de las zonas de mayor aptitud agrícola, lo cual resulta favorable para el ordenamiento y diseño de sistemas de producción agrícolas.

También en la zafra 2011-2012 Medina y Olivera (2012), realizaron un experimento a escala de campo en el que evaluaron respuesta a la población en sorgo de segunda. Trabajando con el rendimiento respecto a la media del tratamiento correspondiente identificaron tres zonas en la chacra, denominándolas como de Alto (A1 y A2), Medio (M) o Bajo (B) rendimiento (Figura 4). Posteriormente, se realizaron muestreos de suelos dirigidos en cada una de las zonas, cuantificando la profundidad de horizontes, su textura y concentración de carbono orgánico, y se estimó la capacidad de almacenaje de agua disponible del perfil (CAAD) de cada sitio.

En las zonas de rendimiento superior a la media (A1 y A2) el suelo presentó casi el doble de profundidad del horizonte A, profundidad total y CAAD que



**Figura 4.** Zonas de rendimiento de sorgo (Medina y Olivera, 2012). \* A1 y A2: Alto; M: Medio; B: Bajo.

los registrados en las zonas de rendimiento medio (M) e inferior al promedio (B), (Cuadro 4). A pesar de tratarse de un cultivo de segunda en un verano muy seco, con almacenaje de agua a la siembra reducido y escasas posibilidades de recarga, estas propiedades asociadas a la dinámica del agua estuvieron relacionadas con el rendimiento del sorgo grano.

**Cuadro 4.** Profundidad de horizontes y CAAD según zona de rendimiento (Medina y Olivera, 2012).

	A1	A2	M	B
A (cm)	24	25	15	16
Bt1 (cm)	33	37	29	21
Bt2 (cm)	27	45	-	15
BC (cm)	24	-	12	
TOTAL (cm)	108	108	57	52
CAAD (mm)	165	162	87	78

## RESPUESTA DIFERENCIAL AL MANEJO SEGÚN ZONAS

Con el objetivo de cuantificar el posible efecto diferencial de prácticas de manejo según las zonas identificadas dentro de una chacra, se realizaron dos experimentos, uno en trigo 2010 (Coitiño y Mazzoni, 2011), y otro en sorgo de segunda 2011 (Medina y Olivera, 2012).

En una chacra de trigo se establecieron fajas de fertilización que incluyeron combinaciones de fósforo, potasio y azufre en dosis no limitantes, y abarcaron las dos zonas delineadas previamente con información de cultivos anteriores.

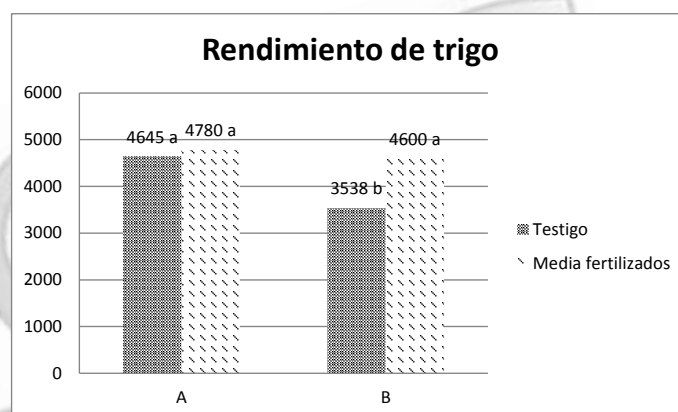
En el muestreo de suelos por zonas realizado previo a la siembra no existieron diferencias y los niveles estuvieron dentro de lo considerado como “suficientes” (Cuadro 5).

La respuesta a la fertilización se estudió comparando el rendimiento de trigo entre el tratamiento Testigo sin fertilización y el Promedio de los tratamientos fertilizados (Figura 5). En la zona A no existió respuesta a la fertilización, en tanto, en la zona B el rendimiento en los tratamientos fertilizados fue 30% superior al Testigo logrando, además, rendimientos similares a los de la zona A. Esta respuesta diferencial a la fertilización marca la existencia de una interacción entre requerimientos adicionales de nutrientes y la zona que no se corresponde con los análisis de suelo pre-siembra. Por tanto, indicaría una restricción para la absorción de nutrientes asociada a las determinantes de la zona B.

En el caso de sorgo de segunda se evaluaron densidades de siembra como variable que podría interactuar con las zonas determinadas. Las poblaciones logradas fueron 6, 12 y 18 plantas/m<sup>2</sup>. Se estudió la respuesta a la población dentro de cada una de las zonas que lograron rendimiento significativamente

**Cuadro 5.** Resultados de análisis de suelo a siembra.

	P Bray (ppm)	K int. (meq K.100g-1)
Zona A	9	0,40
Zona B	10	0,40



**Figura 5.** Rendimiento de trigo para tratamiento testigo y promedio de fertilizados (Coitiño y Mazzoni, 2012).

\*Letras diferentes dentro del ambiente indican diferencias significativas. Tukey test  $p \leq 0.05$ .

**Cuadro 6.** Rendimiento de sorgo según tratamiento en cada zona (Medina y Olivera, 2012).

Población (pl/m <sup>2</sup> )	Zona		
	A	M	B
6	5,5 Aa	5,1 Bb	4,5 Ac
12	5,4 Aa	5,3 Ab	4,5 Ac
18	5,5 Aa	5,1 Bb	4,6 Ac
<b>Promedio</b>	<b>5,5 a</b>	<b>5,2 b</b>	<b>4,5 c</b>

\*Letras distintas en la columna (mayúscula) y en la fila (minúscula) indican diferencias significativas según Test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

diferente entre sí (Cuadro 6). Existieron diferencias entre tratamientos de población solamente en la zona de rendimiento Medio (M), con el mayor rendimiento para el tratamiento de 12 plantas/m<sup>2</sup>.

## COMENTARIOS FINALES

La definición de zonas según atributos de cultivos relevados en años previos permitió identificar sitios de altos rendimientos en las zafras estudiadas.

Existió similitud entre las zonas caracterizadas como de mayor productividad y las de mejores atributos edáficos.

Se cuantificaron interacciones entre prácticas de manejo y las zonas definidas en cada chacra. Si bien indicarían posibilidades de obtener beneficios al considerar unidades de manejo diferentes dentro de cada chacra, no fueron las esperadas ni se logró una relación causa-efecto con variables cuantificadas que permitan predecirlas.

## AGRADECIMIENTOS

*Se agradece la participación de las empresas Agronegocios del Plata (ADP) y La Hectárea, quienes aportaron las chacras en las que se instalaron los experimentos y la cosechadora equipada con monitor de rendimiento.*

## BIBLIOGRAFÍA

- BOSCH, F.; LECUEDER, F. 2012.** Relación entre el rendimiento de soja de segunda y la variación espacial de atributos edáficos dentro de una chacra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 55 p.
- COITIÑO, J.; MAZZONI, P. 2011.** Respuesta a la fertilización con fósforo, potasio y azufre en trigo en ambientes con diferente potencial de producción dentro de una misma chacra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 55 p.
- MEDINA, G.; OLIVERA, B. 2012.** Respuesta en rendimiento de sorgo a la densidad de plantas en zonas con diferente nivel de rendimiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 50 p.



ir a Sumario