

Fertilización y Densidad de Siembra Variable

*Autores: Ing. Agr. M.Sc Mario Bragachini, Ing. Agr. Ph.D Rodolfo Bongiovanni,
Ing. Agr. Andrés Méndez, Ing. Agr. Fernando Scaramuzza*
Proyecto Agricultura de Precisión INTA Manfredi

La Agricultura de Precisión es tecnología de información basada en el posicionamiento satelital; consiste en obtener datos georreferenciados de los lotes para un mejor conocimiento de lo que puede suceder en un lote durante las diferentes labores a realizar en barbecho, siembra, pulverizaciones durante el ciclo del cultivo, relevamientos a campo como seguimientos del cultivo, muestreos de suelos dirigidos o en grillas, cosecha, manejo de programas GIS o SIG, aplicación de dosificación variable de insumos, etc.

En la actualidad existen aproximadamente 1500 monitores de rendimiento y varios asesores/productores que cuentan con la información de mapas de rendimientos y ensayos realizados durante varias campañas en los cultivos de maíz y trigo. Estos usuarios de algunas de las herramientas de Agricultura de Precisión se encuentran con la necesidad de ingresar en el manejo de insumos variables, por ello vamos a mostrar un ejemplo de uno de los ensayos realizados por este proyecto en uno de los lotes que manejamos bajo riego en la zona de Pilar Provincia de Córdoba.

Advirtiendo que el suelo de este lote presenta alta variabilidad espacial, el comenzar a interpretar esa variabilidad, caracterizarla y manejarla, a través de las herramientas de Agricultura de Precisión, se pueden lograr otros resultados que no se consiguen si se trata el lote como un promedio y este manejo diferencial puede traer aparejado como consecuencia la disminución de la contaminación, el aumento de la producción por la mejora de los suelos y también podría lograr un mejor resultado económico debido a que las recomendaciones promedio, provocan una sobre aplicación en algunos sectores con el consiguiente riesgo ambiental y una subaplicación en otros provocando una pérdida de rendimiento.

Para un óptimo manejo del cultivo de maíz usando conceptos de agricultura de precisión, una alternativa sería delimitar zonas de manejo uniformes dentro del lote. Estas zonas de manejo se pueden determinar en base a mapas de rendimiento, cartas de suelo, fotografías aéreas, imágenes satelitales, topografía, o bien en base a la experiencia que tenga el productor con respecto a la variabilidad presente dentro del lote.

En este lote en particular se determinaron 3 sitios de potencial de rendimiento diferente en función de mapas de rendimiento de campañas anteriores. Con estos mapas, dos de maíz y uno de trigo se obtuvo un mapa normalizado, en el que se expresa como valor 100 el promedio del lote y cada punto de rendimiento como un porcentaje del promedio. De esta manera la escala del mapa de rendimiento se refleja en rangos de porcentaje con respecto a la media. Los mapas confeccionados de esta manera, se pueden comparar entre sí para determinar si los patrones de variabilidad de rendimiento son estables en el tiempo y presentan

una magnitud similar para estos cultivos. De los sitios delimitados, el sitio A es el de mayor potencial, decreciendo hasta el sitio C (Figura 1, 2 y 3).

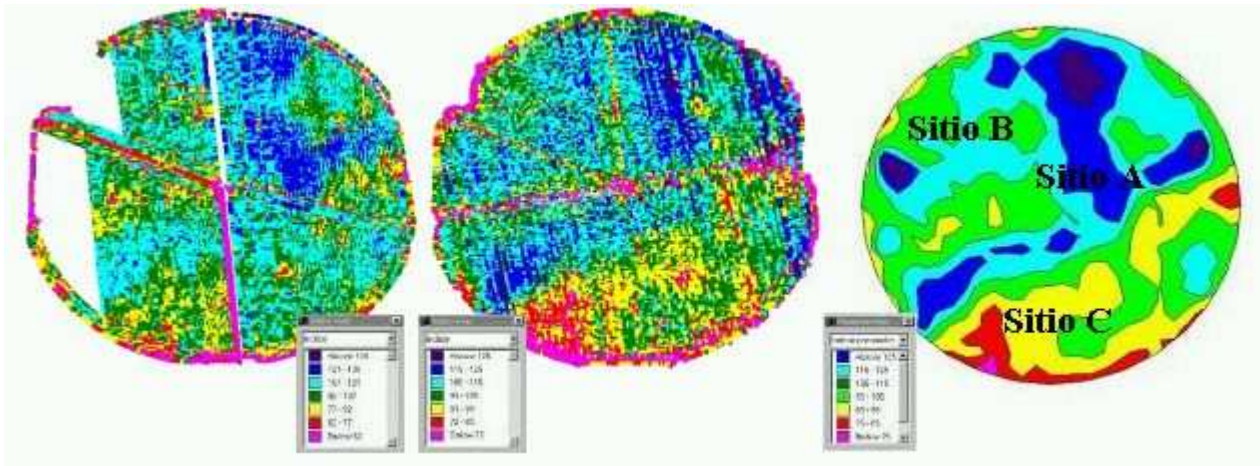


Fig. 1: Mapa de rendimiento normalizado de maíz expresado en porcentaje, el valor de índice 100% (color verde rango 92/ 107) representa un rendimiento de 120 qq/ha.

Fig. 2: Mapa de rendimiento normalizado de trigo expresado en porcentaje, el valor de índice 100% (color verde rango 94/105) representa un rendimiento de 54qq/ha.

Fig. 3: Mapa integrado que surge de promediar los mapas de índice de maíz y trigo anteriores.
 Sitio B: 102%
 Sitio A: 110%
 Sitio C: 90%
 (respecto del 100%)

En concreto para el manejo de la fertilización nitrogenada del cultivo de maíz, una vez delimitadas las zonas de baja, media y alta potencialidad productiva, el siguiente paso es el muestreo dirigido de suelos dentro de cada zona, para su posterior análisis, interpretación y recomendación de manejo (Figura 4), para ello existen varios métodos, pero los mas conocidos son: el método del balance, modelos de simulación (Ej: CERES) y el método de la curva de respuesta (*Melgar et al., 2001*).

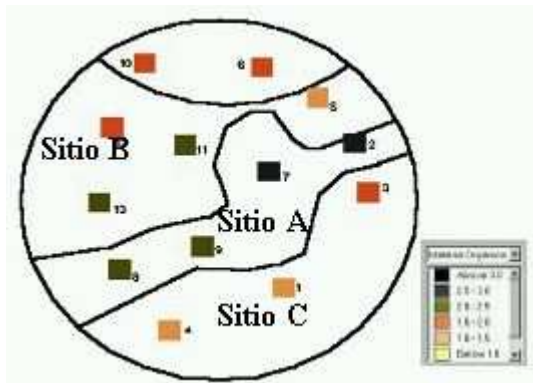


Figura 4: Los diferentes colores expresan la caracterización química de los 3 ambientes, en este ejemplo es la variabilidad en el porcentaje de M.O de los 13 puntos donde se extrajeron las muestras compuestas de suelo de los sitios definidos en base a los mapas de rendimiento anteriores.

Además el rendimiento del cultivo de maíz es muy sensible a la densidad de plantas, en consecuencia, ésta debe ser cuidadosamente seleccionada en función de cada zona con el objetivo de maximizar la producción en cada situación en particular

Esta situación se presentó en la región centro de la provincia de Córdoba donde las precipitaciones promedio anuales son de 786 mm y produciéndose el 73% de las mismas entre setiembre y febrero, para suplir las deficiencias se implementó un sistema de riego de pivot central

Los suelos del lote presentan una **capacidad de uso III c** (limitaciones climáticas), dentro del mismo existen pequeños ambiente con problemas de sales a partir de los 20cm del perfil superficial.

De acuerdo a las necesidades fisiológicas el cultivo de maíz necesita absorber 20 Kg. de nitrógeno y 4 Kg. de fósforo para obtener una tonelada de grano (*Andrade y col. 1995*). Con el resultado de los análisis de suelo y mediante el método del balance se obtuvo la cantidad de nitrógeno a aplicar como fertilizante, teniendo en cuenta las eficiencias de uso del nitrógeno

Una alternativa de ingresar en Agricultura de Precisión sin poseer maquinaria para dosis variable podría ser la paralelización de ambientes, pero esto solamente podría realizarse en algunos lotes donde esa variabilidad pueda trazarse en líneas casi rectas (similares al lote que estamos describiendo). La única precaución que debe tenerse es la de marcarle al tractorista donde debe cambiar la relación de la caja de marchas para dosificar distinto según necesidad de cada ambiente.

Esto es una alternativa pero no es la mejor manera de hacer Agricultura de Precisión dado que dentro de estos ambientes paralelizados también hay diferentes rendimientos y a esas diferencias no las estaríamos manejando. Lo ideal para realizar el manejo sitio específico por zonas sería poseer maquinaria para dosis variable bajo prescripción con la cual se podría sembrar o fertilizar en cualquier sentido dado que la maquinaria cuenta con GPS que le indica en que lugar del lote está ubicada en cada momento mientras siembra o fertiliza y según el lugar en el que esté aplica una dosis u otra (a esto se lo indica el navegador – controlador). Otro punto de gran importancia es que permite manejar toda la variabilidad del lote incluyendo la que se encuentra dentro de cada sitio, zona o ambiente. Dado que dentro de los sitios muchas veces existe variabilidad que también podría manejarse con la maquinaria inteligente.

Cuadro I: Fertilización y densidad de siembra según ambiente

ZONA DE RTO.	RTO. ESP.	N-total	FERTILIZACION						DENSIDAD DE SIEMBRA
			FDA	N-FDA	UAN	N-UAN	CAN	N-CAN	
	Tn/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	Nº sem/ha
Alto	18	263	83	14.4	476.87	152.6	350	96	115.000
Medio	14	181	83	14.4	476.87	152.6	52	14	95.000
Bajo	11	167	83	14.4	476.87	152.6	0	0	85.000
Ponderado	13.56	193	83	14.4	476.87	152.6	96.03	25.93	94.650

La variación de dosis entre ambientes se realizó únicamente con el CAN y el resto del nitrógeno se aplicó con fertirriego en forma uniforme y en momentos estratégicos. (Ver cuadro I)

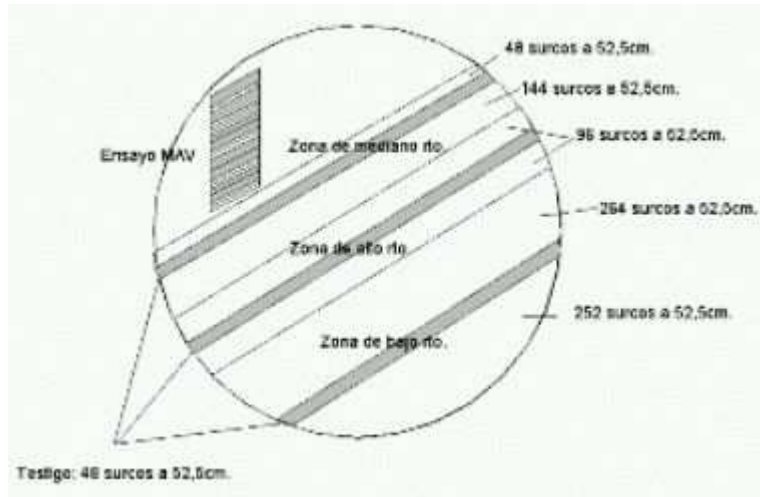


Fig. 5: Esquema de siembra del ensayo

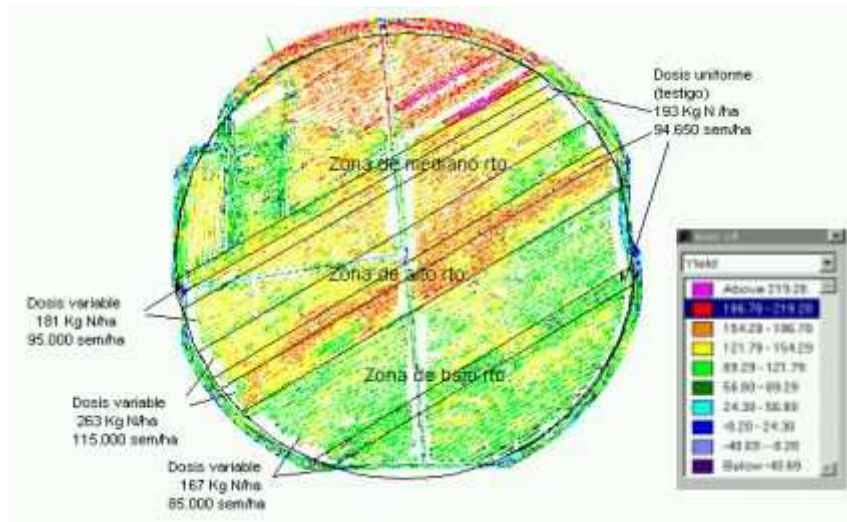


Fig. 6: Mapa de rendimiento

El mapa de rendimiento es una herramienta confiable para conocer la variabilidad de los lotes, el área que esta variabilidad abarca y el rendimiento que alcanza cada zona de manera muy precisa. Los datos de rendimiento obtenidos en los distintos ambientes para la dosis variable y uniforme se pueden visualizar en el mapa de rendimiento (figura 6, 7).

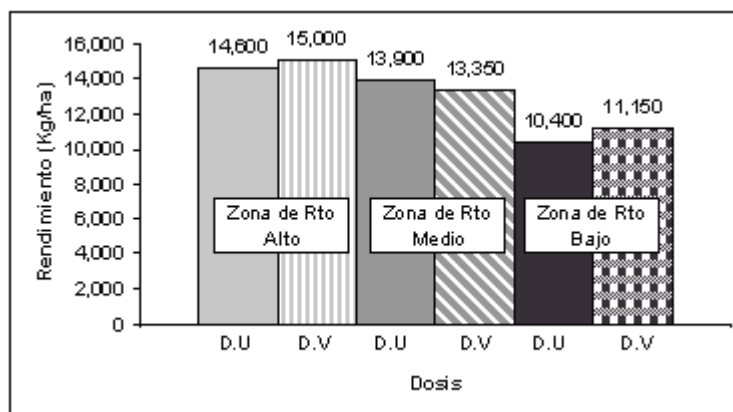


Fig. 7: Rendimiento según zonas de manejo comparando dosis uniforme y variable

Cuanto mayor sea la variabilidad presente dentro de un lote, mayores serán los beneficios por el tratamiento diferencial de las zonas, los que se pueden estimar a través de "presupuestos parciales". El presupuesto parcial se fija en los ingresos y en los costos que cambian cuando se aplican nuevas prácticas de producción.

Un análisis de rentabilidad más completo debería incluir el impacto sobre el campo en su conjunto, los cambios en el riesgo de obtener ciertos rendimientos y de costos de producción, pero por lo menos el método de presupuestos parciales es una buena forma de comenzar a estudiar la rentabilidad promedio. Del análisis de los resultados económicos se desprende que la dosis de fertilización variable según zonas de manejo arrojó un saldo positivo de 34 \$/ha.

También del análisis económico se pudo observar que la dosis de fertilización variable según zonas de manejo arrojó un saldo positivo y que el mayor beneficio se observó en la zona de menor potencial de rendimiento, donde con un menor aporte de insumos se obtuvo una mejora económica directa. En la zona de mayor potencial, si bien se consiguió un incremento en el rendimiento el aumento en el costo superó este beneficio, lo que estaría indicando que se debería ajustar la dosis agronómica para una mejor respuesta económica.

Además del componente económico existen otras maneras de analizar el manejo, y es desde el punto de vista agronómico donde en lugar de buscar la mejor rentabilidad se podría estar buscando mejorar algunas características físico químicas de las zonas del lote.

Esta mejora se podría lograr con el aporte de rastrojos de mayor calidad en los sitios de menor productividad lo cual se lograría con mayor aporte de N por fertilizantes en el caso de maíz y trigo que son los cultivos con los cuales se rota en este lote además del cultivo de soja. No solo los sitios de menor productividad se mejoran, sino que los de alta productividad también se verían favorecidos con esta visión.

Para esto lo ideal sería fertilizar a las gramíneas (trigo y maíz) para lograr el mayor rendimiento y no para lograr la mayor rentabilidad. Esta puede ser la diferencia de objetivos que pueden tener productores dueños de campos versus contratistas.

De esta manera queda claro que con un manejo variable del lote identificando áreas con diferente potencial de rendimiento los saldos son positivos. Ahora bien en este ejemplo en particular se podría haber trabajado de una forma mas precisa ya que junto a las macro variabilidades del lote tratadas en forma paralelizada existe variabilidad dentro de cada sitio que no puede ser tratados con este tipo de manejo mas generalizado de los ambientes.

Hoy en día la Agricultura de Precisión cuenta a nivel nacional con un gran desarrollo, de sembradoras/fertilizadoras capaces de realizar dosis variable en forma satelital, copiando y dosificando según prescripción (recomendación) en tiempo real.

De esta manera con un buen criterio agronómico el anterior ejemplo podría brindar buenos resultados económicos y agronómicos que permitirían tener una gran rentabilidad en forma sustentable.

Proyecto Agricultura de Precisión INTA Manfredi

Tel./Fax: (03572) 493039/53/58/61. Ruta 9 km 636, (5988) Manfredi, Córdoba, Argentina

E-mail: agprecision@correo.inta.gov.ar

www.agriculturadeprecision.org

