

IMPACTO EN LA RENTABILIDAD DE LOS CULTIVOS DE SOJA Y MAÍZ CON EL USO VARIABLE DE INSUMOS

Damián Dulau
damiandulau1@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

La tecnología de Dosis Variable permite a los agricultores, una vez conocido el comportamiento del cultivo en cada sector del lote, empezar a calcular las necesidades de insumo en cada zona homogénea o subunidad del lote, y aplicarlos en forma de sitio-específico (Bragachini, 2004).

Partiendo de dicha premisa, el objetivo del presente trabajo es determinar el beneficio económico derivado de utilizar la tecnología de Dosis Variable (DV) de insumos por ambiente, respecto al manejo tradicional de Dosis Fija (DF) de semilla y fertilizante en el cultivo de soja, y fertilizante nitrogenado en maíz.

El establecimiento donde se realizan estos trabajos tiene 6.000 has agrícolas y se encuentra en la localidad de Olavarría; en la zona agroecológica productiva de sierras de Tandilia, en la provincia de Buenos Aires.

La totalidad de las labores agrícolas se realizan con contratistas, por lo tanto hay diferentes maquinarias y grados de adopción de tecnologías por parte de los mismos.

Lo anterior hizo que no se mapee el 100% de la superficie cosechada, ni se aplique con DV los insumos en la totalidad de la implantación de los cultivos; pero permitió empezar a procesar la información (que se iba generando) de manera de lograr una progresiva pero firme adopción de la tecnología de DV; como así también poder mejorar el manejo de Dosis Fija.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ambientación

Se hizo mediante "Mapeo de tosca" ya que la presencia de este horizonte de acumulación de carbonato de calcio, a diferentes profundidades, es la mayor limitante edáfica para el desarrollo de los cultivos (principalmente por limitar la disponibilidad de agua para los cultivos). Considerando también la pendiente del terreno (derivada de un Modelo Digital de Elevación) se determinaron 8 ambientes para todo el campo.

Determinación de potencialidad de los ambientes

Se realizó mediante un muestreo de suelo georreferenciado en los distintos ambientes, para conocer la disponibilidad de nutrientes (logrando una intensidad de muestreo de 1 muestra cada 40-50 has.) y con el análisis de los mapas de rendimiento para conocer los rendimientos promedio esperables de cada cultivo para cada ambiente.

Toma de decisiones – Armado de prescripciones

Partiendo del objetivo de que la incorporación de las tecnologías de (DV) es para mejorar la rentabilidad de los cultivos, se aplicaron distintas *estrategias* según el año, cultivo, ambiente, etc...buscando reducir el costo de insumos y/o para lograr mayores rendimientos en cada ambiente de los lotes.

Para cada cultivo podríamos resumir el razonamiento a la hora de crear las prescripciones de la siguiente manera:

Soja

Zonas de alto potencial: Se busca la estabilización del rendimiento, utilizando el mismo manejo que con DF.

Zonas de medio y bajo potencial: Se pretende lograr un aumento de los rendimientos por una reducción de la competencia entre plantas (menor densidad) y una disminución de los costos de implantación reduciendo la cantidad de semilla y fertilizante aplicado.

Maíz

Para la fertilización de los lotes de maíz se tomaron y se analizaron muestras de suelo en cada ambiente para conocer la disponibilidad N y según el rendimiento esperado para el ambiente, se calculó la dosis a aplicar; con un máximo de 150 y un mínimo de 100 kg./ha. de urea.

Metodología de análisis de campaña

En cada lote se planteó una zona testigo con la densidad de semilla y/o dosis de fertilizante que se hubieran usado con DF.

Para cada ambiente se evaluó la diferencia en el costo de insumos aplicados entre el manejo de DF y la DV utilizada; y posteriormente, con el análisis del mapa de la cosechadora, y utilizando la franja testigo se conoce el aumento o disminución del ingreso por modificación del rendimiento según la tecnología.

La diferencia de ingresos y costos de cada ambiente se pondera por el % que cada uno de estos ambientes ocupan dentro del lote, para obtener el beneficio total (\$/Ha.) en el lote.

Considerando los costos directos que tiene la aplicación de la tecnología de DV (pago diferencial por siembra/fertilización con dosis variable y mapeo de cosecha), obtenemos el beneficio final por reducción de insumos y variación de rendimiento en cada lote.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Soja Campaña 14-15

En esta primer campaña se sembraron 500 ha con DV de semilla y fertilizante. En los ambientes de alto potencial se buscó lograr la densidad de 420.000 pl ha⁻¹ (densidad sembrada con DF en todos los lotes y para todas las variedades); mientras que en los ambientes de medio y bajo potencial se redujo la densidad a 360.000 pl ha⁻¹ y 300.000 pl ha⁻¹ respectivamente; para disminuir la competencia entre plantas.

La prescripción de la dosis de fósforo se realizó considerando la disponibilidad de P en cada ambiente y el rendimiento potencial de los cultivos en los mismos. De esta forma se buscó reducir el costo del uso de fertilizante, sin afectar el rendimiento.

En 6 lotes (390 has.) la disminución en la cantidad de semilla y fertilizante utilizada se tradujo en una reducción de costos en insumos de entre 63 y 206 \$ ha⁻¹.

En estos mismos lotes se obtuvo un aumento de rendimiento de la DV (respecto a la franja testigo con DF) que equivale a un aumento de ingresos de entre 123 y 527 \$ ha⁻¹.

Por lo tanto el beneficio final en estos lotes varió entre 210 \$ ha⁻¹ (24 U\$S ha⁻¹) y 623 \$ ha⁻¹ (71 U\$S ha⁻¹) (Tabla 1).

Tabla 1. Beneficio final por reducción de insumos y variación de rendimiento.

Lote CN9a 57 Ha.				
Ahorro x	Incremento x	Costo Extra	Total	Total
Insumos	Rinde	Laboreos	Beneficio	Beneficio
\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	U\$S/Ha.
125.33	527.31	30.00	622.64	70.75

Lo anterior estaría indicando que la reducción en la dosis de fertilizante no afectó los rendimientos negativamente, mientras que la reducción de la densidad de siembra mejoró la distribución de semillas y redujo la competencia entre plantas, lo que produjo un aumento del rendimiento en los ambientes con limitaciones.

En otros 4 lotes (110 ha), el ahorro de fertilizante con la DV (entre 312 y 370 \$ ha⁻¹) impidió capturar la respuesta a la fertilización expresada en los mayores rendimientos obtenidos en la franja de DF, lo que evidencio una pérdida de entre 113 y 482 \$ ha⁻¹. por menores rendimientos.

Pero, solamente en 2 lotes (31 ha) la pérdida de ingresos por reducción de rendimiento fue superior al ahorro por el menor uso de insumos.

Soja Campaña 15-16

En la campaña 15-16 se sembraron 620 ha con DV y las prescripciones de fertilización y densidad se realizaron siguiendo la metodología de la campaña anterior.

Para esta campaña, la densidad de siembra de soja con DF se redujo en aproximadamente en 100.000 pl ha⁻¹; por lo tanto se consideró esta la densidad óptima para los ambientes de alto potencial y se redujo para los ambientes de medio y bajo potencial.

Tabla 2. Densidades usadas para DF y DV en las campañas 14-15 y 15-16.

Manejo	Dosis Fija		Dosis Variable			Dosis Variable		
	SPS 3900	DM 2200	SPS 3900			DM 2200		
Campaña	Todo el lote	Todo el lote	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
2015/16	300 000	320 000	300 000	240 000	170 000	320 000	260 000	190 000
2014/15	420 000	420 000	420 000	360 000	300 000	420 000	360 000	300 000

En el caso de la decisión de fertilización de los distintos ambientes fue con el mismo razonamiento que en la campaña anterior.

Tabla 3. Dosis de SPT usadas para DF y DV en las campañas 14-15 y 15-16.

Dosis de SPT a la siembra	Dosis Fija			Dosis Variable		
Campaña \ Ambiente	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
2015/16	50	50	50	50-80	40-0	0
2014/15	50	50	50	50-80	40-0	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los lotes de soja sembrados con DV, la reducción de costos en insumos fue de entre 19 y 300 \$ ha⁻¹.

En 4 lotes (230 ha) se obtuvo un aumento de rendimiento de la DV (respecto a la franja testigo) que equivale a un aumento de ingresos de entre 86 y 730 \$ ha⁻¹.

En otros 4 lotes (170 ha), el ahorro en insumos apenas compenso la pérdida por mayores rendimientos obtenidos en la franja de DF; y en el resto de los lotes (220 ha) la pérdida de ingresos por reducción de rendimiento fue superior al ahorro por el menor uso de insumos.

Como puede verse en el siguiente cuadro, los resultados positivos fueron “menores” que en la campaña anterior y aumentó la superficie con resultados negativos.

Tabla 4. Resultados económicos en las campañas 14-15 y 15-16.

Campaña	Has.	Resultados Positivos			Has.	Resultados Negativos			Has.
		Ahorro de Insumos \$/Ha.	Incremento Rinde \$/Ha.	Resultado Final \$/Ha.		Ahorro de Insumos \$/Ha.	Incremento Rinde \$/Ha.	Resultado Final \$/Ha.	
Soja	Sembradas								
2014/15	500	135	315	416 (47 US\$/Ha.)	469	370	-482	-141 (-16 US\$/Ha.)	31
2015/16	620	160	408	421 (28 US\$/Ha.)	400	85	-103	-53 (-3.5 US\$/Ha.)	220

Lo anterior podría explicarse porque se redujo significativamente la densidad de semilla para la siembra con DF (parámetro con el cual se compara la DV) y porque la reducción de densidades en los ambientes de medio y bajo potencial no se vio reflejada en mejores rendimientos debido a que la mala distribución (sembradora a chorrillo air drill) de poca cantidad de semilla dejaba superficie con bajo Índice de Área Foliar (IAF).

Maíz Campaña 2015-2016

En la primer campaña de fertilización con DV de urea en maíz se fertilizaron con esta tecnología 343 has.

Como los resultados de los análisis mostraban que la disponibilidad de nitrógeno en suelo era baja, y que se requería entre 150 y 170 kg./ha. de urea para los rendimientos objetivos planteados; se decidió aplicar la dosis máxima (150 kg./ha.) en los ambientes de alto potencial 130 kg./ha. en los de medio y 80 en los de bajo potencial. Dejando una franja testigo con la DF (150 kg./ha.) y se agregando otra franja con una dosis superior (200 kg./ha.) como testigo de máximo rendimiento.

Analizando los mapas de rendimiento, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. Rendimiento (Tn./ha.) por ambiente y dosis de fertilización en el lote LP8.

Potencial	Dosis Urea	Variable	Media
Alto	150.00	Rendimiento	8.50
Alto	200.00	Rendimiento	9.01
Bajo	80.00	Rendimiento	7.34
Bajo	150.00	Rendimiento	8.21
Bajo	200.00	Rendimiento	8.30
Medio	130.00	Rendimiento	8.01
Medio	150.00	Rendimiento	8.60
Medio	200.00	Rendimiento	8.64

Como se ve en la Tabla 6, en el lote LP8, el ahorro por reducción de insumos en los ambientes de medio y bajo potencial, fue notablemente inferior a la pérdida de ingresos ocasionada por no aplicar la dosis máxima de fertilizante (150 kg ha⁻¹.), dando un resultado final negativo; mientras que lote LP4a el ahorro por reducción de insumos fue mayor a la pérdida de ingresos, lo que genero resultados positivos.

Tabla 6. Resultados económicos en los lotes LP8 y LP4a

Lote Lp8					Lote LP4a				
128 Ha					130 Ha				
Ahorro x Insumos	Incremento x Rinde	Costo Extra Laboreos	Total Beneficio	Total Beneficio	Ahorro Insumos	Incremento Rinde	Costo Extra Laboreos	Total Beneficio	Total Beneficio
\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	US\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	US\$/Ha.
43.8	-261.1	30.0	-247.3	16.7	129.8	-14.5	30.0	85.3	6.6

El análisis del mapa de rendimiento indica que el ahorro de urea en los ambientes de medio y bajo potencial no produjo los beneficios buscados, ya que por haber sido una campaña climáticamente favorable, el cultivo de maíz respondió positivamente a la fertilización, y no se aprovechó esta respuesta a la fertilización en ningún ambiente.

Los máximos rendimientos obtenidos con la franja testigo de 200 kg de urea, reafirman dicho razonamiento y cuestiona a su vez la decisión de aplicar un máximo de 150 kg ha⁻¹ de urea como DF.

En 2 lotes (213 ha) la caída del rendimiento de la DV (respecto a la franja testigo con DF) fue superior al ahorro por reducción de insumos, generando una disminución de ingresos de 250 \$ ha⁻¹ (17 U\$S ha⁻¹)

En otro lote (130 ha), el ahorro en insumos fue superior a la pérdida por mayores rendimientos obtenidos en la franja de DF; logrando un aumento de ingresos de 85 \$/Ha. (5,8 U\$S ha⁻¹).

Maíz Campaña 2016-2017

En esta campaña se fertilizaron con DV de urea 406 ha de maíz; pero a diferencia de la campaña anterior, los análisis de las muestras de suelo indicaban que la disponibilidad de nitrógeno era alta, y que dosis de 100 kg ha⁻¹ de urea sería suficiente para los requerimientos del cultivo en los distintos ambientes.

Por ese motivo se decidió aplicar esta dosis mínima para todos los ambientes y plantear franjas testigo con dosis superiores, para evaluar si esta decisión era correcta.

El análisis de los mapas de rendimiento, con las franjas testigo, indico que la decisión de fertilizar todos los ambientes con 100 kg ha⁻¹ de urea se podría haber mejorado económicamente con una dosis de 150 kg ha⁻¹ en 124 ha del lote CN4a, por lograr un aumento en el rendimiento con escaso gasto extra (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados económicos en el lote CN4a

Lote CN4a 124 Ha.				
Ahorro x Insumos	Incremento x Rinde	Costo Extra Laboreos	Total Beneficio	Total Beneficio
\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	\$/Ha.	U\$S/Ha.
165.0	235.0	50.0	20.0	1.3

Mayores dosis de urea (200 kg ha⁻¹) o menores (80 kg ha⁻¹) en los distintos ambientes, no hubieran producido mejoras económicas respecto a la decisión inicial.

Como en este lote ejemplo, en el resto de las 406 ha aplicadas con DV de urea se podrían haber incrementado los ingresos aplicando dosis de 150 kg ha⁻¹ de urea en los ambientes de alto potencial, por lo que la decisión de aplicar DF redujo entre 20 y 40 \$ ha⁻¹ (1,3 – 2,7 U\$S ha⁻¹) los ingresos posibles de lograr con DV.

Al igual que en la campaña anterior, se podrían haber obtenido mejoras económicas aplicando mayores dosis de urea en los distintos ambientes, lo que nos lleva a replantear la metodología de toma de decisiones a la hora de crear las prescripciones.

CONCLUSIONES

En el caso del cultivo de soja, en la campaña 14-15, la mejora del MB con el uso de la tecnología de DV fue en promedio del 15% en el 94% de la superficie y empeoro un 5% el MB en el 4% de la superficie.

En la campaña 15-16 los casos de mejora de la rentabilidad también promediaron el 15% de aumento del MB pero solo en el 64% de la superficie; mientras que los casos con pérdidas en el MB fueron del 36% de la superficie, con una reducción del 2% del MB.

Para el cultivo de maíz, en la campaña 15-16 la mejora del MB con el uso de la tecnología de DV fue de un 3% en el 38% de la superficie y empeoro en un 9% en el 62% de la superficie; y en la campaña 16-17 se podría haber logrado una mejora en el MB de aproximadamente el 1% con una dosis diferenciada de urea por ambiente, en el 100% de la superficie.

Por lo tanto, en base a la experiencia lograda y a los resultados obtenidos consideramos que “la rentabilidad de la DV cambia en relación con el cultivo y los insumos, sus precios, el costo de la tecnología de DF con respecto a la DV, la distribución espacial de las sub-unidades en el terreno (zonas de manejo), y las magnitudes de las diferencias de rendimiento entre subunidades

(Mendez et al, 2014)”; pero también según las decisiones de manejo (dosis- densidades) que se tomen tanto para la DV como para la DF y de las condiciones climáticas de la campaña.

Más allá de los resultados positivos obtenidos, el uso de la tecnología de DV permitió conocer y valorar económicamente las “consecuencias” de las decisiones de manejo; y también comprender y plantear correcciones ante resultados negativos. Tal es así que para el caso del cultivo de soja se planteó como nuevo objetivo el cambiar a una sembradora con DV pero con placa o neumática para mejorar la distribución de plantas y en el caso de maíz se mejorara la ambientación de los lotes, y se trabajara en mejorar la toma de decisiones de manejo.

BIBLIOGRAFIA

- Bragachini M.; Méndez A.; Scaramuzza F. Agricultura de Precisión y Siembra Variable de insumos en tiempo real mediante el uso de GPS. 2004. Disponible: <<http://www.agriculturadeprecision.org/siembCoseAlma/Sembradora%20IOM%20Inteligente.html>>.
- Dulau, Damian. 2012. Ensayo de densidad de siembra en Soja de primera en distintos ambientes según la profundidad de la tosca. 1º Foro de la Red de Ensayos de Agricultura de Precisión. Disponible en: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/12voCursoAgPrec.asp>
- Méndez A.; Scaramuzza F.; Vélez J.P.; Villarroel D.; Monitoreo de desempeño y retorno de las prácticas de la agricultura de precisión. 2014. Manual de Agricultura de Precisión. 158-174 pgs. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur.