

La otra agricultura de precisión

Ing. Agr. PhD Ricardo Melgar

Desde mediados de los 90 la agricultura ha estado bajo el intenso fuego tecnológico derivado de los avances e innovaciones englobadas genéricamente con el título de agricultura de precisión, que incluye el posicionamiento satelital global como base “hard” de la tecnología. Le sigue a esta una miríada de elementos que han sido más que nada fruto de la innovación de procesos antes que tecnologías puras, como los mapas de rendimientos, los banderilleros satelitales o la aplicación variable de insumos.

Los defensores de esta tecnología, que encabezan los vendedores de los “gadgets” y servicios asociados, abogan por la heterogeneidad del terreno como fundamento sostenedor y justificador. Ahora bien, no puede negarse lo contrario también, muchos campos en nuestra región pampeana, con suelos planos y desarrollados bajo praderas a partir de un único material originario son bastante homogéneos desde el punto de vista de su clasificación taxonómica, con diferencias mínimas o despreciables desde el punto de vista de su impacto en el manejo, incluyendo a la fertilización. Máxime aún cuando estos campos han sido bien manejados, con rotación de pocos cultivos como soja, trigo y maíz o girasol. Puede decirse que en muchísimos casos con razonable precisión, que los campos son uniformes en cuanto al ambiente y no necesitarían dosis diferentes de fertilización dentro del mismo lote o que merecieran la inversión de equipos para aplicarlos con mayor rentabilidad.

No obstante esa ausencia de necesidad de la aplicación de la llamada “agricultura de precisión” esos mismos campos están con frecuencia sujetos a deficientes operaciones que hacen a la nutrición mineral de los cultivos. Por consecuencia, el potencial

de producción está subestimado y la inversión esta sub-optimizada. Dentro del cúmulo de posibilidades de deficiencias de precisión en el manejo enfatizamos al menos las siguientes situaciones.

- 1) Deficiencias en el muestro de suelos para el diagnóstico de la necesidad de fertilizantes.
- 2) Deficiencias en la aplicación de fertilizantes por fallas en los equipos aplicadores (mala calibración, equipos o mecanismos, defectuosos, desatención del operador en el manejo del implemento, velocidad de trabajo, traslape)
- 3) deficiencias en la aplicación de otros insumos que interactúan con el aprovechamiento óptimo de los fertilizantes aplicados, densidad de siembra, profundidad de siembra, chanchos en la aplicación de herbicida, deficiente control de malezas. No entramos siquiera en la consideración de la falta de precisión o fallas en la cosecha.

Deficiencias en el muestreo de suelos y diagnóstico de la fertilización fosfatada

Sin maximizar la importancia de la homogeneidad o heterogeneidad del terreno, dado que estamos asumiendo su homogeneidad como fruto de la génesis y del manejo del suelo, es lógico que la siembra y fertilización del cultivo anterior, normalmente en bandas, haya dejado franjas de mayor fertilidad fosfatada en el terreno, alternando con otras de menor concentración de P. Un muestreo de suelos adonde no se contemple una adecuada multiplicación de los piques o submuestras, sea con pala o muestreador tubular, invariablemente acarrea el riesgo de subestimar o sobreestimar el “verdadero” valor de disponibilidad de fósforo.

Simplemente con sacar más o menos submuestras del área de aplicación del fertilizante en el cultivo anterior que las necesarias para asegurar una óptima aleatorización, resultará en una muestra de suelos con mayor o menor valor de P-Bray que el verdadero. Sobreestimar el valor de P Bray conducirá a una recomendación de aplicación de fósforo menor que la necesaria y viceversa, subestimar esa concentración de P en el suelo resultará eventualmente en un derroche de fertilizante basada en una recomendación más generosa. Recordemos que una muestra de uno o dos kg de suelo es lo que se toma como base para generar una recomendación de varios millones de toneladas de suelo de un lote que tiene en algunos casos cientos de hectáreas. Deficiencias en la aplicación de fertilizantes por maquinaria sin calibrar.

La aplicación de fertilizantes implica una operación que conlleva muchos miles de dólares en un campo considerando las dosis y los costos actuales de estos insumos. Fallas en la aplicación a veces son fáciles de ver. Muchas veces se asigna un determinado número de bolsas o toneladas a un lote, y luego de comenzar la operación, a medio terminar o peor aun una vez finalizada, se descubre que faltaron bolsas o que sobró producto. Sencillamente porque la maquinaria no estaba calibrada correctamente y lo que se había estimado que la máquina y sus mecanismos arrojaran digamos 120 kg/ha estuvo arrojando 127, lo que en 100 ha la diferencia de stock se transforma en 700 kg.

Las deficiencias en la calibración ocurren por muy distintas causas, desgaste de las partes móviles, sensibilidad del mecanismo ante el peso de las tolvas completas o vacías. En el caso de las fertilizadoras centrífugas el origen de las fallas de calibración proviene de desgastes del o los ejes, deflatores con ángulo inapropiado, etc. Temas que escapan al objetivo del artículo, pero que implica una falta de precisión a todo el lote: Es decir, se planificó aplicar una cantidad determinada y esta cantidad no se aplicó. Aún cuando se advierta el error, y se corrija

en parte de la parcela, ésta tendrá una dosis que no fue la que se pensaba.

Una dosis determinada que surge de una recomendación implica que esta es, o está cerca de la que implica el máximo retorno económico, vale decir, una dosis mayor probablemente arroje rendimientos mayores pero el margen adicional por sobre el óptimo sería insuficiente para compensar el gasto adicional en fertilizantes. Por el contrario, una dosis menor a la recomendada, es decir a la supuestamente óptima, no resultaría en los rendimientos más altos, y por ello en retornos económicos menores a los que podrían lograrse.

Así como la realidad es que el lote no es homogéneo y por lo tanto recomendar como optima una dosis podrá resultar en que partes del campo reciban la dosis inferior a la “realmente” optima y otras superior, también es cierto que una maquina mal regulada arrojará cantidades menores o mayores a las que lograrían el máximo retorno económico.

Gran parte de la aplicación de nitrógeno a los cultivos es en forma de urea y la mayoría de las veces se realiza con distribuidoras centrífugas de discos. Estas máquinas circulan por el cultivo a lo largo de corredores preestablecidos y confían en un traslape o patrón de superposición adecuado de cada corrida como para obtener una distribución uniforme. La operación necesaria para dar un buen patrón de distribución a alta velocidad de trabajo y un generoso ancho de labor, requiere la atención del operador, la confiabilidad de un adecuado mantenimiento de la máquina y una precisa calibración a campo.

Así también, se reconoce que además la calidad de flujo del material a través de los mecanismos de distribución es muy importante para lograr la dosis correcta de aplicación. Se requiere una calibración específica para combinar la sensibilidad de los mecanismos con el material a ser distribuido. Un patrón uniforme de distribución ante las variaciones en el flujo sobre los mecanismos de distribución

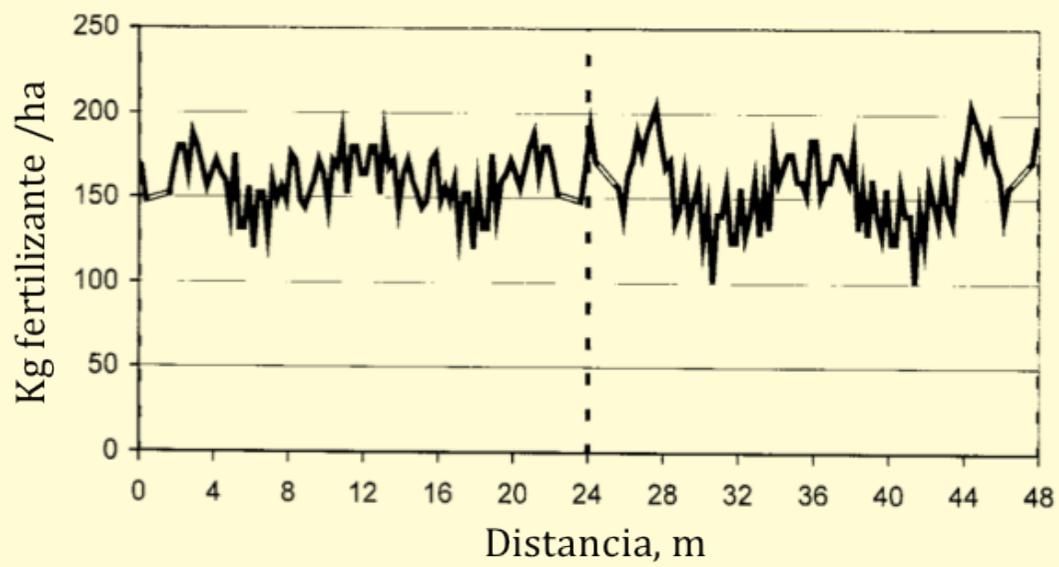


Figura 1. Patrón de distribución de traslape medido de un distribuidor de disco doble operando a un ancho de labor de 24 m bajo típicas condiciones de campo. Distribución satisfactoria.

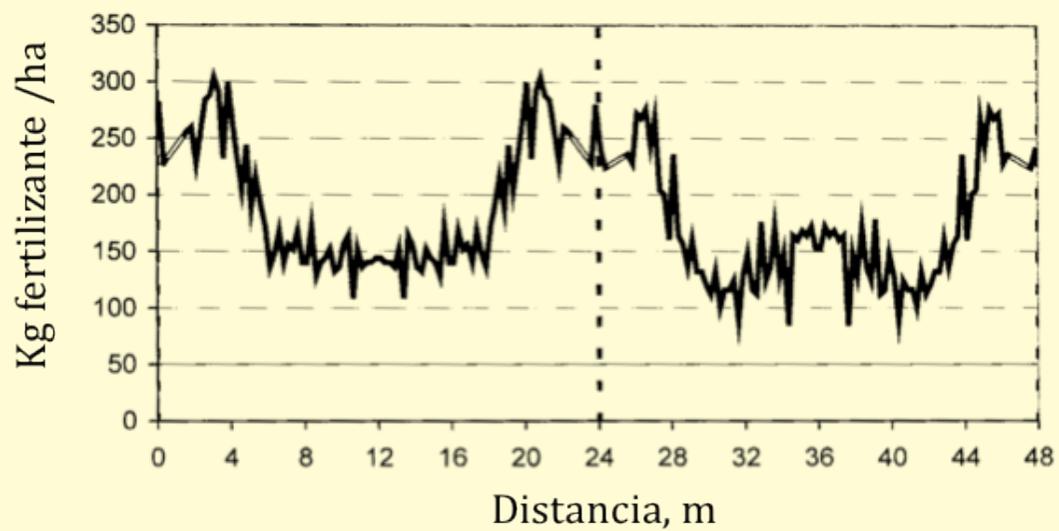


Figura 2. Patrón de distribución de traslape medido de un distribuidor de disco doble operando a un ancho de labor de 24 m bajo típicas condiciones de campo. Distribución deficiente.

también influirá en la uniformidad de la aplicación realizada.

Esta fuente de desventajas o pérdidas de eficiencia, han sido estudiadas considerando la variación normal y se ha intentado cuantificar estas pérdidas económicas asociadas a una pobre performance en la distribución de fertilizantes usando curvas de respuesta al N, para calcular el rinde asociado con las dosis de N entregadas en la aplicación.

La misma estrategia, para generar patrones de distribución puede ser reproducida con la salvedad que hacer estos análisis específicos para un conjunto de condiciones agronómicas y económicas depende de cada combinación de cultivo y factores de producción que lo afectan como el clima.

Las figuras 1 y 2 muestran un típico ejemplo de patrones de distribución medidos bajo condiciones de campo. La figura 1 es lo que puede ser visto como patrón satisfactorio cuando se distribuye a 24 m con escasas señales de errores sistemáticos, y un coeficiente de variación de 11.9 % derivado de pequeñas variaciones. La figura 2 muestra un patrón donde la forma sin traslape no es lo suficiente ancha para dar un patrón uniforme cuando se traslapa y la región por detrás del camino del distribuidor ha recibido una dosis más alta de aplicación comparada con el área en el medio entre las pasadas (menor de 150 kg/ha. Esta forma de patrón de distribución tiene un alto coeficiente de variación (30.8 % en este caso) y es muy probable que muestre un franqueo visible a campo en el cultivo.

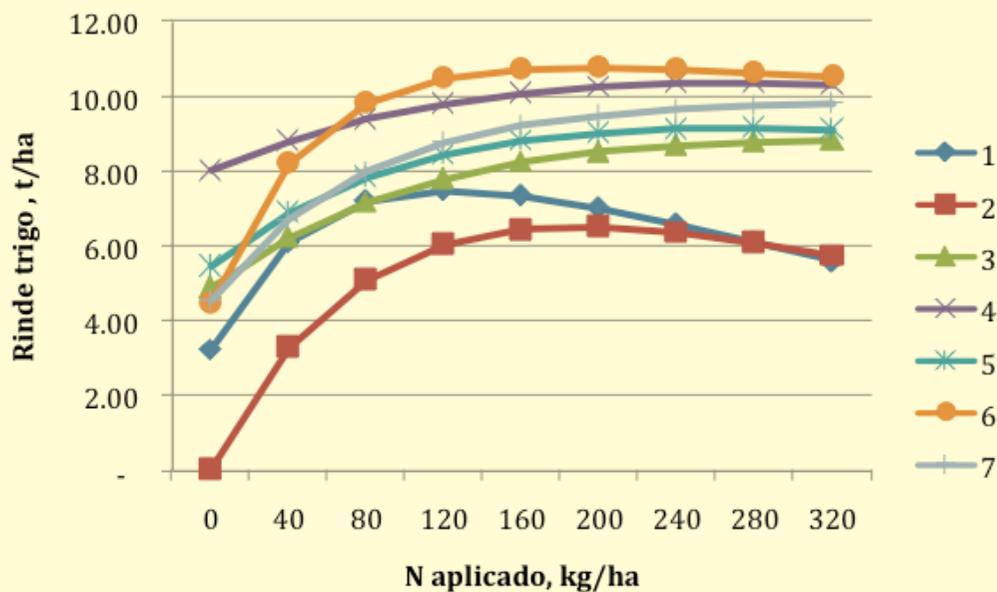


Figura 3. Características de las respuestas al nitrógeno para trigo de invierno de un rango de fuentes que han sido usadas para predecir las pérdidas debido a deficientes sistemas de distribución al voleo.

Pérdidas económicas debido a la falta de uniformidad de la distribución de fertilizantes

La figura 3 muestra un rango de funciones de respuesta que se obtuvieron en ensayos de campo y la tabla 2 da las pérdidas económicas cuando se comparan aplicaciones menos uniformes con una aplicación uniforme a campo, basadas en estas funciones de respuesta. Obsérvese que las diferentes funciones de respuesta tienen asociadas distintas dosis óptimas de aplicación de N y por lo tanto los resultados de la tabla 2 muestran que para distribuciones medidas bajo idénticas condiciones de análisis, una creciente menor performance desde un coeficiente de variación de 6.1% a 11.9 % podría incurrir en una penalidad de rinde entre 3.3 y 7.9 \$ /ha y con un coeficiente de variación aún mayor, de 14.7 % las pérdidas económicas podrían ser entre 6.4 y 16.6/ha. El trabajo fue tomado Miller et al .

Conclusiones

Muchas de las tecnologías agronómicas que han llevado al aumento sostenido de los rendimientos en las agriculturas más avanzadas del mundo son de procesos. No se desprecia el resultado de mayores rindes por avance tecnológico de la nueva genética, la nutrición mayor es más que nada una respuesta al mayor potencial de rindes: a mayor rinde mayor necesidad de nutrientes para sostenerlos; es decir es una consecuencia no una causa de mayores rindes.

Los avances en la aplicación de tecnologías de insumos requieren invariablemente de su acompañamiento de las de procesos. Las normas ISO en vigencia en las principales empresas del mundo tienen que ver con el detallado seguimiento de normas de procedimientos que resultan en la excelencia de los productos o los servicios generados por las empresas que lo aplican.

Tabla 2. Pérdidas económicas derivadas de la mala distribución de urea en trigo. Miller et al¹.

Curva Respuesta	Distri. uniforme		Distri. media		Distri. desuniforme	
	Dosis optima	CV:6.2%	CV:11.9%	CV:14.7%		
	kg N/ha	\$/ha	Margen	Perdida	Margen	Perdida
1	100	\$ 737	\$ 730	\$ 7.2	\$ 723	\$ 13.7
2	160	\$ 596	\$ 588	\$ 7.9	\$ 580	\$ 16.6
3	200	\$ 800	\$ 995	\$ 4.9	\$ 790	\$ 9.7
4	160	\$ 1,019	\$ 1,016	\$ 3.3	\$ 1,013	\$ 6.4
5	180	\$ 851	\$ 846	\$ 4.9	\$ 841	\$ 9.4
6	140	\$ 1,057	\$ 1,050	\$ 6.9	\$ 1,043	\$ 13.7
7	190	\$ 905	\$ 900	\$ 5.2	\$ 895	\$ 10.4
Media		\$ 852	\$ 846	\$ 5.8	\$ 841	\$ 11.4

En la empresa agrícola de producción de granos, la detallada aplicación de la tecnología de muestreo de análisis de suelos, la generación de recomendaciones de nutrición, la selección de un programa de fertilización que implica la selección de fuentes, dosis momento y forma de aplicación, y finalmente la ejecución de las operaciones con la precisión exigida es la clave de la eficiencia de los procesos.

Fallas en el origen (muestreo de suelos), como a lo largo de todo el proceso y sobre todo en el final, con la aplicación desuniforme de fertilizantes resultara en pérdidas económicas. De nada vale la más preciso seguimiento de los pasos anteriores si las máquinas distribuidoras están mal reguladas. Estas pérdidas probablemente ocurran a niveles sustanciales antes que los efectos sobre el cultivo puedan observarse visualmente.

Se realizó una evaluación para tomar en cuenta los sistemas de recolección de muestras de distribución:

1) En un laboratorio “ad hoc”, especialmente diseñado para una rápida recolección de la muestra y procesamiento de los datos con sistemas de cómputo on-line.

2) En sistemas más grandes montados en el suelo, especificados por la norma ISO 5690: “Equipos para distribución de fertilizantes. Métodos de análisis”, que especifica las dimensiones de las bandejas de muestreo y da dos posibles opciones. 0.25 m de ancho y 1 m de largo o de 0.5 m x 0,5m.

3) Bajo condiciones de campo adonde las bandejas de muestreo son dejadas en el suelo y donde el control de las condiciones de aplicación es limitado pero más representativo de las condiciones de campo.

Los resultados se muestran en la tabla 1 a continuación.

Sistema de evaluación	Distribuidora 1 disco	Distribuidora 1 disco	Distribuidora com desparramador oscilante
CV %			
Sistema automático	10.0	9.5	9.3
Arreglo bandejas en suelo	13.8	16.3	10.0
Ensayo de campo	25.1	30.8	12.0

Tabla 1. Evaluación de la variación de distribución de fertilizantes por máquinas centrifugas de uno y dos discos y una tercera con desparramador oscilante y tres métodos de evaluación.