



Proyecto

Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas

tecnología en permanente expansión

Las acciones que INTA viene realizando desde mediados de los 90, en relación a la Agricultura de Precisión, han sido abordadas por un proyecto institucional que tiene como finalidad integrar a todos los actores relacionados a la temática en torno a una Red de Agricultura de Precisión. La constitución de la red de intercambio potencia el crecimiento integral de adopción de la Agricultura de Precisión, permitiendo este ámbito ser un espacio de desarrollo coordinado de la demanda hacia el sector de fabricación y venta de máquinas y agro componentes precisos, mejorando la competitividad global de la industria de Maquinaria Agrícola de alta complejidad Argentina.

El proyecto institucional que tiene como finalidad integrar a todos los actores relacionados a la temática en torno a una Red de Agricultura de Precisión. La constitución de la red de intercambio potencia el crecimiento integral de adopción de la Agricultura de Precisión, permitiendo este ámbito ser un espacio de desarrollo coordinado de la demanda hacia el sector de fabricación y venta de máquinas y agro componentes precisos, mejorando la competitividad global de la industria de Maquinaria Agrícola de alta complejidad Argentina.

También, se plantea como objetivo generar conocimientos agronómicos para el manejo de los factores de la producción y los insumos involucrados en ésta, teniendo en cuenta la información espacial y temporal disponible y la variabilidad de los ambientes, lo cual permite optimizar el manejo.

Otros aspectos impulsados desde la generación y uso de prácticas de AP, y de la disponibilidad de gran cantidad de información georreferenciada, será facilitar la **trazabilidad de los procesos y productos en la producción agropecuaria**, dando posibilidad a la **gestión de precisión**.

En un sentido más amplio, la AP nos permite administrar los insumos en el tiempo y en el espacio, optimizar la logística de las operaciones a

campo, supervisar el trabajo de los operarios, lograr buenas prácticas, manejar los riesgos de la producción, segregación de productos diferenciados, proveer trazabilidad a los productos para consumo humano y documentar los insumos utilizados para cumplir con normas de protección ambiental.



Figura 1.

En síntesis, la red liderada por INTA pretende transformar a la AP en una herramienta de utilidad práctica que beneficie la producción, productividad y competitividad de la cadena de agroalimentos de Argentina y que se logre con sustentabilidad social y ambiental.

Este propósito pone en evidencia la importancia de intensificar la labor de "extensión" del proyecto Agricultura de Precisión (AP), el cual ha renovado sus dos Proyectos Específicos para los próximos tres años, mirando a Junio del 2014.

Proyecto "Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas"; **Unidad Ejecutora:** EEA Manfredi, provincia de Córdoba; **Coordinador:** Ing. Agr. M.Sc. Mario Bragachini



Figura 2.

Proyecto: "Desarrollo y aplicación de máquinas y agrocomponentes precisos"; **Unidad Ejecutora:** INTA EEA Manfredi, provincia de Córdoba; **Coordinador:** Ing. Agr. Andrés Méndez

Proyecto: "Desarrollo y aplicación de metodologías de agricultura de precisión para el manejo de cultivos"; **Unidad Ejecutora:** INTA EEA Paraná, provincia de Entre Ríos; **Coordinador:** Ing. Agr. M.Sc. Ricardo Melchiori

AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Una herramienta tecnológica en permanente expansión

Las acciones desde INTA en AP, pueden ponerse en relación con la evolución de la adopción de esta temática, tomando como indicador la venta de equipamientos. Las ventas se incrementaron de manera muy marcada (Cuadro 1) y este crecimiento marca la evolución y adopción de cada una de estas herramientas por el productor argentino.

La balanza comercial se debe nivelar mediante el crecimiento de las exportaciones, y para ello la Red Agricultura de Precisión es, fue y será estratégica; el mundo hoy compra máquinas automatizadas, sensorizadas (inteligentes), capaces de facilitar el manejo de cultivos e insumos por ambientes. Las máquinas competitivas tendrán mucha electrónica e informática introducida en su manejo automatizado, tendrán muchas prestaciones y eso incidirá en un 15 a 25% del costo total de la maquinaria; esto implica asociativismo industrial, integración empresarial y visión global de las necesidades.

La agricultura de precisión y la tecnología de gestión de manejo por zonas, han mejorado mucho en los últimos 15 años. La mayoría de los agricultores y la agroindustria tienen, de una

manera u otra, adaptadas al menos algunas de las tecnologías de agricultura de precisión. Un panorama general lo muestra el cuadro n°1, el cual fue generado con datos brindados por las empresas proveedoras de estas herramientas.

Algunos han buscado activamente y lo incorporaron a sus sistemas de gestión, otros han sido más pasivos, pero a medida que la tecnología se ha convertido en una parte del procedimiento de operación estándar, se ha convertido en una práctica común, como es el caso del banderillero satelital en pulverizadoras, el cual comenzó a instalarse en las pulverizadoras que estaban trabajando y actualmente ya salen de fábrica con la máquina. En este caso la adopción fue lineal debido a sus ventajas directas al reemplazar el trabajo insalubre y rudimentario de los banderilleros humanos y al permitir el trabajo nocturno. Esta tecnología se encuentra instalada en el 95% de las pulverizadoras (Gráfico 3 Pág.5) . Actualmente el desarrollo y fabricación por parte de la industria Argentina cubre en un 30% (Gráfico 2 Pág.4) de los 13270 banderillos que existen trabajando (Gráfico 1 Pág. 4)

Cuadro n° 1: Evolución en la Adopción de Herramientas de Agricultura de Precisión

	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2010	2011
Monitores de rendimiento	50	300	560	850	1600	3600	6200	7450	8415
Dosis Variable en sembradoras y fertilizadoras (sólidos)	3	5	10	25	80	700	1400	1804	2079
Dosis Variable Fertilizadora (líquido)	0	0	0	0	50	215	450	600	750
Monitores de siembra	400	700	1300	1800	3000	6500	9500	12560	15105
Banderillero Satelital en aviones	35	100	200	300	480	680	700	800	900
Banderillero Satelital en pulverizadoras	0	70	400	2000	4000	7500	10500	12298	13270
Guía Automática	0	0	0	0	25	190	650	1150	2710
Sensores de N en tiempo real	0	2	4	6	7	15	22	27	30
Sensores de Conductividad Eléctrica	0	0	0	0	0	4	6	6	10
Cortes Por Sección Pulverizadoras y Sembradoras	0	0	0	0	0	0	300	650	1091

Fuente INTA Manfredi – Diciembre 2011



Figura 3: Monitor de rendimiento nacional Plantium.

También es creciente la cantidad de sembradoras cuyas funciones son monitoreadas mediante Controladores de Siembra. Estos equipos informan sobre la dosificación de semilla y fertilizante, también permiten conocer valores entre los que se destacan la velocidad de avance, la capacidad de trabajo, la densidad de siembra. También detectan anomalías en la entrega de semillas, dosificaciones menores o mayores al objetivo, o cuerpos obturados que no entregan semillas. Estas ventajas directas sobre la performance de la maquinaria y del operario hizo que la adopción sea inobjetable llegando al 2011 con 15105 monitores en el campo trabajando (Gráfico 1 Pag.4), siendo la participación de la industria nacional de un 100% (Gráfico 2 Pág.4) tanto en el desarrollo como en la fabricación. La superficie potencial de cobertura con esta tecnología es del 71% de la superficie cultivable (Gráfico 3 Pág.5).



Figura 4: Monitor de siembra nacional.

Lo que sigue en importancia en cuanto a la adopción es el monitor de rendimiento en cosechadoras que mide el rinde del cultivo y que combinados con un GPS permiten elaborar un mapa de rendimiento de cada lote, en tiempo real, en lugar de la habitual cifra promedio por hectárea. La evolución ha sido destacable tanto en su conformación y prestación como en su adopción, valiendo la pena destacar la importante participación en el desarrollo y fabricación de la industria argentina. Actualmente existen en el campo unos 8415 monitores de rendimiento con mapeo

(Gráfico 1 Pág.4), de los cuales el 30% fueron desarrollados y fabricados en Argentina por diferentes marcas (Gráfico 2 Pág.4), llegando a equiparar en calidad y prestaciones a las grandes marcas importadas. Actualmente esa cantidad de equipos alcanzaría para monitorear el rendimiento en el 66% de la superficie cultivable del país (Gráfico 3 Pág.5).

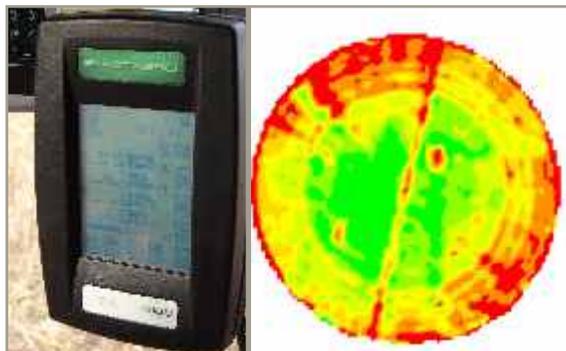


Figura 5: Monitor de rendimiento nacional IGB.



Figura 6: Monitor de rendimiento nacional Sensor

La mejora de la tecnología de GPS y la reducción de los precios ha ayudado a hacer la guía automática una realidad para muchas aplicaciones de campo. El Piloto Automático, de la misma forma que el Banderillero Satelital, tiene significativo impacto en la productividad de la maquinaria y del operario ya que guía al implemento de manera automática sobre una trayectoria de trabajo predeterminada, a través del accionamiento automático del sistema de dirección. Actualmente la tendencia de esta tecnología es automatizar completamente a la maquinaria hasta llegar a un equipo totalmente automática, de lo cual ya hay antecedentes. Actualmente en Argentina la adopción va en incremento siendo el precio insignificante si se toman en cuenta los beneficios que esta tecnología ofrece. En Argentina la cantidad de equipos en funcionamiento es de 2800 (Gráfico 1 Pág.4) unidades. Los fabricantes argentinos han desarrollado esta compleja tecnología y actualmente se encuentra en plena comercialización cubriendo el 10% de la demanda nacional (Gráfico 2 Pág.4). En cuanto a la aplicación variable de

Gráfico 1: Evolución de la Adopción de Herramientas de Agricultura de Precisión en Unidades Acumuladas.

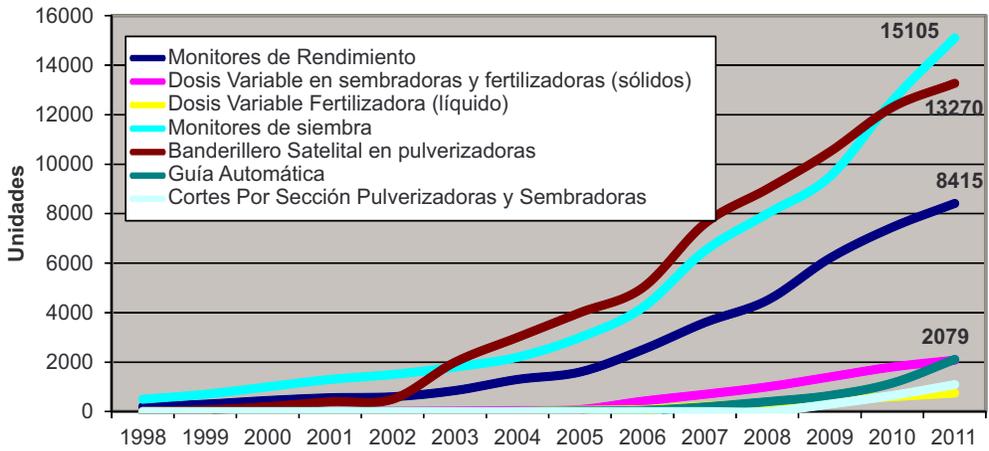
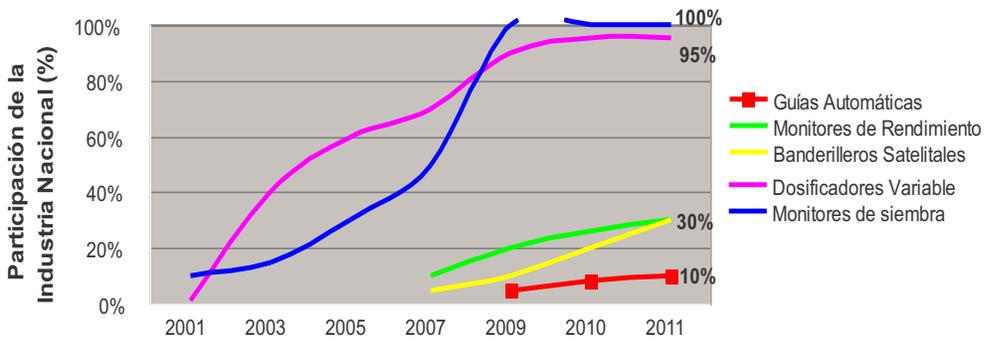


Gráfico 2: Participación de la Industria Argentina en el Desarrollo y Fabricación de Herramientas de Agricultura de Precisión.



insumos, desde 1997, fecha en la cual se utilizó por primera vez en Argentina, hasta hoy, INTA ha testeado la aplicación de esta tecnología obteniendo muchos beneficios de índole económico. Hoy con el elevado precio de los fertilizantes y la gran competencia por la tierra es una herramienta cada vez más adoptada incrementando la eficiencia en el uso de insumos y una buena alternativa de crecimiento vertical. La cantidad de equipos aumenta año a año terminando el período 2011 con una cantidad de 2710 (Gráfico 1) sistemas de dosificación variable ya sea del tipo hidráulico, mecánico o eléctrico. Esto está todavía en las primeras etapas de la adopción, pero promete convertirse en una práctica común en el futuro cercano, en la medida de que el conoci-

miento, la práctica y la tecnología evolucione.

Existen otras herramientas que a medida que la evolución en el conocimiento y la tecnolo-



Figura 8

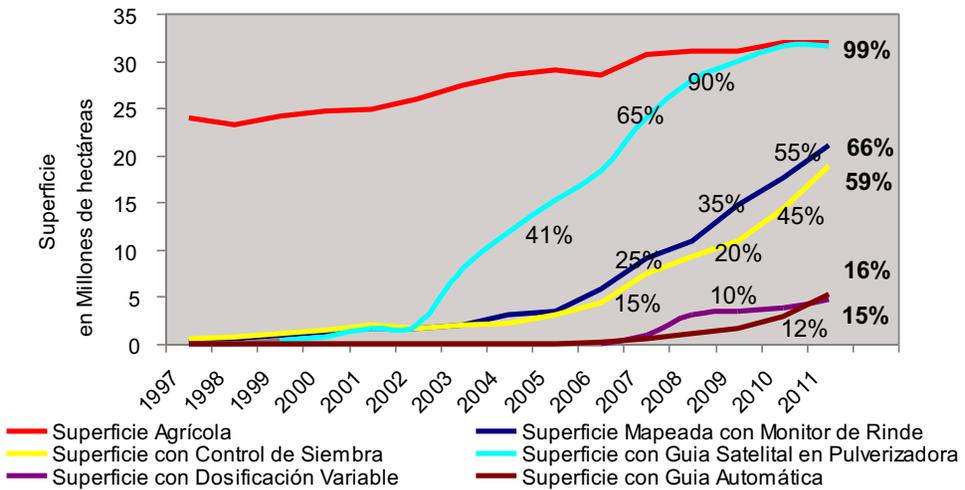


Figura 9



Figura 7

Gráfico 3: Evolución de la Superficie Agrícola y Porcentaje Afectada con Diferentes Herramientas de Agricultura de Precisión



gía lo van permitiendo se van haciendo cada vez más protagonistas en la toma de decisiones, tales como las herramientas que sirven para realizar diagnósticos como la rastra de conductividad eléctrica, la cual mapea la variabilidad del suelo, las fotografías aéreas y satelitales, los sensores en tiempo real que mapean la condición en la que se encuentra el cultivo como los sensores de índice verde. Todas estas herramientas en menor o en mayor medida se encuentran en forma comercial, usadas por empresas prestadoras de servicios para la caracterización de lotes. La información general se puede utilizar como mapa base en la realiza-

ción de un muestreo dirigido por zonas de manejo y con los datos analíticos que arroja el laboratorio se caracteriza cada zona, atribuyéndole las propiedades físico químicas que luego sirven como apoyo para la toma de decisiones en el manejo de los insumos.

Monitor de proteína, aceite y humedad: Facilita la información acerca de la calidad para la segregación de los granos en silos separados según el porcentaje de proteína que posea, lo cual, mejoraría las condiciones de comercialización para los productores y para la industria.



Figura 10: Rastra Veris



Figura 12: Imágen satelital



Figura 11: Green seeker

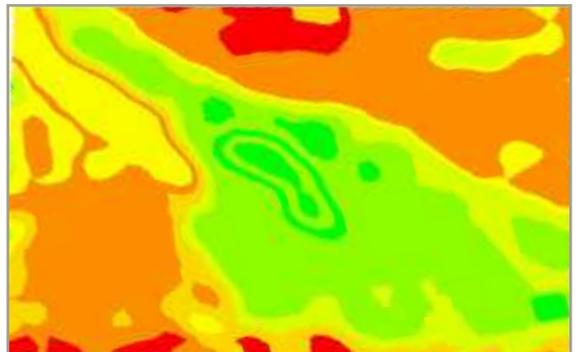


Figura 13: lote dividido por ambientes



Figura 14: Sensor de proteínas

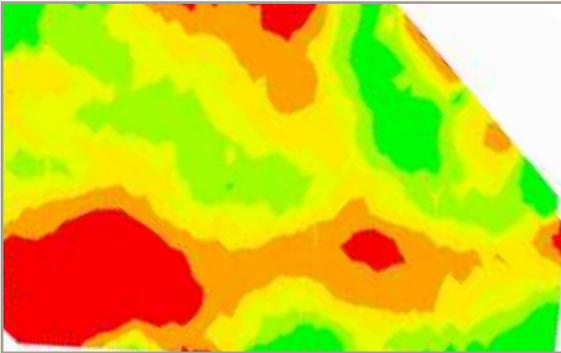


Figura 15: mapa de proteínas

Con respecto a las novedades en **comunicación, Internet y Telefonía celular** tienen un rol importante en la Agricultura de Precisión. Estas tecnologías eran novedad hace 15 años atrás, pero ahora la mayoría de nosotros no puede recordar cómo era la vida antes de la comunicación instantánea en todo el mundo y el acceso inmediato a una increíble riqueza de información. Hoy no solo es posible visualizar qué está pasando en nuestro campo, sino que también podemos comandar a los equipos a través de Internet y del teléfono. Con un simple mensajito de texto podemos por ejemplo, activar un equipo de riego, podemos tener acceso a los mapas de rinde, a los mapas de aplicación y siembra en tiempo real a través de Internet, a través de cámaras podemos ver lo que pasa en el establecimiento en cualquier momento y en cualquier parte del mundo. Pero tenemos que mantener los ojos abiertos, porque la innovación está en una pista mucho más rápida hoy en día. La mayoría de las invenciones y los servicios que guiarán nuestras actividades diarias en 10 años, ni siquiera se piensan en la actualidad.

Otro punto son los **softwares**, con la capacidad de localizar información geográfica y construir una base de datos detallada de los recursos, las actividades del campo, las observaciones, los insumos y la producción. El SIG es la base del manejo por ambiente. La capacidad de

crear registros que definen la variabilidad dentro del campo crea la oportunidad de variar el manejo agronómico para adaptarse mejor a las necesidades del campo. La economía también puede ser refinada a una menor escala para evaluar el impacto en la eficiencia y la rentabilidad en cada lugar del lote.

Los **softwares SIG** han evolucionado notablemente en los últimos 15 años. Los softwares en general han mejorado en el poder y características para un uso más sencillo. Hemos aprendido la manera de integrar las diferentes capas de datos de manera más eficiente. Las bases de datos de recursos, tales como estudios digitales de suelos y la información del clima, han sido desarrollados para ayudar a interpretar la variabilidad de otras capas de datos. La mayoría de los agricultores de punta, sus asesores, los investigadores, han aprendido a utilizar estas herramientas para la toma de decisiones y se percibe en la cada vez mas creciente convocatoria a los cursos que se llevan a cabo cada año en INTA Manfredi, en donde los cupos de los talleres que se realizan para este tipo de capacitación se agotan en pocas semanas a partir de la apertura de la inscripción.

La visión que poseemos del software, es la de que va a ser la única ventana hacia nuestro establecimiento, es decir que a través de él podemos manejar todo y todo lo que esta pasando en el campo lo vamos a poder visualizar desde la PC, integrando la actividad agrícola, ganadera y de producción de leche, se puede medir todo, cualquier factor determinante se puede mensurar y transmitir, desde lo que produce cada vaca cada vez que entra en la ordeñadora, lo que comió, los kg que aumenta el ganado de carne, la temperatura del silo, las condiciones climáticas, etc, etc, se puede medir, transmitir y registrar en tiempo real, y la evolución del automatismo va a permitir comandar todo el establecimiento a través de la PC.

La tecnología sigue avanzando y da la impresión de que lo hace más rápido que la agronomía. El INTA en conjunto con las organizaciones agrícolas, empresas privadas y productores tratan de mantener un sólido programa de capacitación y apoyo a quienes se inician en esta tecnología a la vez que va de la mano con la aparición de nuevas tecnologías para realizar investigaciones adaptativas. También colabora con las empresas en el desarrollo y adaptación haciendo de nexo interdisciplinario, es decir, une la electrónica, la mecánica, la tecnología espacial y la agronomía para lograr un producto de alta tecnología que respalde el trabajo en el campo.



Figura 14: Dictado de cursos de software

Criterios básicos para delimitar Zonas de Manejo ¿de qué depende la rentabilidad de la dosis variable?

A simple vista un lote se puede ver como “una tabla” como dicen, pero cuando relevamos con información geográfica con monitor de rendimiento por ejemplo, nos damos cuenta de que existe variabilidad significativa aún cuando a simple vista no se identifican las zonas de mayor o menor rendimiento. En otros casos se tienen lotes que son un desastre, con variabilidad que puede llegar a ser inmanejable, muchas veces son en estos casos en donde a la agricultura de precisión se les saca el máximo beneficio con una de sus herramientas denominada Dosificación Variable permitiendo obtener beneficios tanto económicos como ecológicos, Económico: por ahorro de insumos y/o por aumento de la producción al realizar una mejor distribución de estos sobre el lote, y los beneficios ecológicos, por la disminución de la sobreaplicación de insumos, impidiendo que los excesos no aprovechados por el cultivo contaminen principalmente las reservas de agua.

Todas las experiencias llevadas a cabo por INTA refuerzan la afirmación de que la rentabilidad de la dosificación variable depende de delimitar áreas dentro del lote en donde los aportes extras de insumos aumenten los ingresos en una escala mayor a los costos adicionales que genere dicho aporte y/o, la delimitación de zonas en donde la reducción en la aplicación de insumos disminuya los costos en un escala que es mayor a la reducción potencial de ingresos pro-

ducto un menor rendimiento de grano (Koch, 2004).

Pero la escala del incremento de los ingresos y la reducción de los costos varían en relación con el cultivo, los insumos y sus precios. A modo de ejemplo el maíz es mucho más sensible a la variación de la densidad de siembra y a la dosis de fertilización especialmente a la fertilización nitrogenada que la soja, por lo que la relocalización de insumos hacia las zonas más productivas incrementará en mayor medida los ingresos. Por otro lado mientras mayor sea el costo de los insumos a variar mayor es el impacto sobre los ahorros con implementación de la dosis variable.

Además el costo de la tecnología de dosis fija con respecto a la Dosis Variable también impacta dependiendo esto de la inversión a realizar, cabe destacar que muchas sembradoras ya salen con el sistema de dosificación variable sin modificar en el costo del implemento y el costo más significativo es de muestreo de suelos ya que para una mayor precisión se requiere mayor cantidad de este, siendo el muestreo dirigido una excelente herramienta para incrementar la precisión de los datos arrojados por el laboratorio.

Siguiendo con los resultados que se pueda obtener con la implementación de la dosificación variable, a mayor magnitud de la diferencia de rendimiento entre las diferentes zonas de manejo, mayor posibilidad de aventajar la dosificación uniforme convencional y por lo tanto, mayor facilidad de obtener ganancias con el cambio de manejo y por lo tanto mayor facilidad de amortizar cualquier inversión que conlleve ese cambio. Esto es posible de medir calculando el porcentaje que representa el rendimiento de una zona con respecto al promedio de todo el lote (Figura 17). A modo de ejemplo, en el hipotético caso de que un lote sea totalmente uniforme, no existen zonas diferenciadas, es decir que la variabilidad es del 0%, y en un lote en donde el promedio es de 2000 Kg./ha, una zona que rinde 3000 Kg./ha la variabilidad es de 50%, y si hay una zona de 1000 Kg./ha la variabilidad es de -50%.

Si bien actualmente, la tecnología de la dosificación variable es insipiente y por tal, la cantidad de zonas dentro de un lote está dada por la capacidad de gestión y de práctica lo cual hoy determina un nivel bajo en la cantidad de zona

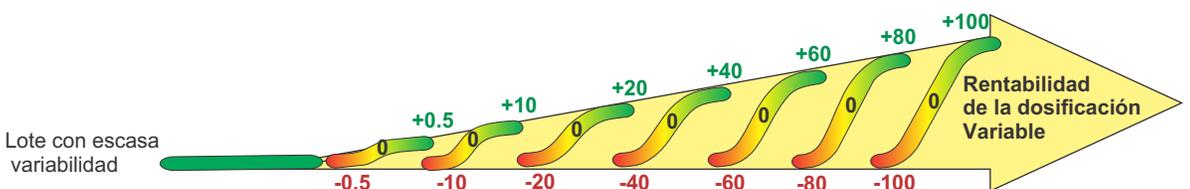


Figura 17: Rentabilidad de la dosificación variable en función del porcentaje de variabilidad del potencial de rendimiento respecto al promedio.

delimitadas, lo cierto es que mientras mas zonas se delimiten, más preciso será la dosificación variable, ya que se delimita una zona y se toma como homogénea, esa misma zona posee variabilidad. Partiendo de un lote con variabilidad la dosificación uniforme determinará que en algunas zonas se produzca sobre aplicación y en otras subaplicación, es decir, que en algunas zonas se aplicará menos de lo que demanda el potencial de rendimiento y en otras zonas se aplicará más de lo que demanda (Figura 18).

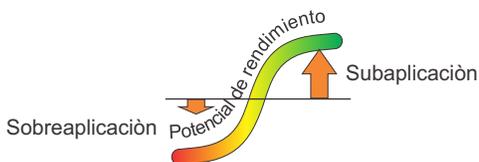


Figura 18: Precisión en la dosificación uniforme convencional en función del potencial de rendimiento

Al aumentar la cantidad de zonas de manejo, hasta el limite de la respuesta de la maquinaria, más ajustada será la curva de dosificación y menor la sobre o subaplicación (Figura 19).

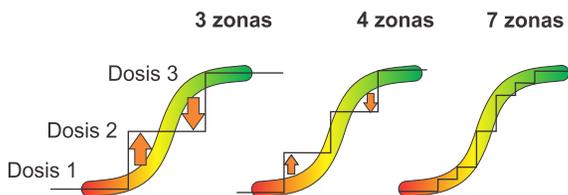


Figura 19: Precisión en la dosificación variable en función del potencial de rendimiento y de la cantidad de zonas delimitadas

También es importante conocer el porcentaje de participación de cada zona ya que puede ser del caso de que la proporción de una zona determinada, ya sea de alto potencial o de bajo potencial de rendimiento, no sea suficiente para justificar la dosificación variable como en el caso 5-95% y 95-5% (Figura 20).

Con respecto al tamaño y distribución de cada Zona de Manejo, para cualquiera de los

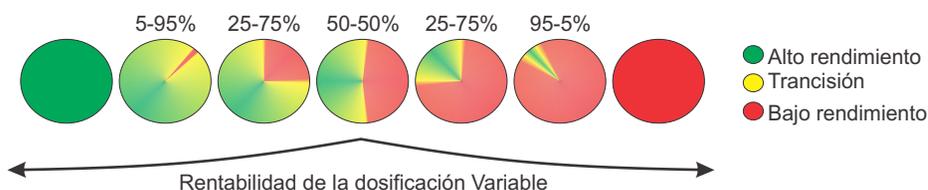


Figura 20: Variación de la rentabilidad en función a las proporciones de zonas de alto potencial de rendimiento y de bajo potencial de rendimiento

casos posibles en cuanto a porcentaje de participación, las zonas se pueden disponer de diferente manera, y de esto depende la dificultad como así también del criterio que se debe tener para la zonificación. Para un caso en que el lote esté repartido en un 25% de la superficie con bajo potencial de rendimiento (color rojo de la figura 5) y el 75 % restante sea de alto potencial de rendimiento (color verde de la figura 21) puede fragmentarse de diferente manera hasta que el manejo variable sea inviable (caso D) debido a la dificultad operativa en zona pequeñas, o por el contrario que por el tamaño y forma no sea necesario disponer de dosificación variable, y que permita delimitar con un alambrado virtual las zonas y que la dosificación se modifique manualmente como puede ser el caso "A".

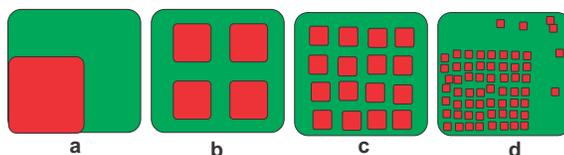


Figura 21: Diferentes escenarios de tamaño y distribución de las zonas de manejo.

En el caso "D" de la figura 21, la presencia de restricciones en el suelo (zonas rojas) ocurre en áreas muy reducidas, quizás, inferiores a las posibilidades prácticas de manejo diferencial, debido a la insuficiente velocidad en el cambio de una dosis a otra por parte del implemento, haciéndose mas crítico en pulverizadoras por la velocidad en la que opera, por ejemplo: una pulverizadora que va a 15 Km/h ó 4.16 m/segundo, si demora 5 segundos en cambiar la dosis necesita 20 metros para pasar de una dosis a otra. Esto hace que se requiera que la caracterización se realice por la frecuencia de ocurrencia de esas restricciones (Figura 22), entonces, se puede optar por tomar la zona con mayor densidad de zona pequeñas como una zona homogénea y manejarlo como un promedio y con respecto a los puntos más aislados, obviarlos realizando una simplificación.



Figura 22: Simplificación de la variabilidad

La rentabilidad sin duda depende de la característica del lote en cuanto a variabilidad tamaño, forma, distribución de las zonas y magnitud de la diferencia de rendimiento entre ellas, cotización de los granos y costo de los insumos. Pero el criterio utilizado para dicha delimitación también determinará la ventaja de la dosis variable sobre la dosificación uniforme convencional, no existe una receta para la definición de zonas de manejo, si no, que depende de la capacidad operativa y ésta a su vez, lo definirá el nivel de conocimiento, la practica y la capacidad de respuesta de la maquinaria.

Se puede obtener buenos resultados aún sin la compra de equipos sofisticado disminuyendo el nivel de complejidad al simplificar la variabilidad con buen criterio agronómico, pero para esto, es necesario realizar un análisis previo utilizando la mayor cantidad de información georreferenciada posible como por ejemplo cartas de suelo, imágenes satelitales, mapas de rendimiento, muestreo de suelo, etc.

A medida de que nuestro conocimiento, nuestra práctica y la tecnología evolucionen, mayor será el grado de dificultad posible de afrontar al realizar la zonificación, pudiendo manejar una mayor cantidad de zonas por lote y de menor tamaño, logrando mayor precisión ajustando cada vez más la aplicación de insumos a la verdadera demanda del lote.

Novedades y tendencias en Agricultura de precisión

En las ediciones anteriores del Farm Progress Show se pudieron ver nuevas tendencias en Agricultura de Precisión.

Varias empresas como Trimble y Heartland, están formando redes RTK cubriendo áreas cada vez más grandes para proveer señal con muy bajo error a los móviles. Algo similar a lo que está ocurriendo en nuestro país.

La información útil en tiempo y forma es lo que marcará la diferencia en el corto plazo en lo que respecta a la mejora en las eficiencias de trabajo y para eso hoy están las plataformas RTK y las nuevas VRS (Estación de Referencia Virtual) y CORS (similar a VRS pero que operan bajo constantes), ambas plataformas asocian datos

de GPS, GPRS, internet entre bases y modem celulares, brindando mayor precisión y transferencia de datos en tiempo real.

Lo más novedoso en todos los stands fue el receptor GPS con posibilidad de recibir satélites GPS y Glonass, brindando con esto mayor seguridad en la calidad y continuidad de la señal satelital recibida. Pero también se pudieron observar algunos aparatos llamados GMS3 con gran número de canales para buscar satélites incluyendo tres señales: GPS, Glonass y Galileo.

En pulverización variable se pudo ver que el tiempo de respuesta a la aplicación ya ha sido mejorado, pasando de los 6 segundos a 1 ó 2 segundos.

Además se mostraron monitores que reciben la señal de 2 GPS (uno para el tractor y otro para la sembradora, por ejemplo, para corregir en zonas donde existe mucha pendiente y donde el implemento se desplaza en diferentes momentos, con respecto al tractor).

Se pudo observar en las sembradoras tanto Kinze como CASE / New Holland, John Deere y empresas como AgLeader, que poseen el corte por cada cuerpo de siembra cada vez que superpone con pasadas anteriores.

Precision Planting es una empresa que desarrolla mejoras y automatismos en los cuerpos de las sembradoras.

Realiza mediciones como densidad de siembra, distanciamiento entre semillas, fallas, duplicaciones, estima rebote de la semilla en el suelo, sensa la presión de las ruedas niveladoras y envían todos estos datos a un celular o a una página web en tiempo real. Además realiza corte surco por surco y dosis variable.

En monitor, en la sembradora, se acumula toda la información que a través de modelos matemáticos de simulación arroja resultado de las mediciones, realizadas por los sensores en tiempo real. Estos resultados serán las mermas económicas por realizar una mala siembra.

El presente y futuro de la maquinaria agrícola de alta complejidad en el país y en el mundo

La Maquinaria Agrícola en Argentina y en el mundo será cada día más asistida por la electrónica, las comunicaciones satelitales GPS, la tele-detección, el desarrollo de hardware y software específicos, los sensores guiados por inteligencia y conocimientos agronómicos aportados por el desarrollo de la ciencia básica y la investigación aplicada de los técnicos.

La Agricultura de Precisión será incluida en los nuevos desarrollos de la mecanización, las máquinas precisas, autoguiadas, que reaccionen en sus regulaciones según el ambiente. La maquinaria con cero tecnología de alta complejidad no tendrá futuro y quienes no sigan el desarrollo de este tipo de avances tecnológicos, en procesos y productos, quedarán fuera del mercado internacional y local de la maquinaria agrícola.

Algunos desarrollos, entre otros, son:

- Máquinas con equipamiento electrónico, con sensores y softwares específicos para mostrar y grabar el funcionamiento y trabajo de una maquinaria. Monitores de siembra, de rendimiento, mapas de siembra, de aplicación de agroquímicos, mapa de rendimiento con posicionamiento satelital, con confección incorporando software GIS capaz de superponer datos en la cabina del operador, entre otras.
- Máquinas con sensores especiales de toma de datos en forma mecánica / electrónica, o de forma remota capaz de conectarse con las regulaciones "en tiempo real" de la máquina y mejorar su eficiencia de trabajo.
- Autonivelación y control automático de altura del cabezal sojero.
- Sensores de índice verde y biomasa activos y pasivos para regular la dosis de nitrógeno en gramíneas.
- Sensores de índice verde en picadoras autopulsadas de forraje para regular "en tiempo real" el largo de picado de maíz.
- Sensores de flujo de material en el embocador en cosechadoras, sensores de potencia consumida, para adecuar automáticamente la velocidad de avance de las cosechadoras al rendimiento del cultivo y al índice de alimentación total de la cosechadora.
- Máquinas guiadas satelitalmente o por sensores en su dirección.
- Cosechadoras con sensores tipo láser, para posicionar la barra de corte con el ancho exacto.
- Máquinas que se autonivelan para trabajar en laderas.
- Máquinas que siguen un orden de funcionamiento recibido a través de una prescripción cargada con coordenadas GPS.
- Máquinas con sensores mecánicos, tipo láser, o bien medidores de biomasa espacial, capaces de guiar una cosechadora o un tractor.
- Georradar para monitoreo de profundidad de tosca y napa.

- Transmisión de datos en tiempo real vía GPRS.

En una visión futurista de la mecanización agrícola, para los próximos 10 años, se puede ver, un crecimiento en la capacidad operativa y de precisión en todas las máquinas. Las máquinas y sus operaciones, estarán conectadas satelitalmente y por señales, con el ordenador de la oficina del técnico; la inteligencia electrónica regulará en tiempo real la máquina y tendrá, mayores y mejores conocimientos agronómicos que las del operario de máquina.

La Máquina Agrícola del Futuro será:

- Más Precisa
- Más Eficiente.
- Más Automatizada.
- Más Sensorizada.
- Más Autoguiada y Autorregulable.
- Más Segura y Ergonómica para el Operario.
- Orientada hacia el crecimiento de la productividad.
- Orientada a preservar la salud y seguridad de los operarios.
- Con mayor inteligencia electrónica.
- Con mayor desarrollo de Comunicación.
- Con transferencia de datos en tiempo real comunicando eventos.
- Capaz de realizar trazabilidad del producto recolectado.
- Y menos complejas en su ejecución.



Figura 23

Resumiendo...

La Agricultura de Precisión en la Argentina necesita para crecer cuantitativamente, de la integración de muchos técnicos in-

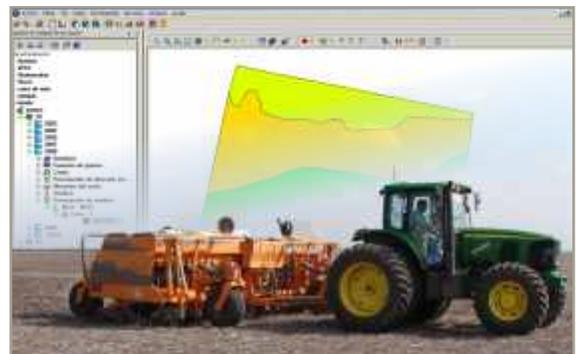


Figura 24

investigadores de diferentes áreas temáticas que sepan aprovecharla eficientemente.

El productor argentino tiene a su disposición el Proyecto Agricultura de Precisión de INTA para buscar información sobre las distintas tecnologías y experiencias evaluadas y también asesores de numerosas empresas del mercado.

Varios son los objetivos que se buscan en la utilización de esta nueva herramienta tecnológica. Entre ellos, realizar dosis variable, mantener un control de gestión de cosecha, control de siembra, evaluación de ensayos, cuantificar diferencias de rendimientos por ambiente, encontrar las respuestas de las dosis para cada insumo y en cada ambiente, seleccionar los mejores híbridos y/o variedades para cada zona de manejo, todo esto con el fin de obtener beneficios agrónomos y económicos.

Los productores, deberían motivarse, adoptar y trabajar alineados a este proyecto, que es de todos, ya que el beneficio de cada uno de ellos obtenido por esta nueva tecnología, influirá en la fase de evaluación de nuestro proyecto.

Argentina posee productores innovadores, emprendedores y comprometidos. La búsqueda de esta información permanente y la capacitación del recurso humano de cada empresa, serán la clave del éxito de la competitividad de la maquinaria agrícola argentina.

El INTA desea acompañar y promover el crecimiento de las agroindustrias, que serán actividades de mayor demanda laboral y en particular, las industrias metalmecánicas dedicadas al agro, aportando los conocimientos técnicos dentro y fuera del país.

Dosificación variable de insumos

Protocolo de trabajo

La variabilidad presente en los campos puede presentarse por diferentes causas, por topografía, por génesis de suelo, por distinto tipo de manejo, entre otras. Y las herramientas que permiten recolectar esa información georreferenciada son mapas de rendimiento, fotografías aéreas, mapas topográficos, imágenes satelitales, carta de suelo, etc. que asociadas con la experiencia del productor o asesor permite definir dentro de un lote, sitios con potencialidad de rendimiento diferentes que tendrán diferente requerimientos de insumos los cuales pueden ser aplicados con Tecnología de Dosificación Variable (VRT).

La VRT posibilita realizar los cambios de dosis y densidades en tiempo real siguiendo prescripciones o recomendaciones que son cargadas previamente en monitores de máquinas equipadas con GPS o en forma manual por medio de un operario conocedor de la variabilidad espacial del lote.

La rentabilidad de la VRT cambia en relación al precio del cultivo y de los insumos, al costo de la tecnología VRT, al tamaño de las zonas de manejo y su porcentaje de variación.

Para una correcta toma de decisión se debe partir de un diagnóstico acertado, para lo cual es necesario seguir una serie de pasos fundamentales.

1. Delimitación de las zonas de manejo (mapas de rendimiento, mapas de conductividad eléctrica, muestreo en grilla de suelo, mapas de profundidad de tosca y napa, carta de suelo, altimetría, fotografías aéreas, imágenes satelitales, etc).
2. Programación del muestro con GPS (en grilla o por zonas)
3. Muestreo de suelo y observación del paisaje.
4. Análisis físico químico de las muestras de suelo.
5. Interpretación de los datos de laboratorio.
6. Recomendaciones de aplicación variable de insumos por zonas.
7. Confección de la prescripción.
8. Mapeo de rendimiento para corroborar si dio resultado la técnica realizada.
9. Una capa más de información para retroalimentar el sistema y ganar experiencia.

Variabilidad Espacial

En un campo con alta variabilidad, existen estrategias para delimitar las zonas de una manera más sencilla. En el ejemplo (Figura 25) la escala de valores, se puede manejar a través de software disminuyendo el número de rangos, de manera de simplificar la zonificación (caso "a" al "c") y si es necesario, se puede realizar la zonificación a mano alzada por medio de algunas herramientas del programa (caso "d").

Variabilidad Interanual

El rendimiento es el resultado final de un juego de interacciones donde intervienen entre otros el genotipo, el suelo, el manejo del cultivo y el clima, este último es predominante especialmente en sistemas productivos de secano, acen tuando aún más la variabilidad interanual; dismi-

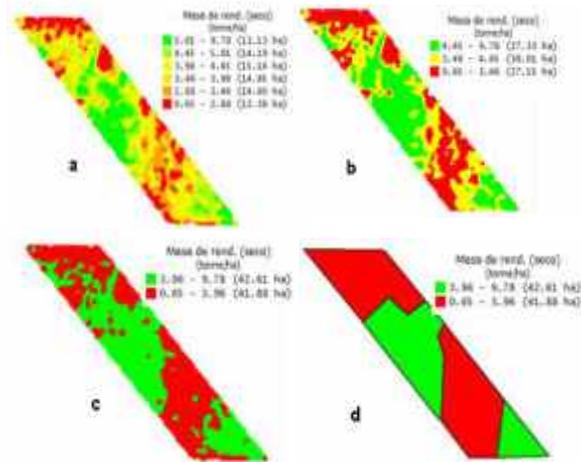


Figura 25: Delimitación de zonas en un campo con alta variabilidad espacial.

nuyendo la posibilidad de previsión en cuanto al rendimiento posible de lograr, variable fundamental a la hora de decidir cuánto fertilizante, especialmente nitrogenado, aplicar en cada zona.

Los mapas de rendimiento correspondientes a diferentes años visualizados en software pueden resultar aparentemente iguales en cuanto a su variabilidad espacial (Figura 26) y resultaría fácil realizar la delimitación de las diferentes zonas, ya que la decisión está respaldada por varios años de cosecha, pero pueden poseer diferencias considerables en cuanto al rendimiento de cada zona y entre años.

Se puede prever el porcentaje de variación de rendimiento entre zonas. Esto se puede utilizar para que, una vez calculada la necesidad de fertilizante para una zona, calcular cuál es la posible necesidad de las demás.

La programación del muestreo de suelo con GPS permite diseñar y seguir un circuito de exploración. Se realiza una vez delimitadas las zonas y utilizando un software GIS y un receptor GPS de mano.

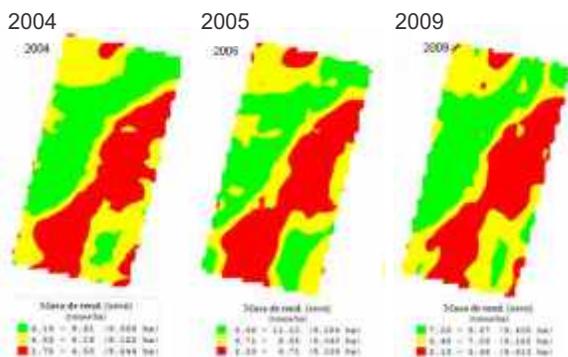


Figura 26: Variabilidad interanual de un lote.

La cantidad de muestreos en cada zona depende de la variabilidad del lote. Sobre cada punto georreferenciado se debe realizar el muestreo compuesto por 10 submuestras (Figura 27)

El análisis de suelos químico en laboratorio, permite establecer necesidades de fertilización y ajustar dosis de aplicación.

Para la interpretación de los datos de laboratorio existen valores de referencia expresados en tablas, donde se diferencian los niveles óptimos de aquellos que no lo son y conjuntamente con el potencial de rendimiento extraído, de los mapas de rendimiento, se realiza la **recomendación de aplicación por zona**.

Los resultados de recomendación de fertilización y siembra por zonas se utilizan para realizar la **prescripción**. Un mapa electrónico georreferenciado que contiene la receta a aplicar en cada zona, y a través de la cual el implemento relaciona su ubicación con la dosis a aplicar y acciona los variadores en forma automática.

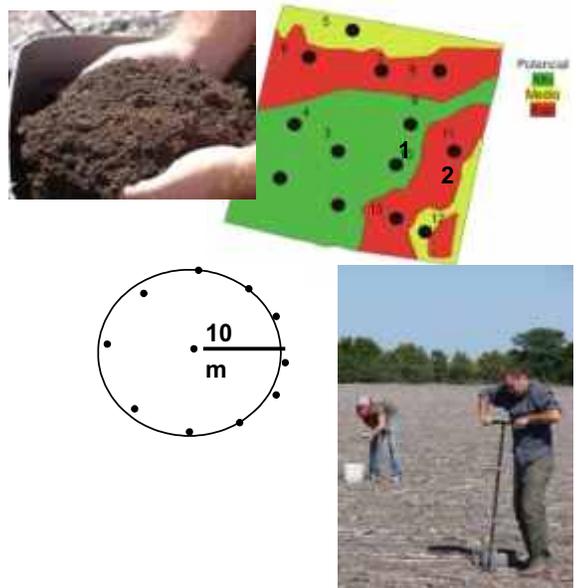


Figura 27: Muestreo de suelo dirigido.

La desventaja de este sistema es la demanda de conocimiento y tiempo que requiere el manejo e interpretación de datos georreferenciados, siendo esta demanda la principal barrera a la adopción de esta tecnología.

Uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) para la generación de mapas de prescripción de malezas

En la actualidad existen sistemas que permiten que las máquinas pulverizadoras puedan aplicar sus productos en forma variable. La inyección directa, la modulación por ancho de pulso, la selección-combinación de picos y los mecanismos tipo bifluído, ya han sido evaluados en varios trabajos del INTA.

Al mismo tiempo, no pueden dejar de mencionarse tampoco, los avances existentes en diferentes sistemas de detección y control automatizado de malezas. En este caso, el Instituto de Ingeniería Rural cuenta con un diseño propio que, actualmente, ha superado la etapa de evaluación

¿Cuál es entonces, el factor que está impidiendo la adopción de los sistemas de dosis variable para la aplicación de agroquímicos?

Principalmente está dado por la dificultad de generar "el mapa de prescripción", es decir el mapa del lote que nos indica dónde no debemos aplicar el agroquímico y dónde sí debemos hacerlo.

Sobre esta base se ha pensado en un vehículo aéreo no tripulado (UAV- Unmanned Aerial Vehicle) como una herramienta rápida y accesible a ser usada en la obtención de imágenes aéreas para su utilización en la confección de estos mapas, como base de prescripción para la aplicación de herbicidas.

No se pretende, al menos por ahora, la identificación de las diferentes especies de malezas, sino, simplemente delimitar las zonas o manchones de enmalezamiento en contraposición contra las zonas libres, a fin de poder hacer las correspondientes aplicaciones en forma localizada.

El Mapa de Prescripción

Se partirá de imágenes aéreas georreferenciadas del lote, tomadas previamente para reflejar el enmalezamiento real presente en el lote (Figura 28 a).

Los aviones no tripulados demuestran ser muy versátiles, dado que en minutos se puede programar un vuelo y obtener imágenes de calidad que permiten generar mosaicos con gran nivel de detalle.

A partir de estas imágenes y mediante el uso de un software GIS, se puede generar un mapa que nos permita delimitar las zonas afectadas por malezas (Figura 28 b).

En primera instancia no es recomendable realizar un mapa del tipo SI-NO, sería prudente aplicar una dosis mínima en los sectores aparentemente libres de malezas, de forma de asegurarnos el tratamiento de las malezas pequeñas que escapan a la cámara.



Figura 28: a) imagen aérea georreferenciada de un lote enmalezado. b) Mapa delimitando zonas afectadas por malezas. c) Mapa de prescripción de pulverización variable.

En los sectores manchoneados se observa que el mapa de prescripción (Figura 28 c) se extiende sobrepasando en gran medida el manchón de malezas y esto se debe a que los sistemas actuales de dosificación variable en pulverización son lentos y requieren varios segundos para reaccionar y efectuar el cambio de dosis preestablecido.

También es importante destacar que la apli-

cación sitio específica de herbicidas es una técnica que poco a poco se está incorporando como una práctica común, fundamentalmente impulsada por los beneficios económicos y ambientales que representa.

Reguladores automáticos de flujo en cosechadoras

La siembra directa, el manejo integrado de plagas y malezas, la elección de materiales genéticos de alto potencial de rendimiento y una labor realizada con maquinaria altamente tecnificada, hicieron posible llegar a los rendimientos obtenidos en la actualidad

No obstante, se observa un nivel de pérdidas que durante las últimas campañas ascienden en promedio país a valores de 120 kg/ha en soja, 214 kg/ha en maíz, 284 kg/ha en sorgo, 100 kg/ha en trigo y 126 kg/ha en cebada, sumado a las pérdidas en postcosecha. Estos valores deben ser disminuidos aumentando la eficiencia del proceso de cosecha. Para ello uno de los parámetros a tener en cuenta es la velocidad en la cosecha, la cual debe ser adecuada a las condiciones cambiantes del cultivo.

Uno de los principales parámetros, de los cuales se dispone al momento de hablar de capacidad de trabajo de una cosechadora, es la cantidad de toneladas por hora de material cosechado que cada máquina tiene capacidad de procesar.

Por más uniforme que se observe el cultivo, a simple vista, existen amplias variabilidades de rendimiento entre sectores dentro del mismo lote y también de estructura y volumen de las plantas. Esto provoca que la máquina si cosecha a velocidad constante en determinadas zonas del lote trabaje por encima del su flujo óptimo y en otras por debajo, generando pérdidas de granos y mal aprovechamiento de la capacidad operativa de la cosechadora (Figura 29).

Para solucionar esta fuente de pérdidas, los modelos actuales de cosechadoras incluyen a los llamados "sistemas automáticos reguladores o controladores de flujo" (sistemas RF).

El principio de funcionamiento de estos sistemas es variar la velocidad de avance de la cosechadora, con el fin de mantener un flujo constante de material que ingresa en la máquina. Este sistema aumenta la productividad y eficiencia de la trilla, pero adquiere mayor importancia en cultivos que representan el ingreso de gran volumen de material dentro de la máquina (trigo, cebada, cervicera, arroz) que a su vez son implantados a menor distanciamiento entre hileras.



Figura 29: Cosechadora trabajando a velocidad constante sin regulador de flujo.

Cuando disminuye el volumen de material, la velocidad de avance de la máquina aumenta, realizando el control inverso cuando este volumen aumenta (Figura 30). En el mercado están el sistema Harvest Smart de John Deere, Cruise Pilot de Claas y la empresa Agco, lo denomina Control de Crucero.

Los sistemas RF deben ser calibrado para cada cultivo y cuando varían las condiciones de trabajo.

El monitor de rendimiento y su papel en el control de flujo

Existe una alternativa para aumentar la eficiencia de cosecha y mantener constante a lo largo del lote el flujo de material que ingresa por el embocador. Consiste en ir regulando la velocidad de la máquina en forma manual en función del flujo (t/h) que va indicando el monitor de rendimiento.

En base a esto, los niveles de pérdida por cola pueden ser disminuidos controlando la velocidad de avance de la cosechadora según el rendimiento registrado por el monitor en cada ambiente dentro de un lote (Bragachini y col., 2007), y de esta forma aumentar la velocidad de avance en las zonas de menor caudal y disminuirla en las de mayor ingreso de material.

Trabajo realizado por los Proyectos Agricultura de Precisión y Precop II, en el cual se tuvo como objetivo analizar el comportamiento y la capacidad de trabajo de la cosechadora Don Roque 125 (Clase 4), equipada con monitor de rendimiento, ante diferentes velocidades de avance, diferentes caudales de cosecha y diferentes condiciones del cultivo.

En este ensayo se presentó una situación de cosecha con tres ambientes bien definidos que a simple vista y a campo pueden diferenciarse, lo cual hizo que la velocidad de avance de la cosechadora debiera ser distinta según los diferentes potenciales de cada zona (ver cuadro 2).

Cuadro 2: Rendimiento, velocidad y caudal.

Potencial	Rendimiento t/ha	Velocidad km/h	Caudal t/h
Alto	6.3	4	17.2
Medio	5.3	4.6	16.6
Bajo	4.5	5.2	16

Aclaración: el ancho real de ingreso de grano teniendo en cuenta de la plataforma fue de 6,8 m.



Figura 30: Mapa de velocidad de cosecha (km/h)

La cosechadora debió disminuir la velocidad en los ambientes de más de 5 t/ha y en las zonas donde el rendimiento era relativamente menor, la velocidad pudo exceder los 4 km/h sin registrar ningún tipo de pérdida (dentro de los parámetros de tolerancia) en lo cosechado. Esto se ve reflejado en la similitud que tienen el mapa de rendimiento y el de flujo de cultivo (Figura 9).

Este equipamiento de velocidad variable y flujo constante es muy útil para cosechar cultivos como trigo, cebada, sorgo granífero, entre otros, pero tiene menos utilidad para el caso de maíz y girasol, y muy poco cuando se

trata de soja, ya que la velocidad de trabajo y las pérdidas están definidas por el cabezal (70% de las pérdidas), y los sensores de RF no actúan sobre el cabezal, sino en la alimentación de trilla, separación y limpieza.

Aplicación de enmiendas de suelo por ambientes.

Criterios a tener en cuenta para el cálculo de la dosis variable.

Un aspecto central de la agricultura por ambientes pasa por determinar la variabilidad existente dentro de los lotes, es importante determinar si la misma es natural o inducida.

La identificación de la variabilidad en los distintos ambientes se ha simplificado debido a la irrupción de los equipos electrónicos que permiten la captura de datos digitales. Pero también debemos de tener en cuenta las imágenes satelitales, las fotografías aéreas, la georreferenciación de cartas, los mapas topográficos que ayudan a explicar la disponibilidad de agua y los mapas de rendimientos de los cultivos.

Una vez identificadas los ambientes es necesario realizar un muestreo de suelos dirigido en cada uno de ellos a los efectos de identificar las variables químicas, físicas y/o biológicas.

En este caso es posible pensar que el manejo sitio específico puede ser utilizado para la corrección de suelos ácidos y halomórficos.

Acidez edáfica

En la región pampeana, el origen de la acidez en los suelos con aptitud agrícola, se debería a la extracción diferencial de los nutrientes -calcio y magnesio de la capa arable-, por los cultivos. Otras causas pueden ser el material de origen, la profundidad del suelo, las precipitaciones, la descomposición de la materia orgánica, la vegetación natural, la remoción de bases a través de la

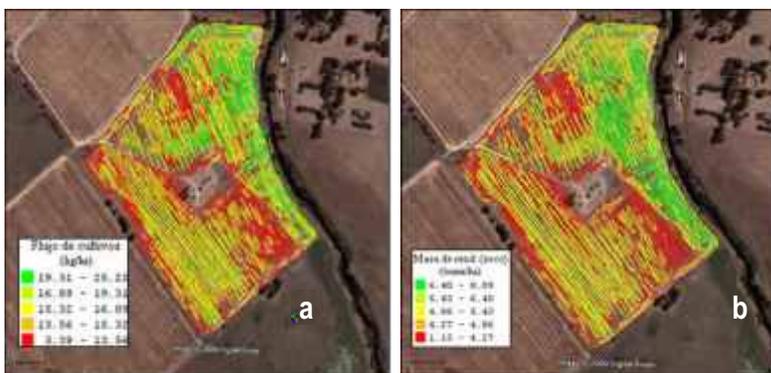


Figura 31: a) Mapa de flujo de cultivo (kg/h). b) Mapa de rendimiento (tn/h).

cosecha, o por el residuo ácido que dejan en el suelo los fertilizantes nitrogenados (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Diagnóstico: Debe realizarse teniendo en cuenta todas aquellas variables que inciden directamente sobre la acidez edáfica. Para ello se debe comenzar a identificar en el análisis de suelo los siguientes aspectos:

- Capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC).
- Porcentaje de saturación de bases.
- Porcentaje de saturación con calcio.
- Porcentaje de saturación con magnesio.
- Relación calcio-magnesio.
- El valor del pH del suelo.

Material a utilizar: Las enmiendas factibles de utilizarse para la corrección de la acidez edáfica son el material constituido básicamente por calcio, o calcio y magnesio, que actúa como corrector de suelos y es fundamental para la nutrición vegetal.

Maquinarias para su aplicación: La incorporación de grandes volúmenes de material mineral con alto peso específico y características abrasivas limita el uso de equipos convencionales de aplicación de fertilización.

Los actuales equipos aplicadores de enmiendas calcáreas poseen sistema de calibración indirectos y trabajan con precisión relativa. Poseen dispositivos dosificadores sincronizados con el desplazamiento. Los acarreadores pueden ser de cadena o caucho accionados por toma de fuerza o rueda de mando. Los distribuidores existentes son a voleo con bidiscos de baja revoluciones, bidiscos con "polleras" o cortinados antideriva y dispositivos distribuidores de precisión a sinfines transversales con paravientos. También están los dosificadores variables que pueden clasificarse, según su naturaleza de funcionamiento, en dos tipos: mecánicos y electrohidráulicos que pueden responder a una prescripción o recomendación de aplicación o de manera manual en el caso de que se conociera la variabilidad del lote (Figura 32).

Suelos halomórficos: Los suelos halomórficos pueden ser naturales u antrópicos y se ubican tanto en regiones áridas como húmedas. En las primeras, las condiciones de aridez propician la conservación de sales solubles en los perfiles de suelo, mientras que en las regiones húmedas, el movimiento lateral de dichas sales hacia los bajos y el ascenso de las napas pueden enriquecer a los suelos con sodio, cuando están ubica-



Figura 32: Aplicador variable de enmiendas.

dos en las partes más deprimidas del paisaje (Vázquez, 2005). El hombre con sus actividades de riego también puede favorecer la sodificación de los suelos.

La agricultura de precisión nos brinda hoy la posibilidad de realizar un diagnóstico exacto de la presencia de sales y la posibilidad de realizar la aplicación del corrector con dosis variables según la concentración de las sales.

Diagnóstico:

- pH.
- Capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC).
- Porcentaje de saturación con sodio (Na^+).
- Porcentaje de sodio intercambiable (PSI).
- Conductividad eléctrica específica (CE).
- Sales presentes.

La recuperación de un suelo con alto contenido de sales implica tener en cuenta:

- Eliminación del exceso de sodio.
- Ser un suelo permeable y profundo.
- Construcción de obras de drenaje y canalización.
- Tener agua de excelente calidad para lavar las sales.
- El reemplazo de especies naturales por plantas adaptadas a esos ambientes.
- Aplicación de residuos y/o enmiendas ("no-chero", gallináceas, compost, ec.).

Material a utilizar: El yeso para uso agrícola constituido por el sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) proveniente de roca natural que se puede emplear como enmienda agrícola de suelos y fertilizantes, en forma de sólido granulado, pelletizado o polvo.

Con la Agricultura de Precisión y los diagnósticos por ambientes hoy podemos comenzar a realizar un manejo diferenciado que nos permita recuperar y/o conservar los suelos.



INTA EEA Manfredi - (03572) 493039/53/58

Ing. Agr. M.Sc. Mario Bragachini

precop@correo.inta.gov.ar

Ing Agr. Andrés Méndez

agriculturadeprecision@yahoo.com.ar

agprecision@correo.inta.gov.ar

Ing Agr. Fernando Scaramuzza

agriculturadeprecision@yahoo.com.ar

Ing. Agr. Juan Pablo Vélez

jpablovelez@gmail.com

Tec. Agr. Diego Villarroel

diegodvillarroel@gmail.com

Mauro Bianco Gaido

biancogaido@correo.inta.gov.ar

Diag.Técn.:Esteban Eugeni

AER General Cabrera - (0358) 4931434/4930052

Ing. Agr. Darío Boretto

ingdarioboretto@gmail.com

INTA EEA Paraná - (0343)4975200 int.236/(0343)154050196

Ing. Agr. M.Sc. Ricardo Melchiori

rmelchiori@parana.inta.gov.ar

Ing. Agr. M.Sc. Alejandra Kemerer

alekemerer@yahoo.com.ar

Ing. Agr. Susana Albarenque

salbarenque@parana.inta.gov.ar

INTA EEA Marcos Juárez - (03472)425001

AER Justiniano Posse - (03534)471331

Ing Agr. Alejandro Saavedra

intajpos@nodosud.com.ar

Ing. Agr. Lisandro Errasquin

precopjpos@nodosud.com.ar

INTA EEA Rafaela - (03492)440121/5 int.116 y 136

Ing. Agr. M.Sc. Hugo Fontanetto

hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar

Ing. Agr. M.Sc. Sebastián Gambaudo

sgambaudo@rafaela.inta.gov.ar

Ing. Agr. Nicolás Sosa

nsosa@rafaela.inta.gov.ar

INTA EEA Salta - (0387)4902224/4902087/4902081

Ing. Agr. M.Sc. Mario De Simone

mdesimone@correo.inta.gov.ar

Ing. Agr. Gabriela Valdéz

gvaldez@correo.inta.gov.ar

Ing. Agr. Adriana Godoy

aigodoy@correo.inta.gov.ar

INTA EEA Anguil - (02954)495057 int.133

Ing. Agr. Néstor Juan

njuan@anguil.inta.gov.ar

INTA EEA Famaillá - (03863)461048/49 int.131

Ing. Agr. Luis Vicini

vicini-le@arnet.com.ar

Ing. Agr. Ricardo Rodriguez

rrodriguez@correo.inta.gov.ar

INTA EEA Sáenz Peña - (03732)421781/722

Ing. Agr. Vicente Rister

vrister@chaco.inta.gov.ar

INTA EEA Las Breñas - (03731)460033/460260 int 207

Ing. Agr. Héctor Rojo Guiñazú

hguinazu@correo.inta.gov.ar

INTA EEA Pergamino - (02477)431250

Ing. Agr. Ramón Solá

rsola@pergamino.inta.gov.ar

AER San Antonio de Areco

Ing. Agr. Marcelo López de Sabando

mlopezdesabando@pergamino.inta.gov.ar

INTA EEA Balcarce - (02266)439100

Chacra Experimental Integrada Barrow - (02983)431081/083

Ing. Agr. José Massigoge

jmassigoge@correo.inta.gov.ar

INTA Central - (011)43384600 int.2038/(0221)155224224

Ing. Agr. Carlos Fernández Alsina

calsina@correo.inta.gov.ar

Ing. Agr. Carlos Senigagliesi

csenigagliesi@correo.inta.gov.ar

INTA EEA Castelar

Instituto de Ingeniería Rural

Ing. Agr. Gerardo Masía

gmasia@cnia.inta.gov.ar

Ing. Agr. Ramiro Cid

rcid@cnia.inta.gov.ar

Ing. Elect. M.Sc. Andrés Moltoni

amoltoni@cnia.inta.gov.ar

INTA EEA San Luis - (02657)422616/433250

Ing. Agr. Benito Coen

abcoen@sanluis.inta.gov.ar

