

## **Primeros Ensayos Exploratorios de Manejo Sitio Específico de Cultivos en Argentina**

### ***Introducción***

La introducción a la Agricultura de Precisión, en EEUU, por los años 1991-1993, diseñó un esquema de utilización de las herramientas posicionadas por GPS que terminaba en una aplicación de insumos en forma variable (Aplicación Dosis Variable: ADV) como única alternativa que disponía el productor para recuperar la inversión.

En la actualidad se posee mayor conocimiento acerca del aprovechamiento agronómico de los datos de rendimiento grabados espacialmente (mapas de rendimiento). Anteriormente se decía que la Agricultura de Precisión partía del análisis de los primeros mapas de rendimiento logrados. Luego de años de trabajo, evolución y experiencia se sabe que la variabilidad expresada en el rendimiento de un cultivo en forma espacial depende de una diversidad de factores y que su análisis e interpretación es una tarea compleja, resultando muy difícil extraer conclusiones directas para un manejo sitio específico de insumos (MSEI).

Actualmente se sigue avanzando en los conocimientos agronómicos, en la puesta a punto de las herramientas de cosecha de datos georreferenciados, en el diseño de ensayos y en el desarrollo de nuevas herramientas como los sensores remotos de tiempo real; la percepción remota aportará importantes adelantos tecnológicos. También y por otro camino paralelo se está mejorando la precisión, facilidad de utilización, bajando los costos de todo el equipamiento necesario para equipar un tractor, ya sea con una fertilizadora, sembradora o pulverizadora para realizar en forma eficiente la aplicación de insumos variables, a partir de una prescripción, de acuerdo a la necesidad real de cada sitio del lote.

### **La idea es simple: maximizar la producción, minimizar los costos y preservar el ambiente.**

Argentina presenta características particulares de sistemas de producción que nos diferencian de otros países con mayores antecedentes de agricultura como lo son EEUU y muchos países europeos. Esos países debido a fuertes subsidios recibidos durante años poseen un esquema productivo de maximización de rendimientos físicos de los cultivos sin una relación insumo/producto lógica; por ello, el productor y asesor optan por una aplicación de semillas, fertilizantes, herbicidas y pesticidas que le asegure el máximo rendimiento en kg/ha para las condiciones ideales. Utilizando ese criterio se desperdician insumos en determinadas áreas del lote que no pueden alcanzar el objetivo, o que las características físicas/químicas del suelo lo impiden, o por cualquier otro motivo como el relieve, infestación de malezas o enfermedades, historia del lote, etc.

La idea fundamental en que se basa la Agricultura de Precisión es aplicar los insumos en dosis que puedan aprovecharse lo más eficientemente posible y obtener los máximos rendimientos compatibles con el resultado económico.

**Según esto, ahorraríamos insumos en las áreas de bajo rendimiento potencial sin disminuir el rendimiento, para trasladarlos a las áreas con mayor potencialidad que pueden aumentar la producción aprovechando los insumos eficientemente.**

En otras situaciones de variabilidad, la dosis de fertilizante promedio puede ser insuficiente para un área degradada químicamente y resulta conveniente aplicar más en ese sitio de mayor respuesta.

En resumen, sería cambiar la metodología de aplicación de insumos bajo la suposición que los lotes presentan potenciales de rendimiento homogéneos en toda el área, por otra de mayor exactitud de aprovechamiento de los insumos basada en el conocimiento de la variabilidad de respuesta dentro del lote, que permita maximizar la respuesta económica en cada sitio del mismo.

La herramientas tecnológicas que aporta la Agricultura de Precisión a la cosecha de datos, facilita la cuantificación de la variabilidad natural de un lote, además mediante ensayos debidamente programados en el gran cultivo nos aporta datos de respuesta variable a la aplicación de insumos. Si esos datos son debidamente interpretados y apoyados por un muestreo de suelo dirigido por sitios homogéneos y debidamente posicionados, aportarán claridad en la toma de decisiones a la aplicación variable de insumos.

Como en toda nueva tecnología es conveniente realizar todas las etapas para avanzar con mayor solidez. No todos los campos argentinos poseen la misma posibilidad de éxito frente a la tecnología de dosis variable (TDV). Algunos campos con grandes posibilidades de obtener respuesta económica a la aplicación de dosis variable (ADV) son aquellos que, debido a una nueva sistematización de los lotes, engloban sitios de diferentes potencialidades de rendimiento por una historia de agricultura totalmente distinta que deja la impronta por muchos años. Este es el caso de muchos círculos de riego que por un mejor aprovechamiento logístico, los equipos de riego abarcan antiguos potreros que anteriormente estaban delimitados por alambrados y tenían distintos usos agronómicos, lo que aumenta la variabilidad de fertilidad dentro del círculo.

Otro ejemplo de alta diferenciación de insumos se puede presentar en lotes donde se tome la decisión de sembrar en forma total el lote cuadrado o irregular y el 25% sea una condición de secano, donde para el caso de trigo o maíz la necesidad de semilla y fertilizante será muy diferente en riego.

Frente a este planteo se estimó conveniente realizar ensayos exploratorios de manejo sitio específico de cultivo en un campo donde la tecnología conocida estuviera aprovechada al máximo y presentar la particularidad del riego complementario, con alta aplicación de insumos.

***Ensayos de franjas con diferentes tratamientos de fertilización y densidad de siembra cruzando 4 ambientes de un círculo de riego***

Lugar del ensayo: "El Paraíso", Barrilli – Borletto SH, Pilar, Córdoba.

-

### *Objetivo general*

Poner en práctica con fines exploratorios una metodología de manejo integral utilizando herramientas de obtención de datos georreferenciados de rendimiento (mapas anteriores de trigo y maíz del lote), muestreos de suelo dirigidos, análisis y siembra de maíz con densidad y fertilización variable de acuerdo a prescripciones georreferenciadas, utilizando una alta carga de insumos y fijando como objetivo rendimientos de maíz superiores a 14.000 kg/ha.

Según la información previa del establecimiento, los principales factores de rendimiento (agua y nutrientes: en este caso nitrógeno) eran aplicados en cantidades que, en promedio, no constituían limitantes y por lo que se podía presumir que su incremento no significaría una mayor respuesta económica. **Lo que se pretende con este trabajo es poner a punto la integración de diferentes herramientas como el mapa de rendimiento y su potencial de información, el muestreo de suelo dirigido, la prescripción de ensayos exploratorios, el funcionamiento de la sembradora variable, el nuevo mapa con franjas divididas, la utilización de nuevos software de análisis y quizás lo más importante que es la integración interdisciplinaria como factor decisivo del futuro crecimiento de la Agricultura de Precisión en nuestro país.**

### *Objetivo específico*

Determinar a través de las respuestas en rendimiento sitio específico del maíz, la incidencia de factores como densidad de plantas, dosis y tipo de fertilizante a la siembra en forma fija y variable a través de una metodología innovadora como es la utilización de sembradoras inteligentes, capaces de copiar en el lote una prescripción de dosis de fertilizante y semilla en forma variable para ser evaluada en franjas apareadas versus la dosis y densidad fija (promedio de la dosis variable) y mediante mapas de rendimiento y programas como Ag Browser entre otros.

### *Metodología utilizada*

1. Identificación de zonas de rendimientos diferentes dentro del lote a través de mapas anteriores, maíz y trigo.
2. Realización de un muestreo representativo de cada una de las 4 zonas, con 3 muestras compuestas georreferenciadas con 3 submuestras de cada uno de los 11 lugares seleccionados (un punto descartado). Fig. 14.
3. Análisis de la correlación rendimiento/característica química de suelo.
4. Priorización de los datos de rendimiento de los mapas anteriores, como dato de peso en la estimación de rendimiento sitio específico del maíz del presente año.
5. Definición de 4 ambientes de rendimiento en maíz A – B – C – D, como dato para el cálculo de fertilización y/o dosis de semilla. Teniendo como **criterio que, donde más rindió (A) en los mapas anteriores se estima un mayor potencial de rendimiento y por ende habrá una mayor respuesta a los insumos aplicados (semilla y fertilizante).**
6. Siembra con máquina inteligente de doble fertilización variable y densidad de siembra variable. Se realizaron 4 ensayos: en un ensayo se realizó

densidad de siembra y dosis de fertilizante variable versus fija promedio, en 2 ensayos se varió la dosis de fertilizante y se mantuvo constante la densidad de siembra y el ensayo restante fue exploratorio (o sea un tratamiento en dosis máxima de semilla y fertilizante y el otro tratamiento apareado en dosis mínima). Los tratamientos variables responden a 4 prescripciones sitio específicas. Los ensayos se describen con mayor detalle en las páginas siguientes.

7. Aplicación del nitrógeno adicional como UAN en forma de fertirriego a la dosis de necesidad según estimación del rendimiento potencial (600 kg/ha en 4 aplicaciones = 192 kg/ha de N).
8. Aplicación del riego complementario de acuerdo al balance hídrico de suelo y al estado del cultivo. Total aplicado 160 mm durante el ciclo y en forma uniforme. Las lluvias durante el ciclo del cultivo fueron de 409 mm.
9. Cosecha con monitor de rendimiento con GPS respetando las franjas de 18 hileras con dosis variable con 3 repeticiones versus las 3 franjas de dosis fija comparándolas a lo largo de toda la tirada cosechada en el lote y sitio específico.
10. Análisis de respuestas variables de cada dosis de fertilizante en cada ambiente para luego realizar un análisis económico para determinar la conveniencia o no del uso de este tipo de tecnología de siembra variable con sembradora inteligente donde los ambientes lo justifiquen.
11. Análisis del ensayo donde se suman dos factores sitio específicos que se variaron simultáneamente pero en forma independiente pudiendo observar el sinergismo de dos factores y su respuesta sitio específica.
12. Este tipo de ensayos prueba una metodología en el gran cultivo, donde se cruzan factores, con diferentes ambientes y se analizan los datos de toda la población evaluada en forma georeferenciada, de esta forma ganamos experiencia y disponemos de datos agronómicos que posibilitan adelantar las prácticas de Agricultura de Precisión mejorando los ensayos futuros.
13. El análisis económico se realizó con la metodología de presupuestos parciales, en la cual se tienen en cuenta solamente los factores que variaron entre la dosis fija y la variable. En el caso de los ensayos 1 y 2 el insumo que se varió y que afecta al costo en forma diferencial es la dosis de fertilizante, y en los ensayos 3 y 4 se variaron la densidad de siembra y dosis de fertilizante. Los demás factores variables son el rendimiento, el gasto de comercialización y el costo de cosecha ya que se tomó como porcentaje de rendimiento. El ingreso en chacra es el precio pizarra de Rosario (al día 27 de Abril de 2001) menos los fletes y costos de comercialización promedio de la zona (27 \$/T). Con estos datos se calculó la variación del ingreso en chacra, que es la diferencia entre los ingresos en chacra de los tratamientos comparados, por otro lado se calculó la variación del costo por la aplicación diferencial de fertilizante y/o semilla, y posteriormente se calculó la diferencia marginal, que es igual a la diferencia entre la variación del costo y la variación en el ingreso. La diferencia marginal indica la ganancia y/o pérdida en pesos por hectárea por la aplicación de los insumos en forma diferencial. En este análisis no se tuvo en cuenta el incremento en costos de inversión que implica la utilización del equipamiento para aplicación variable de insumos.

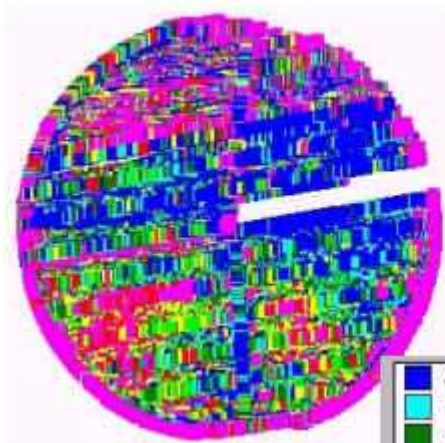


Fig.2: mapa maíz campaña 98/99

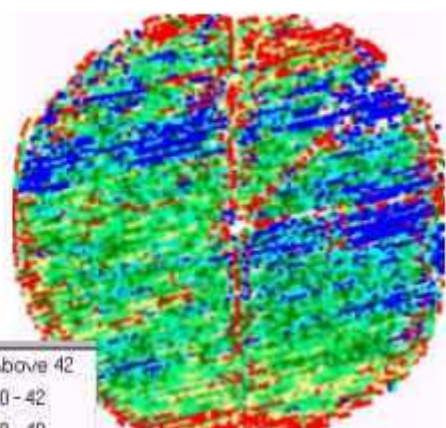
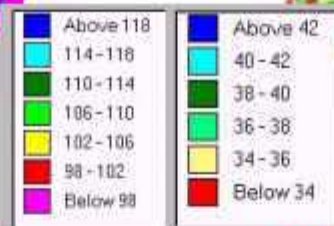
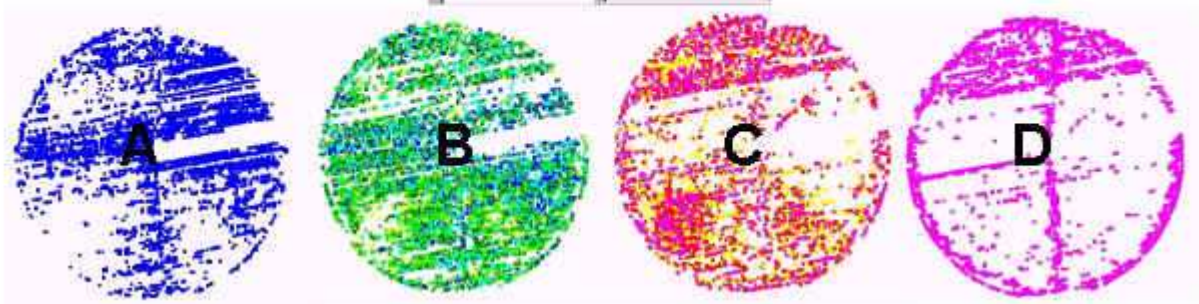


Fig.3: mapa trigo año 1999



Figuras 4, 5, 6 y 7: indican sitios de diferentes rendimientos los cuales se determinaron con el programa Farm Works; fig. 4= A (rendimientos mayores a 120 qq/ha), 5= B (105 a 120), 6= C (90 a 105 qq/ha) y la 7= D (rendimientos menores a 90 qq/ha de maíz).

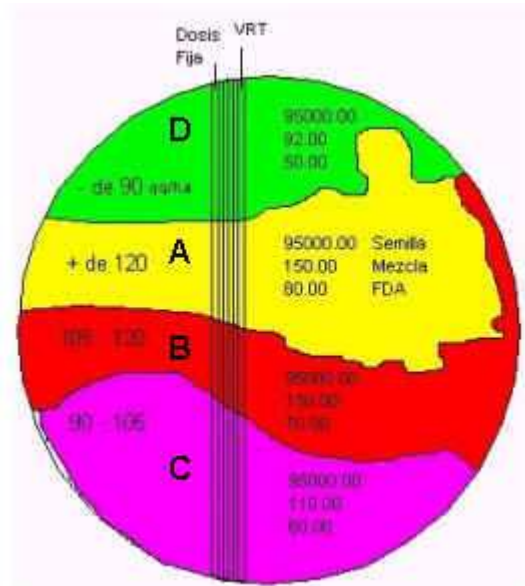


Figura 8: ENSAYO 1

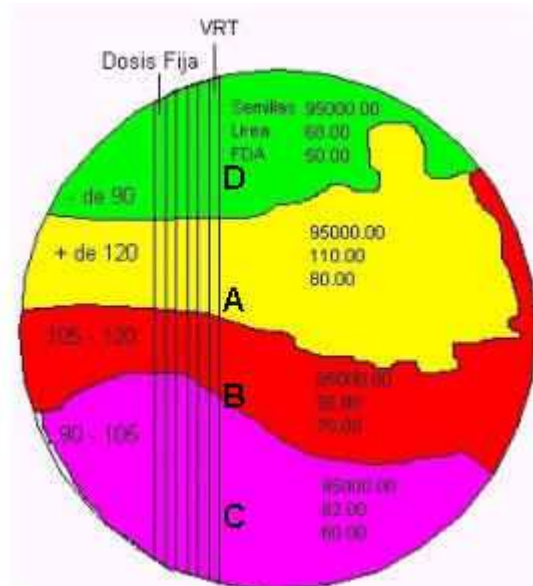


Figura 9: ENSAYO 2

mapa de aplicación variable de insumos con recomendación de fertilización exploratoria realizada por el Dr. F. García.

mapa de aplicación variable de insumos con recomendación de fertilización exploratoria realizada por Ing. Pedro Salas.

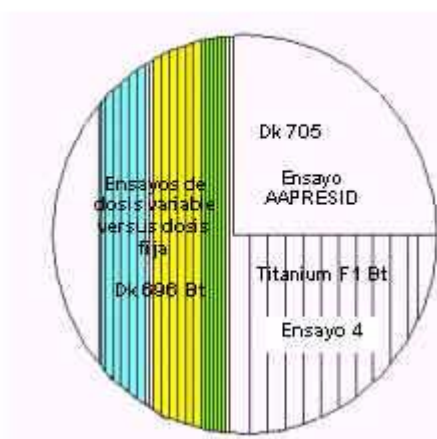


Fig. 10: mapa de todos los ensayos realizados en el lote.

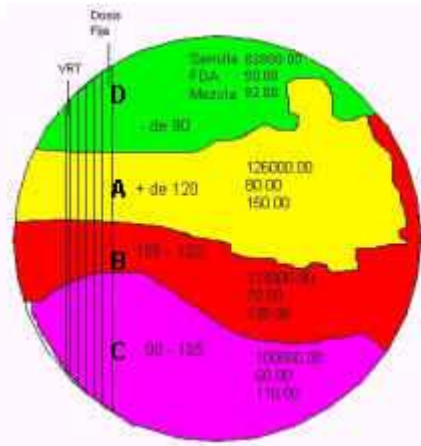


Figura 11: ENSAYO 3 Mapa de aplicación variable de insumos con recomendación variable de semilla y fertilizante realizado por los Ings. Bragachini, von Martini y Méndez.



Figura 12: sembradora prototipo Agrometal TX Mega inteligente utilizada en el ensayo



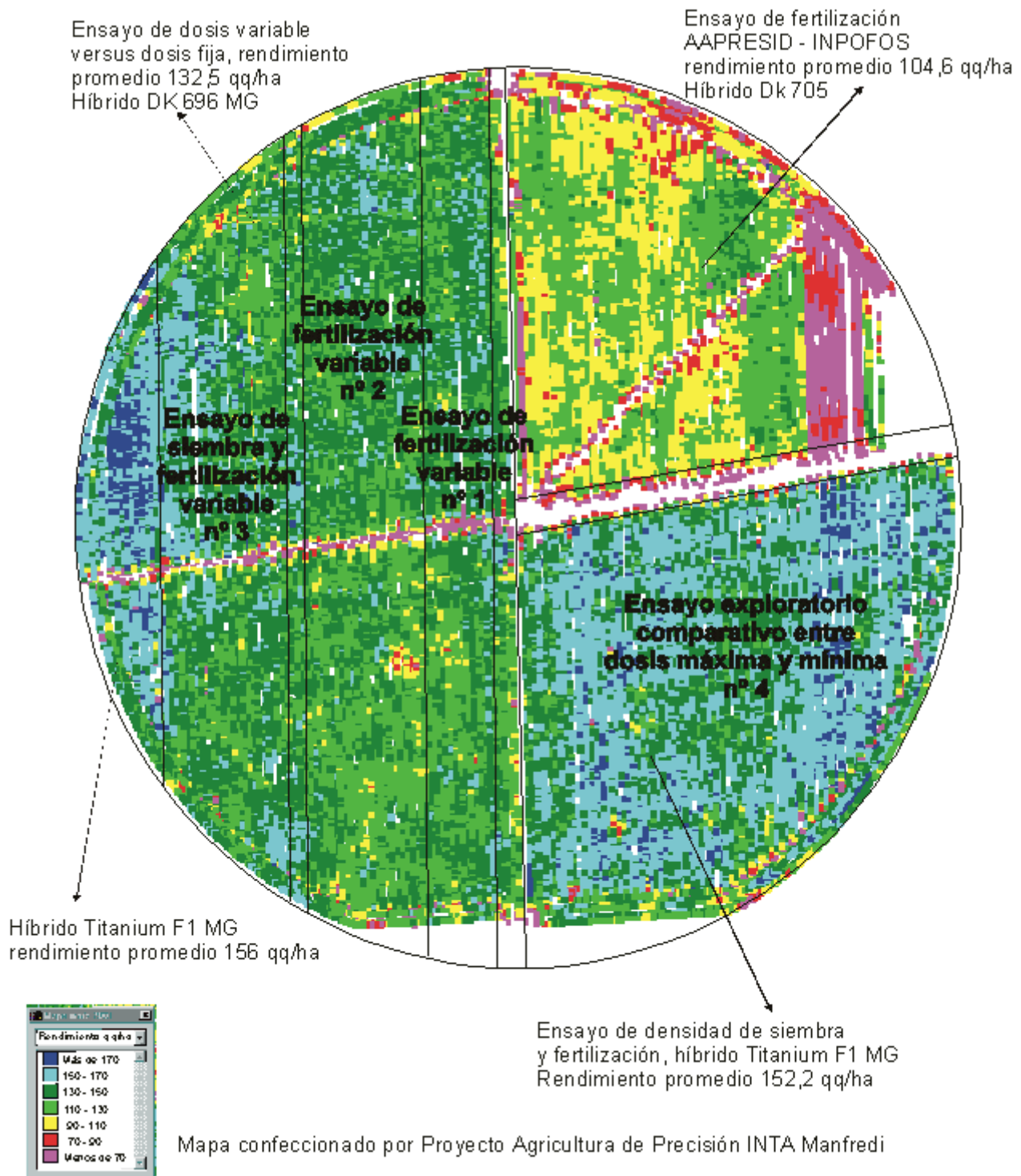
Neumática con doble fertilización y doble dosis variable (semilla y fertilizante).

Figura 13: Interior de la cabina del tractor que muestra el equipamiento utilizado para realizar dosis variable.

Monitores para siembra y fertilización variable (navegadores en tiempo real), Accu Rate (variador), GPS y monitor para control de siembra.

Actualmente existe un nuevo monitor A Leader PF3000 Pro que reemplaza a los 2 navegadores, el GPS y al controlador de 2 canales Accu Rate (o sea cuatro monitores en uno).

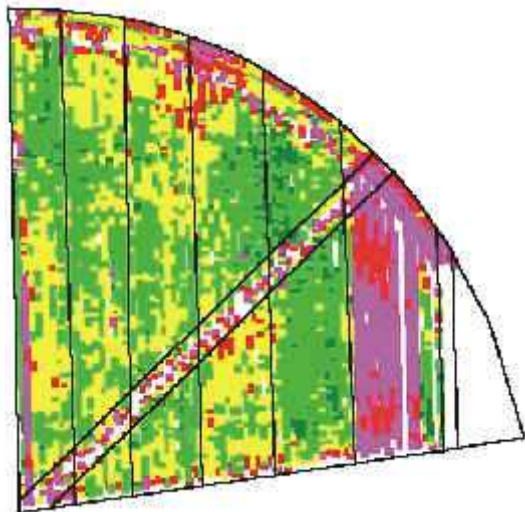
Figura 14: mapa de rendimiento de maíz, campaña 2000/01. La cosechadora se calibró con un error del 1%, asegurando la cosecha de datos precisos. A partir de este mapa se extrajeron los resultados para la evaluación de los diferentes ensayos sembrados en el lote



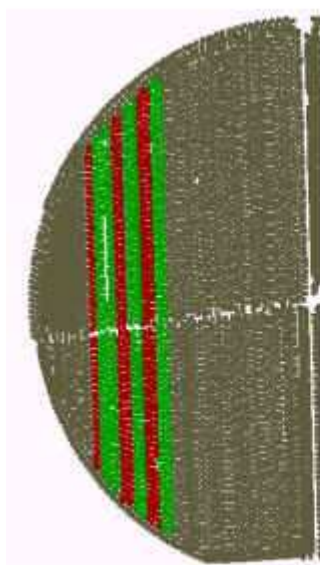
Cosecha realizada con: cosechadora John Deere 1175, cabezal Mainero 2000 9/52, monitor de rendimiento AgLeader 2000, GPS Trimble 124.  
 Fecha de cosecha: 29 al 31 de Marzo de 2001.  
 Los rendimientos son corregidos a 14,5% de humedad.

Figura 15: Ensayo AAPRESID - INPOFOS



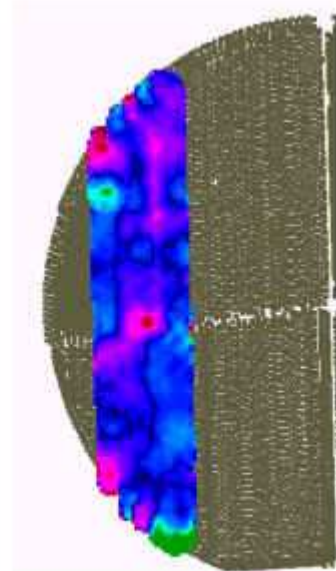


- 1 Testigo = 74.5 qq/ha
  - 2 N y P (417 kg/ha) = 117.9 qq/ha
  - 3 N - P y S (467 kg/ha) = 108.8 qq/ha
  - 4 N - P - S y K (517 kg/ha) = 110.5 qq/ha
  - 5 N - P - S - K y Mg (581 kg/ha) = 109.7 qq/ha
  - 6 N - P - S - K - Mg y Micronutrientes = 110.6 qq/ha
- Híbrido 705 Dk, densidad de siembra 93000 semillas/ha

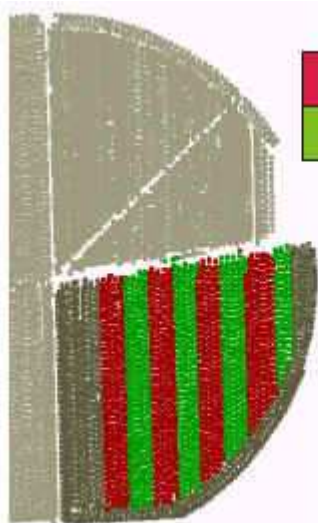


**Dosis variable**  
**Dosis fija**

Figura 16: mapa de diferencias realizado en el ensayo de dosis variable de fertilizante y semilla. Programa AgBrowser,

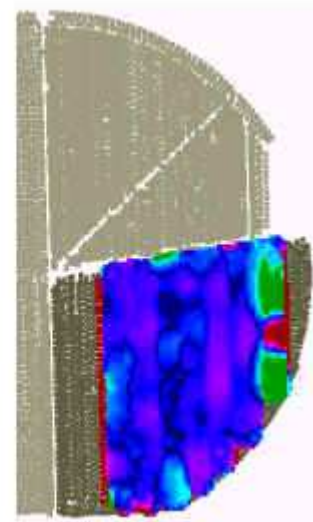


- 4 - 2 0 + 2 + 4 qq/ha



**Dosis máxima**  
**Dosis mínima**

Figura 17: mapa de diferencias realizado en el ensayo exploratorio con dosis máxima y mínima de semilla y fertilizante.



### Descripción de la secuencia del trabajo

Se determinaron, por medio del programa Farm Works y con la información de mapas de rendimiento de años anteriores, 4 zonas de rendimiento homogéneas (sitios). (figura 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

Habiendo identificado esas zonas de rendimiento se pudieron determinar lugares precisos de donde se extrajeron 3 muestras de suelo de cada sitio (fig. 1), dichas muestras se realizaron mediante la guía de un GPS y una computadora con los cuales se navegaba en el círculo de riego en tiempo real y se llegaba a los lugares previamente identificados en el mapa de rendimiento.

Las muestras fueron extraídas el 7/8/2000. De las mismas fueron analizados los siguientes parámetros: materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, nitratos, pH, conductividad eléctrica, azufre de sulfatos y potasio.

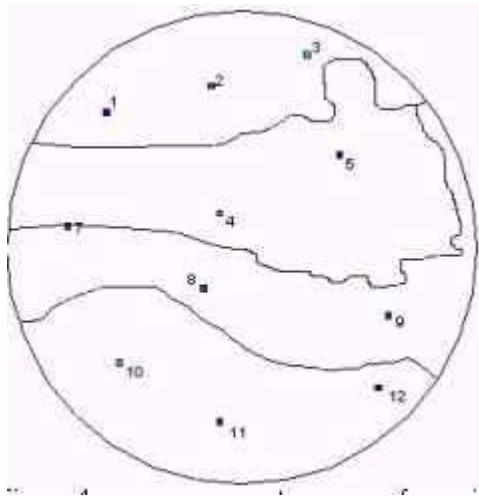


Figura 1: mapa con puntos georreferenciados donde se extrajeron las muestras de suelo.

#### Resultados de los análisis de las muestras

Muestra	M.O %	Nt %	P ppm	NO <sub>3</sub> ppm	pH	Cond. Elect.	S de SO <sub>4</sub>	K me/100g
1	3.80	0.28	49.32	118.56	6.52	0.060	54.75	2.79
2	2.76	0.18	32.16	96.61	7.12	0.047	36.69	3.43
3	2.63	0.15	28.33	83.13	6.38	0.046	30.58	2.74
4	2.63	0.16	18.89	74.85	6.45	0.048	23.20	2.74
5	3.42	0.17	17.49	95.81	6.42	0.049	24.76	2.89
7	2.76	0.14	45.42	107.28	6.37	0.042	17.10	2.22
8	2.05	0.18	46.69	83.83	7.76	0.099	34.53	3.57
9	2.07	0.19	8.22	85.93	7.49	0.042	10.42	2.57
10	2.63	0.18	16.80	105.09	7.15	0.038	10.71	3.43
11	2.35	0.19	20.62	93.41	6.94	0.043	37.09	2.57

12	3.17	0.16	20.62	75.45	6.65	0.052	19.00	2.22
----	------	------	-------	-------	------	-------	-------	------

*Laboratorio UCC Ing. Florencia Barbero.*

La conductividad eléctrica está expresada en Mmhos/cm y corresponde al extracto 1:2,5.

El azufre está expresado en microgramos/gramo de suelo y determinado por el método turbidimétrico de la UBA, es S de SO<sub>4</sub>.

El fósforo se determino por Bray I.

El K está expresado en me/100 g de suelo, acetato de amonio IN.

Nitratos por el método de Bremner.

Nitrógeno total por Kjeldahl.

Materia orgánica, Walkley Black.

Para producir 14000 kg/ha de grano de maíz los requerimientos aproximados de los principales nutrientes son: nitrógeno (N) 310 kg, fósforo (P) 56 kg y azufre (S) 56 kg. De esos totales absorbidos por las plantas, aproximadamente 180 kg/ha de N, 42 kg/ha de P y 26 kg/ha de S son "exportados" con los granos.

Respecto a respuesta posible a fertilización, en el caso de N, en sistemas bajo riego y antecesor soja, la cantidad aportada por el suelo se estima suficiente para obtener rendimientos en grano promedio de 8000 – 9000 kg/ha. Por lo tanto, para alcanzar un rendimiento de 14.000 kg/ha se estima necesario aplicar alrededor de 150 – 170 kg/ha de N. En cuanto a P en cultivo de alta producción bajo riego, se puede considerar como limite de respuesta valores de 20 – 25 ppm de P Bray I.

Respecto al S en estas condiciones, límites orientativos serían entre 10 y 20 ppm de S de SO<sub>4</sub> (azufre de sulfatos). Por las elevadas concentraciones de potasio intercambiable no es posible encontrar respuesta a la fertilización con ese nutriente.

Con el resultado de las muestras de suelo y fundamentalmente con los mapas de rendimiento de los cultivos anteriores del mismo lote se programaron los ensayos exploratorios en franjas de 18 hileras con 3 repeticiones donde se exploraron diferentes densidades de siembra sitio específicas como así también tipo y dosis de fertilizante sitio específico versus una aplicación fija de insumos.

En la elaboración de las prescripciones participaron el Dr. Fernando García INPOFOS, Ing. Agr. Pedro Salas y Geólogo Edgar Lovera INTA Manfredi, Ing. José María Borleto AAPRESID e Ings Mario Bragachini, Axel von Martini y Andrés Méndez técnicos del Proyecto Agricultura de Precisión de INTA Manfredi. **El criterio utilizado en forma consensuada para definir las prescripciones exploratorias fue, priorizar el dato del rendimiento variable de los cultivos anteriores sobre el dato de análisis químico de suelo que si bien se lo considera variable no presentó una correlación directa que explicaría tal variabilidad. Figuras 4, 5, 6 y 7, página central.**

***Ensayo exploratorio de fertilización sitio específico sugerido por el Dr. Fernando García (ensayo n° 1)***

La recomendación fue una mezcla (N, S y Boro) localizada al costado de la semilla 2x2 pulgadas más FDA en la línea; teniendo en cuenta el potencial de rendimiento de cada zona se aconsejaron 4 dosis distintas para cada una de ellas. Figura 8, página central.

*Composición de la mezcla:*

Urea 65 %, Sulfato de amonio 34,7 % y Boro 0,26 %.

Metodología de ensayo: los insumos aplicados en promedio en ambos tratamientos (dosis variable y dosis fija) fueron similares solo que en dosis variable se dosificó variablemente el fertilizante dependiendo los sitios del lote, poniendo más fertilizante en los lugares con mayor potencial de rendimiento. Los ensayos cuentan con 3 repeticiones y siempre tienen un testigo apareado; el cual es en dosis fija cruzando la variabilidad de todo el lote. Donde el potencial de rendimiento es mayor recomendó la dosis más alta y la más baja donde el potencial es menor, variando el 20% de la dosis base a medida que pasaba a una zona de mayor potencial.

Dosis base: 92 kg/ha de mezcla y 50 kg/ha de FDA para la zona donde el maíz del año anterior había rendido menos de 90 qq/ha.

Dosis del tratamiento testigo: 120 kg/ha de mezcla y 65 kg/ha de FDA.

Densidad de siembra: 95000 semillas/ha para todos los casos.

***Ensayo de fertilización exploratorio sitio específico sugerido por el Ing. Agr. Pedro Salas (ensayo n° 2)***

Idem a criterio del Dr. Fernando García pero la recomendación fue aplicar N y P únicamente con el objetivo de evaluar posible respuesta a boro y azufre aplicados en las otras variantes.

Dosis base: 68 kg/ha de Urea y 50 de FDA para la zona de menor potencial de rendimiento.

Dosis del tratamiento testigo: 88 kg/ha de Urea y 65 kg/ha de FDA.

Densidad de siembra: idem Fernando García.

Figura 9, página central.

***Ensayo de fertilización y siembra variable sitio específica con el diseño del Proyecto Agricultura de Precisión (ensayo n° 3 y 4)***

- Ensayo Exploratorio (ensayo 4)

Consiste en atravesar la variabilidad natural del lote con franjas de distintas dosis. En este caso fueron 2 las dosis de fertilizante y densidades de siembra probadas,

una máxima y otra mínima y cada tratamiento contaba con 4 vueltas de sembradora cada uno.

Máxima: 110000 semillas/ha, 80 kg/ha de FDA y 145 kg/ha de Urea.

Mínima: 90000 semillas/ha, 60 kg/ha de FDA y 106 kg/ha de Urea.

Figura 10, página central.

Luego estos tratamientos serán comparados entre sí para analizar el comportamiento de ellos en los distintos sitios por los que atraviesan, con análisis de respuesta económica sitio específica.

- Siembra y fertilización variable (ensayo 3)

Idem metodología sugerida por el Dr. García e Ing. Salas en cuanto a la dosificación ya que la recomendación fue poner más donde los datos de años anteriores indicaban mayor potencial de rendimiento. Pero la diferencia consistió en variar tanto la semilla como el fertilizante buscando el potencial de rendimiento del maíz.

Fertilizante: Idem ensayo Dr. F. García.

Semilla varió de 82800 a 126.000 semillas/ha.

Se usó testigo apareado en dosis fija para poder comparar los efectos de dosis variable versus dosis fija, por medio de un programa de diferencias (AgBrowser).

Dosis fija: 95000 semillas/ha, 120 kg/ha de mezcla y 65 kg/ha de FDA.

*Lote y fecha de siembra:* Círculo 1 bajo riego, fecha de siembra: 4 al 8/9/2000.

*Semilla utilizada:* Dk 696 Mg (semilla utilizada para ensayos 1, 2 y 3) y Titanium F1 Mg (para ensayo 4).

*Curasemilla:* CRUISER y FORCE.

*Sembradora Inteligente (Prototipo) utilizada en el ensayo Agrometal Mega.*

Se deja explícito que el equipamiento evaluado puede ser adaptado a cualquier sembradora del mercado ya que todos los elementos utilizados son de venta libre.

Sembradora utilizada en la última versión: Agrometal TX Mega 9 /52.5 equipada con doble fertilización incorporada en la línea y al costado 2x2 pulgadas.

Distribuidor neumático de semilla por succión marca Sfoggia, con accionamiento de turbina en forma hidráulica por bomba en tándem acoplada a la TDP. Tren cinemático comandado por motor hidráulico y caja de velocidad.

Fertilización doble: doble sistema de dosificación chevron/ tren cinemático comandado por caja de velocidad y motor hidráulico variable.

El resto de la sembradora es igual a todas las Agrometal Mega convencionales.

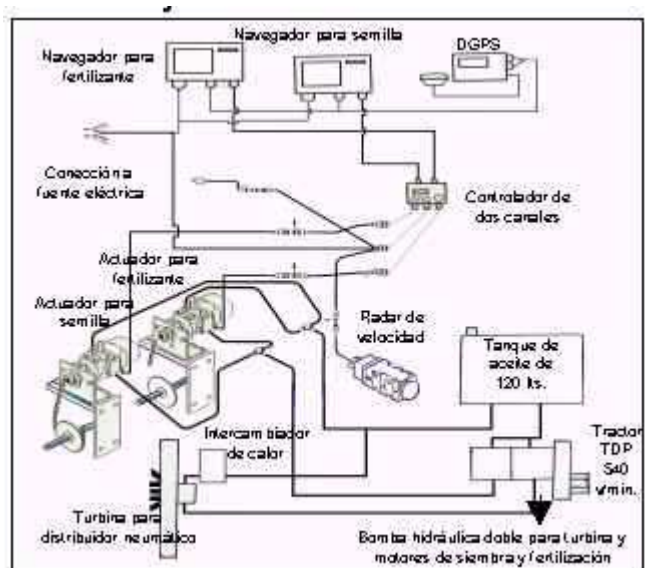
Dada la tendencia actual en siembra de maíz buscando una muy buena uniformidad en el desarrollo de las plantas en el período vegetativo evitando la generación de plantas dominadas y dominantes, (factor que afecta negativamente el rendimiento), se equipó la sembradora con barredores de rastrojo doble para barrer el rastrojo de la línea de siembra dejando un ambiente parejo para el copiado de la profundidad de las ruedas limitadoras; de esta manera se copia el suelo parejo y no el rastrojo variable.

La uniformidad de la profundidad lograda con los barredores de rastrojo fue un factor importante en la uniformidad de desarrollo de las plantas de maíz dentro del lote que sin duda contribuyó al logro de altos rendimientos.

Además por la fecha de siembra, la abundante cobertura, la humedad superficial, barrer el rastrojo posibilitó un incremento de temperatura del suelo del orden de 2,07 °C con respecto a la hilera contigua sin barredor, lo que permitió un muy bajo porcentaje de pérdidas de plántulas, logrando una eficiencia de la emergencia del 95% de las semillas sembradas. *Aclaración: las evaluaciones de temperatura de suelo a 5 cm de profundidad con 10 mediciones en la línea con barredor de rastrojo y entre línea con la cobertura intacta fue de 2,07 °C a favor del barredor de rastrojo. Ej: temperatura media con barredor 15,09 °C – temperatura media entre hileras (o sea con cobertura) 13,02 °C. Temperatura tomada con un geotermómetro a los 12 días de la siembra del cultivo, fecha 18/9/00.*

### **Equipamiento instalado para densidad de semilla y dosis de fertilizante variable**

- GPS Trimble 132.
- DGPS señal Beacon.
- 2 monitores PF 3000 (1 para ADV de semilla y otro para ADV de fertilizante).
- 2 tarjetas PCMCIA (1 para cada prescripción confeccionada con programa Farm Works).
- Consola Accu Rate (con 2 puertos para recibir la información de las prescripciones y enviar la señal a los motores en forma independiente).
- 2 Motores Rawson (1 para siembra y otro para fertilizante).
- Radar de velocidad.
- Tanque de aceite independiente de 120 l. con filtro de succión.
- Bomba hidráulica doble para el accionamiento del motor de la turbina y la restante para los 2 motores variables (semilla y fertilizante).
- Intercambiador de calor de



aceite ubicado a la salida de la turbina.

### *Funcionamiento de la sembradora inteligente ADV*

Se inicia confeccionando la prescripción de semilla y fertilizante variable dentro del lote a sembrar con sus correspondientes coordenadas de acuerdo a la información disponible y al conocimiento agronómico del asesor.

Para ello se utiliza el programa Farm Works, posteriormente se guarda en 2 tarjetas PCMCIA, una con la prescripción de semilla y la otra con la del fertilizante, estas tarjetas ingresan la información a los 2 navegadores PF3000 que leen y procesan la información y al recibir el posicionamiento espacial de la sembradora dentro del lote por el GPS, ordenan los kg/ha de semilla y fertilizante al controlador de 2 canales Accu Rate que gobierna el número de vueltas relativo de ambos motores hidráulicos (de semilla y fertilizante) modificando la densidad de siembra y la dosis de fertilizante en tiempo real. Todo el equipo posee una calibración previa en forma estática, para cargar las constantes de relación de transmisión de ambos trenes cinemáticos, el radar de velocidad real también requiere calibración previa.

El equipo durante los meses de Septiembre a Diciembre de 2000 sembró 200 ha. de diferentes ensayos programados demostrando buena confiabilidad de funcionamiento y excelente respuesta en cuanto a la ejecución de las prescripciones. El error de respuesta es del orden de 2 m a una velocidad de siembra de 8 km/h.

Fueron utilizadas 2 tarjetas PCMCIA, 2 PF3000 y 2 motores Rawson debido a que se realizó siembra y fertilización variable independiente; el equipamiento se reduciría a la mitad en el caso de variar 1 solo insumo, o ambos pero no en forma independiente.

También es conveniente aclarar que en el caso de contar con tractor con circuito hidráulico centro cerrado y un gran depósito de aceite, se eliminaría el depósito de aceite, como así también las bombas en tandem a la salida de la TDP, reduciendo las complicaciones y costo del sistema.

Las figuras 8, 9 y 10 muestran los ensayos con los 4 ambientes definidos de potencialidad de rendimiento de maíz bajo riego (A - B - C - D respectivamente), donde se realizaron las variaciones de semilla/ha, dosis de FDA y dosis de una mezcla de fertilizante, según el potencial de rendimiento de cada sitio. El criterio utilizado fue maximizar la utilización de los insumos: más semilla y más fertilizante en los sitios de mayor potencialidad de rendimiento del maíz. Estos tratamientos están comparados con franjas de dosis fijas (promedio) que al ser cosechados con monitor de rendimiento permitirán analizar la respuesta agronómica y económica sitio específica como factor decisivo de la conveniencia de la adopción de la tecnología.

### **Resultados de los ensayos**

Resultados ensayo N° 1: dosis variable de fertilizante (arrancador con azufre y boro en la línea, y urea al costado). Densidad de siembra uniforme.

<i>Repetición</i>	<i>Zona Norte (qq/ha)</i>	<i>Zona Sur (qq/ha)</i>	<i>Promedio de toda la tirada (qq/ha)</i>
<i>1 Dosis Variable</i>	139,5	137,1	138,3
<i>1 Dosis Fija</i>	140,7	132,9	136,8
<i>2 D V</i>	141,1	132,2	136,7
<i>2 D F</i>	131,7	127,6	129,7
<i>3 D V</i>	134	124,3	129,2
<i>3 D F</i>	131,6	129,2	130,4

**Media de DV: 134,7 qq/ha - Media de DF: 132,3 qq/ha = 240 kg/ha a favor DV.**

Resultados ensayo N° 2: dosis variable de fertilizante (arrancador en la línea FDA y urea al costado). Densidad de siembra uniforme.

<i>Repetición</i>	<i>Zona Norte (qq/ha)</i>	<i>Zona Sur (qq/ha)</i>	<i>Promedio de toda la tirada (qq/ha)</i>
<i>1 Dosis Variable</i>	133,6	123,6	128,6
<i>1 Dosis Fija</i>	135	122,1	128,6
<i>2 D V</i>	137,5	129,6	133,6
<i>2 D F</i>	141,4	127	134,2
<i>3 D V</i>	133,7	126,6	130,2
<i>3 D F</i>	133,3	127,5	130,4

**Media de DV: 130,8 qq/ha - Media de DF: 131 qq/ha = 20 kg/ha a favor DF.**

Resultados ensayo N° 3: dosis variable de fertilizante y semilla.

<i>Repetición</i>	<i>Zona Norte (qq/ha)</i>	<i>Zona Sur (qq/ha)</i>	<i>Promedio de toda la tirada (qq/ha)</i>
-------------------	---------------------------	-------------------------	---



<i>1 Dosis Fija</i>	133,5	135,1	134,3
<i>1 Dosis Variable</i>	130,8	141,1	136
<i>2 D F</i>	135,6	130,9	133,3
<i>2 D V</i>	142,5	134	138,3
<i>3 D F</i>	150,1	133,8	142
<i>3 D V</i>	155,2	136,4	145,8

**Media de DV: 140 qq/ha - Media de DF: 136,5 qq/ha = 350 kg/ha a favor DV.**

Resultados ensayo N° 4: franjas de máxima densidad y fertilización de arranque versus otra de mínima.

<i>Repetición</i>	<i>Dosis Máxima (qq/ha)</i>	<i>Dosis Mínima (qq/ha)</i>
2	154,3	154,3
3	152,9	151
4	145	149,5
5	161,5	159,4
6	158,6	154,3
<i>Promedio</i>	<i>154,5</i>	<i>153,7</i>

Resultados ensayo N° 3 comparando las repeticiones en cada sitio por separado.

**Sitio D (media = 129,5 qq/ha)**

<i>Repetición</i>	<i>Dosis Variable</i>	<i>Dosis Fija</i>
1	123,5	130,3
2	132,3	131
<i>Promedio</i>	<i>127,9</i>	<i>130,6</i>

Aclaración: Se eliminaron los datos de una repetición por error durante la cosecha.

**Sitio C (media = 134.75 qq/ha)**

<i>Repetición</i>	<i>Dosis Variable</i>	<i>Dosis Fija</i>
1	141,4	135,4
2	133,1	130,5
3	136	132,3
<i>Promedio</i>	<i>136,8</i>	<i>132,7</i>

**Sitio B (media = 140,4 qq/ha)**

<i>Repetición</i>	<i>Dosis Variable</i>	<i>Dosis Fija</i>
1	139,4	133,8
2	140,7	138
3	146,3	144,3
<i>Promedio</i>	<i>142,1</i>	<i>138,7</i>

**Sitio A (media = 141,03 qq/ha)**

<i>Repetición</i>	<i>Dosis Variable</i>	<i>Dosis Fija</i>
1	131,7	133,9
2	145,4	136,7
3	155,1	152,5
<i>Promedio</i>	<i>144,0</i>	<i>141,03</i>

Como primera conclusión a modo de análisis de tendencias se puede indicar que la variabilidad de los rendimientos de los cultivos anteriores se repite en este ensayo y que los 4 sitios definidos a priori como de mayor y menor potencial de rendimiento fue bien diagnosticado dado que los rendimientos de la dosis fija siguen el mismo patrón establecido como diagnóstico:

<i>Sitios de distinto potencial de rendimiento</i>	<i>Rendimientos de los sitios de maíz año 98/99 en qq/ha</i>	<i>Rendimientos de los sitios de maíz año 00/01 en dosis fija en qq/ha</i>
--	--	--

A	+ 120	141
B	105 - 120	138.7
C	90 - 105	132.7
D	- 90	130.6

### **Resultados económicos**

#### **Ensayo n°1**

Dosis	Rendimiento qq/ha	Ingreso en chacra \$/ha	Variación del ingreso \$/ha
Fija	132,30	545,74	
Variable	134,70	555,64	9,90

#### **Ensayo n° 2**

Dosis	Rendimiento qq/ha	Ingreso en chacra \$/ha	Variación del ingreso \$/ha
Fija	131,0	540,38	
Variable	130,8	539,55	-0,83

#### **Ensayo n° 3, promedio de la franja**

Dosis	Rendimiento qq/ha	Ingreso en chacra \$/ha	Variación del costo \$/ha	Variación del ingreso \$/ha	Diferencia marginal \$/ha
Fija	136,5	563,06			
Variable	140	577,5	12,82	14,44	1,62

#### **Ensayo n° 3 Sitio D**

Dosis	Rendimiento qq/ha	Ingreso en chacra \$/ha	Variación del costo \$/ha	Variación del ingreso \$/ha	Diferencia marginal \$/ha
Fija	130,6	538,73			
Variable	127,9	527,59	-26,82	-11,14	15,68

**Ensayo n° 3 Sitio C**

Dosis	Rendimiento qq/ha	Ingreso en chacra \$/ha	Variación del costo \$/ha	Variación del ingreso \$/ha	Diferencia marginal \$/ha
Fija	132,7	547,39			
Variable	136,8	564,42	2,22	17,04	14,82

**Ensayo n° 3 Sitio B**

Dosis	Rendimiento qq/ha	Ingreso en chacra \$/ha	Variación del costo \$/ha	Variación del ingreso \$/ha	Diferencia marginal \$/ha
Fija	138,7	572,14			
Variable	142,1	586,29	27,45	14,15	-13,30

**Ensayo n° 3 Sitio A**

Dosis	Rendimiento qq/ha	Ingreso en chacra \$/ha	Variación del costo \$/ha	Variación del ingreso \$/ha	Diferencia marginal \$/ha
Fija	141,03	581,75			
Variable	144,07	594,29	49	12,54	-36,46

Resultados económicos ensayo exploratorio

Dosis	Rendimiento	Ingreso en	Variación	Variación del	Diferencia
-------	-------------	------------	-----------	---------------	------------

	qq/ha	chacra \$/ha	del costo \$/ha	ingreso \$/ha	marginal \$/ha
Mínima	153,7	634,01			
Máxima	154,5	637,31	41,05	3,30	-37,75

Los datos utilizados fueron:

Precio pizarra del maíz: 75 \$/ ton; Descuentos: 27 \$/ ton; Costo de cosecha: 9%

Precio de semilla: 92 \$/ bolsa (80.000 semillas); Precio FDA: 330 \$/ ton;

Precio fertilizante mezcla: 280,05 \$/ ton; Precio de la urea: 275 \$/ton

Todos los restantes factores fueron considerados constantes por tener el mismo costo en dosis variable que en dosis fija, por ejemplo: herbicidas, insecticidas, aplicaciones, siembra, riego, refertilización, etc.

No se tuvo en cuenta el costo de la siembra variable, que si bien no presenta un incremento en el costo operativo de la siembra si influye la inversión y amortización del equipamiento utilizado.

Si bien el análisis económico resulta importante realizarlo a nivel de lote, se debe tener presente también el valor agregado de la información obtenida en un lote con ensayos exploratorios como los realizados, resultados que pueden ser valiosos para el diseño de ensayos futuros y para ser extrapolados a otros círculos de riego del mismo campo que presente características de suelo similares, posibilitando una dilución de los costos que significa el lucro cesante del tiempo invertido en captar información georeferenciada, analizarla y ejecutar el diagnóstico de aplicación variable de insumos. Para futuros ensayos hay que seguir ajustando la tecnología con el objetivo de mejorar los resultados económicos.

### ***Análisis de resultados***

#### Ensayo 1

Dosis variable versus dosis constante de fertilizante (N + S + Boro al costado y FDA en la línea), indica una diferencia a favor de DV de 240 kg/ha con una cierta consistencia en los resultados ya que en 2 repeticiones la DV fue superior y en 1 repetición no hubo diferencias). El análisis económico indica un incremento del ingreso de 9,9 \$/ha a favor de la DV.

#### Ensayo 2

Dosis variable versus dosis fija de fertilizante (N al costado y FDA en la línea), las diferencias fueron de 20 kg/ha a favor de la dosis fija. El análisis económico promedio indica una diferencia negativa de 0,83 \$/ha en el ingreso en chacra debido al menor rendimiento de la DV frente a la DF.

La escasa diferencia en los rendimientos es explicable dado que 2 factores tan importantes para el rendimiento, como lo son el agua y el nitrógeno, no fueron limitantes dado que se aplicaron 160 mm como riego complementario y 190 kg/ha de N como UAN en forma uniforme en todo el lote.

De estos 2 ensayos se puede inferir como tendencia una respuesta sitio específica al agregado de S y Boro en los sitios de alto rendimiento.

### Ensayo 3

Dosis de fertilizante (N + S + Boro al costado y FDA en la línea) y densidad de semilla variables sitio específico versus dosis fija. Se puede observar un efecto aditivo en la respuesta a los dos factores, logrando un incremento promedio en el rendimiento a favor de la dosis variable de 350 kg/ha teniendo una consistencia en los resultados ya que se repite en las 3 parcelas la diferencia, además las diferencias mayores en el rendimiento se debieron a la aplicación de altos insumos (semilla y fertilizante) en los ambientes de muy alto potencial de rendimiento. El análisis económico utilizando los datos promedio de la franja arroja un beneficio de 1,62 \$/ha a favor de la aplicación variable de insumos.

De los resultados también se podría inferir que el límite inferior de fertilización y densidad para ambientes de baja fertilidad (D) está por encima de la densidad de 82.800 semillas/ha, 50 kg/ha de FDA y 92 kg/ha de Urea, dado que el rendimiento decrece marcando el límite agronómico inferior. En cambio el análisis económico indica un beneficio por la reducción de insumos de 15,68 \$/ha en esos ambientes.

También parece que el salto de densidad a 126.000 semillas/ha y de fertilizante máximo no sigue incrementando en forma importante el rendimiento, factor que solo convendría seguir experimentándolo para monitorear el techo de respuesta agronómico de esos insumos como dato exploratorio dado que en el análisis económico resulta negativo en 36,46 \$/ha.

Otra tendencia que muestran los resultados sería que la variación sitio específica de la densidad de siembra es el factor de mayor incidencia al compararlo con las pequeñas variaciones del fertilizante aplicado a la siembra en forma sitio específica.

### Ensayo exploratorio N° 4:

En este ensayo se realizaron franjas donde se aplicaron altos insumos (semilla y fertilizante) versus otras donde se aplicaron menores dosis de fertilizante arrancador y densidad semilla, cruzando diferentes ambientes, buscando diferencias de respuesta sitio específica para un análisis agronómico y económico.

El promedio de las 6 franjas indica que las densidad máxima de semilla y fertilizante evaluadas responde en promedio solo con 80 kg/ha de rendimiento lo que estaría indicando un techo agronómico de densidad y fertilizante arrancador ,

90.000 semillas/ha, 60 kg/ha de FDA en la línea y 106 kg/ha de urea al costado, más 192 kg/ha de N como UAN en fertirrigación.

### *Resumen de las tendencias agronómicas de los 3 ensayos*

1. La siembra con semilla y fertilizante sitio específica es posible y entrega una buena cantidad de información en la medida que se cuente con datos agronómicos e información sitio específica de la variabilidad potencial de rendimiento.
2. De los dos ensayos evaluados donde la densidad fue constante y se varió el N al costado y el arrancador en la línea, indica que habría una respuesta mayor cuando el fertilizante posee S y Boro en la mezcla, dato que alienta a seguir experimentando la respuesta sitio específica con mezclas de esos elementos.
3. Al comparar el ensayo 3 donde se aplicó fertilizante sitio específico y densidad variable versus el fertilizante y densidad constante, se observa que la densidad variable tuvo mayor respuesta que el fertilizante variable, resultado esperado dado las características de aplicación del agua y el nitrógeno con fertiriego constante enmascaró las respuestas de pequeñas variaciones de fertilización.
4. Los 4 sitios de potencial de rendimiento definidos según mapas anteriores estuvieron bien aislados dado que los resultados de este ensayo lo corroboran.
5. Otro dato interesante de la comparación entre ensayos fue la respuesta al cambio de la genética, el Titanium F1 MG presentó un rendimiento superior, en el sitio A y B, al DK 696 MG de 1.380 kg/ha lo que representa un 9,07 % de incremento en el rendimiento.

### ***El trabajo a campo fue realizado por:***

Ing. Agr. M.Sc. Mario Bragachini, Ings. Agrs. Axel von Martini, Andrés Méndez, José Monchamp y pasantes de la UNC: Santiago Martín y Mario Tula. Proyecto Agricultura de Precisión de INTA Manfredi.

Sr. Ferreyra e hijos encargados del campo EL PARAÍSO de Barrilli – Borleto.

### ***Recomendación de ensayos de fertilización:***

Ing. Agr. Pedro Salas y Geólogo Edgar Lovera INTA Manfredi.  
Dr. Fernando García INPOFOS.  
Ing. Agr. José María Borleto AAPRESID.

### ***Análisis económico***

Lic. Javier Granda INTA Manfredi.

### ***Agradecimientos:***

Agrometal, Tecnocampo, D&E, Barrilli – Borleto, Mainero.

Toda la información de los avances en el conocimiento sobre Agricultura de Precisión se pueden obtener visitando la página web <http://www.agriculturadeprecision.org/> que también se puede acceder a través del portal <http://www.elsitioagricola.com/>, donde existen 280 páginas de contenido desarrollado por el Proyecto Agricultura de Precisión de INTA con sede en Manfredi, [agprecision@correo.inta.gov.ar](mailto:agprecision@correo.inta.gov.ar).

---

### ***Monitoreo de rendimiento***

La Agricultura de Precisión es un conjunto de actividades que incluyen la recolección y análisis de datos, lo que permite tomar decisiones económicas y ambientales apropiadas para la producción de cultivos. La metodología de recolección de datos por excelencia es el monitoreo de rendimiento

El monitoreo de rendimiento incluye la medición de la porción cosechada de un cultivo en el espacio y el tiempo, y la síntesis de esas medidas en forma de mapa gráfico. El monitoreo de rendimiento abarca la adquisición, análisis y síntesis de datos de rendimiento de los cultivos y su ubicación dentro de los lotes, y ha sido posible gracias al advenimiento de sensores apropiados, sistemas de posicionamiento precisos, y avances en la tecnología de las computadoras

Para determinar el rendimiento instantáneo de los cultivos, se deben conocer tres cosas: el flujo de grano a través del sistema de grano limpio de la cosechadora, la velocidad de avance de la cosechadora, y el ancho de corte del cabezal. El flujo de grano es medido en la cosechadora cerca de la tolva de grano. El flujo es medido en unidades de volumen o masa por unidad de tiempo. La velocidad de avance puede ser medida en un número diferente de maneras, y tiene unidades de distancia por unidad de tiempo. El ancho de corte puede ser medido (en metros o número de surcos), pero es frecuentemente manejado por el operario de la cosechadora. Si la velocidad de avance y el ancho de corte son conocidos, el área cosechada por unidad de tiempo puede ser calculada. Si el peso o el volumen de grano cosechado por unidad de tiempo y el área cosechada por unidad de tiempo son conocidos, luego el rendimiento puede ser determinado.

El producto final es usualmente **un mapa de rendimiento, que se define como la representación gráfica de una serie de datos geoposicionados de rendimiento y humedad de granos obtenidos mediante una cosechadora equipada con un monitor de rendimiento y un receptor DGPS.**

**Dentro de un lote se espera tener variación de rendimiento, pero hasta el reciente desarrollo del manejo de sitio específico, los productores aceptaban esta variabilidad sin posibilidad de manejarla.** Con los mapas de rendimiento es posible identificar áreas dentro de un lote donde los rendimientos



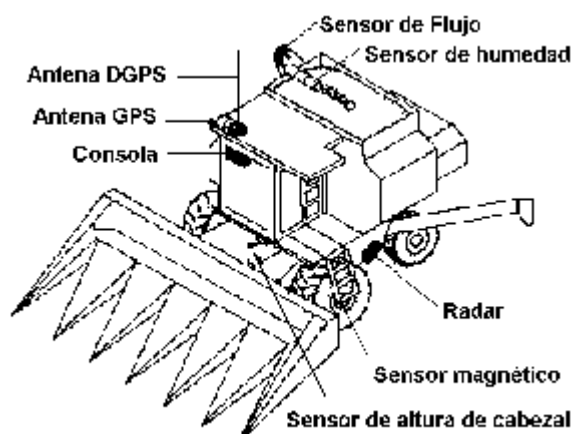
pueden ser mejorados o donde es necesario ajustar los insumos para optimizar la rentabilidad y minimizar la contaminación. Debido a que el rendimiento de los cultivos es la base para la recomendación de insumos y un determinante de la rentabilidad, el monitoreo de rendimiento es esencial para el éxito del manejo de sitio específico.

En el caso de tener algún **lote de escasa variabilidad**, demostrada por mapas de rendimiento anteriores, **se lo puede utilizar para comparar** distintos factores de manejo que inciden en el rendimiento, por ejemplo **fecha de siembra, espaciamiento entre hileras, densidad de siembra, híbridos o variedades, dosis de fertilizantes, tipos, localización, momentos, etc.**

Mediante el monitoreo de rendimiento se puede evaluar este tipo de ensayos en el gran cultivo, con la ventaja de tener resultados representativos ya que se obtienen en el mismo ambiente.

Existen metodologías sencillas y prácticas para planificar la siembra de ensayos en el gran cultivo con evaluación detallada a través del mapa de rendimiento, extrayendo conclusiones de respuesta sitio específica que permiten ajustar diagnósticos de futuras aplicaciones de insumos en forma fija o variable, de acuerdo a los resultados agronómicos y económicos.

1. Sensor de flujo de grano.
2. Sensor de humedad del grano.
3. Sensor de velocidad de avance.
4. Switch de posición del cabezal.
5. Consola del monitor.
6. Receptor DGPS.



*Fig. 3: Representación esquemática de los componentes de un monitor de rendimiento con posicionamiento satelital y su ubicación en la cosechadora.*

*Evolución, Presente y Futuro de la Agricultura de Precisión en Argentina 1996/2001*

La agricultura de precisión en Argentina comenzó en el año 1996 en el INTA Manfredi Pcia. de Córdoba con la realización de los primeros mapas de rendimientos realizados con señal correctora de muy reducido alcance.

Desde allí tuvo la siguiente evolución:

<b>Equipamiento</b>	<b>1997 unidad</b>	<b>1998 unidad</b>	<b>1999 unidad</b>	<b>2000 unidad</b>	<b>2001 unidad</b>
Monitores de rendimiento	50	200	300	450	560 *

Receptor GPS para monitores de rendimiento	25	75	155	270	400
Aplicador para siembra y fertilización variable	3	4	5	6	10
Banderillero satelital	35	70	170	360	600
Sensor remoto para aplicación variable de nitrógeno Hydro	0	0	2	2	4
<b>Origen de los equipos</b>	<b>92% EE.UU, 5% Europa y 3% Argentina</b>				

*Fuente INTA Manfredi 2001.*

Los 400 monitores de rendimiento con GPS representan un potencial para realizar monitoreo de rendimiento del orden del 4% del área cosechable anualmente.

\*Aclaración: Los datos del 2001 son estimados en función de la evolución de las ventas y las perspectivas que se observan estando frente a un mercado de venta de cosechadoras, a un nivel del 55% del promedio del último quinquenio. Como parámetro de adopción en el mundo de la agricultura de precisión siempre se utiliza la cantidad de monitores de rendimiento que posee y los datos indican que Argentina es líder en Sudamérica pero resulta preocupante la comparación con países como Australia, que si bien es un país desarrollado presenta similitudes con Argentina en niveles de adopción de tecnología.

*Panorama mundial sobre el uso del monitor de rendimiento*

<b>País</b>	<b>Nº de monitores</b>	<b>Año</b>	<b>% del área monitoreada</b>
<i>EE.UU</i>	25.000	1998	18
<i>Gran Bretaña</i>	400	2000	
<i>Dinamarca</i>	400	2000	
<i>Suecia</i>	150	2000	
<i>Francia</i>	50	2000	
<i>Holanda</i>	6	2000	
<i>Bélgica</i>	5	2000	
<i>Alemania</i>	500	1998	
<i>Australia</i>	800	2000	
<i>Sudáfrica</i>	15	2000	
<b>Cono Sur</b>			
<i>Argentina</i>	420	2000	3

<i>Brasil</i>	83	2000	
<i>Uruguay</i>	15	2000	
<i>Chile</i>	4	2000	

*Fuente: Stafford 2000, Lowenberg DeBoer 2000 e INTA Manfredi 2000.*

Paralelamente se están adoptando software para realizar mapas de rendimiento como: Ag Leader (Precision Map), Case (Agri Logic Instant Yield Map), John Deere (Green Star JD Map), RDS (Precision Farming) o bien los de Agco y Claas.

El software más utilizado en Argentina es el Farm Works porque permite mayor prestación que solo la confección del mapa de rendimiento, pudiendo realizar otros trabajos en agricultura de precisión como por ejemplo la realización de mapas de suelo, prescripciones de siembra y fertilización variable, mediciones, etc. Dentro de los programas de sistemas de información geográfica GIS más potente, el más utilizado es el Arc View pero no de uso masivo. Se espera un gran avance tecnológico en la adopción de sensores remotos de uso agrícola, ya sea imágenes satelitales, sensores de índice verde de los cultivos, sensores de suelo en tiempo real, etc. Por otro lado el uso de fotografía aérea común y, con mayor grado de sofisticación georreferenciadas, presentan un gran futuro en nuestro país.

Las cosechadoras en un futuro cercano tendrán la posibilidad de ser equipadas con sensores de calidad de grano (%proteína, %grasa y %humedad) para contribuir a la diferenciación de calidad a nivel de lote (trazabilidad a nivel de lote).