

Evaluación de respuesta de diferentes densidad de siembra de trigo sobre maíz bajo riego en siembra directa continua

AGRICULTURA DE PRECISIÓN
TRIGO BAJO RIEGO ZONA CENTRO DE CORDOBA

**Secretaría de Agricultura Pesca y Alimentación,
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,
Estación Experimental Agropecuaria Manfredi**

*Ing. Agr. M.Sc Mario Bragachini - Coordinador Proyecto Agricultura de Precisión,
Ings. Agrs. Axel von Martini y Andrés Méndez - Investigadores del Proyecto
Agricultura de Precisión,
INTA Manfredi*

Introducción

Componentes de rendimiento en el cultivo del trigo: Para analizar el rendimiento potencial del trigo se divide el ciclo del cultivo en tres etapas.

Desarrollo vegetativo:

Esta etapa culmina en el momento que empiezan a crecer las espigas, siendo el factor mas importante la generación del área foliar. El cultivo debería llegar al final de este periodo con una intercepción del 90% o mas de la radiación recibida. Para lograr esto se debería manejar bien la densidad, el espaciamento entre hileras y la fecha de siembra, como así también el cultivar a sembrar.

La distribución espacial óptima de las plantas será aquella que determine que al inicio del periodo de crecimiento de las espigas el cultivo logre la cobertura total del suelo y capte toda la radiación recibida, pero para que ello ocurra también depende en gran medida de la fecha de siembra, ya que en fechas tardías la etapa de macollaje se acorta, con lo que se vería afectada la cobertura deseada.

Para compensar este problema se deberían utilizar mayores densidades de semilla/m² a medida que nos alejamos de la fecha determinada para el cultivar elegido, la cual dependerá de la fecha optima de floración que será la mas temprana posible compatible con heladas y eventuales sequías.

Entonces la meta a cumplir es que el cultivo cierre el surco cuando empiezan a crecer las espigas, pero tampoco es deseable que lo cubra con mucha anticipación para evitar consumos de agua innecesarios o problemas de vuelco.

Crecimiento de las espigas.

En esta etapa se va a definir el numero de granos. El rendimiento en granos de un cultivo de trigo puede expresarse como el producto de dos componentes: El N° de granos/m² y el peso del grano. El N° de granos/m² se define alrededor de anthesis (20 días antes y siete días después) y el peso del grano se define durante el periodo de llenado.

La determinación del rendimiento potencial se apoyaría en la idea en que el suministro de fotosintatos a las flores generadas determinan su supervivencia y en consecuencia el N° de granos/m². *Lo importante aquí es que el valor del peso seco por unidad de superficie sea alto.*

Es importante el momento en que se realizan las mediciones, que debería ser una semana después de floración ya que el ambiente puede modificar el N° de granos hasta siete días después de antesis. Esto se debe a que el peso seco de las espigas en ese momento es producto de su tasa de crecimiento (acumulación de MS/m²/día) y la duración en días del periodo de crecimiento de las espigas, que sería entre 27 y 30 días. Unos 20 días antes de antesis empieza a crecer las espigas y al momento de producirse esto, solo contamos con el 5% del peso final, definiéndose el 95% restante siete días después de antesis lo que estaría marcando el punto crítico del cultivo de trigo.

Los factores que influyen sobre la duración de este periodo son básicamente la temperatura y el fotoperiodo. A mayor temperatura se acorta el periodo y con mayor fotoperiodo el desarrollo se acelera y es de esperar que este periodo se acorte dando lugar a un menor peso seco de las espigas y N° de granos.

Otros factores que también son importantes de mencionar son:

La deficiencia de agua y nutrientes.

En general cuando ocurren estas deficiencias, por lo menos de nitrógeno, la floración tiende a adelantarse, sin embargo no es un efecto significativo (4 días a lo sumo) lo que si es un problema es que el cultivo no genera suficiente área foliar para captar la radiación disponible, disminuye la eficiencia de conversión lo que trae como consecuencia una menor tasa de crecimiento y peso seco de las espigas y un menor N° de granos. Esto es de fundamental importancia en este periodo pero sobre todo en los siete días posteriores a antesis en donde un estrés puede incidir significativamente sobre el rendimiento.

Llenado de granos:

Las altas temperaturas pueden acortar el periodo de llenado de granos y disminuir su peso potencial, en definitiva, cuando tengamos temperaturas mas bajas durante esta etapa, vamos a tener un mayor peso de granos.

En síntesis podemos decir que el N° de granos/m² es el componente de rendimiento mas comprometido en situaciones productivas del cultivo de trigo en secano en zonas semiáridas, de allí la necesidad de la estrategia del riego complementario, como herramienta para lograr altas producciones.

Agricultura de Precisión

La tecnología de la información georeferenciada de uso agropecuario llamada A. de P. constituye un importante aporte a la experimentación adaptativa, a la vez

que representa una eficiente alternativa para evaluar la influencia de factores de rendimiento físico y económico de los cultivos.

Dentro de ese esquema de planteo de trabajo el Proyecto Agricultura de Precisión en forma conjunta con el Ing. Agr. José María Borleto Presidente de la Regional Centro Norte de Cba. de AAPRESID y en el campo El Paraíso de Pilar Cba., se realizó un ensayo para evaluar la respuesta a diferentes densidades de siembra de trigo sobre maíz en SD continua para ser evaluados con monitor de rendimiento satelital.

Evaluación del comportamiento de 3 densidades en trigo

En una franja del lote y cruzando la variabilidad, se realizaron ensayos de densidad de siembra donde se probaron 100 kg/ha y 180 kg/ha comparadas con 140 kg/ha que fue la densidad usada en todo el lote.

La metodología para eliminar el efecto ambiente sobre las franjas fue evaluar la densidad máxima y mínima en dos repeticiones y a estas compararlas con 2 testigos apareados, o sea siempre se extrajo el resultado por diferencia relativa de los 2 testigos apareados (ubicados a ambos lados de los tratamientos).

Objetivo

Comprobar en un ensayo en el gran cultivo la eficiencia de siembra con 3 densidades 100 – 140 y 180 kg/ha de semilla, utilizando toda la maquinaria normal, observando los componentes de rendimiento de trigo genética francesa, en situaciones de riego, siembra directa con muy abundante rastrojo de maíz en superficie.

Datos del ensayo

Fecha de siembra: 22/05/01
Fecha de cosecha: 29/12/01
Lugar del ensayo: "El Paraíso", Barrilli – Borletto SH, Pilar, Cba.
Sistema de implantación: siembra directa.
Cultivo antecesor: maíz de 15.000 kg/ha de rendimiento promedio.
Valores de rastrojo muestreados en ese sector del lote

Maíz Titanium F1 Mg	
Promedio de 10 repeticiones	12.240 Kg/ha

Cobertura de rastrojo: **92 % (al 2 Agosto del 2001)**
Valores máximos de rastrojo: **19040 Kg/ha**, valores mínimos: **5760 Kg/ha**

ACLARACIÓN: El rastrojo evaluado fue el 96% de Maíz y el 4% restante fue de los cultivos antecesores soja y trigo.

Riego: pivot central T-L de 400 m de largo, movimiento hidráulico.
Cultivar: Trigo Pan, variedad Baguette 10
Peso 1.000 semillas: 32,3 grs.

Densidad de siembra del lote: 140 kg/ha (utilizada como testigo apareado).

Aclaración: la densidad de siembra aconsejada por NIDERA para el Baguette 10 es, 250/280 pl/m² en fecha de siembra ideal, 300/320 pl/m² siembra tardía para lograr 600 espigas/m² en seco y 800 espigas/m² en riego.

Fertilización del lote: 166 kg/ha de mezcla (línea) y 100 kg/ha de urea (entre líneas) + 400 kg/ha de UAN (total unidades de nitrógeno/ha 203,9).

Curasemilla: Ritidam Carb (Carbendazim + Thiran).

Control de Roya y Fusarium: Producto Duett (2 aplicaciones, dosis de marbete), pulverizadora terrestre.

Fertilidad del sitio del ensayo:

	P (ppm)	Nt (%)	M.O (%)	NO3 (ppm)	C. Org.
Promedio de 3 muestras compuestas	20	0.13	2.3	58.3	1.4

Promedio de H₂O útil inicial a 1,6 m: 251 mm (tener en cuenta que capacidad de campo es 249 mm).

Sembradora utilizada: Agrometal MX 23 cuerpos a 21 cm con doble fertilización.

Características:

Tren de fertilización doble.

Tren de siembra: Cuchilla turbo de corte y remoción con resorte.

Doble disco plantador, lengüeta apretadora de semilla y doble ruedas tapadoras con banda angular de caucho que copian el terreno y regulan la profundidad de siembra. Caño de bajada del fertilizante por delante de la semilla (mezcla).

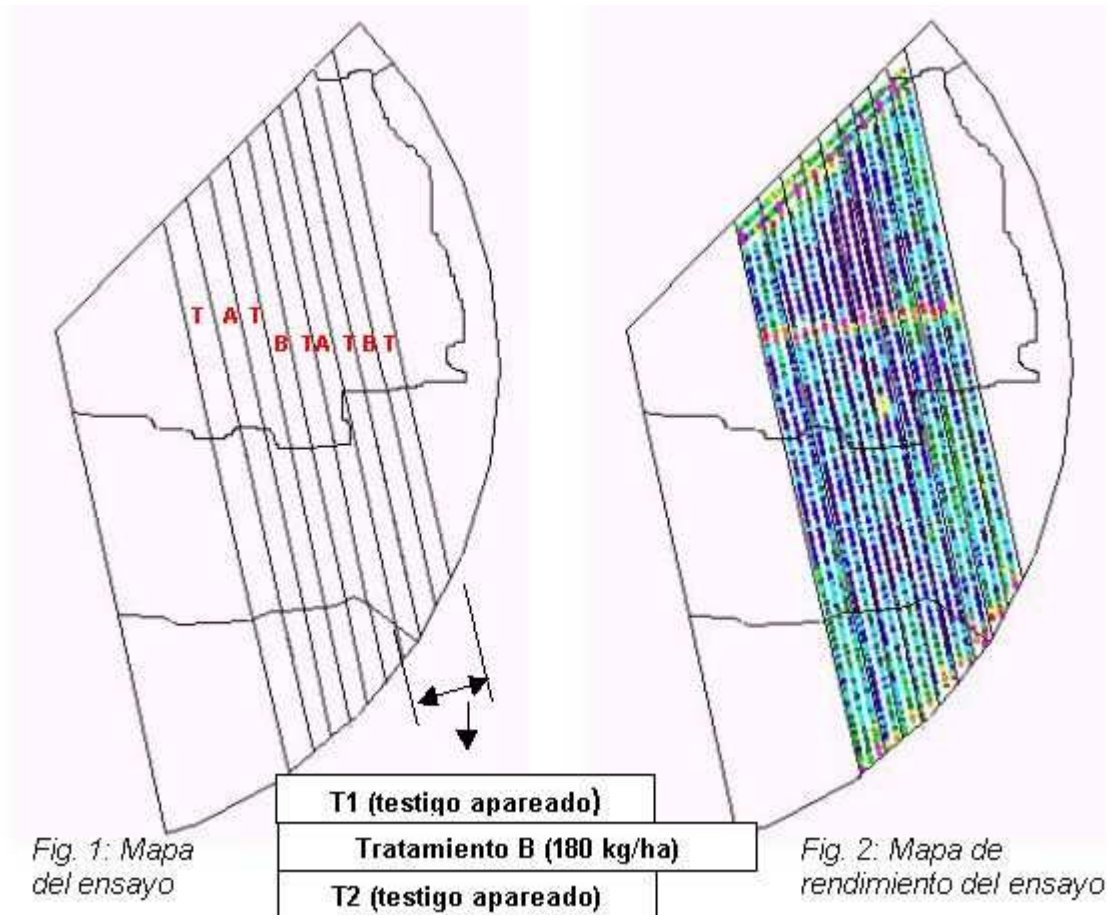
Incorporación del fertilizante entre líneas (UREA): Tren doble disco desiguales, uno de ellos muescado para incorporar fertilizante nitrogenado entre línea a (42 cm o sea 10,5 a cada lado de las líneas de siembra), doble rueda angular de goma tapadora y limitadora de profundidad.

Ensayo densidad de siembra

Diseño: testigo apareado con 3 tratamientos y 2 repeticiones.

Tamaño de parcelas: 2 vueltas de sembradora (19,32 m) cruzando el largo del lote. La cosecha se realizó con cosechadora John Deere STS 9750, con sistema Green Star; el ancho de cosecha por tratamiento fue de 9,13 m "cabezal lleno", lo que significa 0.41 ha = 2.250 kg por parcela (área mínima para obtener precisión de pesada con el monitor de rendimiento).

Características de la cama de siembra: rastrojo de maíz de 12.240 kg/ha de M. S con 96% de cobertura del maíz antecesor.



Es pertinente aclarar que no se observaron diferencias de comportamiento de los tratamientos en forma sitio específica, por lo que se analizó el promedio de la tirada de cada tratamiento.

Tratamientos: 100, 140 y 180 kg/ha de semilla. Como testigo se utilizó la densidad correspondiente al lote (140 kg/ha).

Referencia

Esquema de georeferenciación de los tratamientos de densidad de siembra que fueron los siguientes:

A(100 kg/ha), B(180 kg/ha), T(140 Kg/ha).

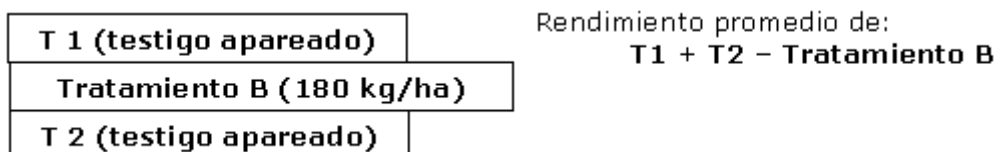
T: testigo apareado.

A y B: tratamientos .

Metodología de análisis de resultados

Diferencias relativas por ambiente entre el promedio de los T (testigo) a ambos lados de (A o B) versus el tratamiento a analizar (A o B).

Ejemplo:



Determinaciones y evaluaciones

Del suelo:

En 13 puntos previamente seleccionados en el software Farm Works se determinó un muestreo dirigido por GPS. Dichos 13 puntos estuvieron ubicados en sitios previamente seleccionados (según homogeneidad de rendimientos del cultivo antecesor).

El muestreo se realizó a la siembra de 0-20 y 20-40 cm de profundidad para materia orgánica, carbono orgánico, nitratos, nitrógeno de nitratos, nitrógeno total, fósforo y de 160 cm para agua útil (gravimetría).

Del cultivo:

- Evaluación de implantación del cultivo (nº de plantas/m²).
- Evaluación de componentes del rendimiento (nº de espigas/m² y peso de los granos).

Condiciones de siembra

Trigo Baguette 10 sembrado sobre rastrojo de maíz de 15.000 kg/ha de rendimiento con 12.240 kg/ha de MS de rastrojo, en condiciones bajo riego, con una fertilización en la línea de 166 kg/ha de mezcla (N18, P15, S6) preparada por la firma Hydro Argentina SA, 100 kg/ha de urea entre líneas a la siembra y 400 kg/ha de UAN fertirrigado en dos aplicaciones.

Aclaración: el nitrógeno aportado como fertirriego fue aplicado como UAN con 7 mm de lámina y entre la siembra y la emergencia total se aplicaron 200 kg/ha, los restantes 200 kg/ha fueron aplicados en el momento oportuno y de acuerdo a la evolución del cultivo (pleno macollaje).

Tratamiento	En la línea			Entre línea	Fertirriego	N total
	N	P	S	N	N teórico	N teórico

Testigo (140 kg/ha de semilla)	29.9	24.9	9.96	46	128	203.9
--------------------------------	------	------	------	----	-----	-------

Agua inicial fue de 251 mm medida a 1,60 m.

Peso de 1000 semillas : **32.3 gr.** Poder germinativo: **90 %.**

Es pertinente aclarar también que el trigo del ensayo a consecuencia de la excesiva cobertura de suelo 92% (12.240 kg/ha) y frente a la ocurrencia de una fuerte helada, fue afectado en un 70% su área foliar. Las heladas ocurrieron durante los días 19 al 23 de junio (5 días intensos de baja temperatura, entre - 2.8° C y -6° C) no llegando a afectar el meristema de crecimiento, por lo que no produjo mortandad de plantas, pero sí un retraso en el crecimiento vegetativo normal.

La abundante cobertura reduce significativamente la temperatura del suelo al evitar que los rayos solares incidan durante el día, esto provoca una menor irradiación nocturna, favoreciendo el congelamiento de la parte aérea del trigo en las zonas con mayor acumulación de residuos.

Las muy pocas plantas que no soportaron la helada y murieron, por efecto del abundante rastrojo acumulado fue por una escasa profundización de la semilla, quedando la planta con su ápice de crecimiento muy expuesto. De allí la importancia de la buena distribución de residuos y del eficiente trabajo del tren de siembra que debe colocar la semilla siempre por debajo de 4 cm del suelo.

Balance hídrico hasta 1,60 m de profundidad

Agua útil inicial: 251 mm

Agua útil final: 133 mm

Agua útil de riego y de lluvia se detalla a continuación:

Agua de riego		Agua de lluvia	
Fecha	mm	Fecha	Mm
Junio	70	Junio	8
Agosto	40	Agosto	13
Setiembre	12	Setiembre	58
Octubre	36	Octubre	93.3
Total	158	Total	172.3

Agua consumida: **A. inicial + A. de riego + A. de lluvia - A. final**

Agua consumida: 251 mm + 158 mm + 172.3 mm - 133 mm = **448.3 mm**

Eficiencia de uso del agua (EUA): rendimiento del cultivo/agua útil durante el ciclo.

EUA: 5821 kg/ha de grano / 448.3 mm: 12.98 kg/ha de grano por mm de agua.

Aclaración: este es el rendimiento promedio de la densidad de siembra testigo 140 kg/ha.

Los resultados extraídos del análisis del mapa de rendimiento del ensayo son expresados como diferencia promedio de ambos testigos apareados de cada una de las dos repeticiones.

DENSIDAD DE SIEMBRA Kg/ha	SEMILLAS VIABLES por m ²	PLÁNTULAS EMERGIDAS por m ² (21 días)	EFICIENCIA DE EMERGENCIA % ptas/m ²	Rendimiento (%)
100	278.6	186	66.75	101.2
140 Testigo	390	246	63	100
180	501.6	346	68.98	94.3

El rendimiento promedio del testigo (140 kg/ha) fue de 5.821 kg/ha seco.

Como indican los resultados aún con un tren de siembra muy eficiente (cuchilla turbo, doble disco y ruedas doble tapadoras) las pérdidas de semilla (promedio del 33.75%), fueron importantes debido a que la falta de reacción del suelo, provoca un corte de la cuchilla ineficiente, dado que ésta falta de reacción provoca que uno de los lados de la tijera de corte (cuchilla/suelo) ocasiona enterramiento de rastrojo, quedando las semillas sobre el rastrojo sin entrar en contacto directo con el suelo, provocando emergencia de plantas de manera irregular a lo largo de la línea de siembra. Esto ocurre normalmente por el abundante rastrojo duro (maíz Titanium Bt) para el corte, sobre un suelo flojo debido a la actividad biológica de varios años de siembra directa y a la excesiva humedad (capacidad de campo) en el momento de la siembra.

Densidad de siembra kg/ha	Cantidad de espigas/m ²	Nº granos/ espigas	Nº de macollos/ planta	Peso 1000 semillas (grs)	Peso hectolítrico	Rendimiento promedio kg/ha
100	583	27.75	3.13	36.4	76.78	5.890
140	576	27.35	2.34	36.5	76.42	5.821
180	575	26.44	1.66	36.1	77.25	5.489

Los resultados no indican diferencias importantes en el peso hectolítrico, ni tampoco en el peso de 1000 semillas, solo indica una leve diferencia en el nº de espigas/m², por un importante incremento en el nº de macollos/planta de la densidad más baja, la caída de rendimiento en 5,7% con la densidad más alta se explica por la sumatoria de varios componentes de rendimiento en forma aditiva, una menor cantidad de espigas, un menor peso por grano y una menor cantidad de granos/espiga (espiguillas /espiga).

Análisis económico de las diferentes densidades.

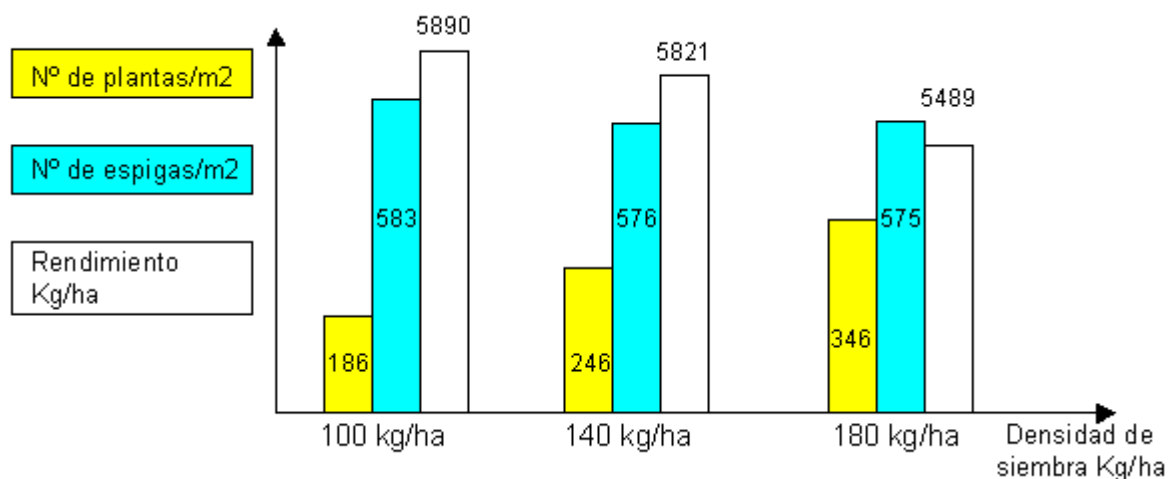
Tratamiento	Dosis semilla kg/ha	Rendimiento kg/ha	Diferencia kg/ha	Diferencia de ingreso bruto \$/ha	Incremento del costo de la semilla \$/ha	Beneficio relativo \$/ha
1	100	5.890				-
2	140	5.821	-69	-5,80	13,44	-19,24
3	180	5.489	-401	-33,68	26,88	-60,56

***Precio:** 102 \$/ton de trigo, descuentos 18 \$/ton y costo de la semilla 336 \$/ton.

Es evidente que el resultado económico frente a las densidades más elevadas, es afectado por un mayor costo inicial en semilla y a un menor rendimiento.

Esto puede llevarnos a suponer algunas causas como por ejemplo el efecto de la competencia de plantas interespecífica o bien un menor efecto de control de roya por el fungicida frente a un cultivo más denso, lo que dificultó la penetración durante la aplicación terrestre.

Gráfico Resumen de Resultados



	100 kg/ha	140 kg/ha	180 kg/ha
Diferencia resultado económico	0	- 19.24 \$/ha	- 60.56 \$/ha

Conclusiones

Los resultados indican que frente a una situación de cultivo como la ocurrida en el centro de Córdoba en la campaña 2000/01 en la cual se produjeron más precipitaciones que la media, menos días de sol y mayor humedad ambiente

durante el ciclo, la densidad de 100 kg/ha de semilla y 186 plantas/m² logradas para el cultivar Baguette 10 con buena nutrición, bajo riego y en siembra directa continua se comportó con mayor eficiencia que las dos restantes evaluadas (140 y 180 kg/ha). Las diferencias de rendimiento se debieron a que las densidades más bajas favorecieron la cantidad de macollos, compensando y superando la cantidad de granos/m² y con mayor peso por grano.

Esto indicaría solo una tendencia que responde a esta situación particular del año y sistema productivo, pero es un dato para tener en cuenta en futuros ensayos, ya que el insumo semilla (sobre todo cuando es un nuevo cultivar) posee una alta incidencia sobre los costos y nos puede disminuir el resultado económico como en este caso en 19,24 y 60,56 \$/ha para las densidades mayores de 140 y 180 kg/ha respectivamente.

Este tipo de ensayos donde se pueden extraer conclusiones de respuesta física y económica, ayudan y contribuyen de manera significativa a la estrategia de manejo futuro de este tipo de lotes bajo riego con alta carga de insumos.

De este ensayo en el gran cultivo se desprenden también algunas incógnitas a evaluar en planteos futuros; la distribución espacial de las plantas de trigo en distancia entre hileras a 26 cm y a 21 cm como en este caso es la correcta, o bien para llegar a las 800 espigas/m² bajo riego se hace necesario estrechar las hileras a 19 cm, 17,5 cm o 15 cm; ¿es posible sembrar mecánicamente en siembra directa y en forma eficiente trigo sobre abundante rastrojo de maíz a esos distanciamientos? Todas estas incógnitas demandan futuros trabajos, dado que el trigo dejó de ser un cultivo de tecnología media para transformarse al menos bajo riego en la zona de Córdoba, en un cultivo de muy alta tecnología.

Si bien estos resultados reflejan la siembra de trigo sobre maíz, siendo lo más frecuente que el trigo suceda al cultivo de soja, en la zona Centro de Córdoba la secuencia trigo/soja, maíz, o sea 3 cultivos en 2 años está siendo adoptada por muchos productores.

Autores:

- Ing. Agr. M.Sc Mario Bragachini, Coordinador Proyecto Agricultura de Precisión.
- Ings. Agrs. Axel von Martini y Andrés Méndez, Investigadores del Proyecto Agricultura de Precisión.
- INTA Manfredi.

Colaboradores:

- Ing. Agr. Pedro Salas y Geólogo Edgar Lovera, INTA Manfredi.
- Ing. Agr. José María Borleto, AAPRESID Presidente Regional Centro Norte Cba. y Establecimiento "El Paraíso"
- Ing. Agr. Edgardo Newman, Nidera Argentina.
- Ing. Juan Carlos Porello y Sr. Jorge Anaya, Agrometal SAIC.
- Ing. Agr. Ph.D. Fernando García, INPOFOS.
- Ing. Agr. Juan Pablo Giubergia, Riego Complementario, INTA Manfredi.

Para mayor información dirigirse a nuestra página
web: <http://www.agriculturadeprecision.org/>
Mail: agprecision@correo.inta.gov.ar
TE/Fax: 03572 493039