

VARIABILIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DE SEMILLAS DE TRIGO DE UNA SEMBRADORA EN TRES REGÍMENES DE LABRANZA, IMPACTO EN EL ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO

E.L. SOZA¹; D.W. AGNES¹ y F. AGOSTINELLI¹

Recibido: 09/08/10

Aceptado: 29/09/10

RESUMEN

El tránsito de la agricultura tradicional a la siembra directa, en el marco de una producción sustentable; y la incorporación de los sistemas satelitales y cuantificadores electrónicos posibilitaron acceder a información diferencial de los sitios productivos, lo que permite determinar actividades de variable intensidad para obtener la máxima respuesta con un uso más racional de los insumos productivos, principio que sustenta a la agricultura de precisión. En este contexto, la sembradora debe desempeñarse correctamente ante disímiles situaciones de exigencia logrando una alta eficiencia de implantación, tanto en su conjunto como en cada cuerpo sembrador. Esta sucesión de eventos fue generadora del presente trabajo, cuyo objetivo constituye la evaluación de la variabilidad de una máquina sembradora en la implantación de trigo. Para su cumplimiento se cuantificó la uniformidad de profundidad de siembra, el día medio a emergencia, la eficiencia de implantación, macollaje y rendimiento, ante tres situaciones de suelo, dos por mínima labranza y siembra directa. Los resultados muestran una mayor uniformidad y menor profundidad de siembra en siembra directa; más rapidez de la emergencia, mayor macollaje y rendimiento con laboreo previo. Concluyéndose que la mayor capacidad portante del suelo en siembra directa tuvo su correlato en la uniformidad de la profundidad de siembra, que la mínima labranza generó condiciones más favorables para el desarrollo del cultivo reflejándose en un mayor rendimiento y que la variabilidad de los cuerpos sembradores, amerita la continuidad de su evaluación frente a otras situaciones y cultivos, teniendo en cuenta el paradigma de la agricultura de precisión.

Palabras clave. Agricultura de precisión; labranza mínima; siembra directa; trigo.

VARIABILITY OF WHEAT SEEDS DISTRIBUTION BY ONE SEEDER ON THREE TILLAGE SYSTEMS, IMPACT IN THE ESTABLISH AND GROWTH CROP.

SUMMARY

The change of the traditional agricultural to precision agriculture has permitted to access information that electronic systems and satellites can bring. This information can use to delimit zones with inputs similar requirements. This is agreeing with the agriculture system sustainability. In this context the seeders machine has to answer in the different conditions of each zones. And each answer has to achieve acceptable efficiencies of seeding. In this paper evaluated the depth sowing uniformity; emergence average day; tillering and crop yield. The results showed that no-till achieved more uniformity in the sowing depth, but minor value, than achieved in three regimes tillage. In the other hand, the three regimes tillage achieved more emergence rapidly than in the no-till, and greater tillering and yield. We concluded that the soil condition in no-till, more compacted than tilled soil, allows a more uniform planting depth; but the tillage is the responsible for the better implantation and the better yield. The variability in the seeder machine warrants further investigation.

Key words. Precision agriculture; minimum tillage; no-till; wheat.

¹ Cátedra de Maquinaria Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4457 - C1417DSE Buenos Aires. Argentina. *ce: esoza@agro.uba.ar | *tel: +54 (011) 4524 8095

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La siembra directa y la agricultura de precisión, son dos tecnologías que se están difundiendo en los sistemas productivos extensivos. El tránsito de la agricultura tradicional hacia la reducción de labranzas para arribar en la siembra directa, con el objeto de mantener residuos vegetales en superficie; constituye una eficaz herramienta de manejo para el control de los procesos erosivos, al proporcionar una capa protectora a la superficie del suelo (Erenstein, 2002).

La siembra directa puede, pero no siempre, producir similares o mayores rendimientos comparados con los sistemas de labranza convencional (Chen *et al.*, 2002), de la revisión bibliográfica emergen resultados dispares sobre la eficiencia de implantación y la respuesta de los cultivos en términos de rendimiento. Thomas (1994) cita la obtención de mejores rendimientos a favor de la siembra directa, al evaluar la aplicación de fertilizante en maíz en contraste con la siembra convencional. Soza *et al.* (2000) en las secuencia trigo-soja de segunda expresan que la sembradoras de siembra directa alistadas convenientemente permiten obtener tasas de emergencia comparables a la siembra convencional; pero la presencia de impedancia mecánica en el suelo al momento de la implantación, Soza *et al.* (2003) encuentran que la eficiencia de implantación es menor bajo siembra directa con respecto a la siembra convencional; y Buján *et al.* (2006) bajo dos sistemas de labranza convencional y siembra directa, obtienen diferencias significativas en el rendimiento a favor de la labranza convencional, reportando que los sistemas de siembra directa no son efectivos en la acumulación de agua cuando no existe déficit hídrico. Soza *et al.* (2009), en siembra directa de trigo, concluyen que la excesiva cantidad de rastrojo retarda la emergencia; que a partir de la rápida emergencia se compensaron las deficiencias observadas en la implantación, encontrándose la mayor respuesta con la utilización cuchilla lisa, reforzando la importancia del alistamiento del tren de siembra.

La tecnología permite introducir a la producción, el concepto de Agricultura de Precisión (AP), que el National Research Council (1997) define como el manejo estratégico de la tecnología de información mediante datos de múltiples fuentes para la toma de

decisiones en las diversas actividades de la producción agrícola. Su factibilidad surge con el desarrollo y disponibilidad pública de las técnicas de GPS (Global Positioning System), GIS (Geographic Information System) y monitoreo de la productividad de los cultivos, que posibilitan identificar, cuantificar, mapear y analizar la variabilidad con exactitud (Speranza y Bongiovanni, 2007). Tschiedel y Ferreira (2002) fundamentan a la AP como la tecnología que permite obtener conocimiento de las variabilidades halladas entre diferentes áreas y tomar decisiones en base a datos más precisos, para maximizar el lucro y minimizar los daños ambientales, a través de un mayor control sobre las posibles causas en la reducción de la productividad y/o daño ambiental; según Pierce y Nowak (1999) se basa en la aplicación de tecnologías y principios que permitan manejar la variabilidad espacio-temporal asociada a los aspectos de la producción agrícola; refuerza el concepto Blackmore (1996) quien considera que el manejo de la variabilidad es la llave para el uso efectivo de la tecnología de la AP.

Según Hatfield (2000), los factores determinantes que afectan la variabilidad del sistema agrícola, son de tres clases: natural, aleatoria y de manejo; en ésta última se encuentra la tarea de implantación del cultivo.

En siembra directa, las sembradoras deben penetrar suelos no arados, transitar sobre el rastrojo superficial sin atorarse y generar condiciones favorables para la germinación de las semillas y emergencia de las plantas (Chapotard, 1984; Snyder *et al.*, 1988) pero, bajo el paradigma de la agricultura de precisión, deben actuar eficientemente ante los diferentes sitios específicos.

La adopción de ambas técnicas, ante los antecedentes revisados, justifican la realización del presente trabajo. Cuyos objetivos fueron estudiar la variabilidad de una sembradora en la implantación de trigo, trabajando sobre tres condiciones de suelo y la respuesta del cultivo a través de su desarrollo y rendimiento. Para su cumplimiento se planteó, en primera instancia la independencia de la condición de suelo en el desempeño cada cuerpo de la sembradora y, en segunda instancia, la dependencia del desarrollo del cultivo a partir del resultado de las variables determinantes del desempeño de la sembradora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización zonal

El ensayo se llevó a cabo en un predio del establecimiento La María, ubicado a 2 km de la localidad de Norberto de la Riestra, partido de 25 de Mayo, en el centro norte de la provincia de Buenos Aires a 35°17'S y 59°45'W.

El suelo, donde se realizó el estudio, es un Hapludol típico, perteneciente al orden Molisol (suelos oscuros y profundos, alta diferenciación de horizontes, buena provisión de nutrientes, clima templado y muy fértiles).

En cuanto al clima, la zona pertenece a la Región subhúmeda pampeana. La temperatura media anual es de 16,4 °C. El mes más cálido es enero con una temperatura media de 21 °C. La temperatura media del mes más frío (julio) es 6,9 °C. La fecha de ocurrencia de la primera helada es el 6 de mayo. El período se extiende hasta aproximadamente hasta el 29 de septiembre. Esto determina un período libre de heladas de 219 días. La precipitación media anual es de 850 mm, aunque muy variable de año en año. Su distribución a lo largo del año, presenta un período lluvioso entre febrero-abril, mientras que el seco va de junio a agosto. Esto es positivo para los cultivos, ya que las lluvias acompañan los requerimientos de las plantas, en cuanto a evapotranspiración.

La historia del lote es la siguiente: este se trabajaba con labranza mínima, y desde hace cinco años se realiza siembra directa, dicha secuencia de antecesores fue: soja, maíz, soja, avena para rollos y trigo-soja de segunda; que cumpliendo con el planteo agrícola del establecimiento, se implantó el trigo, donde se llevó adelante el ensayo.

Maquinarias e implementos utilizados

Equipos de labranza: se utilizó un Tractor Massey Ferguson 1075, para traccionar una rastra de casquetes desencontrados Bisego de 40 casquetes de 20" de diámetro y un peso de 2.786 kg, a la cual se acoplaron tres cuerpos de rastras de dientes con su respectivo balanzón y tres rolos jaula desterronadores de 650 kg de peso cada uno.

Equipo de siembra: conformado por un Tractor Case III MX 270 y una sembradora Erca Serie VF, con las siguientes características generales:

Sistema de dosificación: roldana de doble salida.

Órgano labrasurco: cuchilla turbo de 17", con 18 ondulaciones.

Surcador: doble disco plano de 15", con control de profundidad por medio de doble rueda envolvente y balancín de 2 1/8" x 15".

Apretagrano: colita plástica

Tapador-compactador: doble rueda de goma con disco metálico tapador dentado

Cantidad de cuerpos sembradores: 27

Distancia entre cuerpos: 19,1 cm

Semilla sembrada: trigo, variedad Baguette 11, peso de mil semillas: 35,63 g

Otros implementos complementarios fueron: aros de 0,25 m², balanza digital ATMA BC7200, precisión: ± 1 g, bandejas germinadoras, cinta métrica, estacas, estufa y cilindro de volumen conocido para extraer muestras de suelo.

Métodos

La condición inicial del suelo, producto del laboreo previo, se evaluó mediante la densidad aparente y humedad actual, extrayéndose 6 muestras hasta los 10 cm de profundidad, mediante la utilización de un cilindro de volumen conocido y llevándose a estufa a 105 °C hasta peso constante, no presentando diferencias significativas los valores hallados en ambos parámetros en los tratamientos planteados.

Previo a la implantación se evaluó la cobertura, mediante su recolección con marcos de 0,25 m² y su pesada posterior, extrayéndose 20 muestras aleatorias por tratamiento.

Se realizaron dos secuencias de laboreo mínimo, utilizando una rastra desencontrada con rastra de dientes y rolo desterronador para generar una cama de siembra fina y firme, y barbecho químico para la implantación en siembra directa.

Las alternativas de preparación de la cama de siembra constituyen los tratamientos propuestos del presente trabajo, que enumerados en orden creciente de disturbación del suelo son los siguientes:

- Siembra directa (**SD**)
- Una pasada de rastra desencontrada (**1RD**)
- Dos pasadas de rastra desencontrada (**2RD**)

Para la recolección de datos se delimitaron al azar cuatro estaciones de muestreo por tratamiento, de 5,13 m de ancho, que corresponden a 19 cm entre hileras y 27 cuerpos sembradores por 1 m de largo; donde se recolectaron los datos individuales de cada hilera sembrada de 1 m de longitud.

Cada tratamiento comprendió tres pasadas sucesivas de la sembradora y las estaciones de muestreo se situaron

sobre la central para evitar el efecto de bordura entre tratamientos, así mismo dichas estaciones se ubicaron a partir de una distancia de las cabeceras que asegure que todos los órganos activos de la sembradora trabajaran correctamente.

La sembradora se reguló estáticamente para una densidad teórica de 124 kg ha⁻¹, el análisis de la semilla determinó una viabilidad del 0,85, que afectada la densidad de siembra, se debieron descargar 105,4 kg ha⁻¹ de semillas viables, equivalente a 56,5 semillas viables m⁻¹ de surco.

El desempeño de cada cuerpo sembrador de la sembradora, se evaluó mediante el cálculo del día medio a emergencia, según la metodología propuesta por Bilbro y Wanjura (1982), utilizando cuatro fechas posteriores a la siembra, la eficiencia de implantación y la uniformidad de profundidad de siembra. La respuesta del cultivo a los tratamientos propuestos se evaluó a través del macollaje y el rendimiento.

Todos los datos, se realizaron individualmente sobre cada cuerpo sembrador y cada surco respectivo, para lo cual fueron identificados a campo al momento de la implantación.

Los datos preliminares a la siembra y resultados obtenidos se contrastaron entre sí por ANVA, y de hallarse un $p < 0,05$ para el análisis estadístico de los tratamientos, se aplicó el test de Tukey de forma de poner en evidencia el o los tratamientos que difirieron en la eficiencia de la sembradora y en la respuesta del cultivo a las situaciones de suelo planteadas. En forma conjunta se realizó un análisis descriptivo de las variables respuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura vegetal presente al momento de la implantación

La cobertura presente al momento de la implantación (Cuadro 1) presenta valores esperables, ya que sus cantidades y variabilidad decrecen en coincidencia con el mayor laboreo, debido al rebatimiento del suelo producto de la rastra de doble acción desencontrada. Su efecto como única máquina de labranza, a la luz de los resultados, produce remoción de suelo y deja una cantidad de cobertura que tiende a atenuar los efectos erosivos, especialmente hídricos en referencia a la localidad donde se realizó el trabajo.

CUADRO 1. Rastrojo presente al momento de la siembra en cada uno de los tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey, $p < 0,05$).

	Rastrojo [kg ha ⁻¹]	Error estándar
SD	8.432,00 c	1.885,6
1D	5.968,00 b	1.334,4
2D	3.636,00 a	813,2

Profundidad de siembra

En el Cuadro 2, Gráficos 1; 2 y 3, se presentan los valores medios de profundidad de siembra, observándose un incremento significativo en el suelo con labranza, debido a que el laboreo previo genera disturbación de suelo y por ende menor resistencia a la penetración por parte de los órganos que componen el tren de distribución de la sembradora. No obstante dicho efecto no se magnificó en **2D**, por lo que se atribuye al pasaje de la rastra de dientes y rolo la generación de firmeza superficial de suelo, en coincidencia con Noacco (1982), ante el incremento en el laboreo.

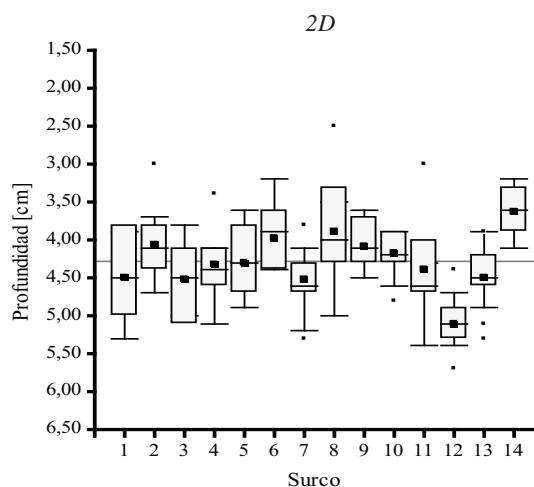
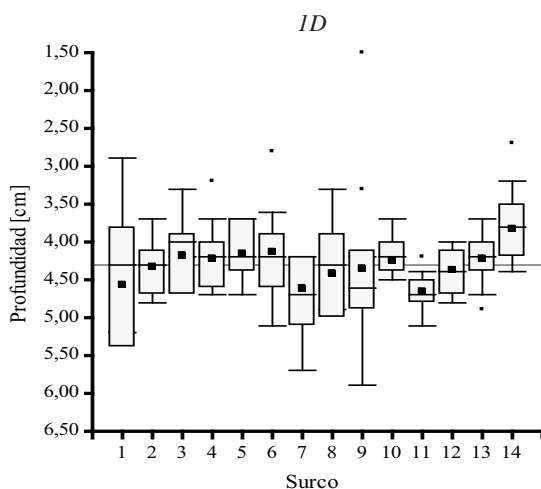
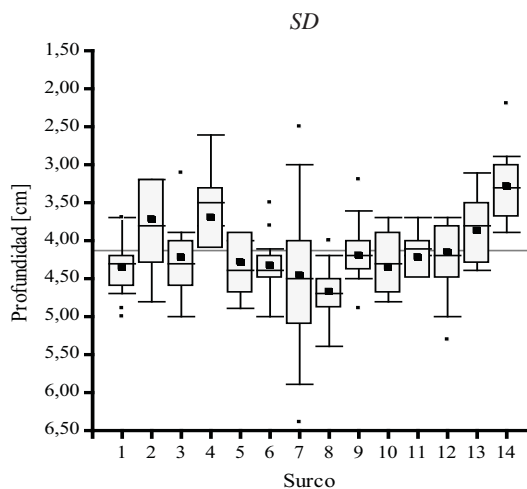
En **SD**, además de la menor profundidad, se conjugó su mayor uniformidad, ambos parámetros constituyen una característica favorable a la tarea de implantación y son de destacar teniendo en cuenta los años sucesivos de siembra directa y el manejo de la hacienda, que no generaron impedimentos al desempeño de la sembradora.

En **SD** se obtuvo la mayor variabilidad en el surco que coincidió con el laboreo del marcador de la sembradora y en **1D** y **2D** una tendencia a la profundización, resultados que indican la necesidad de una verificación a campo de ese cuerpo, teniendo en cuenta que en el marco de la AP se debe lograr la mayor uniformidad en las operaciones.

En **2D** se observa que los cuerpos sembradores cuya ubicación es coincidente con las ruedas delanteras de la sembradora (cuerpos 3 y 12) tuvieron una tendencia a la profundización, este resultado es esperable debido a la mayor remoción generada por las dos pasadas de rastra de casquetes, cuya remoción subsuperficial no fue compensada por la rastra de dientes y rolo. Este efecto evidencia el colapso del suelo con la consecuente generación de mayor com-

CUADRO 2. Profundidad de siembra media obtenida en cada régimen de labranza. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey, $p < 0,05$).

	Profundidad [cm]	Error estándar
SD	4,13 a	0,285
1D	4,30 b	0,297
2D	4,28 b	0,295



GRÁFICOS 1, 2 y 3. Gráfico de cajas de las profundidades de siembra logradas en cada unidad de siembra.

pactación por parte de la máquina ante la disturbación del suelo, mientras que con la aplicación continua de **SD** y pastoreo de rastros presentó mayor capacidad portante.

Día medio a emergencia

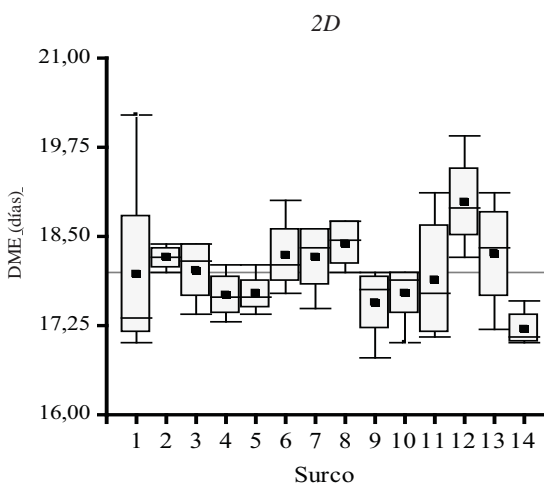
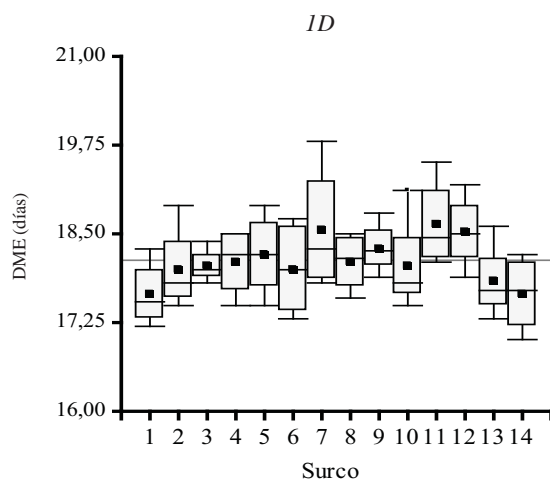
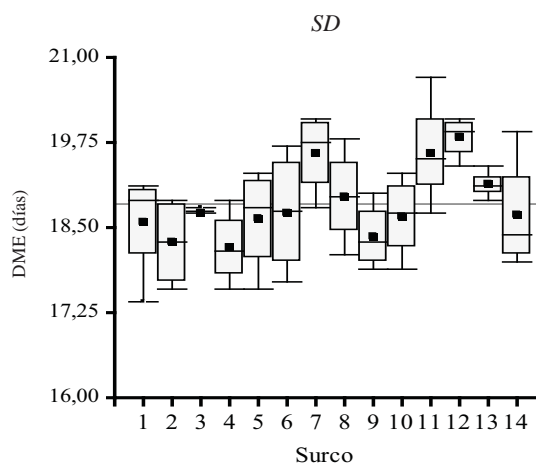
En el Cuadro 3, Gráficos 4, 5 y 6, se presenta el día medio a emergencia donde se observa una diferencia a favor de **1D** y **2D**, resultados que se atribuyen a la generación de mejores condiciones de germinación y emergencia producto de los diferentes laboreos previos planteadas.

La mínima labranza, incorporación de rastrojo y compactación superficial en **1D** y **2D**, favorecieron el trabajo de los órganos que componen el tren de distribución de la sembradora en el logro de una mejor relación semilla-suelo. Además se corrobora, que aunque el formalismo estadístico indicó significancia a favor de la **SD** en la profundidad de siembra, dicha diferencia no incidió en el tiempo transcurrido desde la siembra a la emergencia del cultivo.

El análisis individual por cuerpo sembrador, si bien presenta resultados estadísticamente dispares, se observa una clara tendencia al retardo de la emer-

CUADRO 3. Día medio a emergencia (DME) obtenida en cada régimen de labranza. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey, $p < 0,05$).

	DME [días]	Error estándar
SD	18,85 b	2,52
1D	18,12 a	2,42
2D	18,00 a	2,41



GRÁFICOS 4, 5 y 6. Gráficos de caja de los días medio a emergencia (DME) obtenidos en cada unidad de siembra.

gencia ante menor laboreo de suelo. Además se presentan diferencias significativas a favor de **1D** y **2D** respecto a **SD**, en los surcos coincidentes con el pasaje previo de las ruedas delanteras de la sembradora, las cuales generaron compactación previa del suelo confiriéndole mayor firmeza a la cama de siembra.

Eficiencia de implantación

Las eficiencias de implantación obtenidas a partir de las plantas logradas, en el último recuento para el **DME**, respecto a las semillas viables que debió

descargar la sembradora (Cuadro 4), indican que en **SD** las irregularidades del terreno generaron mayor vibración de la sembradora con el consecuente incremento en la descarga de semillas que no fue compensado por el patinamiento de la rueda motriz.

Se visualiza una tendencia significativa de disminución en las plantas logradas y por ende en las eficiencias obtenidas con incremento del laboreo, ya que éste genera una superficie uniforme y menos firme respecto a **SD**, condiciones que favorecen el efecto del patinamiento sobre la vibración de la máquina durante la operación.

CUADRO 4. Plantas logradas por metro de surco y eficiencia de implantación (EFi) obtenidos en cada régimen de labranza. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey, $p < 0,05$).

	Plantas por metro de surco	Error estándar	EFi
SD	58,29 b	7,79	1,03
1D	55,17 ab	7,37	0,98
2D	54,54 a	7,29	0,97

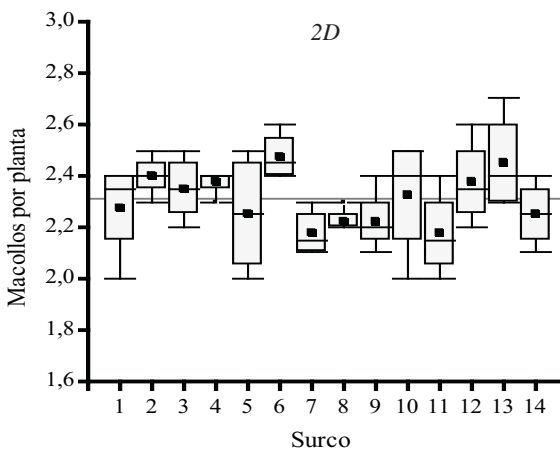
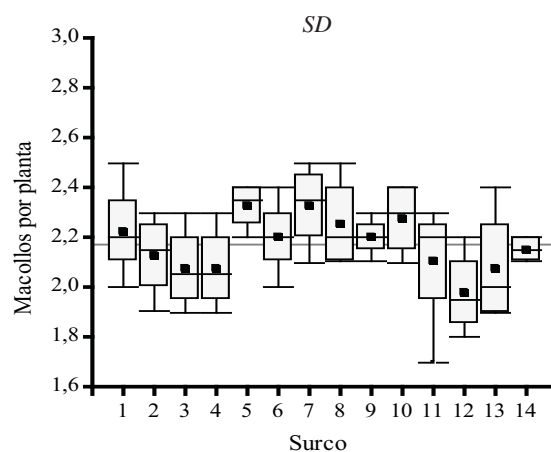
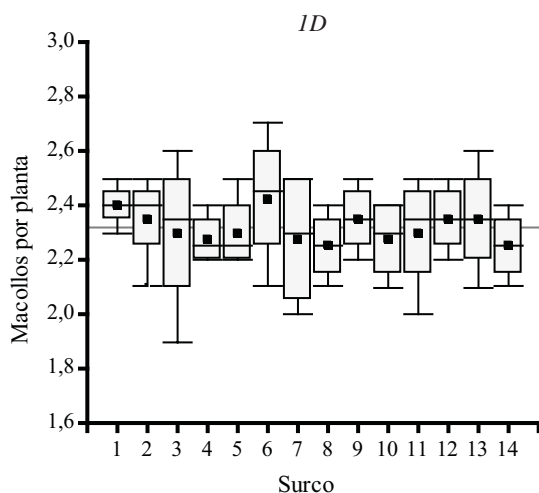
En virtud a que el desempeño de la sembradora en su conjunto, como individual de cada cuerpo no fue uniforme en los tratamientos planteados, se refuta la hipótesis de la independencia de la condición de suelo en el logro de la uniformidad de distribución de semillas ante una regulación de los componentes del tren de distribución.

Macollaje

En el Cuadro 5, Gráficos 7; 8 y 9, se presentan los macollos obtenidos, donde se observa diferencia significativa a favor del laboreo previo. Si se tiene en cuenta el tiempo transcurrido desde la implantación (45 días) para su determinación, su generación responde a características fisiológicas y afectada por

CUADRO 5. Número de macollos obtenidos en cada régimen de labranza. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey, $p < 0,05$).

	Macollos	Error estándar
SD	2,17 a	0,29
1D	2,31 b	0,31
2D	2,32 b	0,31



GRÁFICOS 7, 8 y 9. Gráficos de cajas para el número de macollos obtenidos en cada unidad de siembra.

eventos ambientales, por ello los resultados obtenidos respecto a las variables analizadas en éste trabajo, se atribuyen parcialmente a la más rápida emergencia lograda en **1D** y **2D** respecto de **SD**.

Los resultados hallados en cada surco presentan significancia en los surcos 3 y 12 donde se conjuga mayor laboreo y compactación previa de las ruedas de la sembradora. En el resto, los valores muestran una tendencia al incremento en coincidencia con las mínimas labranzas.

Rendimiento

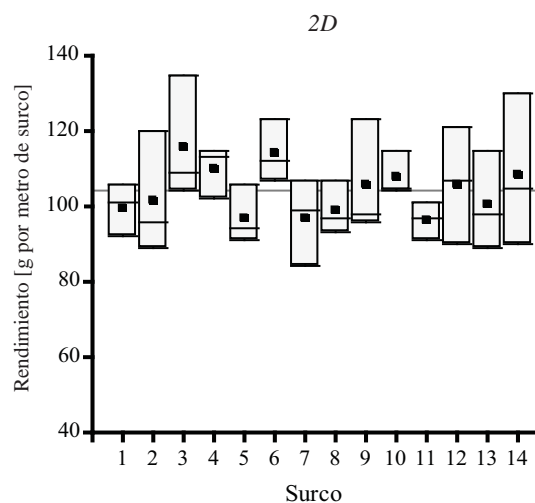
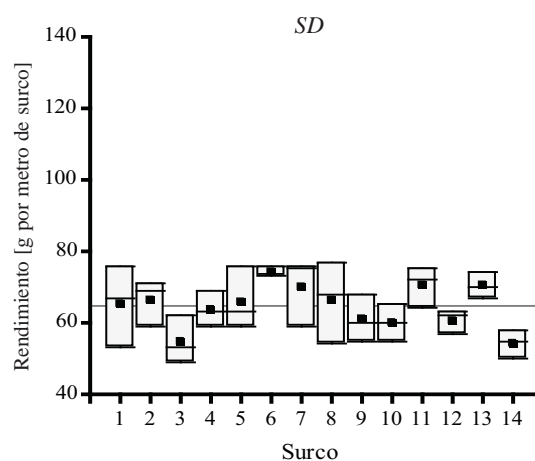
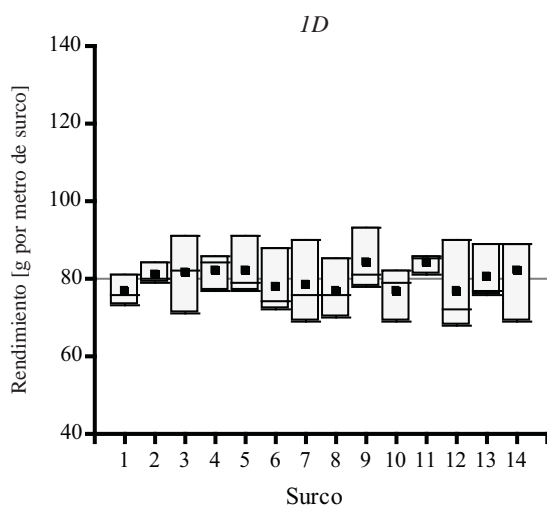
Los rendimientos obtenidos (Cuadro 6, Gráficos 10; 11 y 12), muestran diferencias significativas a favor del incremento del laboreo previo. Considere

CUADRO 6. Rendimiento obtenido en cada régimen de labranza. Letras distintas indican diferencias significativas. (Tukey, $p < 0,05$).

	Rendimiento [kg ha ⁻¹]	Error estándar
SD	3.376,96 a	440,29
1D	4.193,72 b	647,10
2D	5.456,02 c	906,20

rando que el control sanitario del cultivo, la fertilización y las condiciones ambientales fueron comunes en todos los tratamientos, estos resultados se atribuyen a la respuesta del cultivo a partir del logro de una rápida emergencia, al mayor macollaje y a la remoción previa como generadora de mejores condiciones edáficas para el desarrollo individual y posterior de las plantas logradas.

Así mismo, las diferencias entre surcos sembrados se manifiestan en los cuerpos de siembra que coincidieron con las ruedas delanteras de la sembradora donde se atribuye al efecto del compactado previo como influyente en los rendimientos obtenidos.



GRÁFICOS 10, 11 y 12. Gráfico de cajas de rendimiento obtenidos en cada unidad de siembra.

Ante las condiciones ambientales presentes durante el ciclo del cultivo, éste respondió favorablemente en su desarrollo posterior a la emergencia lo que lleva a aceptar la hipótesis de la dependencia de la eficiencia de implantación, el día medio a emergencia y la uniformidad de distribución como parámetros incidentes en los rendimientos.

CONCLUSIONES

Las variabilidades obtenidas en los cuerpos de la sembradora, amerita la continuidad de su evaluación frente a otras situaciones modales de las zonas productivas y en la implantación de otros cultivos, teniendo en cuenta el principio en que se sustenta la agricultura de precisión.

La mínima labranza generó condiciones favorables al desempeño de la sembradora en cuanto al logro de una buena relación semilla-suelo, como parámetro inicial y desencadenante de una rápida emergencia del cultivo, que junto al mayor macollaje, permitió la obtención de mayor rendimiento. En siembra directa, la mayor capacidad portante del suelo posibilitó el logro de mayor uniformidad en la profundidad de siembra.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto UBACyT G0438

BIBLIOGRAFÍA

- BLACKMORE, B.S. 1996. An information system for precision farming. Silsoe. Inglaterra: The Centre for Precision Farming. Cranfield University, 1996. p. 09.
- BILBRO, J.D. and D.F. WANJURA. 1982. Soil crust and cotton emergence relationships. *Trans. ASAE* 25: 1484-1489.
- BUJÁN A.; M. BARRIOS; A. BOZZO; S. DEBELIS; C. JIMÉNEZ PADILLA; C. LEIVA y A. PEREYRA. 2006. Contenido de humedad en el perfil con diferentes labranzas en función de sus rendimientos en trigo. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. I Reunión de Suelos de la Región Andina. Salta-Jujuy, Argentina. Pág. 368.
- CHAPOTARD, P. 1984. Le Semis Direct. CEMAGREF, Bl. N° 317: 33-45.
- CHEN, Y.; D. LOBB; C. CAVERS; S. TESSIER; D. CARON and F. MONERO. 2002. Straw incorporations through tillage practices under heavy clay soil conditions. Final report submitted to Covering New Ground Program. Manitoba Agriculture and Food, Carman, Man., Canada, p. 82.
- ERENSTEIN, O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil & Tillage Research* 67: 115-133.
- HASTFIELD, J. 2000. Precision agriculture an environmental quality: Challenges for research and education. National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service, USDA, Ames. Iowa. Disponible en: <http://www.aroboday.org>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1997. National Academies Press, Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management. ISBN 0309058937.
- NOACCO, N. 1982. Labranza vertical. AACREA, Cuaderno de Actualización Técnica N° 28, 68 pp.
- PIERCE and NOWAK. 1999. Aspects of precision agriculture. In: D. Sapark (ed.) *Advance in Agronomy* 67, Academic Press. p 1-85.
- SNYDER, M.; M. LANDON and J. LONG. 1988. A No-Till Drill for All Seeding Conditions. ASAE Paper N° 88-1570. ASAE St. Joseph, Mich. 49085-9659.
- SOZA, E.L.; M.C. TOURN; J. SMITH; F DEL OLMO y D. GITARD. 2000. Eficiencia de implantación de la secuencia anual trigo-soja, mediante los sistemas de siembra directa y con labranza previa. *Revista de la Facultad de Agronomía. FAUBA* 2000. 20(2): 181-186.
- SOZA E.; M. TOURN; G. BOTTA y J. SMITH. 2003. Siembra directa y convencional de trigo: Eficiencia de implantación con relación a la compactación del suelo al momento de la siembra. *Revista Agro-Ciencia* 19: 121-128.

- SOZA, E.; D. AGNES ; M. TOURN; G. BOTTA y D. RIVERO. 2009. Siembra directa: respuesta del cultivo de trigo al alistamiento de dos labrasurcos de la sembradora en dos años sucesivos. *En: Avances en Ingeniería Rural 2007-2009*. Ed. N. Di Leo, S. Montico, G. Nardón.
- SPERANZA, F. y R. BONGIOVANNI. 2007. Viabilidad económica de las inversiones en tecnologías de agricultura de precisión. *En: Avances en Ingeniería Rural 2005-2007*, 160-169 pp.
- THOMAS, G.W. 1994. Las características de los suelos bajo siembra directa y sus implicancias sobre la producción. Conferencia sobre: Fertilización en trigo, siembra directa y siembra convencional. FAUBA.
- TSCHIEDEL, M. e M.F. FERREIRA. 2002. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. *Ciência Rural*, 32(1): 159-163. ISSN 0103-8478.