

Análisis de eficiencia comparativo entre dos diseños de surcadores de disco para siembra directa en un cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.)

Tesouro, Mario O.^{1,2}; Marcos A. Roba¹; Emiliano Benito¹; Juan P. D'Amico^{1,4}; Ángel Romito^{1,3,5}

¹ Instituto de Ingeniería Rural. CIA. CNIA. INTA. CC 25. CP 1712. Castelar. Buenos Aires. Argentina; ² Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires (FAUBA); ³ Facultad de Agronomía y Cs. Agroalimentarias Universidad de Morón. (FAyCA/UM); ⁴ Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales – Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (ECANA/UNNOBA); ⁵aromito@cnia.inta.gov.ar

Tesouro, Mario; Marcos A. Roba; Emiliano Benito; Juan P. D'Amico; Ángel Romito (2014) Análisis de eficiencia comparativo entre dos diseños de surcadores de disco para siembra directa en un cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.). Rev. Fac. Agron. Vol 113 (1): 38-46

Ante las controversias generadas por la falta de información acerca del desempeño de los distintos órganos utilizados para la apertura del surco en siembra directa, en el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural (INTA Castelar) se comenzaron a evaluar algunos de los principales implementos utilizados en los trenes de siembra en las áreas productivas más representativas de la Argentina. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación comparativa de la eficiencia de implantación de dos surcadores de disco de gran adopción por los diseñadores de maquinaria agrícola. En cuanto a la profundidad de siembra elegida de 40 mm, los valores alcanzados fueron de 39,9 y 32,2 mm por el monodisco y el bidisco respectivamente. Se observó la influencia que genera la presencia de rastrojo sobre la eficiencia de implantación del cultivo de trigo y el desempeño de las cuchillas labrasurco.

Palabras clave: siembra directa, eficiencia de implantación, sembradoras.

Tesouro, Mario; Marcos A. Roba; Emiliano Benito; Juan P. D'Amico; Ángel Romito (2014) Comparative analysis between two designs of coulter disc openers in a wheat crop (*Triticum aestivum* L.) Rev. Fac. Agron. Vol 113 (1): 38-46

Given the controversies generated by the lack of information about the performance of the various tools used for the furrow opening in direct sowing, at the Terramechanics and Crop Implantation Laboratory of the Rural Engineering Institute (INTA Castelar), there were started some evaluations of the main implements used on sowing machines in the most representative productive areas of Argentina. The aim of this work was to realize a comparative evaluation of the implantation efficiency between two disc furrow openers largely adopted by agricultural machinery designers. In relation to the sowing depth chosen of 40 mm, the reached values were 39,9 and 32,2 mm for the single disc and the double disc, respectively. It was observed the influence over the wheat implantation efficiency and the disc coulters performance generated by stubble mulch volume.

Keywords: Direct sowing. Implantation efficiency. Sowing machine.

Recibido: 27/05/2013

Aceptado: 18/02/2014

Disponible on line: 01/04/2014

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en Argentina, el sistema de siembra más utilizado para cultivos extensivos es la siembra directa, siendo la soja el principal cultivo, ocupando el 54% de la superficie total sembrada, seguido del trigo (22,3%); girasol (19,4%); maíz (12%) y sorgo (8%) (SAGyP, 2009). Ésta es una técnica conservacionista que mantiene el rastrojo del cultivo en la superficie, teniendo como objetivo fundamental conservar los recursos naturales, especialmente el suelo, a los efectos de maximizar y sostener la producción a través del tiempo (Firpo & Formento, 2000). Los cultivos antecesores afectan el volumen y la calidad de rastrojo presentes al momento de la siembra. Generalmente el rastrojo de maíz aporta mayor volumen de materia seca y su descomposición requiere más tiempo respecto a otros cultivos (Alvarez & Steinbach, 2009). La presencia de rastrojos es un factor clave que afecta la mayoría de las variables de implantación (Baker, 2001), puede disminuir la eficiencia operativa de las labores posteriores (principalmente la siembra) y provocar variabilidad en la disponibilidad de nutrientes al descomponerse los residuos (Forjan, 2003), además la distribución heterogénea de residuos trae aparejado diferencias de temperatura que influyen la emergencia de las semillas (Tourn et al., 2003). Heege (1993) asegura que la siembra es más desuniforme con presencia de residuos sobre la superficie.

El método de siembra directa proporciona ventajas como el uso eficiente del agua, mejoramiento de la fertilidad de las tierras, control de la erosión hídrica y eólica (Michelena & Irurtia, 2006), jugando un rol esencial en el logro del buen establecimiento de los cultivos (Känkänen et al., 2001), determina directamente la población de plantas potencial a cosecha y el desempeño que podría alcanzar a través de su ciclo. Un objetivo básico durante la siembra es lograr uniformidad en la distribución espacial, en la profundidad y en el firme contacto semilla-suelo (González & Scheidl, 2009).

Asimismo Heege (1993) sostiene que con una profundidad precisa se obtendrá una mejor uniformidad fenológica sobre el área cultivada. La desuniformidad fenológica es la diferencia en el estado de desarrollo que tienen las plantas de un cultivo debido a atrasos en la germinación y crecimiento. El impacto en el rendimiento de esta irregularidad, viene dado por la diferente capacidad que tienen los individuos para captar y utilizar los recursos, situación que tiene mayor significancia bajo condiciones de estrés (Tollenar & Wu, 1999; Liu et al., 2004; Nafziger, 2006).

En nuestro país las fábricas de sembradoras, así como los importadores de las mismas se han inclinado mayoritariamente hacia la elección de abresurcos de discos. Dentro de ellos se diferencian claramente los doble disco y los monodiscos, probablemente debido a que estos surcadores son los que presentan menor remoción de suelo y menores requerimientos de tracción (Bragachini & Bianchini, 1997; Choudhary & Baker, 1982; Tice & Hendrick, 1992).

Según Baker (2001) todos los abresurcos de disco entierran residuos, esto ocurre cuando un disco falla en cortar a través de todo el rastrojo y en su lugar dobla una porción de él y lo empuja dentro del surco. Esta

situación se presenta cuando los residuos son flexibles, usualmente frescos, lo que dificulta su corte, y cuando el suelo brinda poca o ninguna resistencia para el corte. En suelos húmedos, especialmente los que no están bien aireados, la descomposición de residuos puede producir ácido acético u otros ácidos, que con el contacto directo con la semilla pueden producir su muerte (Lynch, 1978). En suelos secos, las semillas quedan suspendidas en el residuo e interrumpen su contacto con el suelo (Baker, 2001).

Pochat & Pozzolo (1999) informaron, en trabajos realizados sobre suelos vertisoles, que el doble disco presenta mayor efectividad en condiciones cercanas a las ideales desde el punto de vista de humedad edáfica que el monodisco. Coincidiendo con dichos autores, González y Scheidl (2009) afirman que el abresurco del tipo doble disco, ya sean encontrados (a la par) o descentrados, es preferible al monodisco ya que proporciona un mejor control de profundidad. Este último, si bien es más versátil, dependiendo del estado y tipo de suelo podría provocar desgarros en una de las paredes del surco, lo que dificulta la uniformidad en la profundidad de trabajo (Iqbal et al., 1998).

Cuanto mejor sea el diseño, la planificación y la implementación de las prácticas agrícolas, será más probable que los logros se aproximen a los potenciales del cultivo (Tesouro et al., 2009). Príncipi et al., (2002) señalan que la relación existente entre las características constructivas del tren de siembra y el nivel de rastrojo, afectan considerablemente el establecimiento de los cultivos de grano. Maroni (2003) encontró que los distintos parámetros de eficiencia del cultivo se veían afectados por las variaciones en el contacto semilla-suelo, generadas por las diferentes características de los diversos trenes de siembra. En este contexto, el objetivo de generar las condiciones de siembra adecuadas para permitir una emergencia rápida y uniforme, resulta un aspecto crítico (D'Amico et al., 2009).

La correcta selección, alistamiento, regulación y control del equipo de siembra es primordial para obtener una exitosa implantación, permitiendo determinar las óptimas condiciones del cultivo. Según Roba et al., (2009), cuando las condiciones ambientales son favorables para el establecimiento de los cultivos, la eficiencia de la labor mecánica explica gran parte de la eficiencia de la implantación. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación comparativa de la eficiencia de implantación de dos tipos diferentes de surcadores, monodisco y bidisco, ambos de gran adopción por los fabricantes de maquinaria agrícola. Se trabajó sobre la hipótesis de que el diseño del surcador tiene un comportamiento propio medible a través de factores de eficiencia de implantación.

METODOLOGIA

El ensayo se realizó en el campo experimental del Instituto de Ingeniería Rural (CNIA - INTA Castelar, provincia de Buenos Aires: 34° 36' 20,69" S; 58° 40' 2,56" O) sobre un suelo que pertenece al gran grupo de los Argiudoles Vérticos. El contenido de arcilla es de 28,5% y el de materia orgánica del 4,6%. La clase textural es franco arcillo limoso y el relieve del área

Normal. La zona se caracteriza por presentar un clima templado. La temperatura media anual es de 18 °C y las precipitaciones medias anuales corresponden a la isohieta de 900 mm (SAGyP, 1990).

La historia del lote es de cinco años de monocultivo de soja bajo siembra directa y dos años con cultivo de maíz bajo siembra directa. La distribución de la cobertura de rastrojo de maíz en el sitio experimental al momento de la siembra determinó la existencia de dos situaciones de cobertura, una de alto y otra de bajo nivel de rastrojo superficial.

Para cuantificar el volumen de rastrojo, se cosecharon cuatro muestras de 1 m² de cada una de las cuatro parcelas. Se secaron en estufa por 48 horas a 60 °C y posteriormente se pesaron las muestras individualizadas (Tabla 1).

Tabla 1: Niveles de cobertura en el sitio experimental (Materia seca)

Cobertura	Rastrojo (kg/ha)	CV (%)
Baja	820,5	25,16
Alta	1313,7	29,19

La siembra de trigo se realizó el día 16 de junio de 2009. Se empleó una sembradora marca Schiarre SDX Tekno 2500 alistada para una densidad teórica de 63,87 kg ha⁻¹. La semilla sembrada fue BAGUETTE 10 Nidera. La velocidad de trabajo fue de 6 km h⁻¹, en pasadas de 80 metros de longitud.

Tratamientos

La conformación de ambos trenes de siembra fue la siguiente:

-cuchilla labrasurco turbo con 25 ondas de 431,8 mm de diámetro (17 pulgadas), abresurco de tipo monodisco de 482,6 mm de diámetro (19 pulgadas) con zapata, rueda limitadora de profundidad, rueda apretadora de goma y ruedas cubridorras dobles con banda de goma y disco escotado.

-cuchilla labrasurco turbo con 25 ondas de 431,8 mm de diámetro (17 pulgadas), abresurco de tipo doble disco de igual diámetro, doble rueda limitadora de profundidad, rueda apretadora de goma y ruedas cubridorras dobles con banda de goma y disco escotado.

Para estudiar el efecto de la disposición de las cuchillas labrasurco en el sistema monodisco, se varió la alineación de éstas en el cuerpo de siembra. En primer lugar se alineó con el tubo de bajada de la semilla (A1), luego se alineó con el filo del disco abresurco (A2), y finalmente con motivo de evaluar el efecto de la cuchilla, se realizó un tratamiento sin cuchilla labrasurco (A3). Respecto al bidisco en todos los casos el centro de éste permaneció alineado con la cuchilla labrasurco.

Las configuraciones a evaluar fueron las siguientes, utilizando el bidisco como tratamiento testigo:

Monodisco sin cuchilla labrasurco

Monodisco con cuchilla labrasurco alineada con el filo del abresurco

Monodisco con cuchilla labrasurco alineada con el tubo de bajada

Bidisco con cuchilla labrasurco alineada con el filo del abresurco

Se regularon los trenes de siembra para que las cuchillas labrasurco trabajen a una profundidad de 90 mm y los abresurcos a 40 mm.

Con el objetivo de reducir la variabilidad experimental entre tratamientos, se montaron los trenes a ensayar en cuerpos contiguos de la sembradora y con la intención de facilitar las mediciones se tomaron los dos primeros cuerpos de cada extremo del bastidor (cuatro cuerpos por pasada). En ambos cuerpos externos (1 y 25) se montó un tren monodisco, y en los cuerpos internos (2 y 24) un bidisco (Figura 1). Al terminar la siembra de cada tratamiento (dos pasadas de la sembradora), sobre el cuerpo monodisco se realizaron las variaciones de la cuchilla labrasurco.

Para efectuar la comparación entre ambos diseños, se contrastaron los datos de eficiencia de implantación obtenidos. Los parámetros analizados se relevaron según la metodología utilizada por D'Amico et al. (2009).

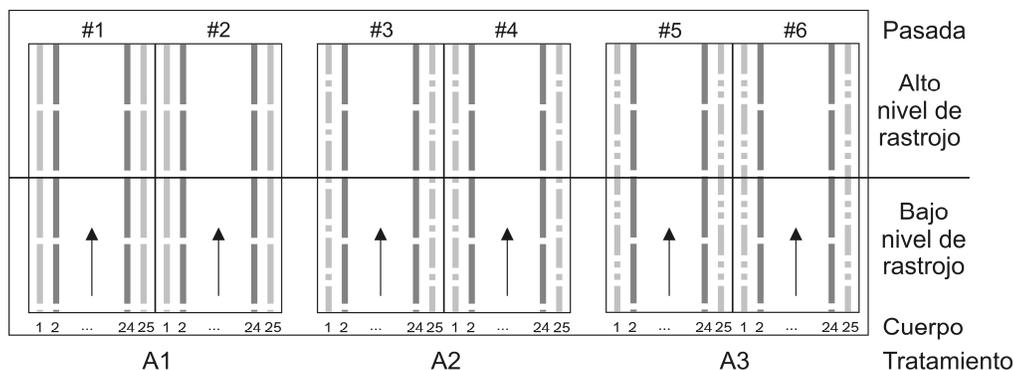


Figura 1: Diagrama del sitio experimental. Referencias: líneas segmentadas claras: monodisco, líneas segmentadas oscuras: bidisco. Flechas: sentido de avance de la sembradora.

Recolección, determinación y análisis de datos

Se realizaron las siguientes mediciones posteriores a la siembra sobre segmentos de un metro de largo, en los siguientes tiempos, T1: 15 días; T2: 25 días; T3: 45 días; T4: 70 días.

Plantas logradas: Para cada uno de los tratamientos y repeticiones se identificaron 8 segmentos de surco (32 metros en total). Sobre estos sitios se realizaron 4 recuentos sucesivos a los 15 (T1), 25 (T2), 45 (T3) y 70 (T4) días.

Sobre cuatro segmentos, para cada tratamiento y cada repetición (16 metros en total), se midieron los siguientes parámetros:

Profundidad efectiva de siembra: Se midió la distancia entre el punto de inserción de la semilla y el ápice de crecimiento (largo etiolado = largo epicótilo) de cada plántula.

Masa aérea: A los 70 días (T4) posteriores a la realización de la siembra, se extrajeron las plántulas y se registró el peso seco de la porción aérea.

Crecimiento: A los 70 días (T4) posteriores a la realización de la siembra se estableció y clasificó el estado de desarrollo de cada plántula, de acuerdo a un coeficiente para facilitar la medición (Tabla 2). Esta variable fue utilizada para establecer posibles diferencias en el estado de desarrollo del trigo, producto de las diferentes configuraciones del sistema.

Estos parámetros se utilizan para poder determinar el establecimiento final del cultivo y compararlos con los resultados esperados en las condiciones del ensayo. De esta manera, se puede evaluar el desempeño de los trenes de siembra en términos de su eficiencia.

Tabla 2: Coeficientes de estado de desarrollo de las plántulas de trigo.

Estado de crecimiento observado	Coeficiente
2 hojas	1
3 hojas	2
4 hojas	3
Inicio de macollaje	4
1 macollo	5
2 macollos	6
3 macollos	7
4 macollos	8
5 macollos	9
6 macollos	10

Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó corresponde a bloques completos aleatorizados con submuestreos. Los bloques se realizaron teniendo en cuenta la cobertura de rastrojo: bloque 1, con bajo nivel de rastrojo y bloque 2 con alto nivel de rastrojo. En cada tratamiento se realizaron 4 repeticiones y 8 sitios muestrales para cada una de ellas.

Durante el transcurso del ensayo se mantuvieron individualizados los surcos para poder realizar las mediciones sucesivas. Al finalizar el último recuento se

extrajeron la totalidad de las plantas de la mitad de los sitios muestrales y se procedió a medir su largo etiolado, y registrar el desarrollo y peso de la materia seca. La base de datos utilizada consta de 5400 datos.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizaron las siguientes herramientas:

Eficiencia de implantación, profundidad efectiva, masa aérea y estado de desarrollo: Mediante análisis de varianzas para un diseño en bloques completos aleatorizados, se estableció si la densidad de plántulas observada presenta diferencias estadísticamente significativas.

Uniformidad en la profundidad de siembra, estado de desarrollo y en la emergencia:

En todos los casos en que se evaluó un parámetro de uniformidad, se calculó el coeficiente de variación (CV) que relaciona el desvío estándar con el valor medio correspondiente, a fin de eliminar diferencias de magnitud. Se evaluó la uniformidad a través del análisis de los residuales utilizando el método de Levene (1960).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Efecto de los tratamientos sobre la emergencia**

A 15 días de la siembra, la emergencia del cultivo alcanzó, en promedio, al 19%. En este primer recuento, la cantidad de plantas obtenidas con el sistema bidisco fue ampliamente superior a la alcanzada con el monodisco (Tabla 3). En efecto, con el primer diseño de surcador mencionado se logró un número de plantas equivalente al 26% de las 42 semillas viables sembradas por metro de surco mientras que con el monodisco, este porcentaje fue casi la mitad, 13%.

La influencia del volumen de rastrojo presente sobre la superficie del suelo sobre la emergencia, fue escasa en el caso del bidisco ($t = 0,2033$; $Pr > t = 0,8423$) y significativa con el monodisco ($t = -3,0118$; $Pr > t = 0,0108$). En este último caso, el mayor logro de plantas alcanzado con el monodisco, en condiciones de bajo volumen de rastrojo, respecto del obtenido con el mismo surcador y con alto volumen de rastrojo, resultó altamente influenciado por la alineación de la cuchilla con el filo del monodisco (subtratamiento A2) ($F = 2,65$; $Pr > F = 0,0132$). De hecho, en este primer recuento, la única comparación que no presentó diferencias significativas a favor del bidisco fue la efectuada entre Monodisco A2 y Bidisco en A2 con bajo volumen de rastrojo. El dispar comportamiento de ambos sistemas de abresurcos durante las primeras etapas en la emergencia del cultivo, puede ser atribuido principalmente a diferencias en la profundidad efectiva de siembra.

Diez días después, a 25 días de la siembra, la emergencia promedio del cultivo trepó al 80%, correspondiéndoles al bidisco y monodisco eficiencias de implantación del 83% y del 77% respectivamente (Tabla 4). Pese a la notable reducción de las diferencias en la emergencia entre ambos sistemas respecto a lo observado en el tiempo 1, aún alcanzó significación estadística la comparación entre las plantas logradas con bidisco y monodisco, tanto para alto como para bajo volumen de rastrojo ($F = 0,2033$; $Pr > F = 0,0430$).

Tabla 3: Población media de plantas por metro de surco obtenida con los sistemas de surcadores monodisco y bidisco en T1. Referencias: Monodisco A1: cuchilla labrasurco alineada al tubo de bajada; Monodisco A2: cuchilla labrasurco alineada con el filo del monodisco; Monodisco A3: monodisco sin cuchilla labrasurco. Bidisco en A1, en A2 y en A3: surcos conformados por el sistema bidisco apareados con el monodisco A1, A2 y A3 respectivamente

Surcador	Bajo volumen de rastrojo (plantas m ⁻¹)	Alto volumen de rastrojo (plantas m ⁻¹)	Promedio (plantas m ⁻¹)
Monodisco A1	4,8	2,7	3,8
Monodisco A2	11,6	5,0	8,3
Monodisco A3	5,1	3,6	4,3
Promedio Monodisco	7,2	3,8	5,5
Bidisco en A1	8,7	12,9	10,8
Bidisco en A2	12,7	10,5	11,6
Bidisco en A3	10,9	9,6	10,3
Promedio Bidisco	10,8	11,0	10,9

Tabla 4: Población media de plantas por metro de surco obtenida con los sistemas de surcadores monodisco y bidisco en T2. Referencias: Monodisco A1: cuchilla labrasurco alineada al tubo de bajada; Monodisco A2: cuchilla labrasurco alineada con el filo del monodisco; Monodisco A3: monodisco sin cuchilla labrasurco. Bidisco en A1, en A2 y en A3: surcos conformados por el sistema bidisco apareados con el monodisco A1, A2 y A3 respectivamente.

Surcador	Bajo volumen de rastrojo (plantas m ⁻¹)	Alto volumen de rastrojo (plantas m ⁻¹)	Promedio (plantas m ⁻¹)
Monodisco A1	31,3	33,2	32,2
Monodisco A2	35,3	29,6	32,4
Monodisco A3	33,2	31,2	32,2
Promedio Monodisco	33,2	31,3	32,3
Bidisco en A1	34,9	37,3	36,1
Bidisco en A2	33,6	33,8	33,7
Bidisco en A3	38,6	31,3	35,0
Promedio Bidisco	35,7	34,1	34,9

A los 45 días de la siembra, se obtuvo en promedio el 85% de las plantas potenciales (Tablas 5), mientras que en el tiempo 4, a 70 días de la siembra del cultivo, se alcanzó una eficiencia de implantación del orden del 90%, la cual fue considerada como la población definitiva (Tablas 6).

En el período comprendido entre las mediciones 2 y 3 la mayor tasa de aparición de plantas (8,8%) correspondió al monodisco con alto nivel de rastrojo y la mínima, al monodisco con bajo nivel de rastrojo. Las variaciones en la emergencia ocurridas en este lapso, hicieron que perdieran significación las diferencias encontradas entre los surcadores en alto volumen de rastrojo a 25 días de la siembra; simultáneamente se consolidaron las diferencias existentes entre ambos sistemas con bajo nivel de rastrojo. A pesar del incremento de la cantidad de plantas entre las lecturas 3 y 4, estas tendencias permanecieron invariables al analizar la población definitiva. La diferencia media total entre las plantas emergidas con ambos sistemas fue de 1,2 plantas m⁻¹ de surco, la cual alcanzó un nivel de

significación de 14,03 %. La existente entre ambos niveles de rastrojo fue de 0,4 plantas m⁻¹ de surco (F = 0,26; Pr > F = 0,6209).

Considerando simultáneamente ambas variables pudo observarse que, en bajo volumen de rastrojo, con el sistema bidisco se obtuvieron en promedio 2,4 plantas más por metro de surco. Esta diferencia, de aproximadamente 5% en la eficiencia de implantación, resultó estadísticamente significativa (F = 5,17; Pr > F = 0,0422). Con alto volumen de rastrojo, la cantidad de plantas logradas con bidisco y monodisco resultó prácticamente coincidente, obteniéndose respectivamente 37,4 y 37,5 plantas por metro de surco.

No pudo detectarse una tendencia definida acerca de la conveniencia o no, de incorporar cuchillas labrasurco en el tren de distribución de la máquina sembradora con monodisco. Las comparaciones realizadas para evaluar el desempeño del monodisco sin cuchilla versus con cuchilla alineada con el tubo de bajada o con el filo del surcador, pueden observarse en la Tabla 7.

Tabla 5: Población media de plantas por metro de surco obtenida con los sistemas de surcadores monodisco y bidisco en T3. Referencias: Monodisco A1: cuchilla labrasurco alineada al tubo de bajada; Monodisco A2: cuchilla labrasurco alineada con el filo del monodisco; Monodisco A3: monodisco sin cuchilla labrasurco. Bidisco en A1, en A2 y en A3: surcos conformados por el sistema bidisco apareados con el monodisco A1, A2 y A3 respectivamente.

Surcador	Bajo volumen de rastrojo (plantas m ⁻¹)	Alto volumen de rastrojo (plantas m ⁻¹)	Promedio (plantas m ⁻¹)
Monodisco A1	32,7	35,4	34,1
Monodisco A2	36,9	30,8	33,8
Monodisco A3	35,4	35,9	35,7
Promedio Monodisco	35,0	34,1	34,5
Bidisco en A1	38,4	38,3	38,3
Bidisco en A2	34,8	34,4	34,6
Bidisco en A3	41,6	36,2	38,9
Promedio Bidisco	38,3	36,3	37,3

Tabla 6: Población media de plantas por metro de surco obtenida con los sistemas de surcadores monodisco y bidisco en T4. Referencias: Monodisco A1: cuchilla labrasurco alineada al tubo de bajada; Monodisco A2: cuchilla labrasurco alineada con el filo del monodisco; Monodisco A3: monodisco sin cuchilla labrasurco. Bidisco en A1, en A2 y en A3: surcos conformados por el sistema bidisco apareados con el monodisco A1, A2 y A3 respectivamente. E. I.: Eficiencia de implantación.

Surcador	Bajo volumen de rastrojo		Alto volumen de rastrojo		Promedio	
	(plantas m ⁻¹)	E. I. (%)	(plantas m ⁻¹)	E. I. (%)	(plantas m ⁻¹)	E. I. (%)
Monodisco A1	33,1	78,9	37,1	88,4	35,1	83,6
Monodisco A2	39,1	93,2	36,7	87,4	37,9	90,3
Monodisco A3	37,6	89,6	38,6	91,8	38,1	90,7
Promedio Monodisco	36,6	87,2	37,5	89,2	37,0	88,2
Bidisco en A1	38,6	92,0	40,3	96,0	39,5	94,0
Bidisco en A2	36,8	87,6	36,1	85,9	36,4	86,8
Bidisco en A3	41,6	99,0	35,9	85,4	38,7	92,2
Promedio Bidisco	39,0	92,9	37,4	89,1	38,2	91,0

Tabla 7: Contrastes ortogonales efectuados al sistema monodisco en alto y bajo volumen de rastrojo. Referencias: Monodisco A3: sin cuchilla; Monodisco A1 y A2: Monodisco con cuchilla alineada al tubo de bajada y al filo del surcador respectivamente. B1: bajo volumen de rastrojo; B2: alto volumen de rastrojo.

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado medio	F-Valor	Pr>F
Monodisco en A3 vs Monodisco en A1 y A2 en B1	1	48,00000	48,00000	0,92	0,357
Monodisco en A3 vs Monodisco en A1 y A2 en B2	1	58,52083	58,52083	1,12	0,311

Al contrastar los surcos apareados de los diferentes subtratamientos del monodisco con los conformados por el bidisco, sólo se superó el umbral de significación del 5% en la comparación correspondiente a la cuchilla alineada con el tubo de bajada (A1) en bajo volumen de rastrojo ($t = 3,03931$; $Pr > t = 0,0103$).

Al realizar las comparaciones entre las plantas logradas para los dos niveles de rastrojo, se encontró que no existían diferencias significativas. Consecuentemente, cuando se consideraron los dos sistemas de abresurco sin tener en cuenta el nivel de rastrojo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas; siendo el sistema de doble disco el que tuvo mayor número de plantas logradas, con 38,2 y 37,04 plantas m^{-1} respectivamente.

Analizando los promedios de los datos obtenidos para la variable emergencia, sin tener en cuenta el volumen de rastrojo, no se aprecian diferencias estadísticamente significativas (Tabla 8). La situación es diferente si se analiza la variable en los ambientes contrastantes de rastrojo. En el ambiente con bajo volumen de rastrojo es donde el surcador bidisco presenta diferencias significativas tanto para el último día (stand final de plantas), como para los anteriores estadios de emergencia. No ocurriendo lo mismo en la situación con elevado volumen donde solamente se encuentran diferencias significativas a favor del bidisco para los primeros estadios de la emergencia (tiempo 1 y 2), siendo indiferente la utilización de los dos surcadores para los 45 y 70 días luego de la siembra (tiempo 3 y 4).

Coincidiendo con Príncipi et al., (2002), se encontró que los niveles de rastrojo afectaron el desempeño de

ambos surcadores, y que a su vez éstos tuvieron diferentes comportamientos entre sí frente al mismo nivel de rastrojo superficial.

Tabla 8: Niveles de significación del efecto del nivel de rastrojo y de los trenes de siembra utilizados, para la variable emergencia.

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Rastrojo	1	13,5000	13,5000	0,26	0,6209
Surcador	1	130,6666	130,6666	2,49	0,1403

Efecto de los tratamientos sobre el largo etiolado

Considerando la totalidad de los tratamientos y subtratamientos, la profundidad media efectiva de siembra obtenida con el monodisco superó a la del bidisco en aproximadamente 8 milímetros (39,9 y 32,2 mm respectivamente). Esta diferencia resultó altamente significativa ($F = 35,30$; $Pr > F < 0,0001$). Aunque la profundidad del monodisco fue mayor a la del bidisco en ambos niveles de rastrojo, solo fue significativa en el más elevado de ellos ($F = 45,90$; $Pr > F < 0,0001$). Considerando que ambos sistemas fueron regulados para alcanzar una profundidad de trabajo de 40 mm, la profundidad media del monodisco fue menos afectada por las condiciones experimentales que la del bidisco (Tablas 9 y 10).

Tabla 9: Profundidad media efectiva de siembra obtenida con el monodisco en ambos niveles de rastrojo. Referencias: Monodisco A1: cuchilla labrasurco alineada al tubo de bajada; Monodisco A2: cuchilla labrasurco alineada con el filo del monodisco; Monodisco A3: monodisco sin cuchilla labrasurco.

Surcador	Bajo volumen de rastrojo	Alto volumen de rastrojo	Promedio Monodisco (mm)
	(mm)	(mm)	
Monodisco A1	35,8	45,6	40,7
Monodisco A2	35,9	43,2	39,5
Monodisco A3	38,9	40,2	39,5
Promedio Monodisco	36,8	43,0	39,9

Tabla 10: Profundidad media efectiva de siembra obtenida con el bidisco en ambos niveles de rastrojo. Referencias: Bidisco en A1, en A2 y en A3: surcos conformados por el sistema bidisco apareados con el monodisco A1, A2 y A3

Surcador	Bajo volumen de rastrojo	Alto volumen de rastrojo	Promedio Bidisco (mm)
	(mm)	(mm)	
Bidisco en A1	32,2	28,2	30,2
Bidisco en A2	34,4	32,4	33,4
Bidisco en A3	34,9	31,1	32,9
Promedio Bidisco	33,8	30,5	32,2

En lo que respecta a la variabilidad de la profundidad en la línea de siembra, el análisis de los residuales absolutos indica que este parámetro resultó afectado por el sistema de apertura de surcos y por el nivel de rastrojo. Tanto el monodisco como el bidisco, presentaron un incremento en la desuniformidad de la profundidad de siembra al pasar de la condición de bajo a alto rastrojo, aunque en ninguno de los dos casos alcanzó el nivel de significación estadística.

El incremento de los residuales de bidisco a monodisco resultó no significativa en bajo volumen de rastrojo y significativa con elevado volumen.

En la revisión bibliográfica realizada por Chaudhuri (2001), se señala que varios autores coinciden en que los surcadores de doble disco alcanzan la mejor uniformidad en la profundidad de trabajo, así como también la mejor uniformidad en la profundidad de siembra. Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente ensayo señalan que si bien hay una tendencia a favor del surcador de tipo doble disco no se encontraron diferencias significativas respecto a la uniformidad de siembra.

Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento del cultivo y materia seca.

Independientemente de los tratamientos, y al considerar todas las combinaciones posibles de contrastar, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Se puede observar que la población resultante no ve afectado su desarrollo por el desempeño de los distintos trenes de siembra (Tablas 11 y 12)

Estos análisis muestran que las poblaciones obtenidas son homogéneas entre sí. Sin embargo se puede observar que para ambos niveles de rastrojo, las poblaciones obtenidas con los trenes de siembra de monodisco sin cuchilla labrasurco, presentan mayor homogeneidad.

CONCLUSIONES

Los trenes de siembra con surcador de tipo bidisco logran mayor eficiencia de implantación que los conformados con surcadores monodisco con bajo volumen de rastrojo. No ocurre lo mismo en la situación con alto volumen, donde no se diferencia el comportamiento entre los surcadores.

El sistema del tipo monodisco no presenta deficiencias en cuanto al copiado de relieve comparándolo con el abresurco del tipo bidisco. Independientemente del nivel de rastrojo en superficie, el monodisco fue más eficiente en lograr la profundidad media de siembra elegida.

La configuración de la cuchilla labrasurco no afectó el desempeño del monodisco en emergencia.

No se encontraron diferencias para el estado de desarrollo ni para el contenido de materia seca de las plantas al momento de extracción.

Tabla 11: Contrastes entre los distintos trenes de siembra y contrastes entre las configuraciones del tren de siembra con monodisco, para la variable desarrollo

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Monodisco vs Bidisco en B1	1	1,09505	1,09505	3,03	0,1075
Monodisco vs Bidisco en B2	1	0,130208	0,130208	0,36	0,5598
M A3 vs M A1 y A2 en B1	1	0,237304	0,237304	0,66	0,4339
M A3 vs M A1 y A2 en B2	1	0,003987	0,003987	0,01	0,9181

Tabla 12: Contrastes entre los distintos trenes de siembra y contrastes entre las configuraciones del tren de siembra con monodisco, para la variable materia seca.

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Monodisco vs Bidisco en B1	1	0,03547969	0,03547969	1,54	0,2384
Monodisco vs Bidisco en B2	1	0,03740833	0,03740833	1,62	0,2268
M A3 vs M A1 y A2 en B1	1	0,00115052	0,00115052	0,05	0,8270
M A3 vs M A1 y A2 en B2	1	0,02975052	0,02975052	1,29	0,2781

Agradecimientos

A la Lic. Adriana Peralta, responsable de la biblioteca del Instituto de Ingeniería Rural –INTA Castelar por su cordial disposición y colaboración en la búsqueda de antecedentes bibliográficos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, R. & H. S. Steinbach.** 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Contents Soil & Tillage Research* 104. pp:1–15. doi:10.1016/j.still.2009.02.005
- Baker, C.J.** 2001. Principles and management strategies for Lower Disturbance Direct Seed Systems. Baker no-tillage Ltd. and CINTRE, Feilding, New Zealand. 8 pp.
- Bragachini, M. & A. Bianchini.** 1997. Sembradoras de siembra directa. Seminario de siembra directa INTA, 8 y 9 de octubre de 1997. Resúmenes 114 pp.
- Chaudhuri, D.** 2001. Performance Evaluation of Various Types of Furrow Openers on Seed Drills a Review. Agricultural Mechanization Division, Central Institute of Agricultural Engineering, Nabibagh, India. *J. agric. Engng Res.* 79 (2), pp:125:137 doi:10.1006/jaer.2000.0688
- Choudhary, M. A. & C. J. Baker.** 1982. Effects of drill coulter design and soil moisture status on emergence of wheat seedlings. *Soil & Tillage Res.* 2. pp:131-142.
- D'Amico, J. P., D. Paredes, M. Roba, A. Romito & M. O. Tesouro.** 2009. Cuchillas de corte primario: Evaluación del efecto de diferentes diseños en la implantación de trigo (*Triticum aestivum* L.) CADIR X - CIGR Section V- 2009. CD-ROM: ISBN 978-950-673-748-1
- Firpo, R. & N. Formento.** 2000. Comportamiento productivo y sanitario de cultivares de trigo en siembra directa, en seco y bajo riego. INTA-EEA Paraná. Serie Extensión N° 18: pp:81-86.
- Forján, H. J.** 2003. La siembra directa y los rastrojos. Boletín agroRADAR. Proyecto Agricultura. Chacra Experimental Integrada Barrow. INTA
- González, N. & G. E. Scheidl.** 2009. Sorgo: pautas y criterios para su correcta implantación. Boletín de Divulgación Técnica de Siembra N° 4. Instituto de Ingeniería Rural, CIA-CNIA-INTA. 12 pp.
- Heege, H. J.** 1993. Seeding methods performance for cereals, rape and beans. *Transactions of the ASAE.* Vol. 36(3) pp:653-661.
- Iqbal, M., S. J. Marley, D. C. Erbach & T. C. Kaspar.** 1998. An evaluation of seed smearing. *Transactions of ASAE* 41, pp:1243– 1248.
- Känkänen, H. J., H. J. Mikkola & C. I. Eriksson.** 2001. Effect of sowing technique on growth of undersown crop and yield of spring barley. En: *Journal of Agronomy and Crop Science.* Vol. 187, N° 2, pp: 127-136.
- Levene, H.** 1960. Robust Tests for Equality of Variances. En *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling.* Ingram Olkin et al. (Eds). Stanford University Press. pp. 278-292
- Liu, W., M. Tollenaar, G. Stewart & W. Deen.** 2004. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. *Agron. J.* 96. pp:1668-1672.
- Lynch, J. M.** 1978. Production of phytotoxicity of acetic acid in anaerobic soils containing plant residues. *Journal of Soil Biology* 10, pp:131-135.
- Maroni, J.** 2003. Uniformidad de localización de las semillas en el suelo utilizando un abresurcos de cuchilla plana con zapata rotativa. Cátedra de Maquinaria Agrícola. UNR. Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/11/1AM11.htm>. Ultimo acceso: mayo de 2013
- Michelena, R. O. & C. B. Iurtia.** 2006. Informe de Investigación. Instituto de Suelos. CRN. CNIA. INTA.
- Nafziger, E. D.** 2006. Inter-and intraplant competition in corn. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2006-0227-05-RV. En: Disponible en : <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/review/2006/compete>. Ultimo acceso: mayo de 2013
- Pochat, F. & O. Pozzolo.** 1999. Evaluación de dos abre surcos. Disco simple vs. disco doble descentrado para sembradora directa en vertisoles. Informe técnico interno de la Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay. INTA. 6 pp.
- Príncipi, M. A., R. R. Mattana, O. P. Cardinali & J. L. Colodro.** 2002. Diseño y experimentación de un prototipo para siembra directa de granos finos. En: *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal.* Vol. 17, N° 2, pp:207-217. Disponible en línea: < <http://www.inia.es/IASPV/2002/vol17-2/principi.pdf> (Consulta 1 de junio de 2009)
- Roba, M. A., J. P. D'Amico, A. Romito, D. F. Paredes & M. O. Tesouro.** 2009. Cuchillas de corte primario: Evaluación del efecto de diferentes diseños en la eficiencia de implantación de Trigo (*Triticum aestivum* L.), en siembra directa con distintos grados de cobertura de rastrojo. CIGR XXXVIII - CONBEA 2009. CD-ROM
- SAGyP. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.** (1990). Atlas de suelos de la República Argentina. Tomo I. Proyecto PNUD ARG/85/019. 731 pp.
- SAGyP. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca.** 2009. Estimaciones agrícolas mensuales. Cifras oficiales. – Disponible en: <http://www.sagpya.mecan.gov.ar/> (Consulta agosto 2009)
- Tesouro, M. O., J. P. D'Amico, A. Romito, D. F. Paredes, M. A. Roba & S. Duro.** 2009. Efecto de diferentes diseños de cuchillas de corte primario en la implantación de trigo en siembra directa. Informe Técnico de Siembra N° 3 Instituto de Ingeniería Rural, CIA-CNIA-INTA.
- Tice, E.M. & J.G. Hendrick.** 1992. Disc coulter operating characteristics. *Transactions of the ASAE* Vol. 35 (1), pp:3-10.
- Tollenar, M. & J. Wu.** 1999. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Sci.* 39 pp: 1597-1604.
- Tourn M. C., E. L. Soza, G. Botta & A. Mete.** 2003. Direct corn seeding. Effects of residue clearance on implant efficiency. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 1(3) pp:99-103.