

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”



PROTOTIPO PARA SIEMBRA DIRECTA DE
GRANOS FINOS – SOJA:
Experimentación individual y comparación con Sistema Siembra
Directa Tradicional y Sistema Siembra Convencional

Del Castagner, Daniel

DNI: 27.243.252

Director: Ing. Principi, Miguel
Co-Director: Ing. Mattana, Ricardo

Río Cuarto- Córdoba

FEBRERO 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

PROTOTIPO PARA SIEMBRA DIRECTA DE GRANOS FINOS – SOJA:
Experimentación individual y comparación con Sistema Siembra Directa Tradicional
y Sistema Siembra Convencional

Autor: Del Castagner, Daniel

DNI: 27.243.252

Director: Ing. Principi, Miguel

Co-Director: Ing. Mattana, Ricardo

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

	Colodro, Juan _____
(Nombres)	Gonzalez, Sergio _____
	Principi, Miguel _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos, por su apoyo y por estar siempre en cada etapa de mi vida.

A mi Director y Co- director de Tesis, por su orientación en cada instancia.

A todos los docentes que me acompañaron durante la carrera.

. A mis amigos y compañeros.

A todos y cada uno de ellos.....GRACIAS!

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
1.- ANTECEDENTES.....	11
2.- METODOLOGÍA.....	14
3.- RESULTADOS	19
4.- DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES.....	25
BIBLIOGRAFIA.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURA 1: PROTOTIPO PARA SIEMBRA DIRECTA DE GRANOS FINOS	17
CUADRO 1: POBLACION DE PLANTAS LOGRADAS Y EFICIENCIA DE SIEMBRA A LOS VEINTES DIAS DE LA SIEMBRA POR CUATRO SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA Y DOS SISTEMAS DE LABRANZA Y SIEMBRA CONVENCIONAL	19
CUADRO 2: PRODUCCION DE GRANOS LOGRADOS POR CUATRO SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA Y DOS SISTEMAS DE LABRANZA Y SIEMBRA CONVENCIONAL	20
CUADRO 3: POTENCIA Y ENERGIA MECANICA CONSUMIDA EN LA BARRA DE TIRO DEL TRACTOR EN LOS CUATRO SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA Y SISTEMA DE LABRANZA Y SIEMBRA CONVENCIONAL.....	21
CUADRO 4: MEDICION DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA EN LOS CUATRO SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA Y SISTEMAS DE LABRANZA Y SIEMBRA CONVENCIONAL	22
CUADRO 5: RASTROJO EN SUPERFICIE MEDIDO EN FORMA PREVIA Y POSTERIOR A LAS OPERACIONES DE LABRANZA ANTICIPADA Y LABRANZA Y SIEMBRA	23

RESUMEN

Las técnicas de la agricultura sustentable, como la siembra directa, permiten controlar los problemas de erosión eólica e hídrica, debido básicamente al rastrojo que queda en superficie. El prototipo de Siembra Directa de Grano Fino – Soja, diseñado y desarrollado en la UNRC pretende aportar un eslabón más en el desarrollo de ésta técnica de siembra. Su principal logro es la disminución de su peso total a la mitad con los consecuentes beneficios que esto implica, fundamentalmente, en la menor compactación del suelo en su tránsito. El objetivo general fue realizar ensayos comparativos a campo del prototipo de siembra directa con otros sistemas de labranza y siembra en el cultivo de soja midiendo plantas logradas, eficiencia de siembra, producción de granos, esfuerzo en la barra de tiro del tractor y la energía mecánica consumida, profundidad de siembra y rastrojo en superficie. El estudio se realizó durante el ciclo agrícola 2004/2005, en Río Cuarto, Córdoba, en un suelo Hapludol típico franco arenoso fino y la variedad de soja utilizada fue grupo V. El diseño experimental fue factorial en bloques al azar con 4 repeticiones y los tratamientos fueron: prototipo siembra directa, sembradora siembra directa testigo y sembradora convencional cada uno con y sin labranza anticipada. A través de la experimentación del prototipo se comprobó que el mismo se desempeña correctamente en los suelos cubiertos con cantidades significativas de rastrojo, permitiendo una ubicación adecuada de la semilla sin problemas de atoramiento y ha logrado poblaciones de plantas, eficiencia de siembra y producción de grano sin diferencias significativas respecto a los sistemas convencionales. El prototipo de siembra directa sin labranza anticipada mostró una cobertura de rastrojos significativamente mayor que el resto de los tratamientos, y una reducción significativa de la energía mecánica necesaria en la barra de tiro del tractor. Se puede decir que el prototipo se encuentra en condiciones a nivel regional para trabajar con distintos tipos de suelo y rastrojo, siendo muy apropiado su uso para un programa de agricultura conservacionista y sustentable.

Palabras claves: agricultura sustentable, prototipo, siembra directa, soja

SUMMARY

The techniques of sustainable agriculture, such as no tillage, to control the problems of wind and water erosion, mainly due to the mulch left on the surface. The prototype of no tillage Fine Grain - Soybean, designed and developed in the UNRC aims to provide a link in the development of this technique of planting. His main achievement is the reduction of its total weight in half with the consequent benefits that entails, essentially, in less soil compaction in transit. The overall objective was to conduct comparative tests of the prototype field no tillage with other tillage systems and planting in soybean plants achieved by measuring, planting efficiency, grain production, effort in the tractor drawbar and mechanical energy consumed, planting depth and mulch on the surface. The study was conducted during the agricultural season 2004/2005 in Rio Cuarto, Córdoba, in a typical sandy loam soil Hapludol fine and soybean variety used was group V. The factorial experimental design was randomized block with 4 replicates and treatments were: prototype tillage, direct seeding drill and drill witness each with conventional tillage and no advance. Through experimentation of the prototype was found that it performs well in soils covered with significant amounts of stubble, allowing proper placement of the seed without jamming problems and achieved populations of plants, plant efficiency and grain yield not significantly different to conventional systems. The prototype early no-till tillage residue cover showed a significantly higher than other treatments, and a significant reduction of the mechanical energy needed in the tractor drawbar. You could say that the prototype is in a position at regional level to work with different types of soil and stubble, being very appropriate use for a program of conservation and sustainable agriculture.

Keywords: sustainable agriculture, prototype, no tillage, soybean

INTRODUCCIÓN

Las técnicas de la agricultura sustentable en el ámbito mundial permiten controlar los problemas de erosión eólica e hídrica. En tal sentido, resulta de vital importancia el rastrojo que queda en superficie luego de las operaciones de labranza, siendo la pérdida de suelo una función inversa del rastrojo que queda en el mismo (Richey *et al.*, 1973).

En este sentido, en los últimos años la importancia que ha tenido la siembra directa, utilizada como máxima expresión dentro de un sistema de labranza conservacionista y con el propósito de tender hacia una agricultura sustentable, es realmente de relevancia.

La siembra directa de cultivos ha revolucionado la forma de hacer la agricultura en el mundo en los últimos años, pero es en el Cono Sur de América Latina donde este cambio tecnológico se ha implementado con más velocidad e intensidad. Se trata de una de las regiones con mayor significación mundial en la producción de granos y constituye asimismo la única región del mundo con gran potencial de crecimiento de la frontera agrícola hacia vastas regiones de suelos nunca cultivados.

En Argentina, las experiencias sobre sistemas conservacionistas se iniciaron en la década del 60' (Milatich, 1993) aunque los proyectos de investigación institucionales comenzaron en la EEA del INTA Marcos Juárez en 1974 (Marelli y Arce, 1989). En dichos ensayos se analizaron distintos sistemas de labranzas conservacionistas con énfasis en la siembra directa de soja sobre rastrojo de trigo y su incidencia sobre el rendimiento, propiedades del suelo y la erosión hídrica.

A partir del año 1992, se demuestra la importancia de la siembra directa en nuestro país, a través de la realización de congresos nacionales y/o internacionales de siembra directa, jornadas técnicas organizadas por la Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa, como así también otros entes oficiales y privados, en las cuales se vierten y analizan los avances, novedades, problemáticas y soluciones al respecto, tanto en la faz técnica como productiva.

Por definición, un sistema conservacionista mantiene una capa de residuos superior al 30% sobre la superficie del suelo (Schertz, 1988) y comprende un conjunto de métodos de manejo que van desde el laboreo reducido o mínimo con arado de cincel hasta el no laboreo o siembra directa donde no hay disturbio del suelo excepto el producido por la siembra del cultivo. En este último caso, se genera una cobertura constituida por los residuos de los cultivos anteriores y de las malezas controladas por herbicidas antes de la siembra.

En el caso particular de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill), debido a la importancia que dicha oleaginosa posee como fuente proteica para la alimentación mundial, ha tenido en los últimos años en Argentina, una expansión de su superficie cultivada de significativa relevancia.

A partir de la década del 70', la producción de soja ha venido creciendo constantemente, debido a incrementos tanto en la superficie sembrada como en los rendimientos unitarios.

Entre éstos, el mayor laboreo del suelo (especialmente en los sistemas de doble cultivo de trigo-soja), constituyó un problema desde el punto de vista económico y ambiental.

Como consecuencia de esto, en los últimos años la superficie en la cual se realiza siembra directa ha aumentado considerablemente, alcanzando en la campaña 1999/2000 el 37% de la superficie agrícola total.

Asimismo, otro cambio importante en el agroecosistema de nuestro país fue la introducción de cultivares de soja resistente a glifosato a partir del año 1997. La adopción de esta semilla genéticamente modificada cuya resistencia al herbicida glifosato permite su utilización durante todo el ciclo del cultivo, constituyó una de las principales razones del incremento en la producción de soja, (Franco, 2004).

La soja, es actualmente la oleaginosa más difundida del país, ocupando el primer lugar en el mundo como exportadora de aceite de soja y liderando junto a Brasil la exportación de harina de soja. La producción nacional de soja 2007/08, coloca a la Argentina en el cuarto lugar en el mundo (SAGPyA, 2009).

Casi la totalidad de la superficie sembrada corresponde a soja genéticamente modificada expandiéndose así el cultivo hacia otras regiones donde antes no se producía. El empleo de esta semilla, permite reducir el número de agroquímicos además de facilitar la siembra directa y disminuir costos de producción. La soja ha modificado la estructura de la producción agropecuaria y agroindustrial de nuestro país desplazando a otros cultivos tradicionales como girasol, maíz o sorgo, e incluso numerosos productores ganaderos o lecheros abandonaron su actividad para dedicarse al cultivo de la soja, alentados por lo menores costos de producción y mayores márgenes de ganancia (Franco, 2004).

Por lo tanto, y debido a la importancia que la soja posee como componente principal de los sistemas productivos de nuestro país, es fundamental reconocer que la misma trae aparejada una intensificación de la faz investigativa tendiente a lograr una mayor eficiencia

en su cultivo, sin descuidar el recurso natural suelo. Surgiendo ante esto, la necesidad de generar e implementar tecnologías apropiadas a los requerimientos relacionados con el nuevo escenario productivo nacional.

En este sentido, el prototipo de Siembra Directa de Grano Fino – Soja, utilizado para la ejecución de este proyecto responde a las necesidades planteadas y pretende aportar un eslabón más en el desarrollo de ésta técnica de siembra. El mismo, fue diseñado y desarrollado en la Universidad Nacional de Río Cuarto, entre los años 1990 a 1995 (Principi *et al* 2002 a y b), siendo su principal logro la disminución de su peso total a la mitad con los consecuentes beneficios que esto implica, fundamentalmente, en la menor compactación del suelo en su tránsito.

I. ANTECEDENTES

Aquellas tecnologías que se adapten a cada empresa, ambiente, contexto económico social y que sean capaces de mantener en el largo plazo los niveles de productividad, la calidad del medio ambiente y los niveles de desarrollo económico y social, forman parte de técnicas agrícolas sustentables (Lattanzi 1998).

Los equipos de siembra directa y labranza reducida dejan mayor cantidad de rastrojo en superficie respecto a los equipos de labranza y siembra convencional, lo que permite el control de los problemas de erosión eólica e hídrica, Richey *et al* (1973), Erbach *et al* (1983) y Hauck y Fanning (1984). En este sentido, los aportes más relevantes que trae consigo el uso de equipos y sistemas de siembra directa, respecto a los sistemas de labranza y siembra convencional son analizados por Marelli y Arce (1995 a) y Marelli (1998)

El prototipo de Siembra Directa de Grano Fino – Soja utilizado para la ejecución de este proyecto, fue diseñado y desarrollado en la U.N.R.C. entre los años 1990 a 1995 (Principi *et al* 2002 a y b), siendo sus principales reivindicaciones que al lograrse una transferencia de peso hacia los órganos de apertura de la faja de siembra y fertilizantes, de muy difícil penetración en el suelo, es factible disminuir su peso total a la mitad, con respecto a los equipos tradicionales de siembra directa; esto redundaría en una menor compactación del suelo en su tránsito. Además, al poseer una rueda auxiliar para la transmisión, se eliminan los embragues que poseen las máquinas convencionales. El mismo fue experimentado individualmente y comparado con otros sistemas de siembra directa tradicionales y otros de labranzas y siembras convencionales en siembra de trigo. Los resultados obtenidos demostraron que este equipo, además de las ventajas enunciadas, permite igualar las poblaciones logradas y los niveles de producción respecto a los otros sistemas.

Lo expuesto trajo como consecuencia que los resultados obtenidos y difundidos en congresos, revistas científicas, jornadas y periódicos, fuesen determinantes para que la mayoría de las fábricas de maquinarias dedicadas a siembra directa, utilicen o adopten parte de las innovaciones realizadas en el mismo.

Los trenes de distribución de las máquinas para siembra directa (grano fino y grueso), poseen mayoritariamente una cuchilla circular para el corte del rastrojo y labranza de la línea de siembra seguida por conjuntos surcadores de doble disco y ruedas cubridoras-compactadoras con cubiertas de goma (Maroni, 1994; Gargicevich, 1995).

En lo relativo a la siembra directa de cereales, Erbach *et al* (1983), Hauck y Fanning (1984), Debicki y Shaw (1996), Morrison *et al* (1988), Molin y D'Agostini (1996), Molin *et*

al (1998), Baumer (1999), Romagnoli (1992) y Martínez Peck (1998) analizan en sus trabajos factores inherentes al diseño de estas máquinas y a su construcción y experimentación.

En los trabajos de Bolton y Booster (1981), Thomas (1990), Sanchez *et al* (1983), Chaplin *et al* 1986), Fogante *et al* (1993), Marelli y Arce (1995 b), West *et al* (1996), Burns *et al* (1997), Ferrari (1998), Marelli *et al* (2000 a y b) se aprecia que, en general con los sistemas de siembra directa se logran poblaciones de plantas y eficiencia de siembra similares al sistema de labranza y siembra convencional.

Respecto a la soja se observa en el país dos modalidades de implantación. Por un lado la modalidad tradicional que se vale de máquinas de granos gruesos, por lo general para los cultivos de primera; y por el otro la modalidad alternativa que constituye el empleo de sembradoras de grano fino (Bragachini *et al.*, 1993). Esta posibilidad, que permite la utilización de una sola sembradora en la rotación trigo-soja de segunda, muestra un interés creciente en los productores. En el año 1996 se comercializaron 3100 sembradoras de grano fino-soja de segunda (Bragachini, 1997). En la región no existen estudios referentes al uso de estas sembradoras y a las variables que se medirán y analizarán en este trabajo.

Ewen *et al.*, (1981) expresan que el rendimiento del cultivo es indiferente a la uniformidad de distribución; Maroni (1994) concluye que densidades superiores a las 30 semillas por metro de surco deben considerarse descargas a chorrillo, con independencia del dosificador utilizado y Fábregas *et al.*, (1995) expresan que los dosificadores a chorrillo producen daños de escasa magnitud a la semilla de soja. Estos antecedentes aportan a la posibilidad de utilización antes mencionada.

Tourn *et al.*, (2000), expresa en su conclusión al comparar una sembradora de siembra directa de grano grueso con soja, respecto a una de grano fino- soja, que existe una modalidad alternativa para la siembra de este cultivo, la utilización de sembradoras a chorrillo en hileras. La mayor variabilidad en las semillas distribuidas y plantas logradas producto de la utilización de la sembradora a chorrillo no se manifiesta en los rendimientos.

Richey *et al* (1973), Erbach *et al*, (1983) y Hauck y Fanning (1984), concuerdan en que los equipos de labranzas reducidas y en especial los de siembra directa, dejan mayor cantidad de rastrojo en la superficie del suelo que el sistema convencional, lo que contribuye al control de la erosión.

Summers y Frisby (1978), Chaplin *et al*, (1988) y Griffith y Parsons (2000) constataron que los sistemas de siembra directa disminuyen significativamente la potencia y energía consumida por hectárea para implantar el cultivo, respecto a los sistemas convencionales.

Principi (1980) y Principi *et al* (1982, 1984, 1992, 2002 a y b) han diseñado y experimentado en laboratorio y a campo diversos equipos de labranza reducida (siembra directa, mínima labranza, etc.), aplicando protocolos de ensayos de CODEMA (Comisión de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola) (Maroni, 1994), para constatar el desempeño de los nuevos sistemas con el convencional, llegando a la conclusión que las poblaciones de plantas logradas con los mismos son similares a este ultimo.

HIPÓTESIS

El prototipo de siembra directa para grano fino-soja diseñado logrará una eficiencia de siembra y producción de granos de soja similar a la lograda con una máquina de siembra directa reconocida y difundida en nuestro país.

OBJETIVO GENERAL

Comparar a campo el prototipo de siembra directa diseñado en la Universidad Nacional de Río Cuarto con otros sistemas de labranza y siembra en un cultivo de soja.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar la población de plantas logradas y la eficiencia de siembra.
- ✓ Determinar la producción de granos.
- ✓ Medir el esfuerzo en la barra de tiro del tractor y la energía mecánica consumida.
- ✓ Medir la profundidad de siembra.
- ✓ Evaluar el rastrojo en superficie.

II. METODOLOGÍA

En función de los objetivos planteados, se desarrolló durante el período 2004-2005 la preparación y siembra de los diferentes tratamientos que son ejes fundamentales de este estudio. La metodología implementada para realizar cada una de las etapas que conformaron esta investigación se describe a continuación:

1. Ensayos comparativos en siembra directa de soja:

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola 2004/2005, en Río Cuarto, Córdoba, Argentina; latitud 33°; longitud 64° 14' w; 421 msnm. El suelo fue un Hapludol típico franco arenoso fino. La variedad de soja fue de grupo V, siendo la misma considerada adecuada por la época de siembra y el régimen hídrico y térmico.

Los tratamientos fueron los siguientes:

T1.	Sistema prototipo de siembra directa con dispositivo de apertura de la faja de siembra compuesto por cuchilla tipo turbo, discos dobles y doble rueda engomada en "V" con discos dentados para el cierre del surco, sobre suelo labrado en septiembre
T2.	Sistema prototipo de siembra directa con dispositivo de apertura de la faja de siembra compuesto por cuchilla tipo turbo, discos dobles y doble rueda engomada en "V" con discos dentados para el cierre del surco, sobre suelo sin labranza previa.
T3.	Sistema de siembra directa con sembradora típica de mercado, con kit de siembra similar al tratamiento T1, sobre suelo labrado en septiembre.
T4.	Sistema de siembra directa con sembradora típica de mercado, con kit de siembra similar al tratamiento T1, sobre suelo sin labranza previa.
T5.	Sistema convencional, con sembradora de grano fino-soja con abre surcos a discos sobre suelo labrado en septiembre.
T6.	Sistema convencional, con sembradora de grano fino-soja con abre surcos a discos sobre suelo sin labranza previa.

- 1.1. Diseño experimental: El diseño utilizado para este experimento es un factorial en bloques al azar con 4 repeticiones. El arreglo de los tratamientos es en parcela divididas, donde el tratamiento con o sin labranza se ubicará en la parcela mayor (parcela principal) y sistema de labranza se ubicará en parcela menor (subparcela).

La Unidad Experimental es de 4,2 m de ancho x 30 m de largo = 126 m². La parcela principal de 12,6 m x 30 m = 378 m² y la superficie del ensayo con 4 repeticiones 4 x 756 m² = 3024 m²

- 1.2. Materiales y condiciones de siembra: La fecha de siembra del ensayo fue el 22 diciembre de 2004. Se utilizó soja grupo V y se calibraron y regularon los equipos de labranza y siembra de modo de lograr una densidad de 500 plantas.ha⁻¹, considerando el peso de 1000 semillas en 150 gr, es decir 75 kg.ha⁻¹. La distancia entre líneas de siembra fue de 0,35 m. La labranza anticipada se realizó durante la primera quincena de septiembre con rastra de discos. El cultivo antecesor fue trigo el que, en las parcelas correspondientes a los tratamientos sin labranza anticipada, fue cosechado y posteriormente se sembró la soja sobre el rastrojo del mismo en las parcelas de siembra directa y se labró en las parcelas de labranza y siembra convencional. (Tratamiento 6).
- 1.3. Control de malezas: Se efectuó mediante la aplicación de herbicidas durante el ciclo del cultivo predecesor, durante la labranza anticipada y en forma previa y posterior a la siembra, de acuerdo a la evolución de las malezas con el propósito de mantener el lote de ensayo libre de las mismas.

- 1.4. Determinación de las variables

1.4.1. Población lograda y eficiencia de siembra. Se constató el número final de plantas emergidas a los 20 días de la siembra, sobre las dos líneas centrales de cada tratamiento, tomando tres muestras de 2.86 m lineales cada uno (6m²). La eficiencia de siembra se obtuvo como el coeficiente expresado en porcentaje, entre el número final de plantas emergidas y el número de semillas fértiles sembradas. Se aplicó a los resultados análisis de varianza.

1.4.2. Producción de granos: Se efectuó la misma al alcanzar el cultivo el punto de madurez apropiada (la humedad del grano 12,5%). Para ello se realizó la cosecha en forma manual, tomando 3 muestras de 2.86 metros lineales sobre cada uno de los dos

surcos centrales (6 m² en total) de cada tratamiento. Se desgranó y pesó cada muestra determinando kg.ha⁻¹ de grano limpio. Se realizó posteriormente, el análisis de varianza correspondiente aplicando análisis estadístico para determinar diferencias entre valores.

1.4.3. Medición del esfuerzo en la barra de tiro del tractor y de la energía mecánica consumida. Se utilizó para ello un dinamógrafo hidráulico tipo AMSLER, determinándose la velocidad real (V: m.s⁻¹), potencia (N: kw) y energía consumida (E: kwh.ha⁻¹). Se realizaron las mediciones en forma simultánea con las operaciones de labranza anticipada y labranza y siembra con todos los implementos que conforman los distintos tratamientos. Para el cálculo de potencia requerida se aplicó la siguiente ecuación: $N \text{ (kw)} = F \text{ (kg)} \cdot V \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$. Donde: F es la fuerza en kg medido por dinamógrafo y V: es la velocidad de avance de la maquina.

Ello conjuntamente con la capacidad efectiva (Ct: 0,1.af.Ve; donde Ct: capacidad de trabajo efectiva, af: ancho de trabajo efectivo; Ve: velocidad de trabajo efectiva de trabajo) que se calculó para cada equipo, permitió obtener la energía consumida. La energía total de cada sistema se obtuvo por sumatoria de la energía individual de cada implemento y por cada una de las pasadas que este realizó para conformar el mismo. Se efectuó análisis de varianza.

1.4.4. Profundidad de siembra: La medición se efectuó cortando las plantas inmediatamente después de la emergencia, a ras del suelo, midiendo posteriormente la distancia entre el corte efectuado y las primeras raicillas de anclaje. El muestreo se realizó sobre las dos líneas centrales, tomando en cada una 3 muestras de 0,476 m lineales (1 m² en total) en cada parcela. Los valores se expresan en mm.

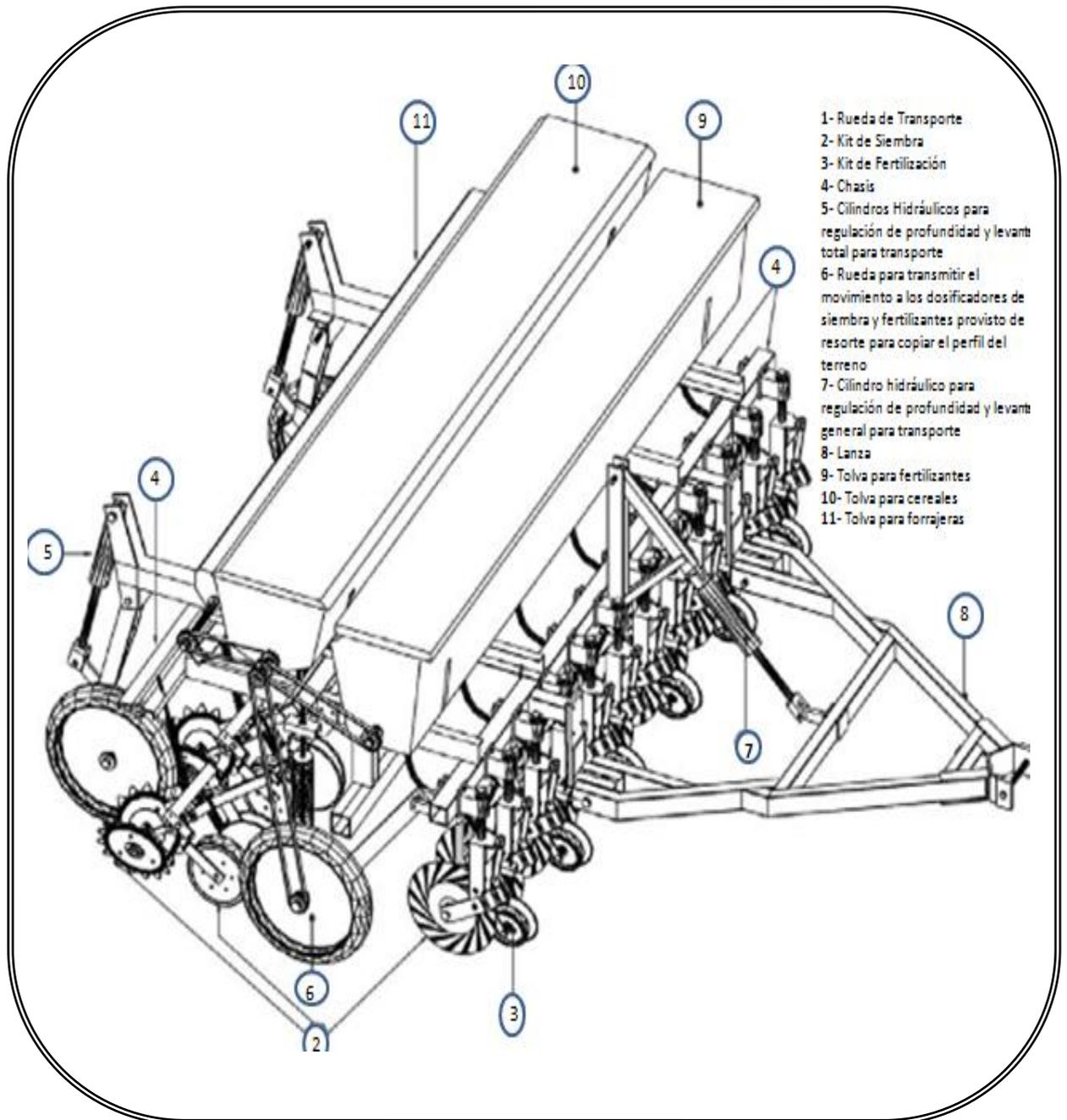
1.4.5. Rastrojo en superficie: Las mediciones se efectuaron en forma previa y posterior a las operaciones de labranza y siembra. Para el muestreo respectivo se utilizó un aro de 0.25 m². El mismo fue colocado al azar sobre las parcelas, recolectándose 8 muestras en cada una de ellas. Una vez recolectada la muestra se puso en estufa y se llevó la muestra a peso constante tomando el dato de materia seca.

Por último, es importante señalar y/o describir algunas de las principales características del prototipo para siembra directa de grano fino diseñado (Figura 1).

El equipo está constituido por dos ruedas para ser transportado; una lanza de vinculación al tractor y posee los órganos de apertura de la faja de siembra, donde va a caer

la semilla y los correspondientes órganos donde se colocará el fertilizante, a un costado de la semilla, línea de por medio. Al poner el fertilizante en esa posición, o sea cada dos líneas de siembra, se logra disminuir el número de cuchillas y, por consiguiente, el peso necesario para lograr su penetración.

Figura 1: PROTOTIPO PARA SIEMBRA DIRECTA DE GRANOS FINOS





El tren de siembra está constituido por una cuchilla del tipo dura flute, escotada o turbo, según convenga, luego va un disco doble para la colocación de la semilla, con ruedas limitadoras de profundidad y una rueda de cierre de surco.

La lanza está articulada y tiene un cilindro hidráulico intercalado entre el chasis y ésta, de forma tal que cuando la máquina ingresa al predio para sembrar, las ruedas posteriores se levantan completamente y todo el peso de la herramienta descansa sobre las cuchillas, que van a abrir los surcos para colocar la semilla y el fertilizante. El sistema permite acortar el cilindro hidráulico que está montado sobre la lanza, para hacer la transferencia de peso hacia la parte delantera, donde están colocadas las cuchillas y, de esa forma, facilitar la penetración de la herramienta en el suelo.

La transmisión para el sistema de siembra se toma de una rueda auxiliar que va siguiendo las irregularidades del suelo, mediante un resorte, de modo que en todo momento se garantiza que la máquina esté entregando la semilla y el fertilizante necesario para lograr una eficiente implantación de cultivo. Además, y como ésta rueda se levanta al desclavar la máquina, se eliminan los embragues de accionamiento de los distribuidores de semillas y fertilizantes, lo cual implica un menor costo de adquisición.

III. RESULTADOS

Cuando se compararon los diferentes tratamientos llevados adelante en el ensayo que da sustento a este estudio, no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de eficiencia de siembra, aunque los valores de esta variable fueron mayores para el prototipo siembra directa sin labranza anticipada y sembradora siembra directa testigo sin labranza anticipada, (Cuadro 1).

CUADRO 1: Población de plantas logradas y eficiencia de siembra a los veinte días de la siembra por cuatro sistemas de siembra directa y dos sistemas de labranza y siembra convencional.

SISTEMA DE SIEMBRA	Pl x ha⁻¹	% Eficiencia
Prototipo SD con labranza anticipada (T1)	398.000 a	75,7
Prototipo SD sin labranza anticipada (T2)	465.000 a	89
Sembradora SD testigo con labranza anticipada (T3)	375.000 a	69,7
Sembradora SD testigo sin labranza anticipada (T4)	467.000 a	87
Siembra Convencional con labranza anticipada (T5)	423.000 a	82,4
Siembra Convencional sin labranza anticipada (T6)	428.000 a	81,4
COEFICIENTE DE VARIACION	15,75%	

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según Test de Tukey

Respecto al número de plantas logradas a los veinte días de la siembra y mediante el Test de Tukey no surgieron diferencias significativas entre los tratamientos, el nivel de significación fue de 0,05, aunque los mayores valores para esta variable se observaron para

los tratamientos prototipo de siembra directa y sembradora siembra directa testigo, ambos sin labranza anticipada. (Cuadro 1).

En lo que se refiere a la producción de granos, los resultados alcanzados por los seis tratamientos se pueden observar en el Cuadro 2.

CUADRO 2: Producción de granos lograda por cuatro sistemas de siembra directa y dos sistemas de labranza y siembra convencional.

SISTEMA DE SIEMBRA	Kg x ha⁻¹
Prototipo SD con labranza anticipada (T1)	3100 a
Prototipo SD sin labranza anticipada (T2)	3325 a
Sembradora SD testigo con labranza anticipada (T3)	3250 a
Sembradora SD testigo sin labranza anticipada (T4)	3720 a
Siembra Convencional con labranza anticipada (T5)	3800 a
Siembra Convencional sin labranza anticipada (T6)	3525 a
COEFICIENTE DE VARIACION	17,50 %

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según Test de Tukey

La producción de granos no presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo el nivel de probabilidad de 0,05. A pesar de esto, el tratamiento siembra convencional con labranza anticipada evidenció los mayores valores en la producción de grano (Cuadro 2).

En relación a la potencia (expresada en kw) y energía mecánica consumida en la barra de tiro del tractor (expresada en kw/h/ha) en el Cuadro 3 se observan los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos.

CUADRO 3: Potencia y energía mecánica consumida en la barra de tiro del tractor en los cuatro sistemas de siembra directa y sistemas de labranza y siembra convencional.

SISTEMA DE SIEMBRA	Potencia (kw)	E (kw h x ha⁻¹)
Prototipo SD con labranza anticipada (T1)	49,5	20,8 d
Prototipo SD sin labranza anticipada (T2)	26,5	11,6 f
Sembradora SD testigo con labranza anticipada (T3)	51,1	21,5 c
Sembradora SD testigo sin labranza anticipada (T4)	36,4	15,2 e
Siembra Convencional con labranza anticipada (T5)	78,4	32,4 a
Siembra Convencional sin labranza anticipada (T6)	61,5	25,7 b
COEFICIENTE DE VARIACION	16,00%	

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según Test de Tukey

La energía mecánica consumida en la barra de tiro del tractor fue significativamente menor en los tratamientos de siembra directa con respecto a los de siembra convencional.

Asimismo, los tratamientos Prototipo SD con y sin labranza anticipada requirieron menor potencia que el resto de los tratamientos. (Cuadro 3).

Los valores resultantes de los ensayos respecto a la profundidad de siembra en los cuatro sistemas de siembra directa y sistema de labranza y siembra convencional se pueden observar en la Cuadro 4.

CUADRO 4: Medición de la profundidad de siembra en los cuatro sistemas de siembra directa y sistemas de labranza y siembra convencional.

SISTEMA DE SIEMBRA	Promedio(cm)	Desvío Estándar
Prototipo SD con labranza anticipada (T1)	3,70 a	0,32
Prototipo SD sin labranza anticipada (T2)	3,73 a	0,28
Sembradora SD testigo con labranza anticipada (T3)	3,68 a	0,25
Sembradora SD testigo sin labranza anticipada (T4)	3,65 a	0,23
Siembra Convencional con labranza anticipada (T5)	3,72 a	0,28
Siembra Convencional sin labranza anticipada (T6)	3,62 a	0,22

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según Test de Tukey

No se encontró diferencia significativa en la profundidad de siembra con los cuatro sistemas de siembra directa y sistemas de labranza y siembra convencional, con un 0,05 de nivel de significación.

Respecto al rastrojo en superficie ($MS. kg.ha^{-1}$) medido en forma previa y posterior a las operaciones de labranza anticipada y labranza y siembra, los resultados se observan en la Cuadro5.

CUADRO 5: Rastrojo en superficie (kg ms/ ha) medido en forma previa y posterior a las operaciones de labranza anticipada y labranza y siembra.

SISTEMA DE SIEMBRA	Kg MS/ha
Prototipo SD con labranza anticipada (T1)	950 a
Prototipo SD sin labranza anticipada (T2)	2340 b
Sembradora SD testigo con labranza anticipada (T3)	1000 a
Sembradora SD testigo sin labranza anticipada (T4)	2120 b
Siembra Convencional con labranza anticipada (T5)	890 a
Siembra Convencional sin labranza anticipada (T6)	2280 b

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según Test de Tukey

Los niveles de rastrojo en superficie no arrojaron diferencias significativas dentro de los mismos sistemas de labranza (directa o convencional) pero si comparando entre los sistemas de labranza ya que el convencional invierte el pan de tierra y en el sistema de siembra directa sin labranza hay una remoción del rastrojo pero no una inversión del pan de tierra, con lo cual queda más rastrojo en superficie.

IV. DISCUSIÓN

En el número total de plantas nacidas y la eficiencia de siembra no se observaron diferencias significativas entre el prototipo y la máquina de siembra directa testigo, ambos con y sin labranzas anticipada coincidiendo con lo expresado por Bragachini *et al* en 1993 y 1997 y Tourn *et al* 2002. Tampoco hubo diferencias significativas entre los distintos sistemas de siembra directa y labranza convencional.

La energía consumida en la barra de tiro del tractor fue significativamente menor en los tratamientos de siembra directa con respecto a la siembra convencional, al nivel del 5% entre el prototipo y el testigo. Esto coincide con lo expresado por Griffith *et al* 2000 y por Principi *et al* 2002 a y b.

En relación al rastrojo en superficie, y en concordancia con lo planteado por Richey *et al* (1973), Marelli y Arce (1995 b), los tratamientos con equipos de siembra directa y labranza reducida dejaron mayor cantidad de rastrojo en superficie respecto a los equipos de siembra convencional con labranza anticipada.

CONCLUSIONES

El prototipo de siembra directa diseñado es un equipo de mucho menor peso que los equipos tradicionales, que contribuye al control de procesos erosivos y con el cual se consigue una adecuada penetración en distintos tipos de suelos, con diferentes cantidades de rastrojo, para la colocación de semillas y fertilizantes.

El funcionamiento de este equipo se destaca porque, mediante la transferencia de peso dinámico, permite la penetración necesaria de los sistemas a cuchillas y discos de los kits de siembra y fertilización, sin necesidad de sobrepeso adicional necesario en equipos convencionales de siembra directa.

A través de su experimentación se comprobó que el mismo se desempeña correctamente en los suelos cubiertos con cantidades significativas de rastrojo, permitiendo una ubicación adecuada de la semilla sin problemas de atoramiento y ha logrado poblaciones de plantas, eficiencia de siembra y producción de grano sin diferencias significativas respecto a los sistemas convencionales.

El prototipo de siembra directa sin labranza anticipada mostró una cobertura de rastrojos significativamente mayor que el resto de los tratamientos, y una reducción significativa de la energía mecánica necesaria en la barra de tiro del tractor.

Con este equipo se procura aplicar los criterios de la agricultura sustentable, que permiten proteger el suelo de los problemas de erosión eólica e hídrica, tratando de mantener como mínimo los niveles de producción de los cultivos respecto del sistema convencional, en el transcurso de los años. Su uso es propicio en la región centro sur de Córdoba y en otras con suelos similares, en donde se manifiesta susceptibilidad a los problemas erosivos tanto eólicos como hídricos contribuyendo a controlar en grado manifiesto estos problemas.

Por último, y sobre la base de los resultados obtenidos se puede decir que el prototipo se encuentra en condiciones a nivel regional para trabajar con distintos tipos de suelo y rastrojo, siendo muy apropiado su uso para un programa de agricultura conservacionista y sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- BAUMER, C.R. 1999. Sembradoras y fertilizadoras para siembra directa. AAPRESID. Publicaciones Técnicas. Serie Siembra Directa N° 2, 345.
- BOLTON F.E., BOOSTER D.E., 1981. Strip-Till Planting in Dryland Cereal Production. Transactions of the ASAE 59, 5962.
- BRAGACHINI, M., L. BONETTO y R. BONGIOVANNI. 1993. Siembra, cosecha, secado y almacenaje de soja. INTA. EEA Manfredi, 191 pp.
- BRAGACHINI, M. 1997. Sembradoras de siembra directa. En Seminario de siembra directa. INTA. Resúmenes, 103-114.
- BURNS J., JARED J., RHODES N., 1997. Produce corn the no-till way Agricultural, pp 13-15.
- CHAPLIN J., LUEDERS M., RUGG D., 1986. A study of compaction and crop yields in loamy sand soil after seven years of reduced tillage. Transactions of the ASAE 29, 389-392.
- CHAPLIN J., JENANE C., LUEDERS M., 1988. Drawbar energy use for tillage operations on loamy sand. Transactions of the ASAE 31, 1692-1694.
- DEBICKI I.W. y I.N. SHAW, 1996. Spade-Punch planter for precision planting. ASAE 39, 1259-1267.
- ERBACH D.C., MORRISON J.E. and D.E. WILKING, 1983. Equipment modification and innovation for conservation tillage. Journal of Soil and Water Conservation 38, 182-183.
- EWEN L., SMITH E. and D. EGLI, 1981. Double - cropped soybean planting variables. Transactions of the ASAE, 24 (1): 43 - 44 y 47.

- FABREGAS G., TOURN M. y J. RAGGIO, 1995. Efecto provocado en la semilla de soja por el dosificador de rotor cilíndrico de eje horizontal, trabajando con cuatro distanciamientos diferentes entre hileras. I congreso Nacional de Soja y II Reunión Nacional de Oleaginosos. AIANBA - Pergamino, 1: 1 -8.
- FERRARI M., 1998. La siembra directa y el rendimiento de los cultivos en la pampa húmeda. En: Siembra Directa, ed. Hemisferio Sur S.A., Argentina, pp. 191-196.
- FOGANTE R., CANOVA D., FOGANTE, G., ROSSO P., 1993. El cultivo de trigo en siembra directa. AAPRESID. Publicaciones Técnicas, Serie Siembra Directa 5,3-30.
- FRANCO, D. 2004. Magnitud e impacto potencial de la liberación de organismos genéticamente modificados y sus productos comerciales. En: www.alimentosargentinos.gov.ar/03/olea/Aceite_soja19/A_soja.htm. Consultado: 30-11-2010
- GARGICEVICH, A. 1995. Sembradoras de siembra directa y su efecto sobre la cobertura. Experiencias del PAC nO 15. 4 pp.
- GRIFFITH DR., PARSONS S.D., 2000. Energy requirements for various tillage-planting systems. NCR-202. Purdue University. Cooperative Extension Service. West Lafayette, IN 47907, 1-14.
- HAUCK D.D., FANNING C., 1984. Reduced tillage seeding equipment for small grains. Cooperative Extensions Service. North Dakota State University. Extensión Circular AE-826.
- LATTANZI, A.R. 1998. La siembra directa y la agricultura sustentable. En: Siembra Directa, ed. Hemisferio Sur S.A., Argentina, pp. 29-34.
- MARELLI, M.G. y ARCE, J.M. 1989. Siembra directa de soja sobre trigo. Resúmenes 4a. Conferencia Mundial de Investigación en soja. II: 604-614.
- MARELLI, H. y J. ARCE, 1995 a. Aportes en siembra directa. Publicación Técnica INTA, EEA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina

- MARELLI H., ARCE J., 1995 b. La siembra directa en la secuencia trigo/soja. Aportes en siembra directa. INTA, EEA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina, pp. 23-40.
- MARELLI H., ARCE J., LORENZON C., MARELLI P., 2000. Ensayos de labranza y secuencias de cultivos en trigo ciclo 1999. INTA, EEA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. Hoja informativa N° 333.
- MARONI, J- 1994. Máquinas sembradoras para siembra directa. Consideraciones para su puesta a punto. Artículos Técnicos PAC II. Serie Maquinaria Agrícola n° 3. 12 pp.
- MARTINES PECK R., 1998. Máquinas para la siembra directa, sembradoras y pulverizadores. En: Siembra Directa: Cuaderno de Actualización Técnica. CREA, N° 59, pp. 38-50.
- MILATICH, N. 1993. El cultivo de soja en SD. Actas del II Congreso Nacional de Siembra Directa. Huerta Grande (Córdoba). pp. 187-195.
- MOLIN J., D'AGOSTINI V., 1996. Development of a rolling punch planter for stony soil conditions. Agric. Mech. Asia, Africa and Latin America 27, 17-19.
- MOLIN J., BASHFORD L., VON BATRGEN K, LEVITICUS L., 1998. Design and evaluation of a punch planter for no-till systems. Transactions of the ASAE 41, 307-314.
- MORRISON J.E., ALLEN R.R., WILKINS D.E., POWELL G.M., GRISSO R.D., ERBACH D.C., HERNDON L.P., MURRAY D.L., FORMANECK G.E., PFOST D.L., HERRON M.M., BAUMERT D.J., 1988. Conservation Planter, Drill and Air-Type Seeder Selection Guideline. Transactions of the ASAE 4, 300-309.
- PRINCIPI M.A., 1980. Comparación de sistemas de labranza y siembra de centeno, compatibles con la conservación del suelo. Anales INIA, España. Serie Tecnología Agraria 13, 87-111.
- PRINCIPI M.A., MATTANA R.R., COLODRO J.L. y O.P. CARDINALI 1982. Desarrollo y experimentación de una máquina de labranza cero, montada en el sistema hidráulico de 3 puntos del tractor. Anales INIA, España. Serie Agrícola 20, 163-182.

- PRINCIPI M.A., MATTANA R.R., COLODRO J.L. y O.P. CARDINALI 1984. Diseño y experimentación de equipos y sistemas de labranza y siembra reducidas para maíz. IDIA 413-416, 30-42.
- PRINCIPI M.A., MATTANA R.R., COLODRO J.L. y O.P. CARDINALI 1992. Diseño y experimentación de sistemas de labranza y siembra para maíz. II Congreso Argentino de Ingeniería Rural. Villa María, Córdoba, pp. 287-328.
- PRINCIPI M.A., MATTANA R.R., CARDINALI O.P. y J.L. COLODRO, 2002 a. "Diseño y Experimentación de un prototipo para siembra directa de granos finos". Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) España. ISSN 0213-5000. Vol. 17 (2). 2002: pp 207-217.
- PRINCIPI M.A., MATTANA R.R., CARDINALI O.P. y J.L. COLODRO, 2002 b. "Diseño y performance de un prototipo para siembra directa". RIA. INTA. Argentina. ISSN 0325-8718. Vol. 31 (2), 2002: pp. 135-148.
- RICHEY C.B., GRIFFITH D.R., GALLOWAY H.M. and J.V. MANNERING, 1973. Evaluation of tillage-planting system for corn. Transaction of the ASAE 3, 73-113.
- ROMAGNOLI J.C., 1992. Maquinarias en siembra directa. 1er. Congreso Interamericano de Siembra Directa. Villa Giardino, Córdoba, Argentina, pp. 99-120.
- SAGPyA 2009. Estimaciones agrícolas de la secretaría de Agricultura de la Nación En: www.sagpya.mecon.gov.ar/.../estimaciones/base.php. Consultado: 19-11-2010.
- SANCHEZ V., HERNANZ J.L., FERNANDEZ C. y L. NAVARRETE, 1983. Tres años de siembra directa en el cultivo de los cereales. 18 Feria Técnica Internacional de la Maquinaria Agrícola. Zaragoza (España). Comunicación, pp. 1-10.
- SCHERTZ, D.L. 1988. Conservation tillage; An analysis of acreage projections in the United States. Journal of Soil and Water Conservation. 43: 256-258.
- SUMMERS J. y J. FRISBY, 1978. Energy and power requirements for individual tillage tools and tillage systems. ASAE. Paper N° MC-78-606, 12 pp.

- THOMAS, G.W., 1990. Labranza cero. Resultados en EE.UU. y observaciones en campos Argentinos. AAPRESID. Comunicación, pp. 1-16.

- TOURN M.C., SOZA E.L, DOLD R.F., ADROVER L. y F. Del Olmo. 2000. Evaluación de dos alternativas de implantación para la siembra directa de soja. Avances en Ingeniería Agrícola, 14-18.

- WEST T., GRIFFITH D., STEINHARDT G., KLADIVKO E. and S. PARSONS, 1996. Effect of tillage and rotation on agronomic performance of corn and soybean: Twenty-year study on darksilty clay loam soil. Journal of Production Agriculture, 9, 241-248.