



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA SIEMBRA
DIRECTA DE GRANOS GRUESOS SEMIMONTADO EN EL
TRACTOR: UNIFORMIDAD DE LA PROFUNDIDAD DE
SIEMBRA Y DESARROLLO AÉREO EN EL CULTIVO DE
MAÍZ

Bruno Luis Busilli

DNI: 32612165

Director: Ing. Agromecánico Miguel Ángel Príncipi

Co-Director: Ing. Agr. Ricardo Raúl Mattana

Río Cuarto – Córdoba

Agosto del 2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Evaluación de un Prototipo para Siembra Directa de granos gruesos semimontado en el tractor: uniformidad de la profundidad de siembra y desarrollo aéreo en el cultivo de maíz.

Autor: Bruno Luis Busilli
DNI: 32612165

Director: Ing. Agromecánico Miguel Ángel Príncipi
Co-Director: Ing. Agr. Ricardo Raúl Mattana

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Ing. Agr. (M.Sc.) Víctor H. Rotondo _____

Ing. Agr. Roberto Del Castagner _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

Agradecimientos

Al comenzar una carrera universitaria la incertidumbre y la inseguridad son tristemente una porción de todas las sensaciones que se presentan en la mente de los jóvenes. Pero también, simultáneamente, aparecen otros buenos sentimientos como la madurez, la esperanza y la curiosidad de experimentar nuevas emociones y que las compartirá con las personas queridas de siempre y aquellas que pronto conocerá y las adoptará incondicionalmente de camarada. Por eso mismo, al terminar un ciclo sólo queda la impresión de felicidad y de gratitud hacia los demás.

De esta manera sólo quiero hacer llegar mi mas sincero agradecimiento a todos aquellos que transitaron a mi lado estos grandiosos años de vida.

Con mucho cariño especialmente a mi mamá, papá y hermano que han estado conmigo en todo momento. Por su confianza, apoyo y amor. Por brindarme los recursos necesarios y por ayudarme a cumplir mis objetivos como estudiante y persona gracias a sus concejos y enseñanzas.

Al resto de mi familia, significativamente a mis abuelos que ya dejaron esta vida, pero que los siento muy presente en los lugares más recónditos del corazón. A mis abuelas por haberme adoptado casi como un hijo y por compartir entrañables horas de juego. A mis tíos y primos muchas gracias por compartir grandiosos momentos familiares, por ofrecerme toda su ayuda y atención, pero especialmente su absoluto afecto.

A mis amigos les agradezco profundamente por haberme acompañado en innumerables momentos de bienestar y zozobra, brindándome su amistad fiel y de hermandad y por contagiarme siempre sus alegrías a través de sus ocurrencias.

Y a mis profesores por forjarme como un profesional en esta etapa universitaria tanto fuera como dentro de las aulas de clase, sobre la base de valores éticos y morales.

“La leña cortada por uno mismo calienta el doble”

Henry David Thoreau

Índice del texto

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes.....	3
Hipótesis	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos.....	6
MATERIALES Y MÉTODO	7
Análisis Estadístico	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Uniformidad de la profundidad de siembra de maíz	12
Biomasa aérea de maíz acumulada a floración.....	21
Interacciones entre rastrojo y uniformidad de la profundidad de siembra	28
Interacciones entre uniformidad de la profundidad de siembra y biomasa aérea	30
Interacciones entre rastrojo y biomasa aérea	33
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA CITADA	37
ANEXOS	43
Anexo 1	43
Anexo 2	44
Anexo 3	45
Anexo 4	46
Anexo 5	47
Anexo 6	48
Anexo 7	49
Anexo 8	51

Índice de figuras

Figura 1: Precipitaciones y Temperaturas medias diarias (Tmed) durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Campo Experimental FAV-UNRC. Septiembre 2009-Abril 2010	12
Figura 2: Profundidad de siembra media en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM	13
Figura 3: Coeficiente de Variación (CV) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM	13
Figura 4: Desvío Estándar (SD) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM	14
Figura 5: Profundidad de siembra Media en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS.....	15
Figura 6: Coeficiente de Variación (CV) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS.....	16
Figura 7: Desvío Estándar (SD) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS.....	16
Figura 8: Germinación y crecimiento de una semilla de maíz.....	18
Figura 9: A la izquierda se muestran espigas de maíz de un surco con distribución espacial y temporal uniforme frente a un surco de maíz (derecha) donde la profundidad y el espaciamiento varían	19
Figura 10: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los diferentes tratamientos para la situación SM	22
Figura 11: Biomasa aérea acumulada a floración en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM	23

Figura 12: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los tratamientos con y sin fertilización para la situación SM.....	23
Figura 13: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los diferentes tratamientos para la situación SS.....	24
Figura 14: Biomasa aérea acumulada a floración en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS.....	24
Figura 15: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los tratamientos con y sin fertilización para la situación SS	25
Figura 16: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los diferentes tratamientos para la situación RM.....	25
Figura 17: Biomasa aérea acumulada a floración en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación RM.....	26
Figura 18: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los tratamientos con y sin fertilización para la situación RM.....	26
Figura 19: Relación entre el nivel de rastrojo en superficie y desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra para la sembradora Testigo en la situación SM. $R^2 0.29$ y $p<0.4892$	29
Figura 20: Relación entre el nivel de rastrojo en superficie y desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra para la sembradora Prototipo en la situación SM. $R^2 0.38$ y $p<0.3466$	29
Figura 21: Relación entre el desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra y la producción de biomasa aérea acumulada a floración en las parcelas con fertilización para la situación SM. $R^2 0.51$ y $p<0.3019$	32
Figura 22: Relación entre el desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra y la producción de biomasa aérea acumulada a floración en las parcelas sin fertilización para la situación SM. $R^2 0.02$ y $p<0.9756$	32
Figura 23: Biomasa aérea acumulada a floración en función del nivel de rastrojo en superficie para las parcelas con fertilización en la situación SM. $R^2 0.91$ y $p<0.0018$...	33
Figura 24: Biomasa aérea acumulada a floración en función del nivel de rastrojo en superficie para las parcelas sin fertilización en la situación SM. $R^2 0.20$ y $p<0.6283$	33

Índice de tablas

Tabla 1: Uniformidad de la profundidad de siembra expresada a través de la Media (Med), Coeficiente de Variación (CV) y Desvío Estándar (SD) en función de cada uno de los diferentes tratamientos bajo la situación SM.....	12
Tabla 2: Uniformidad de la profundidad de siembra expresada a través de la Media (Med), Coeficiente de Variación (CV) y Desvío Estándar (SD) en función de cada uno de los diferentes tratamientos bajo la situación SS	15
Tabla 3: Peso de materia seca de biomasa aérea acumulada a floración (BR1) en la situación SM para los diferentes tratamientos.....	21
Tabla 4: Peso de materia seca de biomasa aérea acumulada a floración (BR1) en la situación SS para los diferentes tratamientos	21
Tabla 5: Peso de materia seca de biomasa aérea acumulada a floración (BR1) en la situación RM para los diferentes tratamientos.....	22

RESUMEN

La rápida adopción de la Siembra Directa en Argentina no podría haber sido posible si las sembradoras no hubiesen evolucionado de la manera en que lo hicieron. De este modo, el presente trabajo fue llevado a cabo con la finalidad de comparar la performance en la Siembra Directa de maíz (*Zea mays* L.) de una sembradora Prototipo semimontada en el sistema de tres puntos del tractor con una sembradora Testigo difundida en el país. El diseño del Prototipo, de un peso aproximadamente igual a la mitad de una máquina de Siembra Directa de arrastre de igual número de surcos y con similares kits de siembra y de fertilización logra la adecuada penetración de los órganos de siembra y fertilización gracias a un sistema de transferencia de peso dinámico hacia los mismos. Las variables estudiadas para poder llevar a cabo una comparación objetiva entre ambos equipos sembradores fueron la uniformidad de la profundidad de siembra y el desarrollo de biomasa aérea de maíz acumulada a floración con distintas condiciones de fertilización en función de diferentes situaciones con determinados niveles de rastrojo de maíz y soja en seco y bajo riego. Solamente se produjeron diferencias en la biomasa cuando estuvo en función de los diferentes escenarios de fertilización y cuando se la relacionó con el nivel de rastrojo, pero únicamente en los tratamientos fertilizados, infiriendo algún tipo de interacción entre los nutrientes y la disponibilidad de agua. No se registraron diferencias en la producción de biomasa en función de las sembradoras testeadas debido a que ambos equipos lograron una muy buena uniformidad en la profundidad de siembra, aún con diferentes niveles de rastrojo en superficie, lo cual es muy importante para generar un stand de plantas uniformes. Estos resultados indican que ambas sembradoras fueron igualmente reguladas para realizar una correcta implantación del cultivo y que no se encontraron grandes diferencias entre ellas en lo que respecta a la performance de siembra.

Palabras claves: Siembra Directa, maíz, profundidad de siembra, biomasa acumulada.

SUMMARY

Evaluation of a No-Till semi-integral Prototype planter of coarse grains: uniform seeding depth and dry matter acumulation in corn.

The rapid adoption of No-Till Planting System in Argentina might not have been possible if the planters had not evolved the way they did. Thus, this research was carried out for the purpose to compare the performance in No-Till corn (*Zea mays* L.) of a Prototype planter semi-mounted in the three-point system of the tractor with a Check planter widespread throughout the country. Prototype design, weighing approximately equal to half a no-till drawn planter of equal row number and with similar planting kit and solid fertilizer attachments achieves adequate penetration of row units and fertilizer openers through a transfer of dynamic weight towards them. The variables studied that allowed to perform an objective comparison between both planter equipments were the uniform seeding depth and dry matter accumulation at silking under different fertilization conditions according to different situations with certain corn and soybean stubble levels in rain fed and under irrigation. Only differences occurred in dry matter accumulation when it was based on different fertilization stages and when was associated with stubble level, but only in the fertilized treatments, inferring some kind of interaction between nutrients and water availability. Differences weren't registered in the dry matter production based on the tested planters because both equipments achieved a very good uniform seeding depth, still with different surface stubble levels, which is very important to generate a uniform stand of corn. These results indicate that both planters were equally regulated to make a correct crop implantation and that large differences were not found between them in regard to the planting performance.

Key words: No-Till, corn, seeding depth, dry matter accumulation.

INTRODUCCIÓN

Los avances logrados con la aplicación de técnicas de la agricultura sustentable para mantener o mejorar los niveles de producción de granos protegiendo el suelo de los riesgos de erosión, como el uso de equipos de labranza conservacionista, han sido muy significativos, frente al sistema de labranza y siembra convencional.

El sistema productivo argentino está caracterizado por un crecimiento de la Siembra Directa que ya superó el 81% del área sembrable. Argentina es el líder mundial de adopción de la tecnología de producción de granos sin labranza con cobertura de residuos (Bragachini, 2011 b).

El área de siembra para la campaña 2010/11 en nuestro país fue de aproximadamente 33.9 millones de hectáreas, de las cuáles aproximadamente 4.1 millones de hectáreas fueron de maíz, lo que representa tan solo el 12% del área sembrable nacional. Para la provincia de Córdoba la superficie de maíz ronda el millón de hectáreas y para la próxima campaña 2011/12 se espera que aumente entre un 10 y 15% con respecto a la anterior, por lo que seguirá siendo la provincia con mayor superficie de siembra de maíz en el país. La producción de granos alcanzó para la campaña 2010/11 las 101.3 millones de toneladas, estableciendo un nuevo record nacional. La producción nacional de maíz fue aproximadamente de 20.7 millones de toneladas, que representa un poco más del 20% del total de granos producidos en el país.

La Biotecnología, la implementación de la Siembra Directa, la Agricultura de Precisión y la capacitación público/privada fueron los factores principales del éxito del salto en producción y productividad evidenciado en los últimos años en Argentina. Este aumento en la obtención de granos se realiza de manera sustentable con muy bajo grado de utilización de agroquímicos dado que el 70% del área de siembra es realizado con cultivos genéticamente modificados, que introducen resistencia genética a herbicidas e insectos. Observado desde la óptica ambiental, Argentina tiene los índices de consumo de energía más bajos del mundo por tonelada de grano producida, lo que disminuye la polución por reducción de la quema de combustibles fósiles (Bragachini, 2011 a).

Para continuar con el logro de cosechas record año tras año se debe tratar de mejorar el sistema de Siembra Directa investigando nuevos implementos, complementarios a las sembradoras ya existentes para grandes extensiones propias de la Pampa Húmeda y también diseñando y experimentando con equipos sembradores que tengan diferentes formas de acople al tractor y que se adapten a pequeñas explotaciones.

Hasta mediados de la década del '70, el sistema hidráulico de enganche de tres puntos fue una opción muy popular entre los tractores de la época. Su fácil accionar y su

ágil respuesta de levante hicieron que su uso fuese rápidamente adoptado entre los productores, pero el aumento en el ancho de labor de los implementos, y principalmente de las sembradoras de Siembra Directa a partir de la década del '90 fueron en detrimento a la utilización de este sistema de acople, debido a la comodidad del enganche de la barra de tiro y el uso de controles remotos que comandan cilindros hidráulicos en el implemento de arrastre facilitó el levante del mismo (Bragachini, 2009).

La combinación del sistema de tres puntos del tractor y los cilindros hidráulicos del implemento, permiten enganchar y tirar equipos semimontados como el del presente trabajo. Estos nuevos equipos sembradores son apropiados para extensiones menores a 200 hectáreas y al mismo tiempo pueden cubrir la demanda de ciertos países de origen europeos y otros de Sudamérica, en donde por la reducida extensión de sus explotaciones, solo utilizan tractores y equipos con sistemas hidráulicos de levante de tres puntos (Principi *et al.*, 1982 y 2007).

La oportunidad de crecer y desarrollarse que tiene actualmente nuestro país no debe ser desperdiciada, por esa razón se han conformado grupos, asociaciones y redes entre el sector público (INTA, universidades) y el privado (empresas agroindustriales, productores agropecuarios) para poder competir mejor y también aumentar la participación en diferentes mercados del mundo. El monto del mercado interno de maquinaria agrícola para el año 2010 fue de US\$ 1380 millones incluyendo la maquinaria, los repuestos y agropartes. Es importante resaltar que la industria de maquinaria agrícola está integrada por 730 PYMES que emplean en forma directa e indirecta unos 90000 puestos de trabajo y en el 2010 esos 90000 puestos de trabajo facturaron, entre mercado interno y exportación, en todo concepto unos US\$ 1080 millones (Bragachini, 2011 a). En el año 2010 Argentina incrementó en un 20% con respecto a 2009 su venta de equipos sembradores y agropartes para sembradoras de Siembra Directa al exterior por un monto total de US\$ 260 millones mejorando la balanza comercial.

La experiencia de los productores a través de los últimos años en el manejo de cultivos bajo Siembra Directa ha servido para que las empresas de máquinas agrícolas logren producir equipos mas sofisticados y precisos que satisfagan las necesidades de los agricultores cada vez mas exigentes. De este modo, la Argentina se convirtió en líder en la adopción de nuevas tecnologías después de Estados Unidos. Del total de las 4.1 millones de hectáreas de maíz sembradas anualmente en Argentina, el 100% se hace con sembradoras de grano grueso. El productor sabe que para pretender altos rendimientos de maíz en su campo debe arrancar por lograr una buena siembra del cultivo. Y una buena siembra es aquella donde la diferencia entre la cantidad de plantas posibles de obtener y las emergidas,

es mínima, y en la que la separación entre plántulas es uniforme y su emergencia rápida e igual para el conjunto de la población (Maizar, 2011).

El reconocido ecofisiólogo americano Dr. R.L. Nielsen (2001) comenta que “los pecados de la siembra nos persiguen durante toda la temporada”. Con esto quiere decir que los errores cometidos durante la operación de siembra suelen ser permanentes, a menos que se decida resembrar el cultivo. Por esta razón la semilla de maíz debe colocarse a la profundidad apropiada y en forma pareja una con respecto a la otra para generar plantas uniformes que no compitan entre sí, evitando la generación de plantas dominadas y dominantes. Las plantas de maíz que avanzan desde plántula con mayor desarrollo son siempre más grandes y dominantes pero no compensan el menor rinde de las plantas más chicas y dominadas (Bragachini, 2006). Lo primero a realizar para lograr un stand de plantas uniformes es regular en forma adecuada la sembradora para cada una de las condiciones ambientales que se presenten durante la temporada de siembra.

El desafío constante es conocer cómo el clima, el suelo, la genética y el manejo cultural pueden ser combinados para aumentar la eficiencia del uso del agua por los cultivos y de este modo poder obtener más producción de materia seca total y, en consecuencia, una mayor acumulación o absorción de nutrientes (Micucci *et al.*, 2010). En Argentina la aplicación de fertilizantes está en pleno crecimiento desde 1990. En términos de nutrientes, el consumo era de 150 mil toneladas de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en 1993, y se alcanzó el record nacional en 2007 de 1345000 toneladas para los mismos cuatro nutrientes. Si bien el nivel de reposición de nutrientes al suelo, vía fertilización es exponencial, no alcanza a reponer el nivel de extracción que realizan los cultivos con una producción también en aumento. A nivel nacional para la campaña 2009/10 solamente se repuso el 30 y 39% de nitrógeno y fósforo extraído respectivamente (García y González Sanjuan, 2010). Mantener la fertilidad de los suelos, aumentar el porcentaje de gramíneas en la rotación y llevar adelante prácticas de manejo conservacionista asociada a un manejo de agua eficiente, es por lo tanto fundamental para sostener una producción creciente en el tiempo.

Antecedentes

En forma general, los aportes más significativos que el uso de equipos y sistemas de Siembra Directa traen aparejado respecto a los sistemas de labranza y siembra convencional, son analizados detalladamente por Kinsella (1992), Marelli y Arce (1995 a), Beck y Doerr (1998) y Marelli (1998). En lo relativo a la Siembra Directa de cereales 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), Marelli y Arce (1995 b), Marelli *et al.* (2000) se aprecia que, en general los sistemas de Siembra Directa mantienen las poblaciones logradas y la eficiencia de siembra respecto al sistema de labranza y siembra de granos convencional.

De Simone y Godoy (2008), en la provincia de Salta, determinaron a través de diferentes velocidades de trabajo y órganos compactadores de semilla el desvío estándar en la profundidad de siembra y comprobaron que se logró un menor stand de plantas cuando la dispersión de la profundidad fue mayor. Nielsen (2001) recorrió más de 350 lotes de maíz en los estados de Indiana y Ohio y determinó cuan precisos eran los agricultores del Corn Belt en la siembra de maíz. De este modo estudió los efectos de una emergencia desuniforme y estableció sus principales causas, las cuales están principalmente asociadas a la regulación y funcionamiento de la sembradora. Y también calculó las pérdidas de rendimiento que se obtienen por cada pulgada de desvío estándar en el espaciamiento entre plantas y que actualmente los monitores de siembra utilizan para predecir las pérdidas en dólares por acre cuando supone que la siembra está alejada de los valores estimados como óptimos.

Tollenaar *et al.* (2004) y Nafziger *et al.* (1991) establecieron que los maíces modernos son más sensibles a variaciones en la emergencia que variaciones en el espaciamiento, y que la emergencia desuniforme casi siempre afecta el crecimiento y reduce el rendimiento. Sin embargo, Tesouro *et al.* (2009) encontraron que la profundidad de siembra y su uniformidad inciden sobre la tasa de emergencia de plántulas, pero en estados más avanzados del cultivo las diferencias en el crecimiento medio de las plantas no fueron posibles de divisar.

Principi *et al.* (1982, 1983, 1992, 2002, 2005 a y b, 2007) han diseñado y experimentado en laboratorio y a campo diversos equipos de labranza reducida (siembra directa, labranza mínima, etc.), aplicando protocolos de ensayo de CODEMA (Comisión de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola) para comparar el desempeño de los nuevos sistemas de siembra con el convencional, llegando a la conclusión que los mismos equiparan las poblaciones de plantas, e igualan o superan los valores de producción de granos obtenidos con este.

Especialistas de la EEA INTA Manfredi en viajes anuales de capacitación a los Estados Unidos recorren empresas y fábricas de máquinas agrícolas y concuerdan en que las sembradoras han tenido muchas mejoras en los cuerpos de siembra y también en el automatismo. Además, las compañías ofrecen modelos de equipos sembradores con diferentes formas de acople al tractor, en donde uno de los más populares es el enganche de tres puntos, ya sea con la utilización de todos los brazos de acople o únicamente con los dos inferiores (Anexo 4). No obstante, en nuestro país, no existen antecedentes respecto a

la experimentación con sembradoras de granos gruesos similares al prototipo objeto de este proyecto, es decir, del tipo semimontadas en el tractor.

Hipótesis

El nuevo Prototipo de Siembra Directa para granos gruesos semimontado en el tractor logrará en suelos cubiertos por distintos niveles de rastrojo de maíz y soja, un adecuado desempeño medido en lo relativo a uniformidad en la profundidad de siembra, logrando esto a pesar de poseer un peso aproximadamente igual a la mitad de la sembradora Testigo, gracias a los dispositivos de transferencia de peso dinámico que inciden directamente sobre la penetración de los órganos de corte del rastrojo y distribución de la semilla. Así mismo, la colocación intercalada cada dos líneas de siembra del fertilizante nitrogenado no alterará el desarrollo de la biomasa aérea de maíz en tres situaciones diferentes: secano-rastrojo de maíz (SM), secano-rastrojo de soja (SS) y riego-rastrojo de maíz (RM), al compararlo con el equipo Testigo que posee fertilización al costado de todas las líneas de siembra.

Objetivo general

Comparar la performance del Prototipo de Siembra Directa con una sembradora Testigo representativa del parque de máquinas para Siembra Directa disponibles en el país.

Objetivos específicos

- Cuantificar la uniformidad de la profundidad de siembra de maíz en distintas situaciones generadas a partir de diferentes tipos y niveles de rastrojo en superficie.
- Evaluar el desarrollo de biomasa aérea de maíz acumulada a floración (R1) con diferentes condiciones de fertilización en distintas situaciones.
- Comprobar la existencia o no de interacciones entre el nivel de rastrojo en superficie y la uniformidad de la profundidad de siembra de maíz para ambas sembradoras.
- Demostrar la existencia o no de interacciones entre la uniformidad de la profundidad de siembra de maíz y la producción de biomasa aérea a floración bajo las dos situaciones de fertilización.
- Determinar la existencia o no de interacciones entre el nivel de rastrojo en superficie y la producción de biomasa aérea a floración bajo las dos situaciones de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODO

A los efectos de contar con resultados y conclusiones sobre el desempeño del Prototipo en distintas situaciones de producción que son de práctica generalizada en nuestra región, se realizaron los ensayos en tres situaciones diferentes: Siembra Directa sobre rastrojo de maíz y soja en lote de secano (SM y SS respectivamente) y sobre rastrojo de maíz bajo riego (RM). Los mismos se llevaron a cabo durante la campaña agrícola 2009/10 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (CAMDOCEX-FAV-UNRC), ubicado a los 33°06' S, 64°17' O, 431m SNM, que posee un suelo profundo, bien drenado, en un relieve con lomas extendidas a suavemente onduladas. La capa arable (A_p) es de 20-23 cm. de profundidad, de textura franco limosa, tiene un contenido de materia orgánica moderadamente bajo y una estructura en bloques subangulares medios moderados, se continúa con un B_w que pasa transionalmente (BC) a un horizonte C con carbonatos libres diseminados en la masa de suelo, clasificado como un Haplustol típico (Jarsún *et al.*, 2003).

Como ya se mencionó anteriormente, los cultivos antecesores fueron maíz y soja para las parcelas en secano y bajo el sistema de riego complementario había maíz en la campaña anterior. Previo a la siembra, durante el mes de Octubre, se realizó un control de malezas mediante la aplicación de 3 l/ha de Glifosato Isopropilamina 48% debido a una infestación principalmente de *Sorghum halepense*, *Digitaria sanguinalis*, *Veronica didyma* y *Chenopodium album*.

En la parcela bajo riego la siembra de maíz se realizó el 19 de Octubre de 2009; previo a ella se complementó con 50 mm de agua para asegurar una buena germinación y emergencia. En los lotes de secano la siembra fue tardía y se efectuó el 30 de Noviembre de 2009 con excelente disponibilidad de humedad en los rastrojos de maíz y soja. En todas las parcelas se llevó a cabo una aplicación de preemergencia con 3.5 l/ha de Atrazina 50%, más 1.4 l/ha de S-metolacloro 96%, 1 l/ha de Glifosato Isopropilamina 48% y 1.5 l/ha de Haloxifop-R-metil 12.5% para asegurar que el cultivo crezca sin competencia durante la primera etapa de su ciclo. En posemergencia, cuando el maíz tenía alrededor de 6 hojas totalmente desplegadas se aplicó 3 l/ha de Glifosato Isopropilamina 48%. Los híbridos elegidos fueron DeKalb DK190MGR2 y DK682RR para las parcelas en secano y riego, respectivamente.

El diseño del experimento fue realizado en parcelas divididas o Split-Plot con tres repeticiones para cada tratamiento, donde las parcelas principales corresponden a los dos niveles de fertilización (con y sin fertilización; SIF y NOF respectivamente) y las subparcelas a los dos equipos de siembra comparados, conformando los cuatro tratamientos que incluyen al Prototipo y a la sembradora Testigo, ambos con y sin

fertilización. Los tratamientos fueron los siguientes: A) Prototipo de Siembra Directa provisto de cuchilla de micro labranza turbo y cuchilla fertilizadora en la línea de siembra para la colocación de fósforo, fertilización de nitrógeno interlínea con cuchilla circular inclinada y con ángulo de cruce, dispuestas cada dos líneas de siembra, abresurco doble-disco de la línea de siembra con doble rueda niveladora, rueda fijadora de la semilla y ruedas con discos estrellados para el cierre del surco, con un ancho de labor de 3.5 m (cinco surcos a 0.7 m) (Anexo 1). B) Ídem al anterior sin fertilización. C) Sembradora Testigo, de arrastre, con kit de siembra similar al Prototipo y fertilización para colocación de nitrógeno en todas las interlíneas y fósforo en la línea de siembra. El ancho de labor es igual al Prototipo (cinco surcos a 0.7 m). D) Ídem al anterior sin fertilización.

En las parcelas con fertilización, las dosis usadas fueron de 80 Kg./ha de fosfato diamónico (18-46-0) en la línea de siembra y 100 Kg./ha de urea (46-0-0) en la interlínea para las dos sembradoras testeadas.

Ambas sembradoras fueron cuidadosamente reguladas en función de las condiciones de trabajo que se presentaron en cada situación para reducir cualquier variabilidad que arroje resultados erróneos, logrando a cosecha 87000 y 65000 plantas por hectárea en riego y secano, respectivamente.

Las parcelas, tanto de riego como de secano, midieron 60 m de longitud y 3.5 m de ancho (cinco surcos de 0.7 m). El surco del centro no contaba con fertilización para ningún tratamiento y por eso no fue utilizado para la medición de ningún factor en estudio.

Variable: uniformidad de la profundidad de siembra. La misma fue realizada 14 días después de la emergencia del maíz donde se seleccionó al azar en cada repetición cuatro tramos de 1.43 m lineales (4 m²) donde se cortaron las plantas a ras del suelo y luego se desenterraron para medir la longitud entre la semilla y el nivel de la superficie del suelo en el coleoptile expresada en milímetros (mm). Como este procedimiento es destructivo, los registros posteriores se realizaron sobre otra porción de surco no disturbado. Cabe aclarar que las profundidades de siembra sólo fueron registradas en las situaciones de SM y SS, debido a que fueron los entornos más contrastantes encontrados en el nivel de cobertura del suelo (Anexo 1).

Variable: biomasa aérea de maíz acumulada a floración. Este factor fue medido en todas las situaciones bajo estudio: SM, SS y RM. Para su registro se procedió a cortar las plantas de maíz a ras del suelo en un segmento de 1.43 m de largo, que representa 1 m² para distancias entre hileras de 0.7 m. El surco para tomar la muestra dentro de cada repetición (a excepción del surco del centro de las sembradoras) y el segmento de 1.43 m fueron elegidos al azar. Las muestras fueron colocadas en bolsas de papel para su posterior secado en horno a 85°C hasta peso constante y luego se pesaron en balanza electrónica. Los resultados fueron expresados posteriormente en Kg./ha. (Anexo 1).

El rendimiento en grano es el producto del número de granos por unidad de superficie y el peso de grano, o bien, el resultado de multiplicar la biomasa aérea total por el índice de cosecha (fracción de la biomasa total alojada en los granos en madurez fisiológica). Como el índice de cosecha del maíz es cercano a 0.5 (Satorre *et al.*, 2008) y la acumulación de biomasa aérea por la planta alcanza el 50% a la floración (emergencia de los estigmas por fuera de la envoltura de las chalas de la espiga) se utiliza el peso de la materia seca en este estadio como un buen estimador del rendimiento en grano (Anexo 3.1). De todos modos el índice de cosecha puede cambiar por diversos factores, entre ellos la fecha de siembra que produce mermas en el mismo cuando esta se retrasa. Sin embargo, fue utilizado de igual manera en todas las situaciones estudiadas para tener los registros estandarizados.

Variable: rastrojo en superficie. Fue realizada inmediatamente después de la siembra para conocer los diferentes niveles de cobertura de cada plot o parcela. Se tomaron muestras de 0.25 m² con la utilización de un aro por cada repetición y se guardaron en bolsas de papel para luego ser secadas a horno a 85°C hasta peso constante y fueron pesadas en balanza electrónica. La unidad de expresión elegida fue Kg./ha. Esta variable fue tomada únicamente en la parcela SM, ya que presentaba el mayor nivel de cobertura en relación a las otras dos situaciones bajo estudio (SS y RM). Por ser la situación más crítica se eligió solamente esta parcela para la medición del rastrojo en superficie.

Análisis Estadístico

Los datos recolectados en cuanto a la uniformidad de la profundidad de siembra se analizaron mediante la utilización de tres Estadísticos; uno de Posición y los dos restantes de Dispersión. El Estadístico de Posición elegido fue la Media Aritmética o Promedio y los Estadísticos de Dispersión utilizados fueron el Coeficiente de Variación (CV) y el Desvío Estándar (SD). Además se realizó un ANAVA con cada uno de estos Estadísticos para tener un análisis objetivo de la performance de siembra de las sembradoras testeadas bajo las dos situaciones de secano.

La biomasa aérea de maíz registrada a campo fue analizada mediante un ANAVA entre cada uno de los cuatro tratamientos llevados a cabo para las tres situaciones bajo estudio.

También fue usado el test DGC para la comparación de medias de cada uno de los tratamientos en cuanto a la producción de biomasa y uniformidad de la profundidad de siembra. Los efectos fueron considerados significantes en todos los cálculos estadísticos si $p < 0.05$.

Los registros de rastrojo de maíz no tuvieron ningún tipo de análisis en especial, ya que los datos obtenidos desde el laboratorio fueron utilizados como tales para determinar si existió algún tipo de interacción entre los factores estudiados, mediante la utilización de gráficos y del coeficiente de correlación de Pearson, que es una medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables que no depende de las unidades de medida de las variables originales (InfoStat, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprender mejor los resultados es necesario primero conocer las condiciones meteorológicas que acontecieron en la campaña agrícola 2009/10 (Figura 1). Al comienzo de la primavera las lluvias fueron cuantiosas, superando los 70 mm que facilitaron una buena recarga del perfil del suelo, lo que permitió que la siembra de maíz bajo riego fuera temprana, ya que se contaba con el riego complementario por si era necesario. Si se continúa transitando por las etapas del cultivo se observa en la Figura 1 que el mes de octubre tuvo escasas precipitaciones y recién a fines de noviembre la situación busca a equilibrarse. Además durante este periodo de estrés hídrico se le suma el estrés térmico, ya que se registran las temperaturas máximas del año 2009 que alcanzaron los 42°C. Se recuerda que por encima de los 32°C la velocidad de desarrollo del maíz comienza a declinar (Kiniry y Bonhomme, 1991).

De todos modos la floración es el periodo más crítico para la determinación del rendimiento del maíz. Alrededor de esta etapa fenológica el maíz se torna altamente dependiente de la disponibilidad hídrica, más precisamente desde 15 días antes hasta 21 días después de la floración (Andrade *et al.*, 1996). Las precipitaciones acumuladas registradas 15 días antes de R1 fueron de 145 mm y transita sin problemas de humedad hasta llegar a la floración (2-Ene.), pero los 30 días posteriores a este estadio fenológico son muy secos, donde solamente se registraron 33 mm durante todo el mes de enero y no fue posible utilizar el sistema de riego complementario debido a desperfectos mecánicos del mismo. Por este motivo el cultivo de maíz bajo riego de siembra temprana no tuvo el rendimiento que se esperaba y el índice de cosecha sin duda tuvo algún tipo de reducción coincidiendo con lo señalado por Sinclair *et al.* (1990).

El 30 de Noviembre se realiza la siembra de maíz tardío sobre rastrojo de maíz y soja en las parcelas de secano con muy buena humedad edáfica. El crecimiento durante las primeras etapas ontogénicas fue excelente y continúa favorablemente hasta mediados de enero cuando la situación se torna preocupante por la escasez de lluvias. Al alcanzar tempranamente la floración (6-Feb.) debido a las altas temperaturas medias, el cultivo solamente había recibido 21 mm de precipitación los 15 días previos a R1 y 48 mm los 21 días posteriores, perjudicando gravemente el rendimiento.

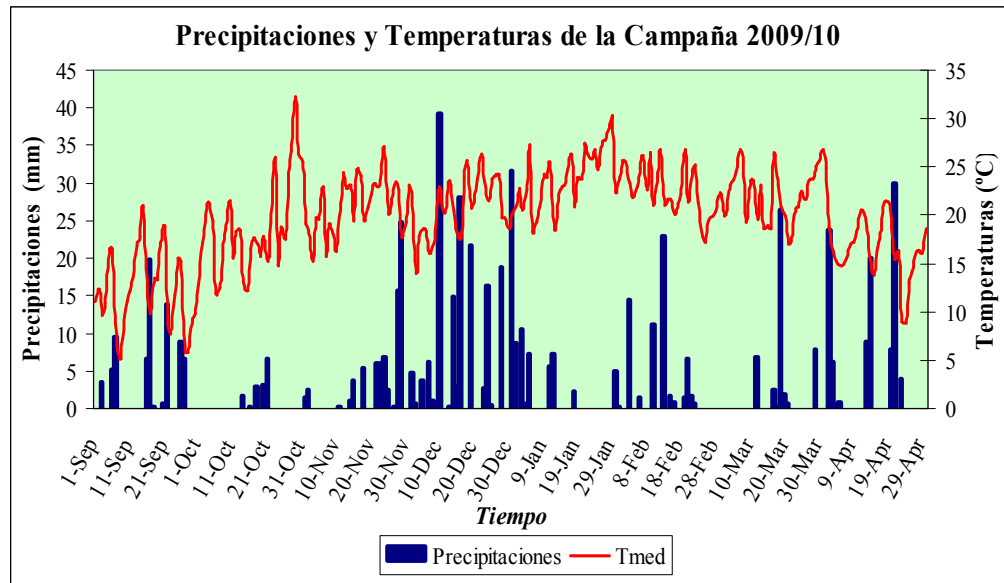


Figura 1: Precipitaciones y Temperaturas medias diarias (Tmed) durante el desarrollo del cultivo de maíz en el Campo Experimental FAV-UNRC. Septiembre 2009-Abril 2010.

Uniformidad de la profundidad de siembra de maíz

A continuación se exponen los datos registrados en lo relativo a la performance de siembra en función de las dos sembradoras testeadas. Como ya se explicó anteriormente, ambos equipos sembradores se regularon de igual manera para lograr los objetivos planteados y así disminuir errores inducidos.

Tabla 1: Uniformidad de la profundidad de siembra expresada a través de la Media (Med), Coeficiente de Variación (CV) y Desvío Estándar (SD) en función de cada uno de los diferentes tratamientos bajo la situación SM.

BLOQUE	FERT	SEMB	Med (mm)	CV (%)	SD (mm)
1	SIF	Prototipo	56.7143	4.56	2.5848
		Testigo	58.5714	5.17	3.0310
	NOF	Prototipo	57.1429	4.55	2.5975
		Testigo	58.5714	4.67	2.7376
2	SIF	Prototipo	58.1429	5.43	3.1588
		Testigo	57.5000	6.32	3.6321
	NOF	Prototipo	58.9286	5.05	2.9733
		Testigo	58.9286	6.54	3.8524
3	SIF	Prototipo	57.9534	5.27	2.9878
		Testigo	58.1139	5.21	3.1298
	NOF	Prototipo	58.0826	5.13	2.9454
		Testigo	58.3173	5.63	3.1332

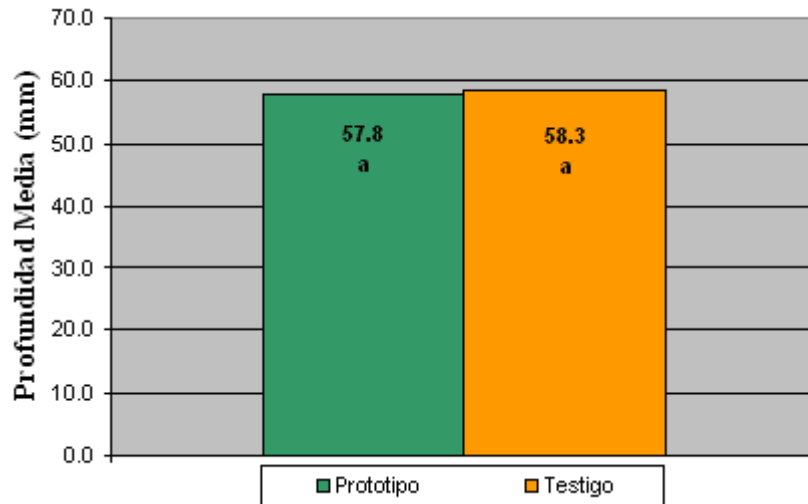


Figura 2: Profundidad de siembra media en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM. Letras iguales indican diferencias no significativas (DGC $p < 0.05$).

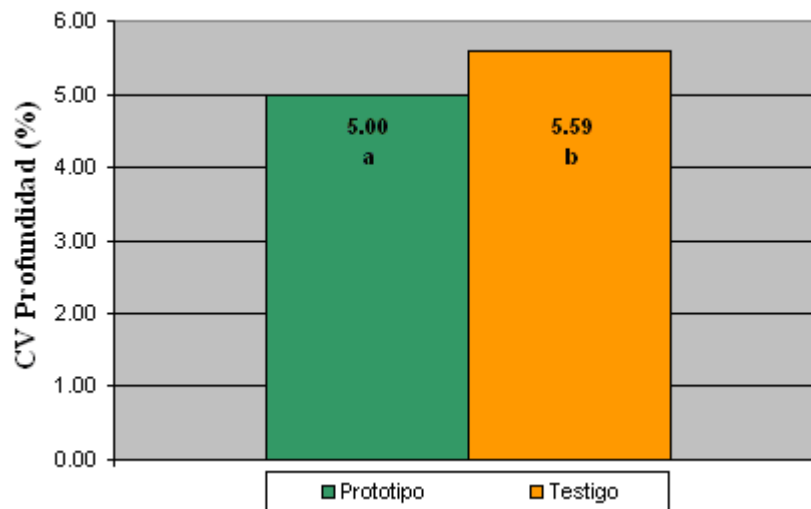


Figura 3: Coeficiente de Variación (CV) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM. Letras iguales indican diferencias no significativas (DGC $p < 0.05$).

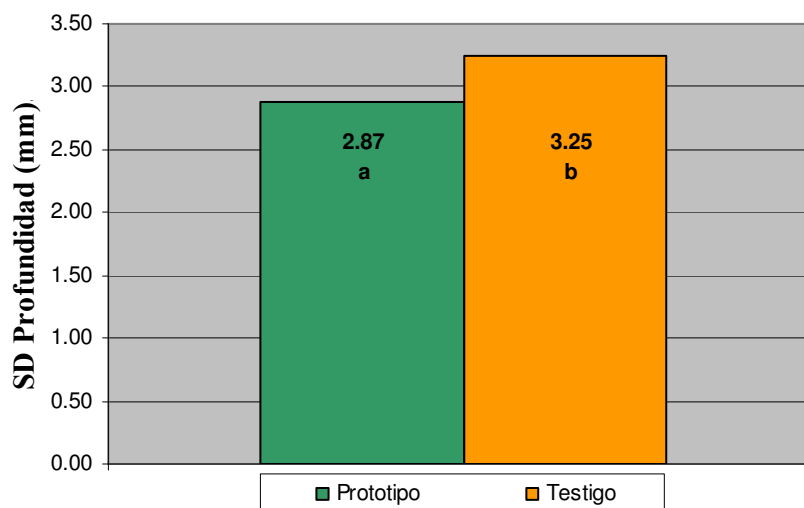


Figura 4: Desvío Estándar (SD) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM. Letras iguales indican diferencias no significativas ($DGC p < 0.05$).

Al momento de realizar la plantación del maíz se reguló la profundidad de siembra deseada en función de los siguientes objetivos que debe cumplir una buena sembradora: colocar la semilla en contacto con suelo húmedo, al fondo del surco, sin cámaras de aire y con la menor alteración posible del rastrojo en superficie. Una vez realizada la regulación en ambas sembradoras se procedió a sembrar el ensayo. La profundidad de siembra elegida para la situación SM fue cercana a los 6 cm. Si se compara la profundidad de siembra media entre los dos equipos (Figura 2), es notable la similitud encontrada, lo cual afirma que ambas sembradoras fueron igualmente reguladas para cumplir con los objetivos de plantación bajo las condiciones de trabajo existentes en esa parcela. La media es un buen Estadístico cuando los datos son homogéneos, y como la profundidad de siembra es una variable que puede tener datos atípicos o anormales debido a diferentes motivos, propios de la difícil tarea que es colocar la semilla en los primeros centímetros del suelo bajo una cobertura de rastrojo, se acordó utilizar además los Estadísticos de Dispersión para determinar si la profundidad de siembra fue precisa o no.

En las Figuras 3 y 4 se denota que hay una pequeña diferencia en el coeficiente de variación (CV) y desvío estándar (SD) respectivamente, en función de las dos sembradoras. Ambos equipos lograron casi la misma media, pero existe una mínima dispersión en los datos de profundidad y es un poco más notable en la sembradora Testigo, ya que si comparamos el CV y el SD de la profundidad de siembra de ambos equipos sembradores existe una diferencia estadísticamente significativa ($DGC p < 0.05$) a favor del equipo Prototipo (Tablas A.5.2 y A.5.3 en Anexo 5).

De todos modos un SD de 3 mm, similar al registrado en esta situación por las dos sembradoras, significa que la semilla de maíz fue puesta en el surco con 3 mm de desvío

con respecto a la media muestral, y lograr ese escaso valor en condiciones de Siembra Directa es considerado muy bueno.

A continuación se exhiben la tabla y figuras correspondientes a la performance de siembra de ambos equipos sembradores bajo la situación SS.

Tabla 2: Uniformidad de la profundidad de siembra expresada a través de la Media (Med), Coeficiente de Variación (CV) y Desvío Estándar (SD) en función de cada uno de los diferentes tratamientos bajo la situación SS.

BLOQUE	FERT	SEMB	Med (mm)	CV (%)	SD (mm)
1	SIF	Prototipo	46.8571	6.20	2.9051
		Testigo	46.7143	6.47	3.0237
	NOF	Prototipo	45.9286	6.42	2.9473
		Testigo	47.0714	5.92	2.7863
2	SIF	Prototipo	47.2143	5.65	2.6654
		Testigo	46.8571	5.54	2.5975
	NOF	Prototipo	47.1429	5.82	2.7416
		Testigo	46.8571	5.91	2.7695
3	SIF	Prototipo	48.5832	6.05	2.7730
		Testigo	47.4792	6.12	2.7950
	NOF	Prototipo	47.8931	6.28	2.8403
		Testigo	47.9251	6.14	2.8278

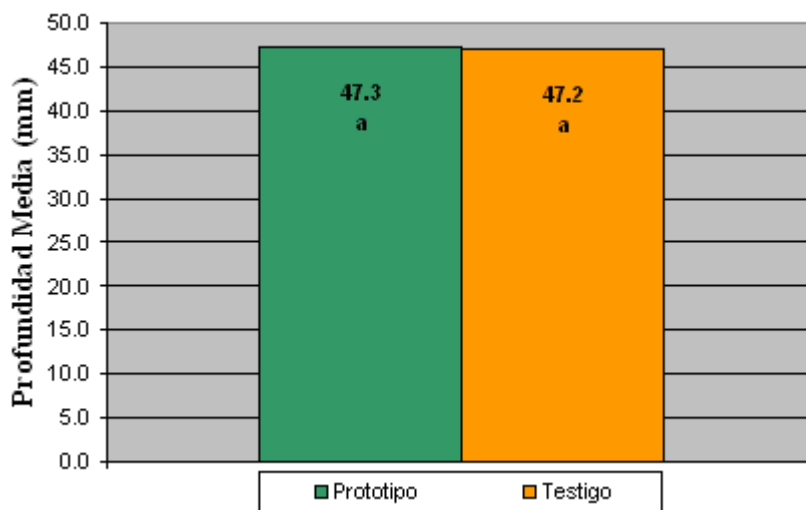


Figura 5: Profundidad de siembra Media en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS. Letras iguales indican diferencias no significativas (DGC $p < 0.05$).

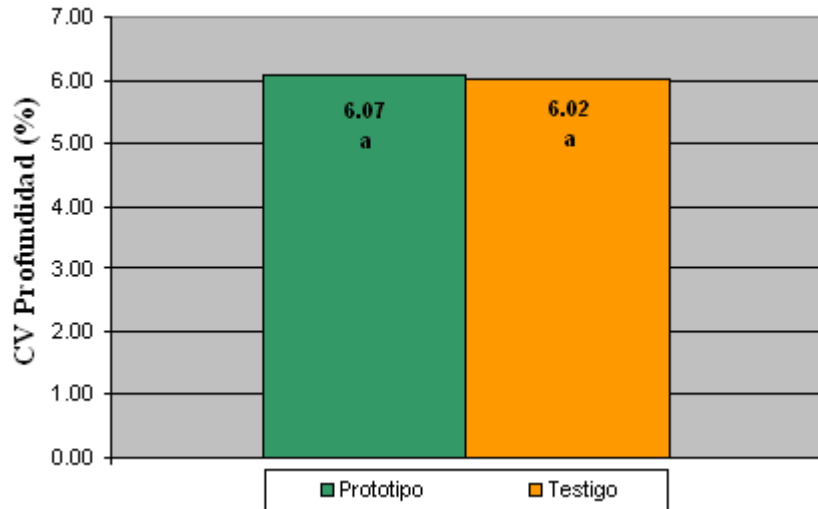


Figura 6: Coeficiente de Variación (CV) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS. Letras iguales indican diferencias no significativas ($DGC p < 0.05$).

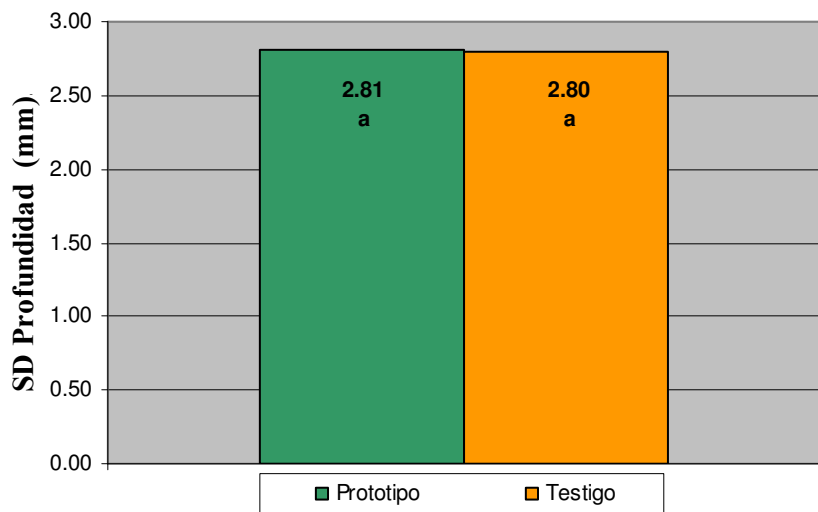


Figura 7: Desvío Estándar (SD) de la profundidad de siembra en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS. Letras iguales indican diferencias no significativas ($DGC p < 0.05$).

Antes de empezar la siembra en la parcela SS, al igual que en cualquier otra situación, se determinó la correcta profundidad de siembra de acuerdo a las condiciones de humedad de suelo y residuos en superficie. Como el nivel de humedad era muy bueno y la cobertura escasa, se acordó subir la profundidad de siembra un punto, que representa aproximadamente 1 cm. De tal modo, si se comparan las profundidades medias logradas en las dos situaciones (Figura 2 y Figura 5) se verifica que el deseo de sembrar más arriba en la parcela SS se cumplió de una manera satisfactoria para las dos sembradoras.

Si se analizan los valores que arrojan los Estadísticos de Dispersión se puede considerar que la variación de la profundidad de semilla fue similar para ambas sembradoras, no existiendo diferencias significativas ($DGC p < 0.05$).

Los valores de SD (Figura 7) son similares a los registrados para la situación SM confirmando que las dos sembradoras han tenido un muy buen desempeño en el planteo uniforme de la semilla dentro del surco.

Al observar los valores de CV en función de las dos sembradoras (Figura 6) se deduce que la variación de la profundidad de siembra fue mínima, ya que los registros son cercanos al 6%, levemente por encima de lo observado para la situación SM (Figura 3). La explicación para este mínimo aumento en el CV es sencilla; como la profundidad de siembra media fue un poco menor en la situación SS y el SD se mantuvo igual en ambas situaciones, da como resultado un CV menor en SM. De todos modos las cifras de los dos Estadísticos de Dispersión son muy buenas, aunque el SD se ajusta mejor al modelo en ambas situaciones estudiadas y por eso fue seleccionado para describir las interacciones entre las variables en estudio como se observará próximamente (Anexos 5 y 6).

Los valores de CV y SD de la profundidad de siembra registrados en este trabajo en comparación con otros experimentos realizados por otros autores son relativamente muy bajos. Por ejemplo De Simone y Godoy (2008) en trabajos realizados con sembradoras del parque de maquinaria argentino en la provincia de Salta, lograron valores promedios de SD de 41 mm para una velocidad de trabajo similar a la que se usó en este estudio.

Los equipos de siembra actuales tienen la capacidad de tomar la semilla individualmente desde el depósito o tacho y entregarlo uniformemente al tubo de bajada, sin embargo muchas veces la uniformidad en la profundidad de siembra y el espaciamiento entre plantas es irregular, y esto se debe principalmente a desajustes o mal funcionamiento de los mecanismos de la sembradora (Nielsen, 2001). Tollenaar *et al.* (2004) sostienen que el maíz es más sensible a la variabilidad temporal de emergencia de plantas que la variabilidad espacial entre plantas. También Jasa de la Universidad de Nebraska fundamenta que los híbridos modernos están diseñados para manejar mejor la competencia de espacio irregular, pero cuando emergen con 5 o más días de retraso se encuentran en desventaja (Reichenberger, 2009) (Figura 9).

La profundidad de siembra es uno de los principales factores, juntos con otros como la temperatura y humedad del suelo, distribución de rastrojos en superficie, vigor de semilla, fitotoxicidad de herbicidas, insectos y enfermedades de suelo, que definen si las condiciones de germinación y emergencia serán óptimas o no. Para entender aún más como se relaciona la profundidad de siembra con el proceso de germinación y emergencia se procede a explicar brevemente el mismo. La semilla de maíz al comenzar la germinación desarrolla el meristema radicular de donde se constituye la raíz primaria que es la radícula, luego aparece la plúmula cubierta por el coleoptile, a continuación comienzan a desarrollarse las raíces seminales y se elonga el mesocótilo llevando el coleoptile hacia

arriba y que al emerger a la luz, se constituirá en la primer hoja. Desde el nudo o corona salen las raíces nodales, ubicadas a 2.5 cm por debajo de donde el coleoptile recibió la luz, que luego se transformarán en la principal fuente de absorción de agua y nutrientes (Figura 8).

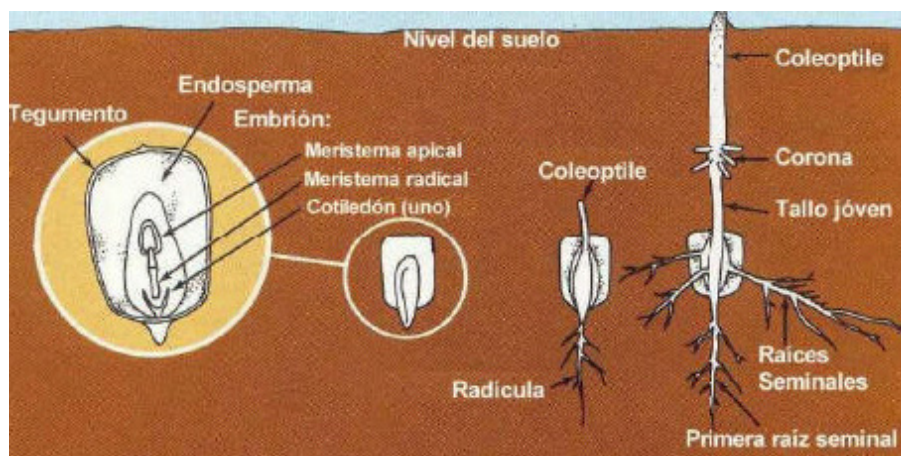


Figura 8: Germinación y crecimiento de una semilla de maíz (Bragachini *et al.*, 2003).

La desuniformidad en la profundidad de siembra es causante de variaciones temporales en la emergencia de un cultivo de maíz. Lamentablemente, los efectos de una emergencia despareja en el rendimiento del maíz son poco conocidos (Nielsen, 2001). A medida que los días de demora en la emergencia son mayores, las reducciones en el rendimiento son mayores, variando de 6-9% a 10-22% con retrasos de 10 a 21 días respectivamente en comparación a un stand de plantas emergidas uniformemente, dependiendo de la proporción de plantas con emergencia tardía. Además en lotes con retrasos de emergencia de tres semanas, la resiembra del mismo puede incrementar el rendimiento final en un 10%, siempre y cuando el porcentaje de plantas desuniformes supere el 25% (Nafziger *et al.*, 1991).

Los investigadores Lawles y Raun de Oklahoma State University demoraron la emergencia de un tercio de la semilla de 5 a 12 días y el rendimiento se redujo en un 6% por un retraso de 5 días, el 15% por un retraso de 8 días, y un 30% por un retraso de 12 días (Reichenberger, 2009). Las plantas emergidas más tarde desde sus primeras etapas de crecimiento no pueden competir con las vecinas y más viejas por luz, agua y nutrientes. La planta dominada por retrasos en la emergencia de dos o más hojas respecto a las plantas adyacentes, casi siempre resulta en una planta estéril al final del ciclo y lo peor de todo es que las plantas vecinas no alcanzan a compensar la pérdida de rendimiento (Figura 9).

Un concepto interesante es que desde que emerge la primera planta hasta que emerja la última deberían transcurrir no más de 48 horas porque sino ya comenzarían a verse diferencias en el tamaño de plantas que generarían pérdidas de rendimiento. Para evitar

estos problemas en la emergencia se debe invertir tiempo antes y durante la siembra para garantizar un stand de plantas uniformes. La determinación de la profundidad de siembra correcta es tal vez una de las variables en que mayor atención debe prestar el productor durante la temporada de siembra.

La óptima profundidad de siembra para cualquier situación debe estar basada en las condiciones de humedad del suelo y en los pronósticos del tiempo de los 5 a 10 días próximos. Si la franja superficial de suelo seco es de 2-3 cm de espesor y los anuncios de lluvia son poco prometedores, no se debe dudar en colocar la semilla a 5-6 cm de profundidad y más si es necesario. Porque en condiciones de suelo seco la germinación puede ser despareja, debido a que habrá semillas que encuentran suficiente humedad y otras que no. Se recuerda que la semilla de maíz previo a la germinación necesita absorber de un 30 a 40% de su peso en agua (Satorre *et al.*, 2008), que el primer trago de agua que absorbe ocurre a las 36 horas después de sembrada, y que la temperatura óptima del agua es de 16°C (Bragachini *et al.*, 2008).



Figura 9: A la izquierda se muestran espigas de maíz de un surco con distribución espacial y temporal uniforme frente a un surco de maíz (derecha) donde la profundidad y el espaciamiento varían (Reichenberger, 2009).

Otro aspecto importante que influye a la hora de elegir la correcta profundidad de siembra bajo esquemas de Siembra Directa es el nivel de rastrojo en superficie. La cantidad de residuos de cosecha es muy importante, así como su distribución sobre el suelo. La preparación de la cama de siembra comienza en la cosecha del cultivo predecesor, por eso las cosechadoras deben ser eficientes en el tratado de los restos de cosecha y principalmente debe distribuirlo de manera homogénea sobre el suelo en un espacio igual a todo el ancho de la plataforma de corte (Vicini, 2009). De todos modos, para la zona de estudio de este trabajo, después de la cosecha de granos gruesos hasta llegar a la siembra de primavera

pasan más de cuatro meses con condiciones meteorológicas no favorables para la descomposición del rastrojo en el suelo. Por las escasas lluvias y los fuertes vientos de invierno, el rastrojo (principalmente de maíz) se mueve dentro del lote y se deposita donde es frenado por irregularidades de la superficie del suelo como por ejemplo malezas, restos de cosecha en pie o en los peores casos, pero muy generales en las orillas de los alambrados. De esta manera al momento de empezar la siembra en la primavera se encuentran pequeños sectores o micrositos con humedad y temperaturas diferentes dentro de un mismo metro cuadrado de suelo. Una de las alternativas es retrasar la siembra de maíz resignando algo de rendimiento hasta que la temperatura promedio del suelo sea de 12 a 15.5°C (Nielsen, 2001).

Por otro lado, todos los componentes del tren de siembra deben estar bien regulados para realizar una siembra satisfactoria.

La cuchilla tiene que realizar un corte limpio a través del rastrojo y no debe enterrar residuos en el surco, ya que impide el contacto de la semilla con el suelo perjudicando la germinación y emergencia de la misma.

También es necesario inspeccionar el abresurco doble-disco antes de comenzar la siembra, ya que a medida que cada disco se desgasta, disminuye su diámetro y los discos se separan lentamente donde se encuentran, generando un surco de semilla en forma de “W” y no una “V” como es lo óptimo.

Además, la tensión de las ruedas tapadoras debe ser acorde a las condiciones del suelo. Se debe asegurar que el surco de semilla quede bien tapado y adecuadamente firme. Por otro lado, hay que tener en cuenta que demasiada tensión en las ruedas tapadoras puede dar a lugar problemas en si mismo. Por ejemplo, mucha tensión sobre las ruedas en suelo seco puede generar desuniformidad en la profundidad de siembra por apretar granos hacia arriba. Y en suelos húmedos, la tensión excesiva sobre los tapadores puede crear problemas de compactación del suelo sobre el surco de semilla y restringir la emergencia.

Para evitar el uso de mucha tensión en las ruedas tapadoras y asegurar un correcto tapado de la semilla, es recomendable la utilización de órganos contactadores como la lengüeta o rueda fijadora que presionan la semilla hasta el fondo del surco y la ponen en contacto con suelo húmedo bajo condiciones de siembra normales, evitando que la rueda tapadora la mueva al pasar sobre ella.

Para seguir mejorando la uniformidad de profundidad de siembra también se está trabajando actualmente en diseños para cargar en forma constante a los trenes de cuchillas y cuerpos sembradores, como por ejemplo los pulmones neumáticos. Estos equipos poseen la característica de copiar las irregularidades en unos 20 cm manteniendo la carga constante. Eso se traduce en una siembra con mayor uniformidad en la profundidad, menos

solicitaciones al cuerpo, bastidores con menos peso, al ser aprovechados mejor los kilogramos, manteniendo constante la presión sobre los órganos de implantación en forma dinámica (Bragachini *et al.*, 2003).

Biomasa aérea de maíz acumulada a floración

En las siguientes tablas y figuras se muestran los datos de peso de materia seca de biomasa aérea de maíz acumulada a floración expresadas en Kg./ha para los diferentes tratamientos y en las tres situaciones sobre las cuales se llevó a cabo el experimento: SM, SS y RM.

Tabla 3: Peso de materia seca de biomasa aérea acumulada a floración (BR1) en la situación SM para los diferentes tratamientos.

BLOQUE	FERTILIZACIÓN	SEBRADORA	BR1 (Kg./ha)
1	SIF	Prototipo	6825
		Testigo	6137
	NOF	Prototipo	6636
		Testigo	5951
2	SIF	Prototipo	7512
		Testigo	7794
	NOF	Prototipo	5518
		Testigo	6282
3	SIF	Prototipo	7711
		Testigo	7153
	NOF	Prototipo	5543
		Testigo	5763

Tabla 4: Peso de materia seca de biomasa aérea acumulada a floración (BR1) en la situación SS para los diferentes tratamientos.

BLOQUE	FERTILIZACIÓN	SEBRADORA	BR1 (Kg./ha)
1	SIF	Prototipo	6453
		Testigo	5685
	NOF	Prototipo	5785
		Testigo	5952
2	SIF	Prototipo	6695
		Testigo	7359
	NOF	Prototipo	5983
		Testigo	5278
3	SIF	Prototipo	7459
		Testigo	7124
	NOF	Prototipo	5698
		Testigo	5313

Tabla 5: Peso de materia seca de biomasa aérea acumulada a floración (BR1) en la situación RM para los diferentes tratamientos.

BLOQUE	FERTILIZACIÓN	SEMBRADORA	BR1 (Kg./ha)
1	SIF	Prototipo	8402
		Testigo	10356
	NOF	Prototipo	10633
		Testigo	8864
2	SIF	Prototipo	11089
		Testigo	11517
	NOF	Prototipo	13021
		Testigo	11653
3	SIF	Prototipo	11435
		Testigo	10547
	NOF	Prototipo	11027
		Testigo	9850

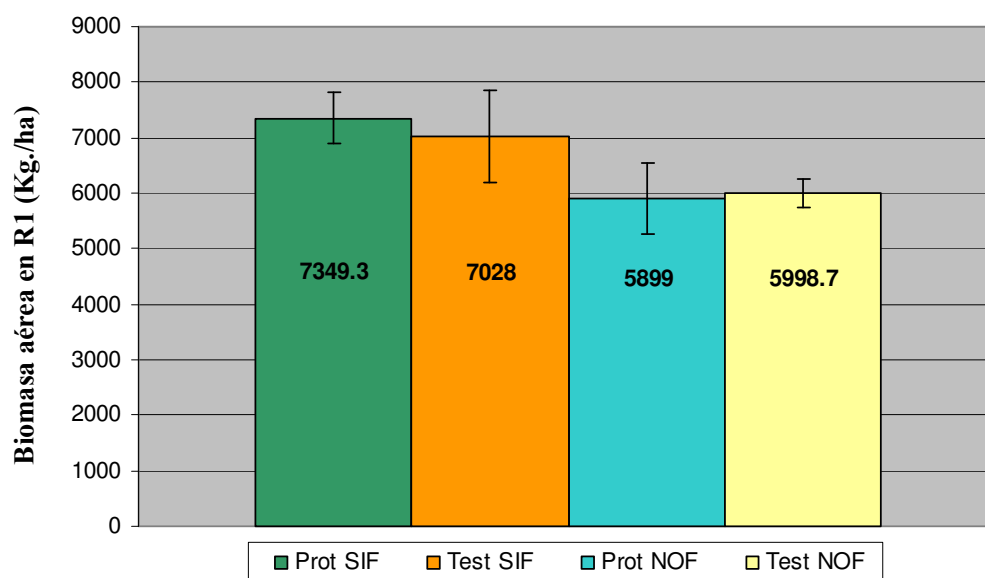


Figura 10: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los diferentes tratamientos para la situación SM. Las barras verticales indican el error estándar.

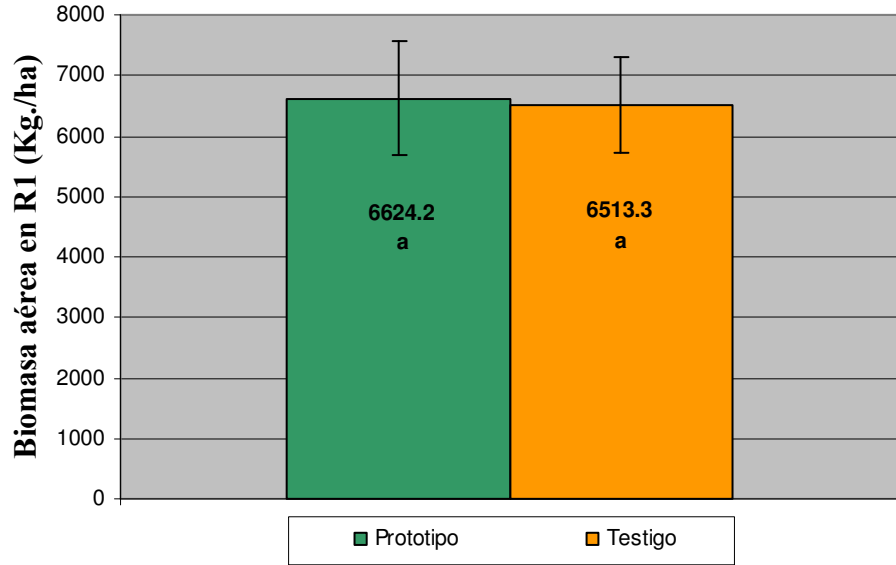


Figura 11: Biomasa aérea acumulada a floración en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SM. Las barras verticales indican el error estándar. Letras iguales indican diferencias no significativas (DGC $p < 0.05$).

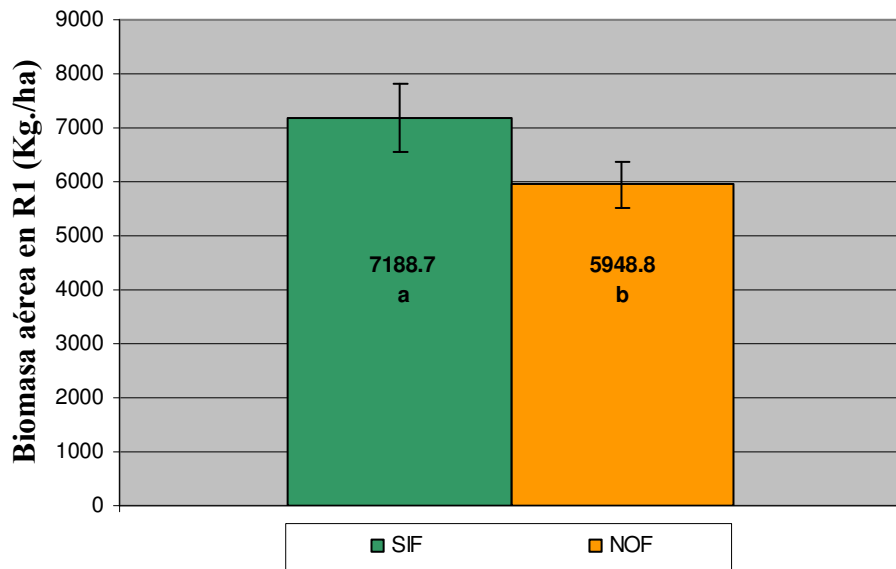


Figura 12: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los tratamientos con y sin fertilización para la situación SM. Las barras verticales indican el error estándar. Letras iguales indican diferencias no significativas (DGC $p < 0.05$).

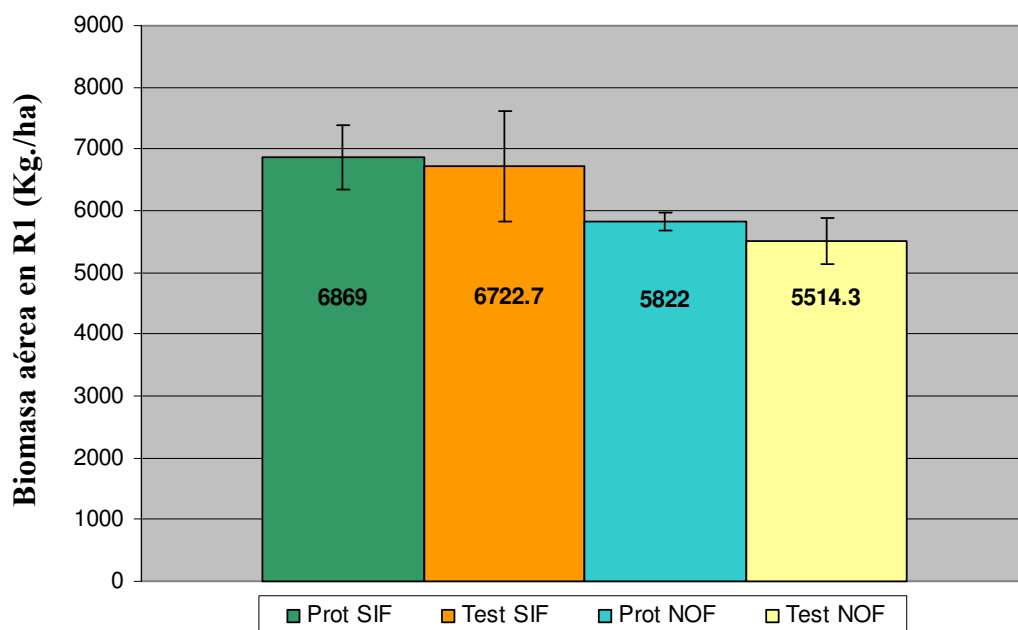


Figura 13: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los diferentes tratamientos para la situación SS. Las barras verticales indican el error estándar.

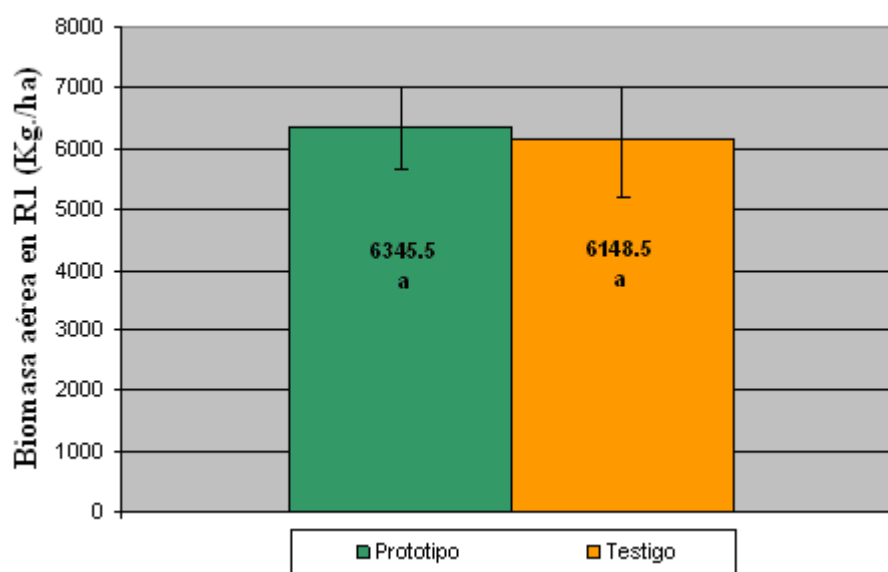


Figura 14: Biomasa aérea acumulada a floración en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación SS. Las barras verticales indican el error estándar. Letras iguales indican diferencias no significativas (DGC $p < 0.05$).

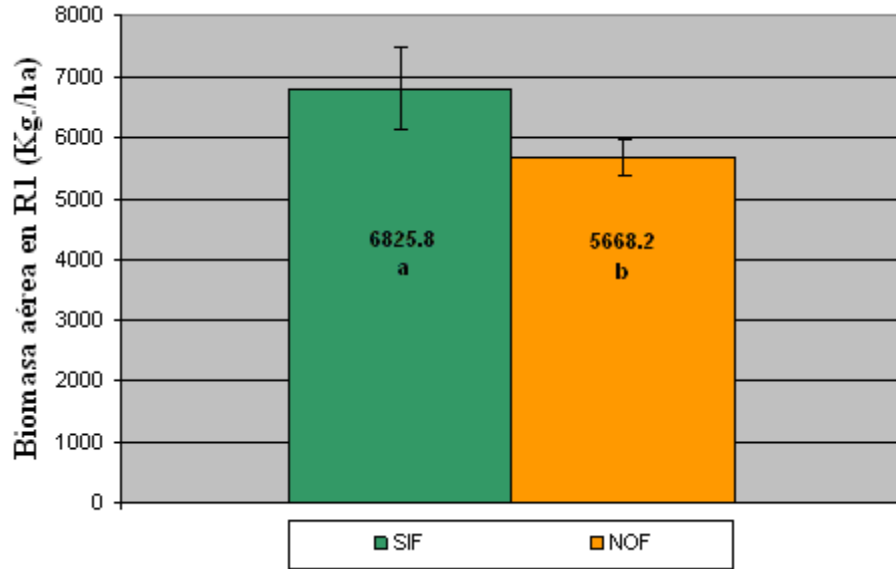


Figura 15: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los tratamientos con y sin fertilización para la situación SS. Las barras verticales indican el error estándar. Letras iguales indican diferencias no significativas ($DGC p < 0.05$).

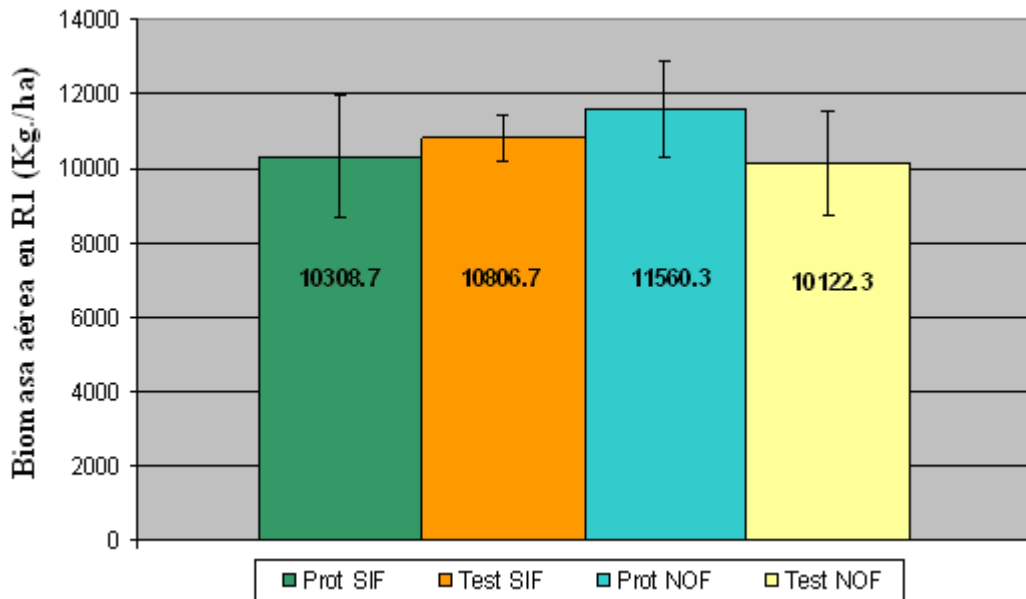


Figura 16: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los diferentes tratamientos para la situación RM. Las barras verticales indican el error estándar.

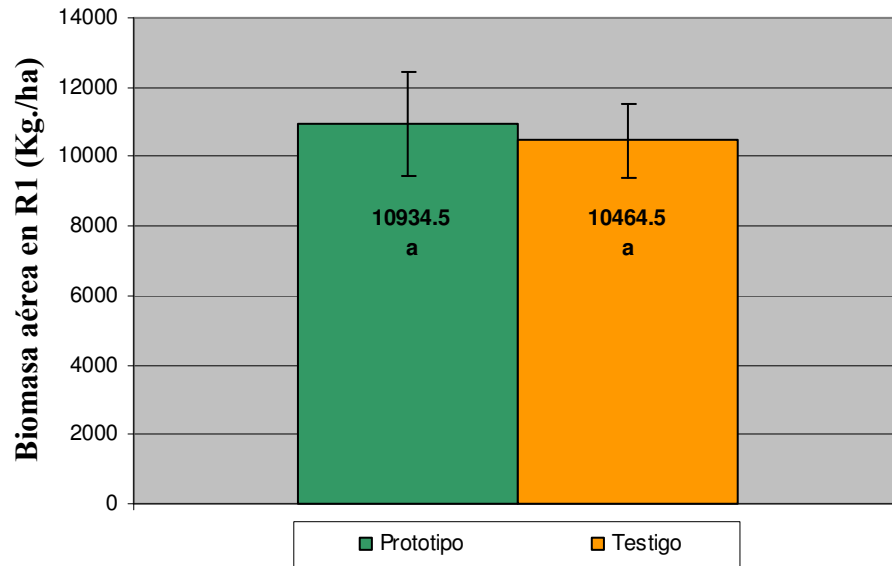


Figura 17: Biomasa aérea acumulada a floración en función de las sembradoras Prototipo y Testigo para la situación RM. Las barras verticales indican el error estándar. Letras iguales indican diferencias no significativas ($DGC p < 0.05$).

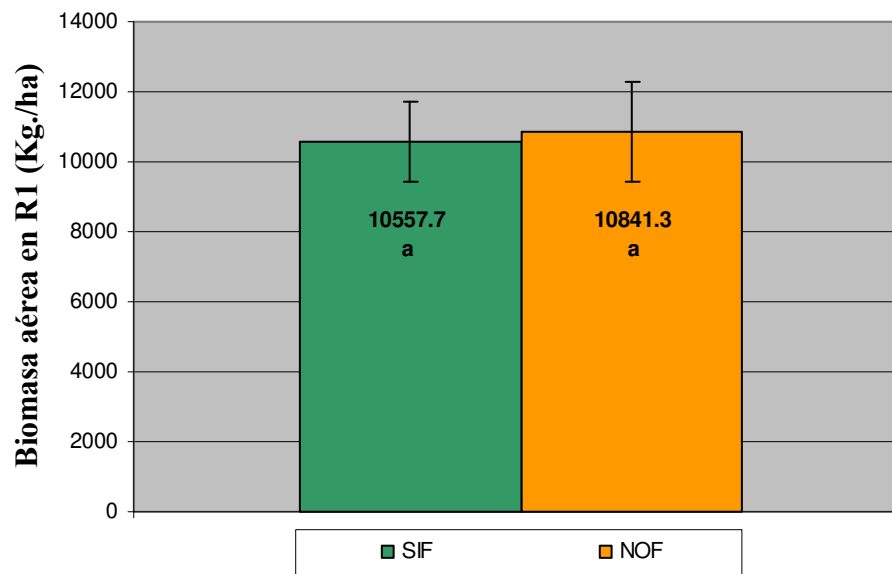


Figura 18: Biomasa aérea acumulada a floración en función de los tratamientos con y sin fertilización para la situación RM. Las barras verticales indican el error estándar. Letras iguales indican diferencias no significativas ($DGC p < 0.05$).

Como se observa en las diferentes situaciones planteadas, la biomasa aérea tuvo valores algo bajos. En la parcela RM los pesos registrados no son menores, pero tener un sistema de riego y no pretender más de 13000 Kg./ha de rendimiento hace que el sistema productivo se vuelva insostenible económicamente. Además, es necesario explicar porque el maíz sembrado temprano tuvo un mayor crecimiento vegetativo que el maíz tardío. Diferentes autores (Cirilo, 1994; Pendleton y Egli, 1969; Duncan *et al.*, 1973; Knapp y Reid, 1981; Miedema, 1982) han estudiado el comportamiento de la tasa de crecimiento y

la duración de dicho crecimiento a lo largo del ciclo del cultivo. Todos llegaron a las mismas conclusiones, las siembras tempranas favorecen el crecimiento reproductivo, mientras que las siembras tardías favorecen el crecimiento vegetativo, debido a la cantidad de materia seca acumulada antes y después de la floración. Estos autores explican que el retraso de la fecha de siembra resulta en plantas más altas y pesadas en floración, asociado a un mayor número de nudos y mayor tamaño de los entrenudos del tallo, sin embargo los pesos de biomasa aérea registrados en este trabajo de investigación no concuerdan con lo encontrado por estos investigadores. La causa más probable de esta discordancia puede haber sido el fuerte estrés hídrico registrado durante casi todo el mes de enero, que provocó en el maíz temprano una reducción del peso de grano por el acortamiento de la primera fase de llenado y una disminución de asimilados disponibles por grano (Ouattar *et al.*, 1987), pero no afectó la etapa previa a la floración, razón por la cual no se vio comprometida la materia seca acumulada hasta ese estadio fenológico. En cambio, en el maíz tardío la materia seca acumulada a floración fue un 38.6% y un 42% menor para la situación SM y SS respectivamente, en comparación con la siembra temprana. Esta disminución de biomasa aérea se debe al estrés sufrido durante la etapa vegetativa (enero) que reduce la expansión foliar y la tasa fotosintética, ocasionando una disminución del crecimiento y el IAF a floración (Sobrado, 1990). Ahora si bien las mermas de biomasa aérea en las dos situaciones de secano son similares, no son iguales. Y esto puede deberse a la cantidad de agua acumulada en el perfil de suelo. Bajo el rastrojo de maíz las pérdidas de agua por evaporación del suelo son menores que un rastrojo de soja, principalmente por la mejor cobertura de suelo en las primeras etapas del cultivo que impide que llegue mayor radiación solar a la superficie del suelo, reduciendo la evaporación de agua del mismo, lo que aumenta la eficiencia en el uso del agua evapotranspirada (Unger y Stewart, 1983).

Si se observa a simple vista la respuesta a la fertilización en las Figuras 12 y 15 se puede pensar que hubo una mínima interacción entre la materia seca acumulada a floración y el agregado de fertilizantes. Mientras que en la situación de RM no hay respuesta al agregado de fertilizante (Figura 18).

Para conocer precisamente la cantidad de nutrientes de los suelos donde se llevó a cabo el experimento, hubiera sido necesario hacer análisis químico y físico del suelo, pero como no se realizaron se puede inferir que en la parcela de RM los niveles de los dos macronutrientes más limitantes en la producción agrícola argentina (nitrógeno y fósforo) están por encima del valor crítico de respuesta. Para el maíz en condiciones de riego la concentración crítica de N-NO₃ fluctúa entre 21 y 27 ppm en los primeros 30 cm del perfil de suelo (Satorre *et al.*, 2008) y de fósforo asimilable se registra entre 13 y 18 ppm en los primeros 20 cm de suelo (García y Sanjuan, 2010). Además durante el ciclo de crecimiento del cultivo no se observaron deficiencias nutricionales en ningún tratamiento.

En las situaciones de sequo (Figura 12 y 15) se observa una regular respuesta a la fertilización, más precisamente un aumento de un 20% en la materia seca acumulada a floración bajo las dos condiciones de rastrojo (soja y maíz). La deficiencia severa de nutrientes, especialmente de nitrógeno, no afectó el número final de hojas por planta, pero si redujo ligeramente la tasa de aparición foliar concordando con lo encontrado por Uhart y Andrade, (1995). El estrés retrasó la fenología del cultivo hasta 9 días para la aparición de estigmas en comparación con el tratamiento fertilizado, registro similar a lo encontrado por Girardin *et al.* (1987) y por Jacobs y Pearson (1991) (Anexo 2). Pero lo más importante es que dichas deficiencias provocan una reducción del área foliar. En consecuencia la cantidad de radiación interceptada por el cultivo es menor y la eficiencia de conversión de dicha radiación interceptada en biomasa se reduce aproximadamente en un 40% (Uhart y Andrade, 1995) debido al bajo ritmo fotosintético, producto de un bajo contenido de nitrógeno en hoja (Novoa y Loomis, 1981).

Por último queda analizar la biomasa aérea en función de las dos sembradoras en cada una de las situaciones experimentadas. Al observar las Figuras 11, 14 y 17 se puede notar que no existen diferencias entre las sembradoras testeadas. Como ambos equipos sembradores tienen el mismo kit de siembra es de esperar que no haya diferencias en la producción de biomasa aérea a floración. Durante los últimos 20 años en nuestro país y algunos más en los Estados Unidos, el diseño del órgano plantador preferido por los productores para la siembra directa de maíz se compone de un abresurco doble-disco con doble rueda neumática solidaria reguladora de profundidad. Por esta razón fue el elegido para realizar el trabajo de investigación.

La función de la sembradora de siembra directa es colocar la semilla (y el fertilizante) en contacto con el suelo húmedo, sin cámaras de aire, no mezclada con paja, a profundidad y espaciamiento uniforme a través de una cubierta de residuos que debe ser cortada con la mínima alteración y además no deben producirse atascamientos (Principi *et al.*, 2005 c). Todo este proceso a una velocidad de siembra normal no tarda más de 250 milésimas de segundo. Y sumado a esto, el espacio que se tiene para colocar los kit de siembra y fertilización en el chasis de la sembradora es siempre ajustado. Por esto mismo, la “plantación” de maíz no es un proceso simple y cada órgano que interviene en la siembra debe estar perfectamente regulado en función de las condiciones de trabajo y de las metas que se quieran alcanzar.

Interacciones entre rastrojo y uniformidad de la profundidad de siembra

A continuación se muestran dos figuras que representan diagramas de dispersión con la variable dependiente SD de la profundidad de siembra en función de la cantidad de

rastrajo en superficie. Como ya se mencionó anteriormente en Materiales y Método, la única situación estudiada para estos factores fue SM, ya que presentaba la mayor cantidad de cobertura en superficie en comparación con las otras dos parcelas (SS y RM).

Cada diagrama se construyó con 8 registros de rastrajo y se lo asoció con el SD de la profundidad de siembra que tuvo la sembradora, ya sea Prototipo o Testigo.

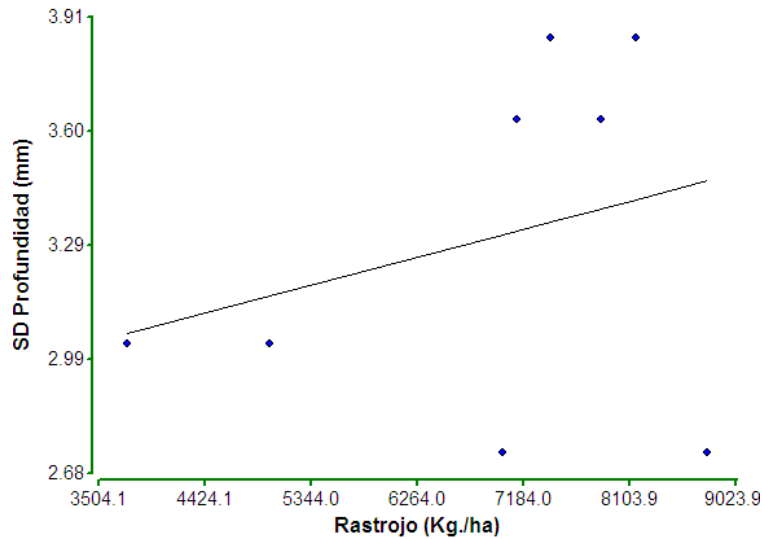


Figura 19: Relación entre el nivel de rastrajo en superficie y desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra para la sembradora Testigo en la situación SM. R^2 0.29 y $p < 0.4892$

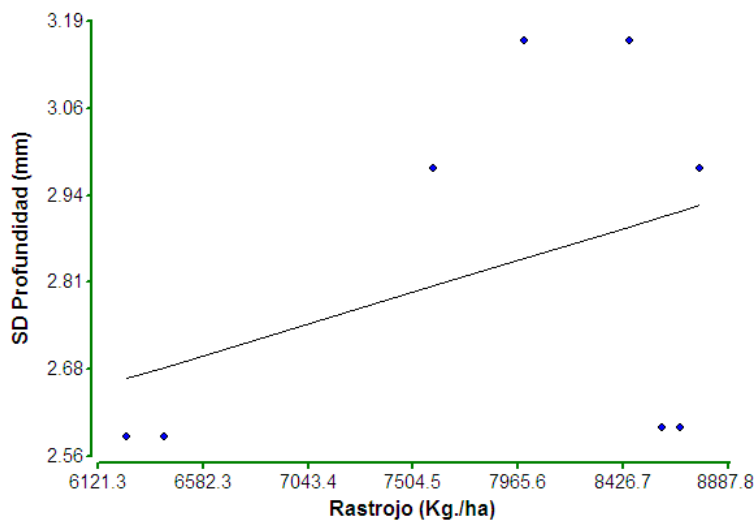


Figura 20: Relación entre el nivel de rastrajo en superficie y desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra para la sembradora Prototipo en la situación SM. R^2 0.38 y $p < 0.3466$

Al observar las figuras de arriba claramente resalta la dispersión de los datos, confirmando que ambas sembradoras testeadas independientemente de la cantidad de rastrajo de maíz que hubiese en superficie plantaron la semilla con una variabilidad

constante en la profundidad. Lo que tal vez se podría haber esperado es que hubiera una cierta correlación lineal positiva entre el nivel de rastrojo y el SD de la profundidad, es decir, a medida que la cantidad de cobertura del suelo sea mayor, el proceso de siembra se dificultaría y las sembradoras tenderían a sembrar con menor precisión y por lo tanto la variación en la profundidad de siembra aumentaría, pero no fue así; confirmando los excelentes registros de SD de la profundidad de siembra expuestos anteriormente y también ratificando la buena performance de siembra de ambos equipos sembradores.

Además los Coeficientes de Determinación (R^2) son muy bajos, lo cual indica que solamente el 29% y el 38% de las variaciones producidas en el SD de la profundidad de siembra están explicadas por la cantidad de rastrojo para las sembradoras Testigo y Prototipo respectivamente.

Interacciones entre uniformidad de la profundidad de siembra y biomasa aérea

Si bien es interesante conocer la correlación entre la profundidad de siembra y la ocurrencia uniforme de los procesos de germinación y emergencia de las plántulas de maíz, lo que más despierta interés entre los productores es saber si dichas variables influyen y con que magnitud en el crecimiento del cultivo.

En relación al presente trabajo de investigación, solamente se registró la cantidad de biomasa aérea acumulada a floración como variable de crecimiento del maíz, pero la misma es una buena predictora de la radiación interceptada, la cual está relacionada con el área foliar.

Numerosos estudios de reconocidos ecofisiólogos demuestran que las principales razones por las cuales las plantas con emergencia tardía producen menos es porque no tienen la capacidad de competir por luz, agua y nutrientes con respecto a plantas vecinas mejor establecidas, generándose en el stand plantas dominadas y dominantes desde las primeras etapas de crecimiento.

La planta dominada por ser una competidora menos eficiente que sus adyacentes, tiene un desarrollo más lento. Al momento de competir por los recursos siempre está en desventaja con respecto a una planta dominante y esto genera una serie de perjuicios que hacen que su rendimiento sea menor.

Las plantas emergidas con dos a cuatro hojas de retraso tienen 18 y 40% menos de área foliar respectivamente y sus vecinas no compensan dicha pérdida.

Con respecto a la altura de planta sucede algo similar, cuando se demora la emergencia, la planta dominada tiene menor altura y las plantas vecinas a veces no pueden llegar a remediar dicha pérdida. Las plantas dominadas y más bajas de un cultivo, se alargan de forma rápida, presentando menores ganancias de peso y tallos de menor

diámetro, lo que reduce la capacidad de almacenamiento de sólidos solubles en esos tejidos, principalmente sacarosa, deprimiendo su rendimiento (Evans, 1975). La altura de planta es un parámetro no menos importante, ya que está fuertemente correlacionada con la habilidad de interceptar la radiación y producir biomasa (Tollenaar *et al.*, 2004).

En cuanto a la producción de materia seca acumulada a floración, plantas de maíz con retrasos de dos hojas en su emergencia produjeron un 42% menos de materia seca y aquellas con cuatro hojas de retraso tuvieron pérdidas de un 72%, y como era de esperarse, las plantas vecinas no compensaron dichas reducciones (Tollenaar *et al.*, 2004). Estas pérdidas de biomasa aérea acumulada, junto con leves reducciones del índice de cosecha son las principales razones de las mermas en el rendimiento de grano. Cuando el plantel es desuniforme, las plantas dominadas sufren un importante aborto de granos, el que no es compensado por la mayor producción de las plantas dominantes. Esto se explica por la alta pendiente en la relación entre el número de granos fijados por planta y la tasa de crecimiento por planta alrededor de la floración, para plantas subordinadas (aquellas que crecen poco), y la baja pendiente de la misma relación para plantas dominantes (aquellas que crecen mucho) (Andrade *et al.*, 1996) (Anexo 3.2).

He aquí la importancia de realizar una siembra de maíz precisa, donde el principal componente para lograrla es un productor o asesor que tenga la capacidad de alcanzar una plantación de semilla uniforme en profundidad y espaciamiento. Y para ello debe saber que la manera mas simple para conseguirlo es a través de un perfecto funcionamiento del equipo sembrador y de una correcta regulación de acuerdo a las condiciones de trabajo que se presenten en cada lote, hasta en cada ambiente y en cada día de la temporada de siembra, además de otros factores ya nombrados que también deben tenerse en cuenta a la hora de comenzar la plantación de maíz.

A continuación se muestra la correlación entre las variaciones en la profundidad de siembra y la cantidad de biomasa aérea acumulada a floración.

Como no existieron diferencias significativas en la cantidad de materia seca producida en función de las dos sembradoras testeadas para la situación en estudio (Figura 11) se agruparon los registros de SD de la profundidad de siembra de ambos equipos sembradores en un solo diagrama de dispersión para las parcelas con y sin fertilización, ya que para esta variable si hubo diferencias significativas en la biomasa aérea acumulada (Figura 12).

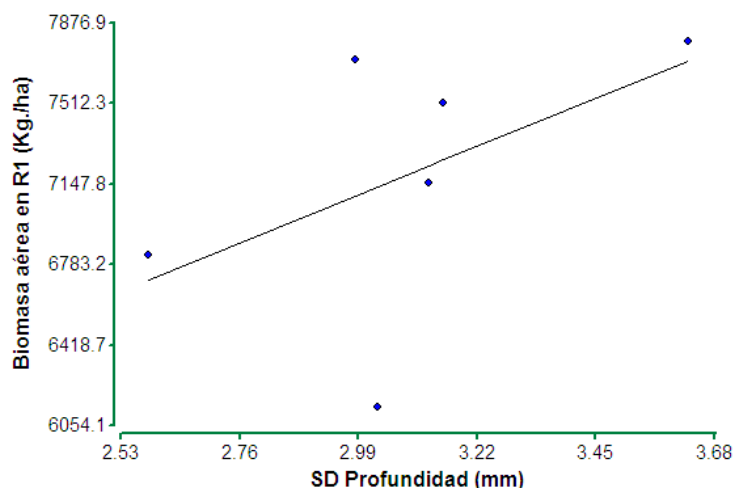


Figura 21: Relación entre el desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra y la producción de biomasa aérea acumulada a floración en las parcelas con fertilización para la situación SM. R^2 0.51 y $p < 0.3019$

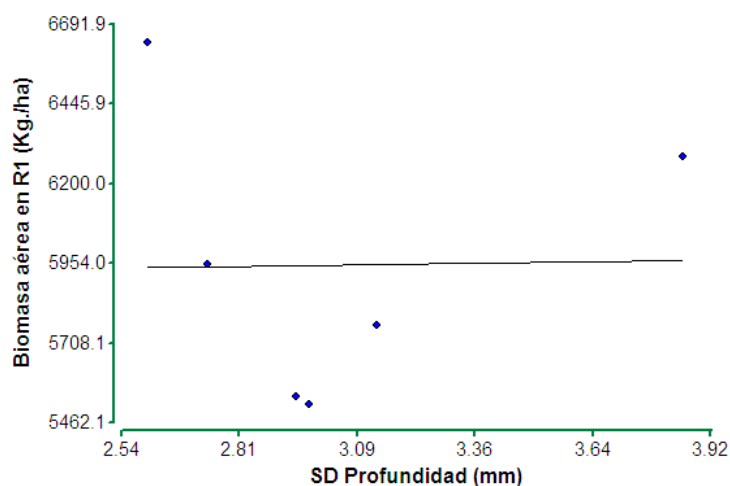


Figura 22: Relación entre el desvío estándar (SD) de la profundidad de siembra y la producción de biomasa aérea acumulada a floración en las parcelas sin fertilización para la situación SM. R^2 0.02 y $p < 0.9756$

En las Figuras 21 y 22 queda claro que las pequeñas variaciones en la profundidad de siembra no son la principal causa de los diferentes pesos de materia de seca a floración. Es fácil observar que para un mismo valor de SD de la profundidad existen datos de biomasa aérea con un amplio rango, indicando que para las condiciones ambientales que se presentaron en esa campaña no hubo ningún tipo de relación entre la variación de la profundidad de siembra y la materia seca a floración, coincidiendo con lo experimentado por Tesouro *et al.* (2009) donde no pudo detectar diferencias en el crecimiento medio de las plantas, cuando el ciclo del cultivo estaba avanzado, en surcos que habían recibido diferentes variaciones en la profundidad de siembra. Hasta en la Figura 21 la correlación es positiva, la cual debería ser negativa, ya que con mayores desvíos en la profundidad, la producción de materia seca debería ser menor.

De todos modos, los valores registrados en cuanto a variaciones en la profundidad de siembra son muy bajos, casi no alcanzan los 4 mm de SD y esa es tal vez la principal causa por la cual no se encuentra una relación lineal negativa entre las variables en estudio.

Interacciones entre rastrojo y biomasa aérea

Por último se presenta el estudio entre la correlación del nivel de rastrojo en superficie y la materia seca acumulada a floración para las parcelas con y sin fertilización bajo la situación SM.

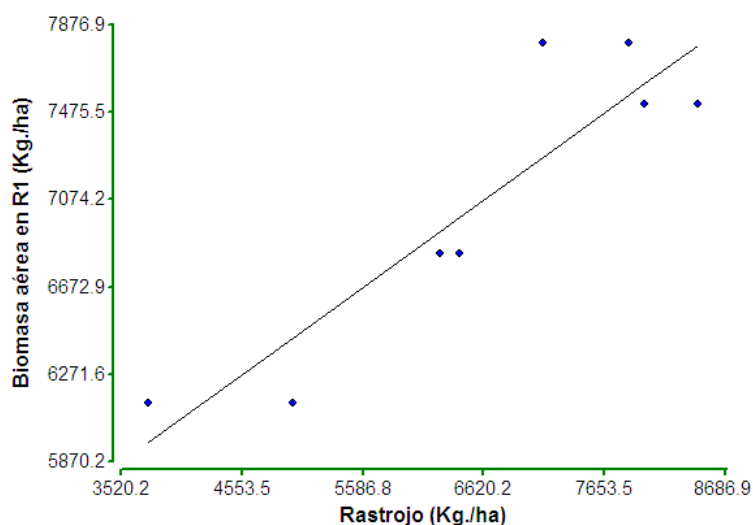


Figura 23: Biomasa aérea acumulada a floración en función del nivel de rastrojo en superficie para las parcelas con fertilización en la situación SM. R^2 0.91 y $p < 0.0018$

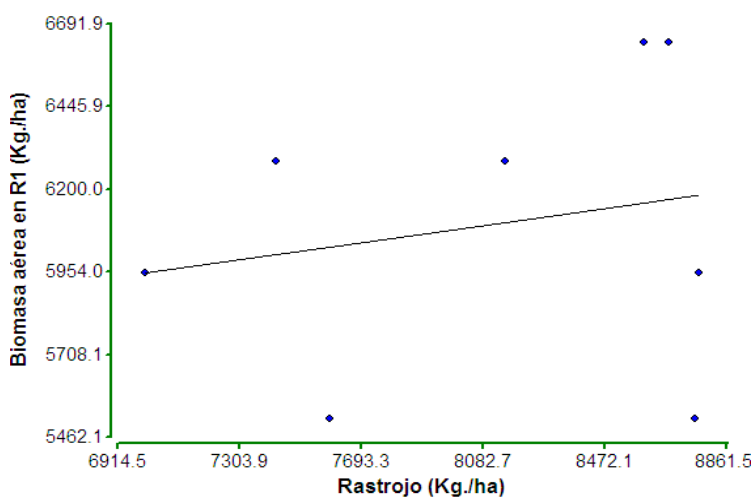


Figura 24: Biomasa aérea acumulada a floración en función del nivel de rastrojo en superficie para las parcelas sin fertilización en la situación SM. R^2 0.20 y $p < 0.6283$

La cobertura del suelo con rastrojo desde muy temprano juega un papel muy importante en la siembra directa. Su acción protectora reduce el impacto de las gotas de lluvia que desagregan el suelo, sellando los poros y produciendo una costra en la superficie. El rastrojo absorbe la luz solar que tiende a calentar el suelo y por ello reduce la pérdida de humedad debida a la temperatura y a la acción de los vientos (Stancanelli, 1998). Por estas razones y otras, la cobertura del suelo está muy asociada principalmente a la economía de agua de un sistema productivo. De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación con respecto a las correlaciones entre el nivel de rastrojo y la producción de biomasa, no se encontró ninguna interacción entre estas dos variables para las parcelas sin fertilización ya que el Coeficiente de Determinación fue muy bajo ($R^2 0.20$) (Figura 24). Por otro lado, en las parcelas con fertilización existió una relación lineal positiva entre el nivel de rastrojo y la biomasa aérea acumulada ($R^2 0.91$) (Figura 23). Este resultado revela que a mayores cantidades de cobertura se genera alguna condición ambiental en el propio suelo que mejora la utilización de los nutrientes por el cultivo. Por las ventajas, anteriormente nombradas, que brinda el rastrojo en superficie en un sistema de Siembra Directa es de esperar que exista una mayor producción de biomasa aérea, ya que con coberturas más espesas y homogéneas la pérdida de humedad del suelo por evaporación se reduce fuertemente. Acompañado de una correcta fertilización, esta mayor disponibilidad de agua para uso del propio cultivo, en un verano seco y con altas temperaturas, fue lo que marcó la diferencia en la producción de materia seca a floración. Esta interacción entre la fertilización y la mayor disponibilidad de agua permite que el cultivo genere mayor biomasa aérea por cada mm de agua evapotranspirado, es decir, que la fertilización, y sobretodo la nitrogenada, mejora la eficiencia en el uso del agua; principalmente por un aumento en la concentración de nitrógeno en las plantas que incrementa la capacidad fotosintética del cultivo y con ello se mejora la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa (Satorre *et al.*, 2008).

Analizando la Figura 23 se puede asegurar que la biomasa aérea acumulada aumentó casi un 39% cuando el nivel de rastrojo se duplicó. Para las parcelas sin fertilización (Figura 24) es difícil rescatar algún resultado objetivo ya que los valores son muy dispersos y no marcan ninguna correlación entre las dos variables graficadas, comprobando aún más la interacción encontrada en la Figura 23, entre la fertilización y la disponibilidad de agua.

CONCLUSIONES

El Prototipo logró una performance de siembra igual a mejor con respecto a la sembradora Testigo bajo distintas situaciones de trabajo que son de práctica generalizada en nuestra región en un sistema productivo basado en Siembra Directa.

El desarrollo de biomasa aérea de maíz no tuvo diferencias con respecto a las dos sembradoras en las tres situaciones diferentes en las que se desarrolló este trabajo de investigación, afirmando que la disposición del órgano fertilizador de nitrógeno en la interlínea cada dos líneas de siembra en el diseño del Prototipo no afecta el crecimiento del cultivo. En cambio, si realizamos la comparación de los tratamientos con y sin fertilización se encuentran diferencias significativas a excepción de la situación bajo riego que presenta similitudes en la materia seca a floración por causas que no fueron estudiadas ni consideradas de relevancia para el desarrollo del corriente trabajo.

Lo más importante es que el Prototipo mantuvo una muy buena uniformidad en la profundidad de siembra al igual que la sembradora Testigo con un SD y un CV mínimo en las dos situaciones contrastantes en las que se analizaron los equipos sembradores. Para alcanzar una buena uniformidad en la profundidad de siembra y un espaciamiento entre plantas regular, más allá del cuerpo de siembra y el sistema de dosificación que posea cada sembradora, lo esencial es realizar una correcta regulación y verificar el buen funcionamiento de los mecanismos. De este modo se puede afirmar que para conseguir una buena implantación en el cultivo de maíz no es necesario una sembradora con elevado peso como son, por lo general, las que se ofrecen actualmente en el mercado argentino, ya que solamente con lograr una buena transferencia de peso hacia el cuerpo de siembra y fertilización, y sumado a diseños que permitan mantener constante la presión sobre los órganos de implantación en forma dinámica se mejorará considerablemente la uniformidad de siembra y contribuirá a reducir el efecto de compactación en el ambiente que rodea a la semilla provocado por las ruedas limitadoras de profundidad, y también permitirá desacelerar el desgaste de estas ruedas en lo referido a rodamientos, bujes y neumáticos.

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de la existencia o no de interacciones entre las variables bajo estudio, se puede añadir que el rastreo de maíz no afectó la uniformidad en la profundidad de siembra, ya que diferentes niveles de cobertura no marcaron una tendencia clara en la variación de la performance de siembra de ninguno de los dos equipos sembradores comparados. De esta manera se puede asegurar que cualquiera sea la condición de trabajo en cada lote, ambas sembradoras cumplirán con el objetivo de realizar una buena siembra.

Si se considera la correlación entre la uniformidad de profundidad de siembra y la producción de biomasa aérea acumulada a floración resalta la inexistencia de cualquier tipo

de asociación, debido especialmente a la mínima variación en la profundidad de siembra que registraron ambos equipos sembradores. De este modo, se puede afirmar que el stand de plantas que se obtuvo bajo el ensayo de las sembradoras fue homogéneo, con una emergencia uniforme y un crecimiento equitativo de las plántulas.

Por otro lado, la biomasa tuvo una fuerte asociación con el nivel de rastrojo de maíz debido a que aumentos en la cobertura generaron aumentos en la materia seca solo en las parcelas fertilizadas. Las menores pérdidas de agua en los plots con mayor cobertura, mejoraron la disponibilidad de los nutrientes, que al ser tomados por la planta incrementaron la capacidad fotosintética de la misma, lo cual mejora la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa.

Después de llevar adelante este trabajo de investigación y haber experimentado con el sistema de enganche de tres puntos del tractor se lamenta su desuso ocurrido en los últimos años en la Argentina. En otros países, y en países desarrollados como Estados Unidos, se continúa con la utilización del mismo independientemente del tamaño de los implementos, ya que especialmente las sembradoras, de gran ancho de labor son acopladas a tractores de más de 250 caballos de potencia. En nuestro país se podría pretender volver al uso de este enganche en tractores medianos a chicos para acoplar sembradoras de grano grueso semimontadas que no superen los 5 o 7 cuerpos de siembra, ya que como se demostró en este trabajo, con igual órgano sembrador logran una perfecta uniformidad en la profundidad de siembra al igual que una sembradora de arrastre, que por su mayor tamaño tienen la desventaja de ser más pesada y seguramente su precio es más elevado por la complejidad de su chasis.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AGROMETAL. 2011. Grano grueso TX: Cuerpo de Siembra. En: <http://www.agrometal.com/productos/mini-mega/tx-cuerpo-de-siembra.htm>. Consultado: 06-09-2011.
- ANDRADE, F.H. y V. SADRAS. 2009. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. 3^{ra} ed. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Balcarce, Argentina. 310p.
- ANDRADE, F.H., A. CIRILO, S. UHART y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. 1^{ra} ed. Ed. Médica Panamericana S.A., Balcarce, Argentina. 292p.
- BAUMER, C.R. 1999. Sembradoras y fertilizadoras para siembra directa. AAPRESID. Publicaciones Técnicas. Serie Siembra Directa 2. 345p.
- BRAGACHINI, M. 2011 a. Desarrollo industrial de la maquinaria agrícola y agropartes en la Argentina. Impacto económico y social. En: <http://www.agriculturadeprecision.org/index.asp?pag=articulos/maquinaria-agricola.asp&tit=MaquinariaAgricola>. Proyecto Agricultura de Precisión EEA INTA Manfredi. Consultado: 25-08-2011.
- BRAGACHINI, M. 2011 b. Rol estratégico de la Red Agricultura de Precisión en el desarrollo del sector agroalimentario argentino. 10^o Curso Internacional de Agricultura de Precisión y 5^o Expo de Máquinas Precisas. EEA INTA Manfredi-Córdoba, Argentina. p: 1-15.
- BRAGACHINI, M. 2009. Historia de la mecanización agrícola del país: del arado de reja a la siembra de precisión. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/maquinaria/HistoriaMecanizacionAgricolaDelPais.asp>. Consultado: 14-04-2010.
- BRAGACHINI, M. 2006. Siembra de maíz 2006. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/maquinaria/SiembraDeMaiz2006.asp>. Consultado: 14-04-2010.
- BRAGACHINI, M., A. MÉNDEZ, F. SCARAMUZZA, J.P. VÉLEZ y D. VILLARROEL. 2008. Novedades sobre distribución de siembra de maíz en EE.UU. y experiencias en INTA. En: <http://www.agriculturadeprecision.org/index.asp?pag=articulos/siembra.asp&tit=Siembra y Fertilidad>. Proyecto Agricultura de Precisión EEA INTA Manfredi. Consultado: 03-08-2011.
- BRAGACHINI, M., A. MÉNDEZ, J. PEIRETTI y M. RINALDI. 2003. Sembradora de grano grueso. En: <http://www.agriculturadeprecision.org/index.asp?pag=articulos/siembra.asp&tit=Siembra y Fertilidad>. Proyecto Agricultura de Precisión EEA INTA Manfredi. Consultado: 28-11-2008.

- BECK, D. y R. DOERR. 1998. No-till guidelines for the arid and semi-arid prairies. South Dakota State Univ., Dakota Lakes Research Farm. p: 1-51.
- BOLTON, F.E. y D.E. BOOSTER. 1981. Strip-Till Planting in Dryland Cereal Production. Transactions of the ASAE 59. p: 59-62
- CIRILO, A.G. 1994. Desarrollo, crecimiento y partición de materia seca en cultivos de maíz sembrados en diferentes fechas. Tesis Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 86p.
- DEERE & COMPANY. 2011. John Deere Integral Planters. En: http://www.deere.com/wps/dcom/en_US/products/equipment/planting_and_seeding_equipment/planters/integral_planters/integral_planters.page? Consultado: 03-09-2011.
- DE SIMONE, M. E. y A. GODOY. 2008. Calidad de implantación de maíz y poroto en relación al diseño y regulación de la sembradora. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/ensayos/2008/CalidadImplementacionMaizYPorotoEnRelacionASembradora.asp>. EEA INTA Salta. Consultado: 10-04-2010.
- DUNCAN, W.G., D.L. SHAVER y W.A. WILLIAMS. 1973. Developmental temperatures in corn. Proceedings of Soil and Crop Sciences Society of Florida. 32: 59-63.
- EVANS, L.T. 1975. Fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur. ISBN 950-504-262-0.
- GARCÍA, F.O. y M.F. GONZÁLEZ SANJUAN. 2010. Balance de Nutrientes en Argentina ¿Cómo estamos? ¿Cómo mejoramos?. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 48:1-5.
- GIRARDIN, P., M. TOLLENAAR, A. DELTOUR y J. MULDOON. 1987. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effects on development, dry matter accumulation and grain yield. Agronomie. 7: 289-296.
- GREAT PLAINS. 2010. Product Catalog, setting the pace through innovation. Great Plains Mfg., Inc. Salina, KS, USA. 47p.
- INFOSTAT. 2008. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 1^{ra} ed. Editorial Brujas Argentina.
- JACOBS, B.C. y C.J. PEARSON. 1991. Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears. Field Crops Research. 27: 281-298.
- JARSÚN, B., J.A. GORGAS, E. ZAMORA, H. BOSNERO, E. LOVERA, A. RAVELO y J.L. TASSILE. 2003. Los Suelos.pdf. Nivel de reconocimiento Escala 1:500000. Agencia Córdoba Ambiente S.E. EEA INTA Manfredi.

- KINIRY, J.R. y R. BONHOMME. 1991. Predicting maize phenology. En:_. Predicting crop phenology. CRC Press. Boca Raton, Ann Harbor. Boston. p:115-131.
- KINSELLA, J. 1992. Siembra directa, efectos en el largo plazo. 1º Congreso Interamericano de Siembra Directa. AAPRESID. Publicaciones Técnicas, Serie Siembra Directa 2. p: 1-22.
- KNAPP, W.R. y W. S. REID. 1981. Interaction of hybrid maturity class, planting date, plant population and nitrogen fertilization on corn performance in New York. Search Agriculture. Ithaca, N.Y. Cornell University Agricultural Experimental Station. N° 21. 28p.
- MAIZAR. 2011. La tecnología de siembra neumática: su impacto sobre la productividad de los cultivos. En: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=133>. Consultado: 12-08-2011.
- MARELLI, H., J. ARCE, C. LORENZON y P. MARELLI. 2000. Ensayos de labranza y secuencias de cultivos en trigo ciclo 1999. EEA INTA Marcos Juárez-Córdoba, Argentina. Hoja informativa N° 333.
- MARELLI, H. 1998. La siembra directa como práctica conservacionista. En:_. Siembra Directa. Ed. Hemisferio Sur S.A., Argentina. p: 127-140.
- MARELLI, H. y J. ARCE. 1995 a. Aportes en siembra directa. Publicación Técnica INTA. EEA INTA Marcos Juárez-Córdoba, Argentina.
- MARELLI, H. y J. ARCE. 1995 b. La siembra directa en la secuencia trigo/soja. Aportes en siembra directa. EEA INTA Marcos Juárez-Córdoba, Argentina. p: 23-40.
- MARTINES PECK, R. 1998. Máquinas para la siembra directa, sembradoras y pulverizadoras. En:_. Siembra Directa: Cuaderno de Actualización Técnica. CREA 59. p: 38-50.
- MICUCCI, F.G., M.A. TABOADA y R. GIL. 2010. El agua en la producción de cultivos extensivos: I. El suelo como un gran reservorio eficiente. En: [http://www.ipni.net/ppiweb/itams.nfs/\\$webindex/3462B8EBC74E7A4003256C540055F4DE](http://www.ipni.net/ppiweb/itams.nfs/$webindex/3462B8EBC74E7A4003256C540055F4DE). Consultado: 13-05-2010.
- MIEDEMA, P. 1982. The effects of low temperature on *Zea mays*. Advances in Agronomy. 35: 93-128.
- MOSCHETTI, E., S. FERRERO, G. PALACIO y M. RUIZ. 2003. Introducción a la estadística para las ciencias de la vida. 1ª ed. Río Cuarto, Argentina. 171p.
- NAFZIGER, E.D., P.R. CARTER y E.E. GRAHAN. 1991. Response of Corn to Uneven Emergence. En: http://corn.agronomy.wisc.edu/Pubs/PC_Journal_Articles/031-03-0811.pdf. Consultado: 03-08-2011.

- NIELSEN, R.L. 2001. Stand Establishment Variability in Corn. En: http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01_v5.pdf [modificado Nov. 2001; verificado 1 Dic. 2003]. AGRY-91-01. Purdue University, Agronomy Department. West Lafayette, IN. Consultado: 01-06-2011.
- NOVOA, R. y R.S. LOOMIS. 1981. Nitrogen and plant production. *Plant and Soil*. 58: 177-204.
- OUATTAR, S., J. JONES y R.K. CROOKSTON. 1987. Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Sci*. 27: 726-730.
- PENDLETON, J.W. y D.B. EGLI. 1969. Potential yield of corn as affected by planting date. *Agronomy Journal*. 61: 70-71.
- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, O.P. CARDINALLI y J.L. COLODRO. 1982. Desarrollo y experimentación de una máquina de labranza cero, montada en el sistema hidráulico de tres puntos del tractor. *Anales INIA, España. Serie Agrícola* 20, 163-182.
- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, O.P. CARDINALLI y J.L. COLODRO. 1983. Diseño y experimentación de equipos y sistemas de labranza y siembra reducidas para maíz. *IDIA* 413-416, 30-42.
- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, O.P. CARDINALLI y J.L. COLODRO. 1992. Diseño y experimentación de sistemas de labranza y siembra para maíz. II Congreso Argentino de Ingeniería Rural. Villa María-Córdoba, Argentina. p: 287-328.
- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, O.P. CARDINALLI y J.L. COLODRO. 2002. Diseño y performance de un prototipo para Siembra Directa. *RIA. INTA. Argentina. ISSN 0325-8718. Vol. 31 (2). p: 135-148.*
- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, O.P. CARDINALI y J.L. COLODRO. 2005 a. Diseño y prestaciones de un prototipo de siembra directa para interseembra de pasturas. En *Avances en Ingeniería Agrícola 2003-2005. Cap. Mecánica y Mecanización Agrícola. CADIR 2005. Editor Ing. Agr. Osvaldo A. Barbosa. ISBN 978-05-0140-0. p: 82-89.*
- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, O.P. CARDINALI y J.L. COLODRO. 2005 b. Experimentación de un prototipo para siembra directa de granos finos-soja. VIII Congreso Argentino de Ingeniería Rural. Villa de Merlo-San Luis, Argentina. Actas en CD. Área Mecánica y Mecanización Agrícola. N° 30 – Mec_Principi.doc.
- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, J.L. COLODRO y O.P. CARDINALLI. 2005 c. Equipos de mínima labranza y Siembra Directa, Capítulo XIII en *Maquinarias*

Agrícolas. Ed. Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. 377p.

- PRINCIPI, M.A., R.R. MATTANA, O.P. CARDINALI y J.L. COLODRO. 2007. Diseño, construcción y experimentación de un prototipo para siembra directa semimontado en el tractor. Alcances en Ingeniería Rural 2005-2007. IX Congreso Argentino de Ingeniería Rural y I del MERCOSUR. Ed. Bocco M. y Cosiansi J. ISBN 978-987-1253-29-6. p: 144-153.
- REICHENBERGER, L. 2009. Eyeing planting accuracy. En: http://www.deere.com/en_US/ag/media/...plant/eyeing_planting_accuracy.pdf. Consultado: 20-11-2009.
- ROMAGNOLI, J.C. 1992. Maquinarias en siembra directa. 1º Congreso Interamericano de Siembra Directa. Villa Giardino-Córdoba, Argentina. p: 99-120.
- SANCHEZ, V., J.L. HERNANZ, C. FERNÁNDEZ y L. NAVARRETE. 1983. Tres años de siembra directa en el cultivo de los cereales. 18º Feria Técnica Internacional de la Maquinaria Agrícola. Zaragoza, España. Comunicación. p: 1-10.
- SATORRE, E.H., R.L. BENECH ARNOLD, G.A. SLAFER, E.B. DE LA FUENTE, D.J. MIRALLES, M.E. OTEGUI y R. SAVIN. 2008. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. 1ª ed. Ed. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, Argentina. 783p.
- SINCLAIR, T.R., J.M. BENNETT y R.C. MUCHOW. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field-grown maize. *Crop Sci.* 30: 690-693.
- SOBRADO, M.A. 1990. Drought responses of tropical corn. 1. Leaf area and yield components in the field. *Maydica.* 35: 221-226.
- STANCANELLI, V. 1998. Siembra Directa de granos. *Agricultura de las Américas.* Año 47, Volumen 4: 24-33.
- TESOURO, O., M. ROBA, A. ROMITO, D. PAREDES, R. FLOREAN, J. CURA, M. CASARTELI y J. D'AMICO. 2009. Variabilidad en la profundidad de siembra: su efecto sobre la uniformidad en la emergencia y en el crecimiento vegetativo del cultivo de Maíz. En: <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/siembra/variabilidad.pdf>. Consultado: 03-08-2011.
- THOMAS, G.W. 1990. Labranza cero. Resultados en EE.UU. y observaciones en campos Argentinos. AAPRESID. Comunicación. p: 1-16.
- TOLLENAAR, M., W. LIU, G. STEWART y W. DEEN. 2004. Response of Corn Grain Yield to Spatial and Temporal Variability in Emergence. *Crop Sci.* 44: 847-854.

- UHART, S.A. y F.H. ANDRADE. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Sci.* 35: 1376-1383.
- UNGER, P.W. y B.A. STEWART. 1983. Soil management for efficient water use: an overview. En: *Limitations to efficient water use in crop production*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin. p: 393-411.
- VICINI, L. E., 2009. Manejo de los rastrojos: distribución de residuos durante la cosecha. En: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/DistribucionResiduos.asp>. INTA PRECOP Famaillá. Consultado: 21-08-2011.

ANEXOS

Anexo 1

Imágenes de los ensayos llevados a cabo en el campo experimental de la UNRC.



Imágenes de la sembradora Prototipo durante la siembra de maíz en la parcela SM.



Medición de la profundidad de siembra en plántulas de maíz.



Imagen del ensayo sobre la parcela SS cuando el maíz se encontraba en V3.



Parcela RM una semana antes de realizar el corte de plantas para el cálculo de la biomasa acumulada a floración.

Anexo 2



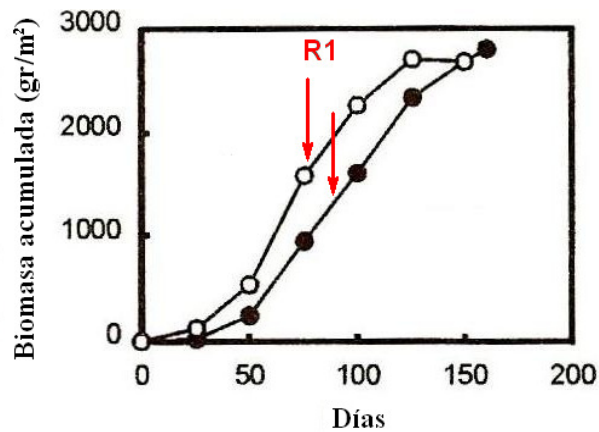
En esta imagen se muestra las diferencias en el crecimiento y desarrollo de las tres plantas (V4) de la izquierda (NOF) con respecto a las tres plantas (V5) de la derecha (SIF) para la situación SM a fines de Diciembre de 2009. Las diferencias se mantuvieron durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo.



En la imagen de la izquierda se observan las pequeñas diferencias en el crecimiento y desarrollo de las tres plantas (V5) de la izquierda (NOF) con respecto a las tres plantas (V6) de la derecha (SIF) para la situación SS a fines de Diciembre de 2009. A medida que el cultivo avanzó en su ciclo las diferencias se mantuvieron.

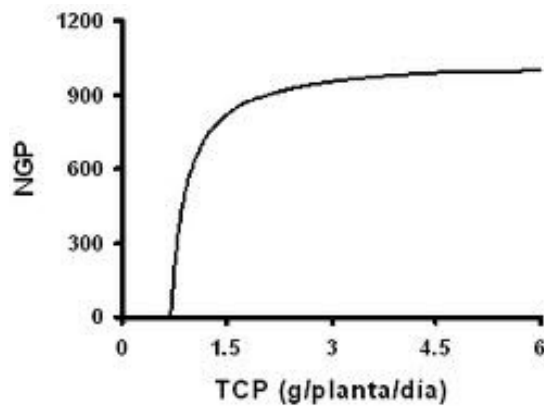
Anexo 3

Anexo 3.1



Acumulación de biomasa aérea de maíz en función del tiempo después de la emergencia sembrado temprano (círculo lleno) y tarde (círculo vacío) con densidades y manejos óptimos. Las flechas rojas indican el momento en que se produce la floración femenina (R1) (Adaptado de Andrade y Sadras, 2009).

Anexo 3.2



Número de granos por planta (NGP) en plantas no prolíficas en función de la tasa de crecimiento por planta (TCP) durante el período crítico de determinación del número de granos en maíz en condiciones no limitantes de agua y nutrientes (Adaptado de Andrade y Sadras, 2009).

Anexo 4

Imágenes de otras sembradoras semimontadas producidas en Estados Unidos por Deere & Company de Moline, IL y Great Plains Mfg., Inc. de Salina, KS.



(Deere & Company, 2011)



(Great Plains, 2010)

Anexo 5

Resultados del ANAVA y test de comparación de medias DGC de la uniformidad de profundidad de siembra en la situación SM.

Tabla A.5.1: ANAVA y test DGC de la profundidad de siembra media.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Prof Media	12	0.56	0.00	1.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	2.86	7	0.41	0.74	0.6599	
Fert*Bloque	0.56	2	0.28	0.51	0.6365	
Fert*Semb	0.01	1	0.01	0.01	0.9163	
Fert	0.74	1	0.74	2.63	0.2465	(Fert*Bloque)
Semb	0.77	1	0.77	1.39	0.3040	
Bloque	0.79	2	0.39	0.71	0.5437	
Error	2.22	4	0.55			
Total	5.08	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.6817

Error: 0.2808 gl: 2

Fert Medias n

SIF 57.83 6 A

NOF 58.33 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.9575

Error: 0.5539 gl: 4

Semb Medias n

Prot 57.83 6 A

Test 58.33 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tabla A.5.2: ANAVA y test DGC del coeficiente de variación de la profundidad de siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CV Prof	12	0.83	0.53	8.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	3.59	7	0.51	2.78	0.1702	
Fert*Bloque	0.08	2	0.04	0.21	0.8174	
Fert*Semb	0.04	1	0.04	0.20	0.6759	
Fert	0.01	1	0.01	0.32	0.6268	(Fert*Bloque)
Semb	1.05	1	1.05	5.69	0.0756	
Bloque	2.41	2	1.21	6.53	0.0550	
Error	0.74	4	0.18			
Total	4.33	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.2546

Error: 0.0392 gl: 2

Fert Medias n

NOF 5.26 6 A

SIF 5.33 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.5528

Error: 0.1846 gl: 4

Semb Medias n

Prot 5.00 6 A

Test 5.59 6 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tabla A.5.3: ANAVA y test DGC del desvío estándar de la profundidad de siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SD Prof.	12	0.87	0.64	7.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1.34	7	0.19	3.74	0.1101	
Fert*Bloque	0.01	2	0.01	0.13	0.8792	
Fert*Semb	1.8E-03	1	1.8E-03	0.03	0.8618	
Fert	0.01	1	0.01	0.99	0.4239	(Fert*Bloque)
Semb	0.43	1	0.43	8.37	0.0444	
Bloque	0.89	2	0.44	8.68	0.0350	
Error	0.20	4	0.05			
Total	1.55	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.1061

Error: 0.0068 gl: 2

Fert Medias n

NOF 3.04 6 A

SIF 3.09 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.2911

Error: 0.0512 gl: 4

Semb Medias n

Prot 2.87 6 A

Test 3.25 6 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Anexo 6

Resultados del ANAVA y test de comparación de medias DGC de la uniformidad de profundidad de siembra en la situación SS.

Tabla A.6.1: ANAVA y test DGC de la profundidad de siembra media.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Prof. Media	12	0.84	0.57	0.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4.40	7	0.63	3.08	0.1469	
Fert*Bloque	0.03	2	0.02	0.08	0.9255	
Fert*Semb	0.52	1	0.52	2.54	0.1866	
Fert	0.07	1	0.07	4.07	0.1813	(Fert*Bloque)
Semb	0.04	1	0.04	0.21	0.6716	
Bloque	3.75	2	1.87	9.17	0.0321	
Error	0.82	4	0.20			
Total	5.22	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.1633

Error: 0.0161 gl: 2

Fert Medias n

NOF 47.14 6 A

SIF 47.28 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.5815

Error: 0.2043 gl: 4

Semb Medias n

Test 47.15 6 A

Prot 47.27 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tabla A.6.2: ANAVA y test DGC del coeficiente de variación de la profundidad de siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CV Prof.	12	0.86	0.62	2.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0.79	7	0.11	3.61	0.1163	
Fert*Bloque	0.10	2	0.05	1.58	0.3129	
Fert*Semb	0.05	1	0.05	1.63	0.2710	
Fert	0.02	1	0.02	0.36	0.6097	(Fert*Bloque)
Semb	0.01	1	0.01	0.27	0.6283	
Bloque	0.61	2	0.31	9.81	0.0287	
Error	0.12	4	0.03			
Total	0.91	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.2849

Error: 0.0491 gl: 2

Fert	Medias	n
SIF	6.01	6 A
NOF	6.08	6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.2270

Error: 0.0311 gl: 4

Semb	Medias	n
Test	6.02	6 A
Prot	6.07	6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tabla A.6.3: ANAVA y test DGC del desvío estándar de la profundidad de siembra.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SD Prof.	12	0.88	0.66	2.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0.13	7	0.02	4.01	0.0987	
Fert*Bloque	0.03	2	0.01	2.74	0.1780	
Fert*Semb	4.0E-03	1	4.0E-03	0.85	0.4076	
Fert	2.0E-03	1	2.0E-03	0.15	0.7332	(Fert*Bloque)
Semb	4.4E-04	1	4.4E-04	0.10	0.7730	
Bloque	0.10	2	0.05	10.62	0.0251	
Error	0.02	4	4.6E-03			
Total	0.15	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.1452

Error: 0.0127 gl: 2

Fert	Medias	n
SIF	2.79	6 A
NOF	2.82	6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.0877

Error: 0.0046 gl: 4

Semb	Medias	n
Test	2.80	6 A
Prot	2.81	6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Anexo 7

Resultados del ANAVA y test de comparación de medias DGC de la producción de biomasa aérea de maíz acumulada a floración en las tres situaciones bajo estudio.

Tabla A.7.1: ANAVA y test DGC de la biomasa acumulada en SM.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa	12	0.89	0.70	6.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	6749954.58	7	964279.23	4.74	0.0757	
Fert*Bloque	1661446.17	2	830723.08	4.09	0.1079	
Fert*Semb	132930.75	1	132930.75	0.65	0.4640	
Fert	4611560.08	1	4611560.08	5.55	0.1426	(Fert*Bloque)
Semb	36852.08	1	36852.08	0.18	0.6922	
Bloque	307165.50	2	153582.75	0.76	0.5268	
Error	812993.67	4	203248.42			
Total	7562948.25	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1172.4917

Error: 830723.0833 gl: 2

Fert Medias n

SIF 7188.67 6 A

NOF 5948.83 6 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=579.9562

Error: 203248.4167 gl: 4

Semb Medias n

Prot 6624.17 6 A

Test 6513.33 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tabla A.7.2: ANAVA y test DGC de la biomasa acumulada en SS.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa	12	0.90	0.73	6.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	5713730.33	7	816247.19	5.16	0.0660	
Fert*Bloque	1203822.17	2	601911.08	3.80	0.1187	
Fert*Semb	36741.33	1	36741.33	0.23	0.6551	
Fert	4020576.33	1	4020576.33	6.68	0.1227	(Fert*Bloque)
Semb	116427.00	1	116427.00	0.74	0.4393	
Bloque	336163.50	2	168081.75	1.06	0.4265	
Error	632833.67	4	158208.42			
Total	6346564.00	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=998.0396

Error: 601911.0833 gl: 2

Fert Medias n

SIF 6825.83 6 A

NOF 5668.17 6 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=511.6776

Error: 158208.4167 gl: 4

Semb Medias n

Prot 6345.50 6 A

Test 6148.50 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tabla A.7.3: ANAVA y test DGC de la biomasa acumulada en RM.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa	12	0.88	0.66	6.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	15167438.00	7	2166776.86	4.10	0.0955	
Fert*Bloque	1269542.17	2	634771.08	1.20	0.3904	
Fert*Semb	2811072.00	1	2811072.00	5.32	0.0824	
Fert	241400.33	1	241400.33	0.38	0.6003	(Fert*Bloque)
Semb	662700.00	1	662700.00	1.25	0.3255	
Bloque	10182723.50	2	5091361.75	9.63	0.0296	
Error	2114207.00	4	528551.75			
Total	17281645.00	11				

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1024.9205

Error: 634771.0833 gl: 2

Fert Medias n

NOF 10841.33 6 A

SIF 10557.67 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=935.2450

Error: 528551.7500 gl: 4

Semb Medias n

Prot 10934.50 6 A

Test 10464.50 6 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Anexo 8

Resultados del análisis de Correlación Lineal entre las variables bajo estudio. Los elementos de la diagonal principal son todos iguales a 1 ya que representan la correlación de una variable con si misma. Por debajo de la diagonal principal se encuentra el coeficiente de correlación y por encima de la misma la probabilidad asociada a la prueba de hipótesis.

Tabla A.8.1: Coeficientes/probabilidades de la correlación de Pearson entre Rastrojo y SD de la profundidad de siembra para la sembradora Testigo y Prototipo respectivamente.

	SD Prof Rastrojo			SD Prof Rastrojo	
SD Prof	1.00	0.49	SD Prof	1.00	0.35
Rastrojo	0.29	1.00	Rastrojo	0.38	1.00

Tabla A.8.2: Coeficientes/probabilidades de la correlación de Pearson entre el SD de la profundidad de siembra y la biomasa acumulada a floración para las parcelas con y sin fertilización respectivamente.

	Biomasa SD Prof			Biomasa SD Prof	
Biomasa	1.00	0.30	Biomasa	1.00	0.98
SD Prof	0.51	1.00	SD Prof	0.02	1.00

Tabla A.8.3: Coeficientes/probabilidades de la correlación de Pearson entre el rastrojo y la biomasa acumulada a floración para las parcelas con y sin fertilización respectivamente.

	Biomasa Rastrojo			Biomasa Rastrojo	
Biomasa	1.00	1.8E-03	Biomasa	1.00	0.63
Rastrojo	0.91	1.00	Rastrojo	0.20	1.00

