

***Universidad Nacional
de La Pampa
Facultad de Agronomía
Tesina final de carrera***

TITULO: *Efecto de la velocidad de avance sobre la densidad y la distribución de semilla en la siembra de maíz (Zea mays l.)*

Autores:

Ibarguren Facundo
Pessacq Diego

Tribunal:

Dr. Alberto Quiroga
Ing. Agr. Enrique Álvarez Costa
Dr. Ing. Guido F. Botta

Director:

Prof. Dr. Ing. Agr. Guido F. Botta

Cátedra: Maquinaria Agrícola

Carrera: Ingeniería Agronómica

Institución: Facultad de Agronomía de la UNLPam

(2008)

Índice

Contenidos:

| | <i>Página</i> |
|---|----------------------|
| • <i>Resumen</i> | 3 |
| • <i>Introducción y antecedentes</i> | 4 |
| • <i>Objetivos</i> | 11 |
| • <i>Hipótesis</i> | 11 |
| • <i>Materiales y Métodos</i> | 12 |
| • <i>Resultados y Discusión</i> | 19 |
| • <i>Consideraciones Finales</i> | 25 |
| • <i>Conclusiones</i> | 25 |
| • <i>Bibliografía utilizada</i> | 26 |

Resumen

La siembra es el trabajo cultural que persigue la obtención de una población a través de la utilización de una máquina que dosifique, conduzca y distribuya la semilla en el terreno. Optimizar la densidad de plantas es el primer requisito para alcanzar altos rendimientos, condición que exige el cumplimiento preciso de las funciones de la sembradora. La cantidad de semilla distribuida es usualmente mayor que la población deseada; factores biológicos, ambientales y mecánicos ocasionan que no todas germinen y emerjan. LOS OBJETIVOS del trabajo son: 1) Relevar la plataforma del conocimiento actual en relación al efecto de la velocidad de avance de la sembradora sobre la distribución de la semilla de maíz. b) Comprobar si la velocidad de avance de la sembradora tiene influencia sobre la emergencia final del cultivo. Las conclusiones del trabajo fueron: a) La velocidad de avance de la sembradora tiene una influencia directa sobre el resultado final de la labor de siembra. b) La influencia de la velocidad de la sembradora tiene mayor impacto sobre la distribución de la semilla de maíz cuando este se siembra a densidades bajas. c) Las fallas y las repeticiones en la siembra del cultivo de maíz están directamente ligadas a la velocidad de avance de la sembradora.

PALABRAS CLAVE: Banco de ensayo – sembradora – densidad de siembra.

Introducción y Antecedentes.

Los rendimientos de la mayoría de los cultivos aumentaron progresivamente en los últimos años debido, entre otras causas, a las mejoras en las prácticas de manejo, la optimización en el uso de los agroquímicos y a los avances genéticos (Gargicevich y Maroni, 1997). Mientras que, Bragachini et al. (2002) atribuyeron los aumentos de rendimiento para el cultivo de maíz a los avances logrados en genética en los últimos años con los híbridos simples y más recientemente a través de la biotecnología con la incorporación del gen Bt, la fertilización balanceada, la mejora en el aprovechamiento del agua a través de la cobertura que deja la siembra directa, la secuencia de cultivos trigo/soja – maíz; el control de malezas y el adelantamiento de la fecha de siembra. Esto ha permitido elevar el potencial de rendimiento de este cultivo a valores incalculables años atrás. Hoy es normal hablar que en los mejores lotes es posible lograr rendimientos de 11000 kg.ha⁻¹ y 13500 kg.ha⁻¹ en secano y riego respectivamente (Nardon, 2004).

En complemento con lo anterior, la utilización de la maquinaria agrícola para realizar las distintas labores tiene fundamental importancia para maximizar el rendimiento. Entre ellas la siembra es una labor fundamental debido a que los posibles errores cometidos en ella, se trasladan a la cosecha, pudiendo influir en el rendimiento del cultivo (Nielsen, 1997).

La siembra es el trabajo cultural que persigue la obtención de una población a través de la utilización de una máquina que dosifique, conduzca y distribuya la semilla en el terreno. Optimizar la densidad de plantas es el primer requisito para alcanzar altos rendimientos, condición que exige el cumplimiento preciso de las funciones de la sembradora (Kumar, 1989). Baraño (1959) destaca la relevancia de la dosificación, debido a que el conjunto que la ejecuta debe descargar una determinada cantidad de semilla de forma constante y con independencia del llenado de la tolva, permitir la variación de la densidad de siembra dentro

de un margen amplio y no dañar la semilla.

Como es conocido la mayoría de los cultivos sembrados en los sistemas productivos extensivos de la región pampeana son trigo, soja, maíz y girasol. La siembra de éstas tienen características diferentes, para las semillas de maíz y girasol la distancia entre plantas sobre y entre la línea tiene gran influencia en la posibilidad de maximizar los rendimientos. Esto se debe a que si las plantas están a una distancia muy próxima, existe una competencia entre ellas para obtener agua, luz solar y los nutrientes del suelo, la cual limita su crecimiento. Además, deben garantizar la uniformidad en la profundidad de siembra. A este tipo de siembra se la denomina “siembra de precisión”; otra característica de esta siembra es que se realiza en surcos y las semillas son dosificadas de una en una, siendo la entrega de éstas discontinuas. A la máquina que realiza este tipo de siembra se la denomina “sembradora de grano grueso o monograno”. Por el contrario, para la siembra de las semillas de trigo la dosificación de semillas es continua. A este tipo de máquina se la denomina “sembradora a chorrillo o de grano finos”. Mientras que para la siembra de las semillas de soja se pueden realizar con alguna de las dos sembradoras mencionadas. En discordancia con ésta nomenclatura de uso corriente, Maroni y Meciera (1990) indicaron que densidades superiores a las 30 semillas por metro, deben considerarse como descargadas a chorrillo con independencia del dosificador utilizado.

Srivastava et al. (1993) mencionaron que hay cuatro funciones que deben estar siempre presente en la siembra de precisión. estas son: apertura del surco a una profundidad controlada, dosificación de la semilla dentro del surco a intervalos uniformes, recubrimiento del surco y por último apretar el suelo con la semilla. Delafosse (1986) señala que para los cultivos que se siembran en hilera, el rendimiento es afectado por la distribución del espaciamiento dentro y entre la hilera y por la población de plantas por hectárea. Por otro

lado, Fey y Fey (2001) evaluaron la influencia en el rendimiento, para el cultivo de maíz, utilizando tres espaciamientos entre hileras (0,47, 0,70 y 0,90 m) con tres poblaciones de plantas (50000, 60000 y 70000 plantas. ha⁻¹). Los autores concluyeron que la reducción en el espaciamiento entre hileras a 0,47 m reduce significativamente el rendimiento. Mientras que, entre las tres poblaciones de plantas no hubo diferencias significativas en el rendimiento.

Existen básicamente dos criterios para la evaluación de la siembra de precisión en lo que se refiere a la distribución del espaciamiento entre semillas dentro de la hilera de siembra. Los que utilizan la distancia media o promedio y los que utilizan la distancia teórica. La distancia teórica está dada por la regulación de la sembradora y es la suministrada por el fabricante. El uso de uno u otro método, implica la obtención de gran número de datos, de manera tal que tenga consistencia para el análisis estadístico. Nielsen (1997) menciona que es conveniente la utilización de la distancia entre líneas en lugar de la distancia entre semillas. La razón de esto es que la emergencia de las semillas es del orden del 90-95 % de la densidad de siembra.

En el mismo orden, es importante destacar que existen ciertos factores de la máquina y la labor que afectan la densidad y/o la uniformidad en el espaciamiento entre semillas. Breece et al. (1992) establecieron que la variación en la relación de siembra real con respecto al suministrado por el manual del fabricante de la máquina sembradora de precisión puede ser debido a varios factores: velocidad de la sembradora, presión de inflado de los neumáticos, deslizamiento de la rueda conductora de la sembradora, condiciones del mecanismo dosificador y tamaño del alveolo de la placa de semilla

Velocidad de la sembradora: el aumento en la velocidad de avance de la sembradora por sobre la recomendada afecta la densidad de semillas y/o la distribución del espaciamiento entre semillas esperada. Este efecto depende del diseño del mecanismo dosificador de semilla

que posea la sembradora por ejemplo, con dosificadores “de dedos”, como se incremente la misma por sobre la recomendada, la densidad de semillas aumenta. Con dosificadores neumáticos, la densidad de semillas y la distribución del espaciamiento, puede variar con el diseño según se trate de sistemas con presión de aire positiva o negativa. Con dosificadores mecánicos con placa de semillas el incremento de la velocidad de avance de la sembradora aumenta la velocidad de rotación de la misma y por lo tanto, el mismo tiene menos tiempo para alojarse dentro de un alveolo. De ésta manera la densidad de semilla y/o la distribución del espaciamiento entre semilla se ven afectadas.

Presión de inflado del neumático: la correcta presión de inflado de los neumáticos es importante si el dosificador de semilla es de precisión. Un neumático desinflado tiene menor radio de rodadura y por lo tanto, menos circunferencia que un neumático que se infló a la presión recomendada por el fabricante. Esto provoca que la misma realice más rotaciones cuando avanza una distancia dada, que si esta tuviese la presión de inflado apropiada. Esto causará que el mecanismo dosificador de semilla entregue más semilla para una distancia dada. Con un neumático sobre-inflado la cantidad de semillas dosificada será menor para la misma distancia recorrida.

Patinamiento pasivo (deslizamiento) y activo de la rueda conductora de la sembradora: el patinamiento de ésta ocurre en grado variable dependiendo de las condiciones del suelo, el número de dosificadores, masa de la sembradora y la condición mecánica de la sembradora. El rango del patinamiento pasivo puede ser: cercano a cero a veinte por ciento o más. Esto origina menor cantidad de semillas plantadas por metro que la deseada. Por otro lado, la excesiva presión del resorte en el sistema de siembra de la sembradora puede causar mucha transferencia de peso al suelo resultando en una pérdida de tracción y originando que la rueda patine. También, si la rueda transita en suelo suelto, se debe verificar si la misma patina. En

ambas situaciones anteriores de patinamiento activo, resulta en mayor cantidad de semillas plantadas por metro que la deseada.

Condiciones del mecanismo dosificador: la condición de este puede afectar también la relación de siembra. Las partes de la unidad de siembra que se encuentran gastadas, rotas o funcionando deficientemente puede causar que la densidad de siembra fluctúe hacia límites inaceptables y puede ser necesaria la resiembra.

Tamaño del alveolo: el tamaño del alveolo de la placa de semilla debe ser correspondido con la semilla que se va a sembrar. El alveolo debe ser un poco más grande que la semilla para permitirle a ésta caer dentro del mismo, mientras la placa de semilla está girando.

Gargicevích y Maroni (1997) mencionaron que la densidad de plantas en el cultivo de maíz depende de las condiciones ambientales, calidad de la semilla y de la operación de siembra. Para este último aspecto, los factores intervinientes para alcanzar un buen resultado son: características de diseño de la máquina sembradora, mantenimiento adecuado y su correcta operación. La velocidad de siembra es uno de los factores controlables que incide significativamente sobre la población y distribución de plantas logradas.

Balastreire y Gomes (1990); Sattler et al. (1996) y Dambros et al. (2000) citados por Santos et al. (2001) y por otro lado, Delafosse (1986), entre otros, concuerdan que cuanto mayor es la velocidad de avance de la sembradora mayor es la desuniformidad de distribución de semilla en la siembra de precisión (Nardon, 2004). Nielsen, (1997) cuantifica lo anterior para el cultivo del maíz mencionando que cuando la velocidad de avance de la sembradora aumenta en $1,8 \text{ km.h}^{-1}$ por encima de la recomendada la pérdida de rendimiento puede ser de 1,6 a 4,7 bushels por acre para un maíz que tenga una densidad de 773 kg.m^{-2} lo anterior equivale a una pérdida de rendimiento de 101 a 317 kg. ha^{-1} . Kachman y Smith (1994) en un

extenso trabajo realizando la siembra con tres velocidades de avance (3,2 y 5,6 y 8) km.h⁻¹ encontraron que la precisión fue mayor para la velocidad de avance más baja.

Wilson (1982) concluyó que los errores en la distribución del espaciamiento entre semilla en la sembradora de precisión con dosificador asistido en forma neumática por presión negativa, pueden ser considerados como la suma de vanos errores que ocurren en cada fase de la liberación de la semilla. Estos errores pueden originarse en el dosificador de semilla, descarga de la semilla, caída de la semilla desde el dosificador hacia el suelo, impacto de la semilla contra la superficie del suelo, tapado y apretado de la semilla.

Bulton et al. (1974) citado por Wilson (1982) estudiaron el desplazamiento de la semilla cuando impacta con la superficie del suelo. Ellos concluyeron que la condición óptima se obtuvo manteniendo una baja velocidad de impacto y una trayectoria de impacto perpendicular a la superficie del suelo.

Breece et al. (1992) caracterizaron las sacudidas en dos sembradoras, para determinar los niveles de aceleración que alcanzan las sacudidas sufridas por los equipos de siembra durante el trabajo. Como variables tomaron tipo de suelo (franco arcilloso); su preparación previa a la siembra; velocidad de avance del tractor (3, 6 y 9 km.h⁻¹) y dos posiciones de la unidad de siembra, relativa al tractor una intermedia de la vía del tractor, donde la sembradora trabaja en suelo suelto y la otra posición, siguiendo la línea de pisada de la rueda del tractor. Los resultados que obtuvieron muestran niveles de aceleración muy similares entre las parcelas de estudio, sin embargo, presentan diferencias significativas entre las dos posiciones de la sembradora con respecto al tractor. El aumento de la velocidad de avance también originó incrementos en los niveles de aceleración, alcanzando valores superiores a 40 m.s⁻¹ para la velocidad de avance más alta. Concluyen los autores que la sembradora se ve mas afectada cuando trabaja sobre suelos compactados. Además, la preparación de la superficie de

siembra es fundamental para reducir los niveles de aceleración transmitidos a la sembradora y por último, que velocidades de avance del tractor por encima de los 6 km.h⁻¹ deberán ser consideradas en función de la calidad de la preparación de la superficie del suelo.

Weber et al. (2001) identificaron y cuantificaron los errores y sus influencias en la cadena cinemática para el accionamiento de un dosificador de placa plana de semilla en una sembradora de precisión. Una de las conclusiones de los autores es que cuanto mayor es el número de dientes de los pares de engranaje utilizados para el movimiento del dosificador de semilla, menores son los errores de espaciamiento entre semilla dentro de la fila.

Nielsen (1997) demostró en ensayo a campo a lo largo de los estados de Indiana y Ohio (Estados Unidos) entre los años 1987-1993, que se pierden 2,5 bushels por acre (para un maíz con una densidad de 773 kg.m⁻² esto equivale a 168 kg.ha⁻¹) en el rendimiento de maíz por cada 2,54 cm de aumento en la desviación estándar del espaciamiento entre plantas. En definitiva, estos antecedentes demuestran que, en cultivos de escarda, tanto la distancia entre semillas como entre hileras son factores determinantes para lograr buenos rendimientos, estos dos factores, a su vez se ven marcadamente afectados por la velocidad de avance de la sembradora. Siendo esta una limitante en el éxito de la labor de siembra, la misma será motivo de estudio en el presente proyecto.

Objetivos.

- a) Releva la plataforma del conocimiento actual en relación al efecto de la velocidad de avance de la sembradora sobre la distribución de la semilla de maíz.
- b) Comprobar si la velocidad de avance de la sembradora tiene influencia sobre la emergencia final del cultivo.

Hipótesis.

Existe una relación inversa entre el aumento de la velocidad de avance y la distribución correcta de la semilla.

Materiales y Método

- *Lugar del ensayo (suelo y características climáticas)*

El ensayo se realizó en el campo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del La Pampa a 11 km al norte de la ciudad de Santa Rosa sobre la ruta 35 en el km 334, (36 ° 32' Sur y 64° 17' Oeste). El suelo clasifica como Haplustol éntico (Soil Survey Staff, 1975) Tabla 1:

Tabla 1: Característica del perfil de suelo Haplustol Éntico.

| HORIZONTES | Ap | A ₁₂ | AC | C |
|--|-------|-----------------|-----------|------------|
| Rango de Profundidad (mm) | 0-120 | 150-300 | 350 – 650 | 710 – 1200 |
| Carbono Orgánico g kg ⁻¹ | 12.3 | 6.7 | 5 | - |
| Nitrógeno Total g kg ⁻¹ | 1.5 | 0.8 | 0.7 | - |
| Relación C/N | 8 | 8 | 7 | - |
| Arcilla (<2 μ) g kg ⁻¹ | 161 | 284 | 184 | 63 |
| Arena (2-20 μ) g kg ⁻¹ | 98 | 63 | 76 | 99 |
| Arena (2-50μ) g kg ⁻¹ | 176 | 144 | 131 | 206 |
| Arena muy fina (74 – 100 μ) g kg ⁻¹ | 402 | 302 | 398 | 367 |
| Arena Fina (100 – 250 μ) g kg ⁻¹ | 159 | 201 | 207 | 261 |
| Arena Media (250 – 500 μ) g kg ⁻¹ | 4 | 6 | 4 | 4 |
| pH | 6.1 | 6.1 | 6.3 | 6.7 |
| pH in H ₂ O (1: 2.5) (Cationes de cambio) meq kg ⁻¹ | 6.4 | 6.6 | 6.9 | 6.9 |
| Ca ⁺⁺ | 68 | 69 | 77 | 59 |
| Mg ⁺⁺ | 13 | 19 | 10 | 20 |
| Na ⁺ | 2 | 4 | 4 | 3 |
| K ⁺ | 20 | 15 | 15 | 10 |

En las Figuras 1 y 2 se muestran los registros de precipitación (medias mensuales) y temperatura (medias, mínima media y máxima media) respectivamente. Los mismos fueron provistos (Vergara y Casagrande, citados por Lopetegui (2005) de la cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la UNLPam. Los datos climáticos son promedio de 24 años de recopilación en la zona del ensayo.

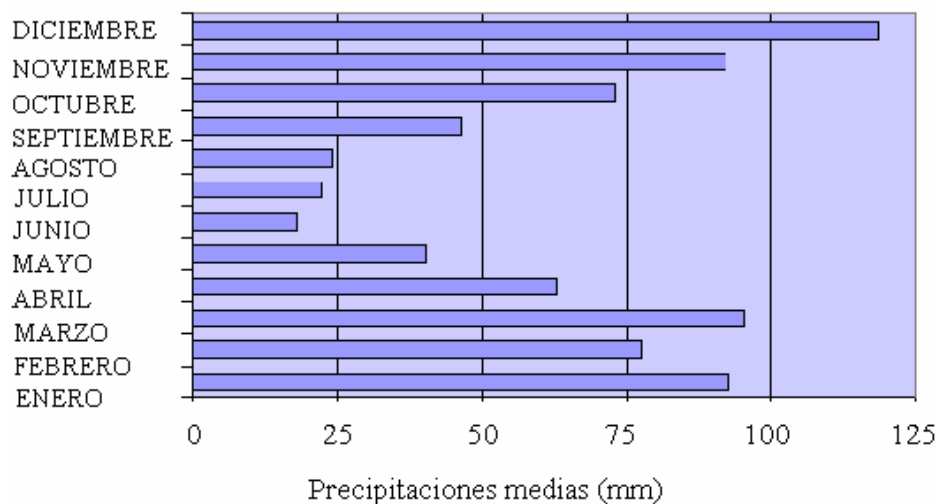


Figura 1: Precipitaciones medias mensuales. Período 1977-2001.

La temperatura media anual es de 15.5 °C, siendo las temperaturas máximas y mínimas medias de 21.8 °C y 8.5 °C respectivamente.

La fecha media de 1ª helada es el 8 de mayo con un desvío estándar de 23 días. La fecha media de última helada es el 26 de septiembre teniendo un desvío estándar de 20 días. Por lo tanto estas fechas delimitan un período medio con heladas de 146 días, siendo el resto, de 219 días, considerado período medio libre de heladas.

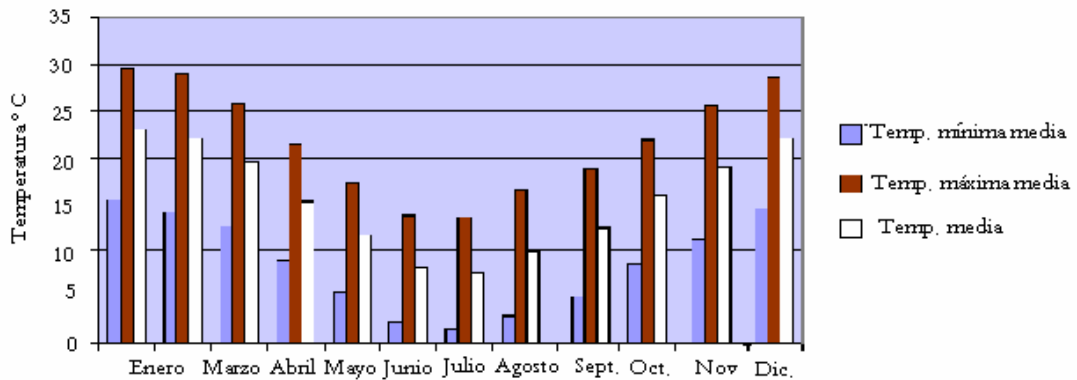


Figura 2: Temperaturas mensuales. Período 1977-2001.

- **Maquinaria.**

Máquina Sembradora

La sembradora para siembra directa marca Super Walter posee 10 surcos distanciados a 0.7 m (Figura 3).



Figura 3: Sembradora utilizada en el ensayo

Cada tren de siembra estaba compuesto por una cuchilla turbo de 19 pulgadas de 19 ondulaciones, para cortar el rastrojo y remoción del suelo, doble disco encontrado para abrir el surco y depositar la semilla y dos ruedas niveladoras de profundidad, adosadas al disco, el

tren no posee rueda compactadota y se completa con dos ruedas de presión cero en forma de “V” de caucho.

La sembradora fue calzada con cuatro ruedas 12.5 L – 16 SL dispuestas dos en la parte anterior y dos en la parte posterior. El sistema de dosificación es de placas horizontales con contra-placa, el sistema de enrase y expulsión de la semilla esta compuesta por dos enrasadores de metal regulable por medio de tornillos.

- **Tractor**

El tractor utilizado fue de tracción delantera asistida FWA Valmet HB de 160 CV (117 KW) (Tabla 2, Figura 4). La potencia nominal en el motor (IRAM 8005) a 2300 rpm con una masa total de 8.2 Mg con rodado trasero single 600/65 R 38 y rodado delantero 18.4 – 26 la presión de inflado de los neumáticos es de 120 kPa para el rodado trasero y de 180 kPa para el delantero. La marcha de trabajo seleccionada fue M 1 en la que el tractor alcanzó una velocidad teórica de 6 km/h (1,70 m /seg.), velocidad que coincide con la recomendada para la siembra.

Tabla 2: Características del tractor utilizado.

| Variables explicativas medidas | Tractor |
|--|--------------|
| Tracción | FWA |
| Potencia en el motor (IRAM 8005) kW – CV | 117 – 160 |
| Peso total (Mg) | 8.2 |
| Neumático delantero | 18.4 – 26 |
| Presión de inflado neumático delantero (kPa) | 180 |
| Presión de inflado neumático trasero (kPa) | 120 |
| Neumático trasero | 600/65 – R38 |



Figura 4: Tractor utilizado en el ensayo de campo

- ***Diseño experimental (Figura 5)***

La variable dependiente es la distancia entre semilla medida sobre el suelo. Mientras que las variables independientes son: la velocidad de avance y la densidad de siembra. Lo que se va a analizar es la distancia entre semillas y las plantas emergidas, para ello se utilizaron un análisis factorial 2 x 2 donde se utilizaron dos densidades de siembra con dos velocidades de avance. La variable respuesta fue la diferente distancia siendo los factores: la velocidad de avance y la densidad de siembra. El factor velocidad tiene dos variantes o “niveles”: $V1 = 6 \text{ km h}^{-1}$ y $V2 = 9 \text{ km h}^{-1}$. Mientras que el factor densidad tiene dos niveles $D1 = 42900 \text{ plantas ha}^{-1}$ y $D2 = 71500 \text{ plantas ha}^{-1}$ para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó el test de (Tukey $p \leq 0,05$). (Little y Hills 1990).

La siembra se realizó, el jueves 07 de Diciembre de 2006. Las parcelas se sortearon al azar y fueron 6 en sentido Norte Sur (Figura 5). Cada Parcela posee 50 m de largo y el ancho

de la sembradora. El lote del campo experimental provenía de un cultivo de Sorgo Escobero, cosechado a mano. Había sido rastreado 30 días antes, en sentido Este-Oeste y continuado Norte-Sur.



Figura 5: Distribución de las parcelas de ensayo

Para tomar los datos de distancia entre plantas (**distribución**) se procedió a medir, al azar, con cinta métrica de 20 m a lo largo de la línea de siembra. Se descarto medir los primeros metros de las parcelas (50 m de largo de cada una) ya que fue donde la sembradora comenzaba a tomar velocidad y la misma no era uniforme. Al tirar la cinta, se anotó la posición de cada planta a lo largo de la misma. Por lo tanto luego se calculó, por diferencia de lectura adelante y lectura atrás sobre la cinta, la distancia entre plantas.

Para los datos de fallas y repeticiones, se procedió a medir 14.3 m en cualquier parte del surco y se fue contado como **repetición** cuando se observaban dos plantas muy próximas (Tourn et. al., 2006) y **fallas** cuando en el metro en cuestión, según la densidad que correspondía para cada tratamiento faltaba 1, 2, 3...plantas. Cuando en todo el metro en cuestión no existían plantas, fue representado en los cuadros con la letra X y cuando no hubo fallas y repeticiones se represento con el 0. En el momento de la siembra, se comprobó empíricamente con la utilización de una “pala de punta”, la existencia de buena humedad edáfica, para la siembra en el perfil.

El efecto de la velocidad de avance sobre los parámetros mencionados, se evaluó mediante la comparación de los resultados obtenidos. Se efectuó entre tratamientos para un mismo dosificador, entre velocidades y densidades de siembra ante similares tratamientos ANOVA (Tukey $p \leq 0,05$).

- ***La semilla y la placa de siembra***

Las semillas (misma semilla comercial para todos los tratamientos) habían sido tratadas con curasemillas (imidacloprid) y se les realizó prueba de Poder germinativo (PG) que, arrojó un resultado del 93%. También para probar si ocurría alguna alteración del PG, al pasar las semillas por el sistema dosificador, de enrase y expulsión, se les realizó otro control del PG. Por lo tanto, se tomaron muestras de cada línea, momentos previos a la siembra, en bolsitas de nylon cuando se hacían girar las ruedas motrices. También, se procedió a la elección de la placa más adecuada y se regularon los tornillos enrasadores, para no producir daños y atore de semillas en los orificios de las placas. La sembradora fue regulada para que distribuyera dos densidades diferentes en cada pasada. Así fue como las 5 líneas de la derecha, fueron reguladas para una densidad teórica de 3 plantas/metro. Pero solo fueron cargadas con semillas 3 líneas. Es decir, que en la mitad derecha regulada para sembrar 3 plantas/metro, las líneas 2, 3 y 4 solo se encontraban con semillas para sembrar. Lo mismo se realizó con la otra mitad izquierda, solo que se reguló para una densidad de 5 plantas/metro, por lo tanto, fueron cargados con semillas la línea 7, 8 y 9.

Resultados y Discusión

Los datos obtenidos se relevaron el 21 de Diciembre (14 días después de la siembra). Cuando el cultivo se encontraba, según escala fonológica en V2, se tomaron datos de todas las líneas de las 6 parcelas. Es decir, que se midió distancia entre plantas, su distribución, fallas y repeticiones en las 36 líneas, correspondientes a las 6 parcelas (3 parcelas de 6 km h⁻¹ y 3 parcelas de 9 km h⁻¹). Por parcela, se contaba con 3 líneas de 3 plantas / m y 3 líneas de 5 plantas / m.

Distribución

Se analizaron estadísticamente 640 datos sobre distribución de semillas (Tabla 3) para las dos densidades de siembra planteadas (D1 = 42900 plantas ha⁻¹ y D2 = 71500 plantas ha⁻¹) y para las dos velocidades de avance V1 = 6 km h⁻¹ y V2 = 9 km h⁻¹.

Tabla 3: Análisis de Varianza para la distancia entre plantas a dos velocidades de avance y dos densidades de siembra

| F. de Variación | Sum. de Cuadrado | g. de libertad | F. Ratio | Nivel de Sig |
|------------------|------------------|----------------|----------|--------------|
| Entre Grupos | 74.934 | 3 | 47.534 | 0.0000 |
| Dentro del grupo | 334.202 | 636 | | |
| Total corregido | 409.136 | 639 | | |

Los resultados de campo indican, para las dos densidades de siembra ensayadas, que la velocidad de avance es el factor que afecta la distribución, es decir a mayor velocidad de avance mayor error en la distribución de semilla. Sin embargo si se observan los datos en la tabla 4 se puede comprobar que el mayor efecto sobre la distribución fue para la menor densidad de siembra.

Tabla 4: Test de comparación de medias (Tuckey) de la distancia entre plantas para los cuatro tratamientos estudiados.

| | Tratamiento | Nº Datos | Media (cm) | Desvío (cm) |
|----------------------|-------------|----------|------------|-------------|
| 6 km/h 5 plantas / m | 4 | 160 | 22.9 a | + 2.90 |
| 9 km/h 5 plantas / m | 2 | 160 | 30.8 b | + 10.8 |
| 6 km/h 3 plantas / m | 3 | 160 | 43.1 c | + 10.1 |
| 9 km/h 3 plantas / m | 1 | 160 | 50.0 d | + 17.0 |

Diferentes letras denotan diferencias significativas para cada tratamiento. (Tukey $p \leq 0.05$).

Estos resultados son coherentes ya que la placa es un dosificador que, al incrementar la velocidad de avance de la sembradora se produce el consecuente aumento en el régimen del mismo. De esta manera, el aumento del régimen de giro de la palca, permite satisfacer el requisito del mantenimiento de la densidad de siembra (kg ha^{-1}). Dicho incremento en el caudal de descarga produciría, según Gieroba y Dreszer (1989, 1993) una mayor fricción y presión entre semillas y entre estas y el dosificador, originándose así el aumento del daño mecánico. Esto último puede causar rotura del grano y un aumento de fallas en la emergencia del cultivo.

Lo indicado en el párrafo anterior se confirma al analizar estadísticamente el factor velocidad, al comparar dos tratamientos de igual densidad de siembra en este caso $D2 = 71500 \text{ plantas ha}^{-1}$, se puede observar, en la tabla 5 un aumento en la distancia entre plantas para el tratamiento de mayor velocidad; $V2 = 9 \text{ km h}^{-1}$.

Tabla 5: Test de comparación de medias (Tuckey) de la distancia entre plantas a dos velocidades de avance y dos densidades de siembra

| | Tratamiento | Nº Datos | Media (cm) | Desvío (cm) |
|----------------------|-------------|----------|------------|-------------|
| 6 km/h 5 plantas / m | 4 | 160 | 22.9 a | + 2.90 |
| 9 km/h 5 plantas / m | 2 | 160 | 30.8 b | + 10.8 |

Diferentes letras denotan diferencias significativas para cada tratamiento. (Tukey $p \leq 0.05$).

Fallas y repeticiones

Para obtener los datos de fallas y repeticiones, se procedió a medir sobre 14.3 m de surco, y a intervalos de un metro se registraban los datos. Se registro como **repetición** cuando se observaban dos plantas muy próximas o plantas excedentes a la densidad teórica que correspondía. Y **falla** cuando en el metro en cuestión, según la densidad que correspondía para cada tratamiento, faltaba 1, 2, 3...plantas. Nótese que denominamos Falla, a la ausencia de la emergencia de una o más semilla por metro de surco, según densidad teórica. Cuando en todo el metro en cuestión no se registraban plantas, fue representado para la toma de datos, con la letra X. Cuando no hubo fallas y repeticiones se representó con el 0.

Para la densidad de 71500 plantas ha⁻¹ cuando la maquina sembradora circuló a 9 km h⁻¹ el porcentaje de fallas en la siembra fue, en promedio, de 85% mientras que, para la misma densidad de siembra el porcentaje de fallas fue del 64%.

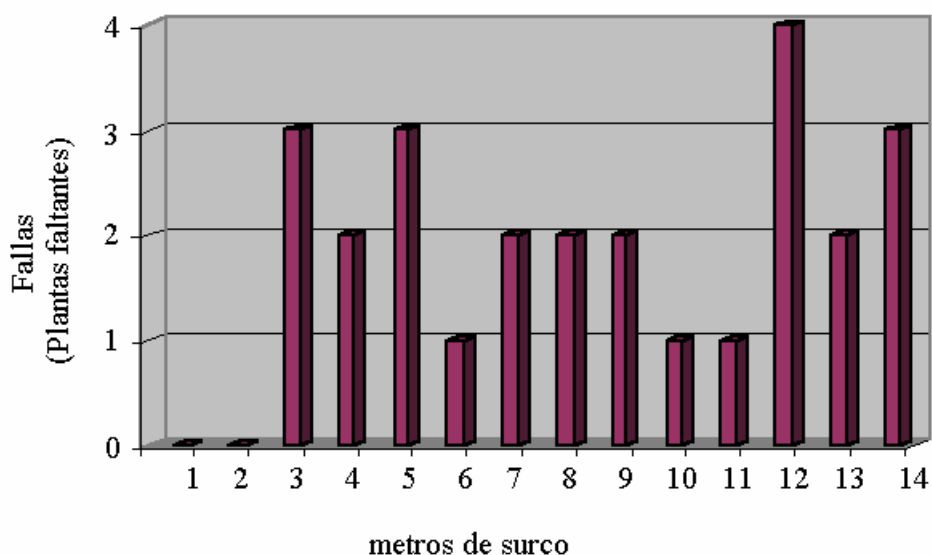


Figura 6: Fallas (Plantas Faltantes) verificadas sobre 14.3 metros de surco para el tratamiento de 9 km h⁻¹ y una densidad de 71500 plantas ha⁻¹

En las Figuras 6 y 7 se puede observar que, para la mayor velocidad de avance, el numero de fallas es mayor que para la velocidad menor, es decir, hay un mayor numero de plantas faltantes (4, 3 etc.) cuando la maquina se desplazó a 9 km h^{-1} .

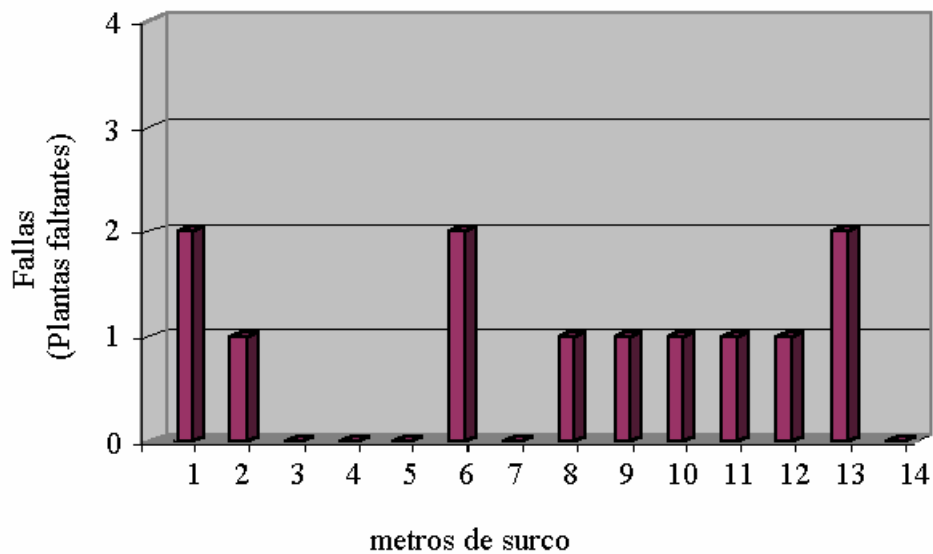


Figura 7: Fallas (Plantas Faltantes) verificadas sobre 14.3 metros de surco para el tratamiento de 6 km h^{-1} y una densidad de $71500 \text{ plantas ha}^{-1}$

Al graficar las fallas para la densidad de $D1 = 42900 \text{ plantas ha}^{-1}$ se comprobó que el tratamiento de 6 km h^{-1} provoco solamente el 14.2% de fallas mientras que el tratamiento de 9 km h^{-1} produjo un 71% de fallas, comprobándose también que el faltante de plantas por metro fue mayor y mas frecuente cuando la sembradora se desplazó a 9 km h^{-1} .

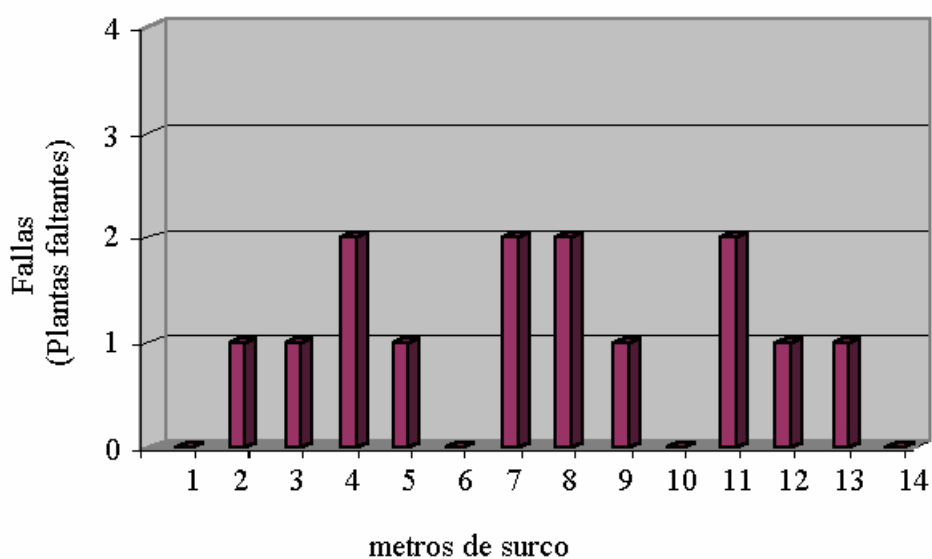


Figura 8: Fallas (Plantas Faltantes) verificadas sobre 14.3 metros de surco para el tratamiento de 9 km h⁻¹ y una densidad de 42900 plantas ha⁻¹

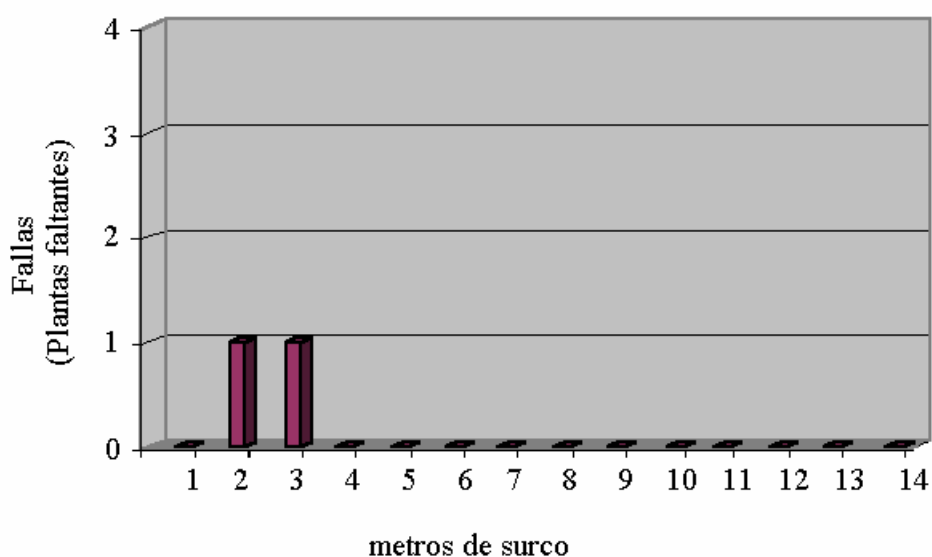


Figura 9: Fallas (Plantas Faltantes) verificadas sobre 14.3 metros de surco para el tratamiento de 6 km h⁻¹ y una densidad de 42900 plantas ha⁻¹

En cuanto a las repeticiones, entendiéndose por repetición cuando se observan dos plantas muy próximas (Tourn et. al., 2006) se encontró, para las dos densidades (Figura 10 y 11), que cuando la sembradora circuló a 6 km h⁻¹ se produjo un menor número de repeticiones que cuando circuló a 9 km h⁻¹.

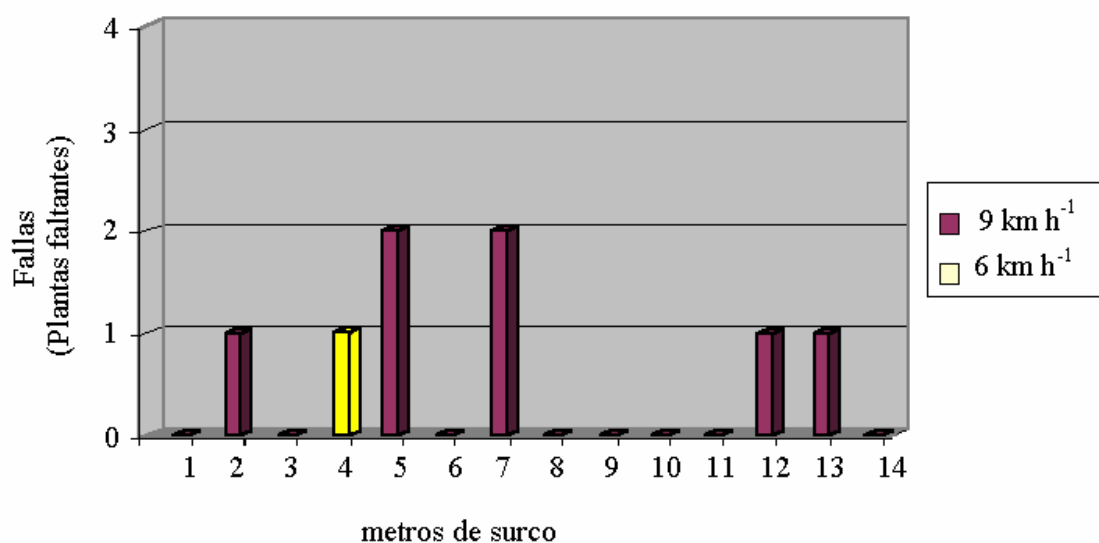


Figura 10: Repeticiones verificadas sobre 14.3 metros de surco para los tratamientos de 6 y 9 km h⁻¹ con una densidad de 71500 plantas ha⁻¹

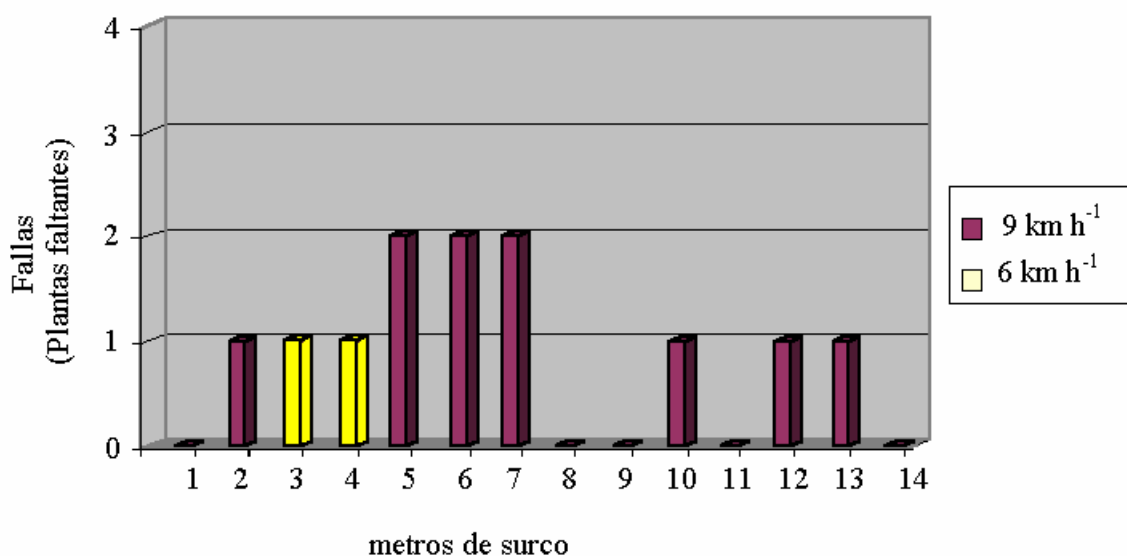


Figura 11: Repeticiones verificadas sobre 14.3 metros de surco para los tratamientos de 6 y 9 km h⁻¹ con una densidad de 42900 plantas ha⁻¹

Sin perjuicio de lo expuesto, es muy probable que la dosificación ha producido la disminución del PG en todos los tratamientos, es decir además de lo producido por la velocidad de avance de la maquina, cada vez que esta aumenta, también aumenta el regimen de giro de la placa de siembra y por ende el mal trato a la semilla. Esto es fundamental al momento de regular la sembradora, se debe destacar que Soza et al. (1998) establecieron un

coeficiente denominado de viabilidad, cuya magnitud se obtiene por el producto del poder germinativo y la rotura visible de la semilla dosificada a la velocidad de trabajo. Con respecto a dicho coeficiente, que intenta aportar una herramienta a tener en cuenta al momento de la regulación de la máquina sembradora, Tourn et al. (2006) expresan que la mayor participación en su magnitud le corresponde al PG, esto aumenta la importancia de este trabajo ya que el factor velocidad de avance, en las sembradoras mecánicas, como la utilizada en el presente ensayo tiene gran influencia sobre el PG de la semilla.

Consideraciones Finales y Recomendaciones

De la discusión generada en los apartados anteriores quedó demostrado que:

Para las dos densidades de siembra, la influencia de la velocidad de avance de la sembradora sobre el resultado final de la siembra de maíz fue importante.

Sin embargo se nota mayor influencia del factor velocidad cuando la densidad de siembra fue de 42900 plantas ha⁻¹ Esto significa que no existe evidencia válida para refutar la hipótesis de trabajo y sin embargo si hay datos suficientes como para ser considerados como evidencia para validar a la misma.

Conclusiones

Dentro de los límites de este trabajo, se puede concluir que:

- La velocidad de avance de la sembradora tiene una influencia directa sobre el resultado final de la labor de siembra.
- La influencia de la velocidad de la sembradora tiene mayor impacto sobre la distribución de la semilla de maíz cuando este se siembra a densidades bajas.
- Las fallas y las repeticiones en la siembra del cultivo de maíz están directamente ligadas a la velocidad de avance de la sembradora.

Bibliografía Utilizada

- Barañao, T. V. 1959. Maquinaria agrícola, Salvat Editores S.A., Barcelona, 608 pp.
- Breece H. E., H. V. Hansen y T. A. Hoemer. 1992. Fundamentals of Machine Operation: Planting Deere & Co, Moline, Illinois, USA 215 PP.
- Bragachini M., A. Martini, A. Bianchini y A. Mendez. 2002. Eslabonamiento productivo del sector maquinaria agrícola Argentina: Mercado de sembradoras. En: Consejo Federal de Inversión. Ed.: Bragachini, Mario. 84 PP.
- Delafosse R. 1986. Máquinas sembradoras de grano grueso. Santiago, Chile; Oficina Regional de la FAO. Para America Latina y el Caribe Santiago, Chile, 1986.48 PP.
- Fey k & E. Fey. 2001. Efeito do espasamento entre linhas e da populacao de plantas no rendimento de milho (Zea mays L). XXX Congreso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA 2001). Faz do Iguagu. Paraná. Brasil
- Gargicevich A. y J. Maroni.1997. La máquina sembradora y la densidad poblacional del maíz. Publicación MAIZ 9619. INTA - CERSAN; Proyecto IPG. INTA Oliveros.

- Gieroba, J and K. Dreszer. 1989. The effect of some technological process on grain quality. *Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych*, z. 378: 36 – 48.

- Gieroba, J and K. Dreszer. 1993. An analysis of the reasons for mechanical grain damage in working sets of agricultural machines. *Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych*, z. 399: 69 – 76.

- Kachman S. D. y J. A. Smith. 1994. Alternative measures of accuracy in plant spading for planters using single seed metering. *Transactions of ASAE*, 38 (2): 379-387.

- Kumar, A. 1989. Effect of sowing equipments on crop yield under dryland conditions. *Seeds and Farms*, 15 (3): 24 – 29.

- Little, T., Hills, J. 1990. Método estadístico para la investigación en la agricultura. ED. Trillas. pp. 268.

- Lopetegui, G. 2005. Siembra directa y convencional de mijo (*Panicum miliaceum* L. Merr.): eficiencia de implantación de dos trenes de siembra, sobre un suelo Haplustol éntico. Trabajo Final de carrera. Inédito. 30 pp. Biblioteca Facultad de Agronomía.

- Maroni J. y R. Meciera. 1990. Siembra de precisión en soja en: Resúmenes del I Congreso Argentino de Ingeniería Rural. UADE PP 8.

- Nardon, G.. 2004. Sembradora de precisión: Modelización de la distancia entre semillas. Tesis Maestría en Ingeniería Rural, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP.

- Nielsen R. L. 1997. Stand establishment variability in corn URL: http://www.agry.purdue.edu/ext/AGRY-91-01_v5.pdf

- Santos R. dos, J. O. Pereira, E. Fey y P. H. Weirich Neto. 2001. Avaliasao do enchimento de discos dosadores de sementes de milho (*Zea Mays* L.) em laboratório de testes de semeadoras. XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA 2001) Foz do

Iguacu. Paraná. Brasil.

- Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. In: Agricultural Handbook N° 436. USDA. Washington, DC. USA.
- Soza, E. L., M. C. Tourn, E. Croce, J. Smith y M. Amado. 1998. Metodología para la determinación del daño a la semilla provocado por dosificadores de sembradoras. IAMFE/ARGENTINA 98. Conferencia Regional Latinoamericana de Técnicas y Equipamiento para Ensayos de Campo. Manuales: 101-105.
- Srivastava A., G. E. Goering y R. P. Rotirbad. 1993. Engineering principles of agricultural machines. Ed.; American Society of Agricultural Engineers. 601 PP.
- Tourn, M. C., G. F. Botta y E. L. Soza. 2006. La dosificación por expulsión forzada y el daño a la semilla: una revisión. Revista de la Facultad de Agronomía, 25 (3): 251 – 261.
- Wilson J. M. 1982. The effect of release errors and tire release point on the design a precision seed drills. Journal Agricultural Engineering Research 25: 407 - 419.
- Weber C. J., F. Gallina, A V. dos Reis y F. A Fomellini. 2001. Modelamento e simulagio dos erros da cadeis cinemática de acionamento e do disco dogador em semeadoras de precisao. XXX Congreso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA 2001). Faz do Iguagu. Paraná Brasil.