

Trabajo de intensificación para optar
al título de Ingeniero Agrónomo

Impacto de la carga aplicada sobre el tren de siembra en los parámetros de rendimiento en el cultivo de maíz

Haack Calderón, Nicolás



Docente tutor: Ing. Agr. Pedro Bondía
Docentes consejeros: Ing. Agr. Adrián Gustavo Vallejos
Ing. Agr. Matías Duval
Tutor externo: Vila, Agustín

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

30 DE SEPTIEMBRE DE 2022

ÍNDICE

PREFACIO.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
HIPOTESIS.....	14
OBJETIVOS.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
SITIO EXPERIMENTAL	15
CARACTERÍSTICAS DE LA SEMBRADORA	16
DIAGRAMA DEL ENSAYO	19
EVALUACIÓN DE LA CARGA APLICADA.....	20
EVALUACIÓN DE EMERGENCIA	20
EVALUACIÓN DE PARAMETROS DE RENDIMIENTO	21
ANÁLISIS DE DATOS.....	21
RESULTADOS	22
EMERGENCIA.....	22
CARGA APLICADA	24
CONCLUSIÓN	27
CONSIDERACIONES FINALES	28
BIBLIOGRAFIA.....	29

PREFACIO

Esta Tesina se presenta como trabajo final para obtener el título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional del Sur. Contiene el resultado de la investigación desarrollada por Nicolás Haack Calderón, en la orientación “Mecánica y Maquinaria Agrícola”, bajo la dirección del Ing. Agr. Pedro Bondía y la codirección del Ing. Agr. Adrián Gustavo Vallejos y el Ing. Agr. Matías Duval.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por ser mi sostén cuando las cosas no salían como lo esperaba, por haberme inculcado el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia. Gracias por darme la posibilidad de crecer y formarme profesionalmente. Sin ellos, nada de esto hubiera sido posible.

A mi hermana Camila, por su apoyo a la distancia.

A mis abuelos, Tato, Tata e Irma que me acompañaron desde el primer día en este camino y esperaron más que yo este momento suceda.

A Martina, por su apoyo incondicional de siempre, las tardes de mate y muestreo.

A toda mi familia, que de una u otra manera aportaron su granito de arena para que esto sea posible.

A mis amigos de siempre, por estar en los buenos y malos momentos.

A los amigos que me dio esta maravillosa carrera, compañeros de horas lerdas, gracias por ser parte de la mejor etapa de mi vida.

A Cecilio, por confiar en mi desde un principio y permitirme crecer profesionalmente en una excelente empresa.

A Agustín Vila, Pablo Carotti y todo el equipo de Precision Planting por su tiempo y dedicación para llevar adelante el ensayo.

A la Universidad Nacional del Sur, especialmente al departamento de Agronomía, por haberme formado en estos años.

A mi tutor y consejeros, Adrián Vallejos y Pedro Bondía, por ser parte de mi formación académica y guiarme en este proyecto final.

A todos ellos ¡Muchas Gracias!

RESUMEN

La semilla de maíz debe colocarse a la profundidad apropiada y en forma equidistante una con respecto a la siguiente y la anterior, generando plantas uniformes, evitando la competencia entre ellas. Cuando la semilla no es localizada a la profundidad apropiada pueden ocurrir dos situaciones; que la profundidad sea excesiva; en este caso la posibilidad de que la semilla reciba oxígeno disminuye o bien si germina puede agotar sus reservas antes de emerger; caso contrario al ser colocada demasiado superficial puede existir el riesgo de que el suelo pierda humedad antes de germinar o que no haya un buen establecimiento de las raíces, la plántula se seque y tenga pobre arranque o el riesgo de vuelco de plantas en estadios avanzados del cultivo afectando el rendimiento. Una buena siembra e implantación del cultivo es clave para mitigar este efecto. Para realizar este estudio se procedió al armado de una sembradora experimental y se evaluó como impacta la carga aplicada sobre el tren de siembra en el rendimiento del cultivo de maíz en los diferentes tratamientos. Se concluyó que a medida que disminuye la carga aplicada en el tren de siembra, las pérdidas de rendimiento se acrecientan.

Palabras clave: siembra, maíz, compactación, rendimiento, calidad de siembra, carga.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento que ha experimentado el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en nuestro país en los últimos años está sustentado por la generación, transferencia y adopción de tecnologías adecuadas a la diversidad de nuestros sistemas productivos (*Eyhérabide G., INTA 2015*).

Junto al arroz (*Oryza sativa L.*) y el trigo (*Triticum aestivum L.*) son las tres gramíneas más cultivadas en el mundo (FAO, 2018). Actualmente, el cultivo de maíz ocupa el primer lugar en la producción de granos a nivel mundial siendo EEUU el principal productor, seguido por China, Brasil y en cuarto lugar Argentina con alrededor de 50 millones de toneladas. (*USDA, 2020*)

En los últimos años se han logrado grandes avances en genética del maíz, a través de la incorporación de biotecnología permitiéndole ser resistente a lepidópteros a través del gen BT, la fertilización balanceada, el mejor aprovechamiento del agua, el control de malezas como así también el adelanto de la fecha de siembra han permitido incrementar el potencial de rendimiento de este cultivo con respecto a años anteriores, aumentando continuamente desde la introducción de los híbridos (*Bragachini, M et al. 2002*).

Para que estos avances y resultados logrados sean factibles debemos atender una serie de factores de manejo del cultivo para lograr la máxima expresión del potencial de rendimiento, y es aquí donde la eficiencia de implantación cobra gran protagonismo.

Podemos definir una “buena siembra” como aquella donde la diferencia entre la cantidad de plantas posibles de obtener y las emergidas es mínima, donde la separación entre ellas es uniforme y el tiempo transcurrido para emerger es el mínimo para el conjunto de la población (*Gargicevich, 1998*).

Se han realizado muchas investigaciones sobre el tema donde los autores concluyen que las plantas tardías se ven perjudicadas y con una disminución en el potencial de rendimiento por no poder captar eficientemente los recursos, y que este menor desempeño, que incluso en algunos casos puede llegar a la no formación de

grano, no es compensado por el mayor aprovechamiento que puedan realizar las plantas dominantes emergidas tempranamente.

Una emergencia satisfactoria en maíz, comprende una combinación de tres factores clave: el medio ambiente, la genética y la calidad de semilla (*Pionner 2014*)

- 1- Medio ambiente: temperatura, humedad, residuos, densidad del suelo.
- 2- Genética: vigor y tolerancia al estrés.
- 3- Calidad de semilla: la humedad, el secado y el acondicionamiento de la cosecha.

La genética es propia de cada híbrido, existiendo un comportamiento diferencial en la emergencia de cada material, principalmente por características como la tolerancia al frío.

Tanto la genética como la calidad de la semilla, no pueden ser controladas por el equipamiento de la sembradora, pero si estaremos ejerciendo un impacto directo en los factores edafo-ambientales con las prácticas de manejo al momento de la siembra (*Precision Planting, 2020*).

El objetivo de una “buena siembra” es crear un **ambiente uniforme de temperatura, humedad y espacio poroso** en cada centímetro del surco donde serán colocadas las semillas.

La uniformidad ayuda a asegurar que, una vez comenzado el proceso germinativo, cada semilla germine y emerja dentro de las 12-24 horas. Una emergencia simultánea permite que cada planta disponga los mismos recursos, evitando plantas atrasadas y con menor desarrollo.

Una planta que emerge una hoja atrasada respecto de su planta vecina, en promedio, pierde el 50% del potencial de tamaño de la espiga. Una planta que emerge dos hojas detrás de sus plantas vecinas (ejemplo V3 vs V5) puede perder el 100% del potencial de tamaño de espiga.

Las plantas que emergen tarde se atrasan continuamente a lo largo del ciclo de crecimiento debido a una menor exposición a la luz solar, lo que reduce la capacidad de la planta para extraer agua y nutrientes al mismo ritmo que sus “vecinas”. (*Precision Planting, 2020*).

Un mal manejo de la carga sobre los cuerpos de siembra, provoca plantas con emergencia tardía y una reducción en el rendimiento, debido a dos causas principales:

1- Semillas que no alcanzan la profundidad de siembra correcta:

Un peso insuficiente en las ruedas limitadoras de profundidad, genera profundidades inconsistentes, dejando semillas en condiciones de humedad y temperatura diferentes en relación a las restantes. (*Figura 1*).



Figura 1 – Diferencias en emergencia debido a semillas colocadas en distintas condiciones de humedad y temperatura.

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluyen la respiración, síntesis proteica y movilización de reservas para completar el proceso germinativo (*Doria, J. 2010*).

Una semilla de maíz absorberá aproximadamente del 30% al 35% de su peso en agua para iniciar la germinación, proceso que depende del contenido de humedad del suelo (*Pionner, 2020*).

Aquellas semillas que no alcancen la profundidad deseada quedando por fuera de la línea de humedad (*Figura 2*) y sin condiciones para germinar, se mantendrán en estado latente durante un determinado periodo de tiempo, hasta que, llegado cierto momento, perderán capacidad para germinar (*Precision Planting, 2020*).

La temperatura del suelo durante la siembra es fundamental para el logro de plantas. La germinación y emergencia ocurrirá lentamente y/o de forma desigual cuando la temperatura del suelo sea inferior a 10 C°. Cuando se sobrepasa esa temperatura la emergencia ocurrirá en siete días o menos si las condiciones de humedad son las adecuadas. (Nielsen B. 2015)



Figura 2 – Línea de humedad variable dentro del surco

2- Compactación de las paredes del surco:

La estructura del suelo tiene una relación directa con la cantidad de agua y oxígeno que se puede mantener en un perfil de suelo e influye en la actividad microbiana. La composición del suelo y la historia de labranza del lote son los principales factores que influyen la estructura de poros del suelo. Sin embargo, el tráfico de la maquinaria y la presión aplicada por los cuerpos de siembra también son factores clave en la estructura de poros y microporos.

Los suelos compactados presentan una menor porosidad (Figura 3). A medida que se incrementa la compactación disminuye el espacio poroso, especialmente las categorías de poros de mayor diámetro que son los ocupados por el aire y el agua útil (Ibañez, J. 2006).

Las raíces necesitan agua y oxígeno para desarrollarse, y además debe existir espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo por el que puedan ir creciendo. El principal obstáculo con el que se puede encontrar la raíz es el impedimento mecánico debido a la presencia de capas de suelo endurecidas o compactadas, en las cuales la densidad es alta.

Conforme la densidad del suelo va en aumento el crecimiento de las raíces va requiriendo un mayor gasto de energía y su desarrollo es afectado hasta verse totalmente impedido si la compactación es excesiva (Glinski & Lipiec. 1990).

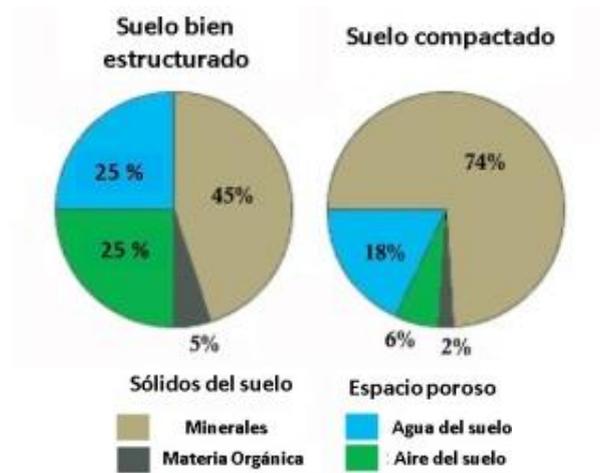


Figura 3 – Composición del suelo en una situación ideal (a) y composición de un suelo compactado (b).
Fuente <http://healingearth.ijep.net/>

La densidad del suelo alrededor de la semilla tiene un efecto directo sobre la uniformidad de la emergencia. El peso del cuerpo o tren de siembra más la fuerza aplicada con el sistema de transferencia de carga, menos la fuerza de reacción del suelo sobre los componentes del cuerpo de siembra, provoca una **resultante de fuerza** (Figura 4) con efecto directo sobre el surco, provocando cambios en la densidad del suelo.

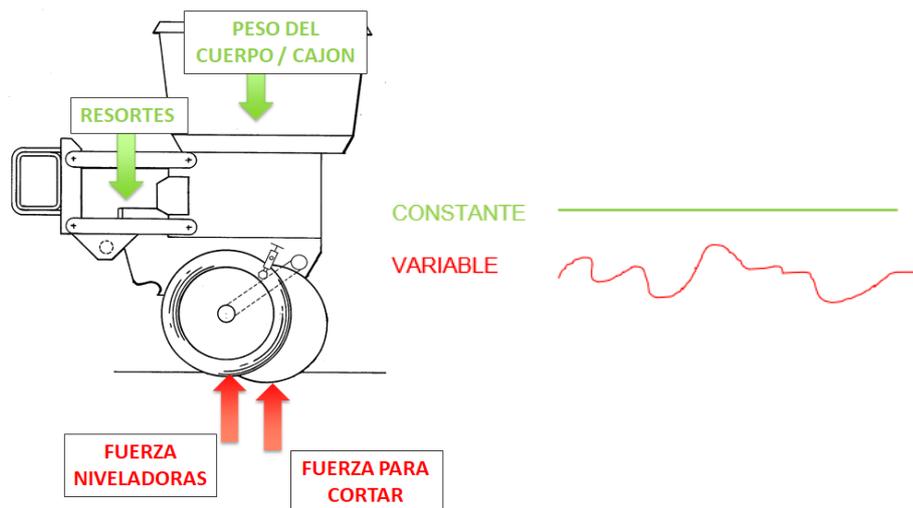


Figura 4 – Fuerzas que interactúan en el cuerpo de siembra.

Fuente: Ing. Agr. Nicolás Pizzichini – Precision Planting.

Es importante entender que en un sistema de transferencia de carga tradicional (resortes), la carga disponible depende del propio peso del cuerpo de siembra y la del bastidor más la tolva, esta última es decreciente a medida que comienza a vaciarse durante la labor de siembra, en tanto, las fuerzas que actúan en sentido opuesto, es decir, aquellas que el suelo ejerce sobre el cuerpo de siembra son variables metro a metro dentro del lote (*Precision Planting, 2020*).

Sin embargo, en la mayoría de las sembradoras del mercado la carga del tren de siembra, no es constante, porque la misma es regulada por resortes, que tiene cargas que varían según la posición del paralelogramo y el recorrido del resorte, esto magnifica los problemas, porque posiblemente, en lugares de mayor dureza de suelo, la sembradora tiende a levantarse debido a la carga que requieren las cuchillas (Bondia 2016) y pierden cargas los trenes de siembra.

Los sistemas de carga constante como el pulmón neumático o el sistema hidráulico permiten que la regulación sea desde el tractor o mejor aún, automática, con sensores de esfuerzo (strain gage) que miden la fuerza que ejercen las ruedas limitadoras de la profundidad, permitiendo variar la carga respecto a la demanda del tren de siembra, manteniendo la profundidad de siembra.

Pueden ocurrir 3 situaciones cuando un tren de siembra se encuentra trabajando (*Figura 5*):

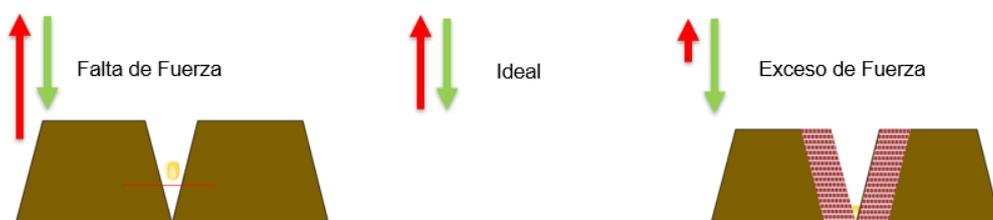


Figura 5 – Resultado de las distintas fuerzas aplicadas sobre el tren de siembra.

Fuente: Precision Planting

1- Situación ideal

Donde asegura una buena tasa de germinación con un buen contacto de la semilla con el suelo a la profundidad deseada.

2- Falta de fuerza

No se llega a la profundidad de siembra deseada para la cual fue configurada la sembradora. Se pierde contacto con el suelo y existe riesgo de que las semillas sean ubicadas en zona de poca humedad generando retraso en la emergencia.

3- Exceso de fuerza

El exceso de peso en las ruedas limitadoras de profundidad genera compactación en la pared lateral del surco (*Figura 6*), limitando el crecimiento de las raíces primarias de la corona. Este estrés temprano en la etapa de desarrollo (V4-V6) puede causar una reducción del tamaño de la espiga debido a la posible pérdida de filas en la espiga (*Precision Planting, 2020*).



*Figura 6 – Exceso de carga en el cuerpo de siembra, generando compactación de los laterales del surco
Fuente: Precision Planting.*

Los efectos que pueden observarse debido a la compactación de las paredes del surco por exceso de carga son los siguientes:

1 – Raíces con forma de hacha: pobre absorción de nutrientes por parte de la raíz afectando el potencial de llenado de grano. (Figura 7 y 8)

2 – Plantas mal arraigadas: las raíces en el surco con forma de hacha no soportan vientos o fuertes lluvias, pudiendo aparecer problemas de estabilidad y vuelco.

3 – Surco abierto: si el suelo está demasiado húmedo y compactado por las ruedas niveladoras, la ranura formada por el doble disco comenzará a abrirse a medida que el suelo se seque y se contraiga. Esto expone las raíces primarias a la luz solar y al aire, lo que hace que las plántulas se desarrollen por debajo del suelo y/o reduzcan la absorción total de humedad en la planta (Jeschke & Lutt, 2018). (Figura 9)

4 – Ambiente deficiente para la actividad microbiana: la compactación disminuye la porosidad y produce pérdida de agua que se encontraba disponible para las plantas. Esto, a su vez, disminuye la población microbiana lo cual significa un ambiente menos saludable para la planta (FAO 2020)

5 – Espacios con aire: Al compactar el suelo con las ruedas niveladoras de profundidad, dificulta al sistema de tapado para cerrar los espacios de aire en el surco, aumentando la capilaridad y también la pérdida de agua. (Figura 10)



Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10

HIPOTESIS

- ✓ Una correcta presión ejercida sobre el tren de siembra incrementa la emergencia uniforme del cultivo de maíz, por ende, genera un mayor rendimiento.
- ✓ El uso de un sistema de transferencia de carga hidráulico en el cuerpo de siembra mejora la emergencia en relación a los sistemas tradicionales de resorte.

OBJETIVOS

- ✓ Adaptar una sembradora con sistema de transferencia de carga hidráulico.
- ✓ Variar la carga sobre el cuerpo de siembra y cuantificar su efecto sobre la velocidad de nacimiento del cultivo y su posterior rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el ensayo se procedió a la adaptación de una sembradora y posteriormente se realizó una siembra con 4 tratamientos diferentes.

SITIO EXPERIMENTAL

El establecimiento donde se realizó el ensayo lleva el nombre de "La Esquina" y se encuentra ubicado en el partido de Coronel Suárez. La ubicación geográfica del mismo corresponde a las coordenadas: 37°39'1.92"S; 61°52'4.19"O (Figura 11).

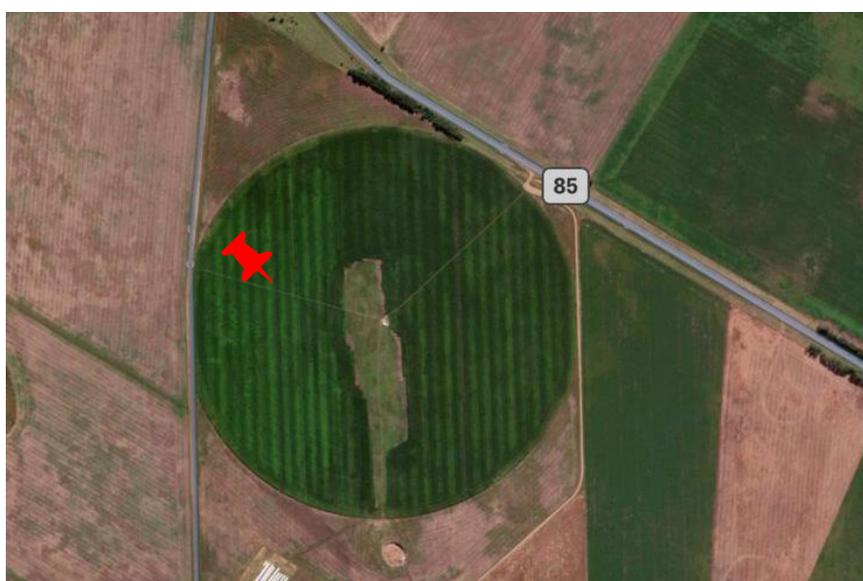


Figura 11 – Ubicación del sitio experimental

Los suelos del establecimiento se caracterizan por presentar una textura franco-arcillosa clasificados como Argiudoles. Previo a la siembra se realizaron análisis de suelo en laboratorio los cuales arrojaron los siguientes resultados (Tabla 1):

Tabla 1 – Resultados promedio de análisis en laboratorio. Muestras tomadas 0-20 y 20-40 cm profundidad

Fosforo (ppm)	Nitratos (ppm)	PH	Calcio (meq/100 gr suelo)	Magnesio (meq/100 gr suelo)	Potasio (meq/100 gr suelo)	Sodio (meq/100 gr suelo)	MO %
34.60	13	6.4	15	2.17	1.58	0.49	4

La temperatura del suelo (medida con sensor *SmartFirmer*) al momento de la siembra fue de 32 C° y el mismo presentaba un contenido de humedad del 39%. El ensayo fue realizado bajo riego por pívot central.

El híbrido que se utilizó fue NEOGEN DUO 30 GDM, el cual posee P₁₀₀₀ 275 g. La fecha de siembra fue el 1/12/2021 con una densidad de 80000 pl/ha. y se incorporaron 100 kg de fosfato diamónico y 100 kg de urea a la siembra. Posteriormente en estadio V6 del cultivo se aplicaron 100 kg más de UREA al voleo.

CARACTERÍSTICAS DE LA SEMBRADORA

Se utilizó como base una sembradora marca Agrometal, tiro de punta, mecánica, año de fabricación 2006, 13 surcos con espaciamento a 52,5 cm, discos plantadores de 16'', ruedas niveladoras angostas, cuchillas turbo de 18 ondas y sistema de doble rueda tapadora de goma y estrella (*Figura 12*).



Figura 12 – Chasis base sobre el que se armó la sembradora experimental para el ensayo

Toda la maquina (del surco 1 al 13, mirándola desde atrás, de izquierda a derecha) (*Figura 13*) se encuentra equipada con dosificador Precision Planting con motores eléctricos “Vdrive” que permiten un rápido ajuste de la población y corte surco por surco, tubo de bajada curvo “Wavevision” y afirmadores de semilla inteligentes “SmartFirmer” que permiten la lectura de materia orgánica, temperatura y humedad del suelo, CIC y surco limpio de rastrojo (*Figura 14*).



Figura 13 – Instalación de componentes



Figura 14 – Afirmador de semillas “SmartFirmer”

Del surco 1 al surco 6, la maquina está equipada con sistema de fuerza descendente “DeltaForce”, reemplazando el sistema original de resortes (*Figura 15*).

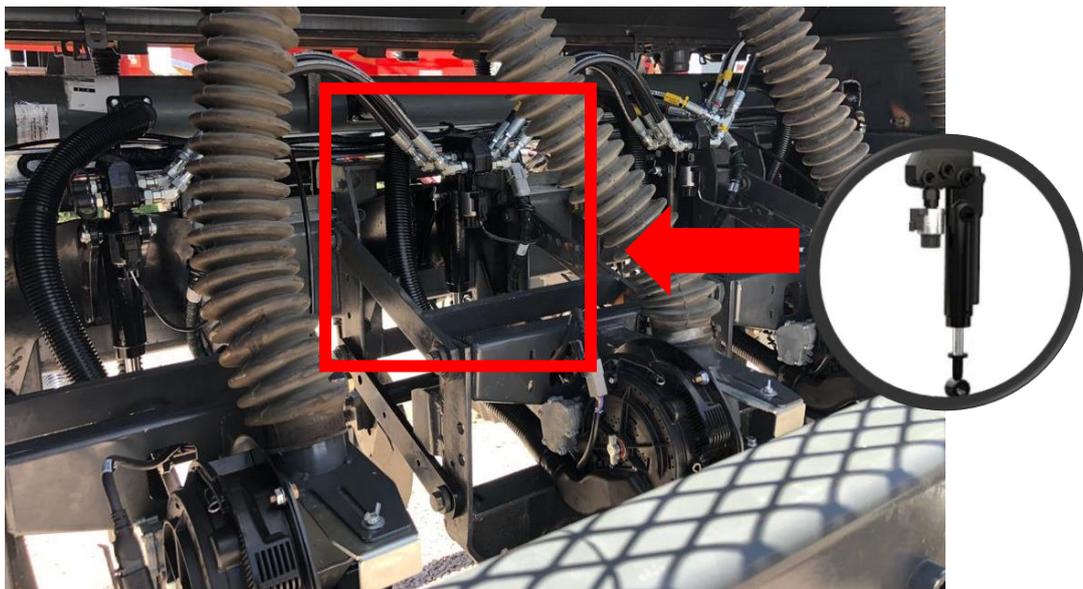


Figura 15 – Sistema de fuerza descendente hidráulico “DeltaForce”. El mismo se utilizó para evaluar las distintas situaciones de contacto de las ruedas niveladoras con el suelo

Del surco 7 al 13 se utilizaron los resortes originales del tren de siembra Agrometal (Figura 16).

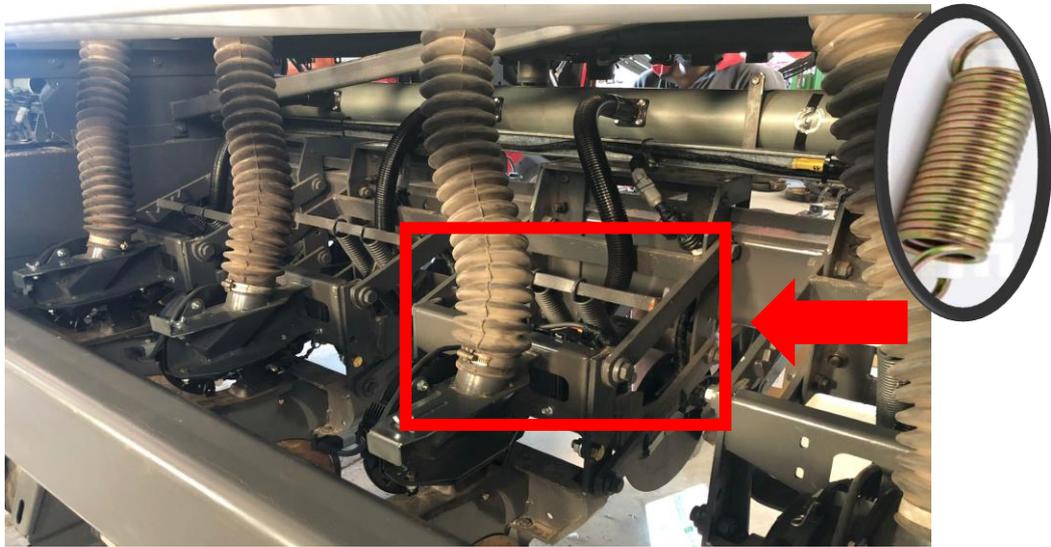


Figura 16 – Sistema tradicional de control de fuerza descendente mediante resortes que se ajustan de manera manual

El equipamiento *DeltaForce* permite controlar la carga sobre las ruedas niveladoras, cuando falta carga se genera pérdida de contacto con el suelo y las ruedas niveladoras no se encuentran haciendo contacto con el brazo limitador, esto quiere decir, que la semilla no se encuentra a la profundidad para la cual configuramos la máquina, a modo de ejemplo, un contacto-suelo del 50% indica que, en el lote, la mitad de las semillas se encuentran por encima de la profundidad para la cual se configuró.

Este sistema consiste en un cilindro hidráulico que reemplaza los resortes originales de la sembradora y que permite mediante accionamiento hidráulico aplicar o quitar carga a los cuerpos de siembra, de manera automática mediante la lectura que proporciona la celda de carga, permitiendo ajustar la carga aplicada de acuerdo a la resistencia que ofrece el suelo y simulando situaciones de pérdida de contacto. Además, se evaluó el sistema de resortes originales OEM de la sembradora.

El termino OEM hace referencia a “*Original Equipment Manufacturer*”, es decir, componentes originales de la sembradora.

El dato de fuerza aplicada se mide a través de una celda de carga tipo hall (Figura 17) ubicada en el “bigote” o limitador de la niveladora, la cual a través de deformación y un factor de calibración, convierte el dato en kg aplicados al suelo y envía la lectura al monitor de siembra que se encuentra en la cabina del tractor.



Figura 17 – Celda de carga utilizada para medir fuerza aplicada al suelo

DIAGRAMA DEL ENSAYO

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones (Figura 18).



Figura 18 – Diagrama del ensayo

Tabla 2 – Densidad real sembrada medida a campo mediante “Pogo” y promediada entre tratamientos

TRATAMIENTO	DENSIDAD REAL	SUPERFICIE (Ha)
DF CS 50%	80524	0.1
DF CS 70%	80592	0.1
DF CS 100%	80544	0.1
PROMEDIO	80533	---

EVALUACIÓN DE LA CARGA APLICADA

Los tratamientos ensayados fueron:

- A) DeltaForce - Contacto con el suelo 50%
- B) DeltaForce - Contacto con el suelo 70%
- C) DeltaForce - Contacto con el suelo 100%
- D) Testigo (sistema original de carga)

EVALUACIÓN DE EMERGENCIA

El día 12 de abril, con el cultivo en estadio fenológico R6 se procedió a contabilizar en una superficie de 10,5 m² el porcentaje de emergencia de plántulas en el tratamiento DeltaForce con el 100 % de contacto-suelo y el testigo.

Luego de 7 días transcurrida la siembra, se identificaron las plántulas emergidas mediante estaca de color verde, para registrarlas como DIA 1 (*Figura 19*). Al día siguiente, se visitó el lote y se identificaron mediante estaca color azul aquellas plántulas que emergieron el DIA 2, es decir, 8 días post-siembra. Finalmente se identificaron mediante estaca color rojo aquellas plántulas que emergieron el día 3 y 4 (9-10 días post siembra).



Figura 19 – Identificación en el lote de plántulas según el día de emergencia

EVALUACIÓN DE PARAMETROS DE RENDIMIENTO

El día 28 de mayo de 2022 se determinó el rendimiento de los diferentes tratamientos. Para ello se cosecharon las espigas manualmente de 3,5 m² por muestra, tomando 3 muestras por parcela (Testigo OEM, CS 50%, CS 70% y CS 100%), obteniéndose un total de 36 muestras.

Para la evaluación de los parámetros de rendimiento se midió hileras/espigas y granos/hileras, se evaluaron solamente los tratamientos con DeltaForce (Tratamiento A, B, C). Para ello se tomaron al azar las espigas de 10 m lineales, y se contabilizaron los parámetros anteriormente descritos.

ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó análisis de la Varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos en cada variable y se utilizó test de media Tukey ($p \leq 0,05$) para la separación de medias. Todos los análisis estadísticos se elaboraron a partir del software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2013)

RESULTADOS

EMERGENCIA

Luego del conteo e identificación de plántulas según el día de emergencia se obtuvieron los siguientes resultados (*Figura 20*):

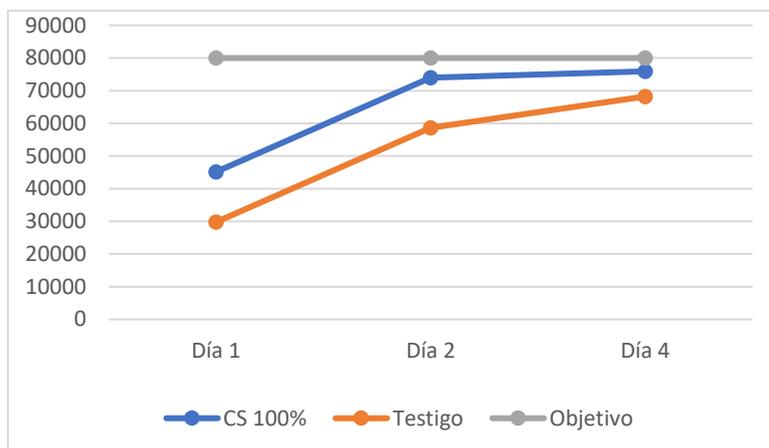


Figura 20 - Nacimiento de las plantas de maíz para el tratamiento CS 100 % y testigo.

El atraso en la emergencia de las plántulas de maíz genera un menor crecimiento debido a múltiples factores y una mayor desuniformidad en el tamaño de las espigas (*Figura 21*), lo cual se ve reflejado hasta la cosecha de las mismas (*Figura 22 y 23*).



Figura 21 - Imagen tomada 87 días post siembra, donde se evidencian los distintos estadios de desarrollo de espiga en relación con el día de emergencia. Verdes espigas emergidas día 1, celestes espigas emergidas el día 2, rojas espigas emergidas el día 3 o posterior.



Figura 22 – Espigas recolectadas en el tratamiento testigo OEM diferenciadas de acuerdo al día de emergencia



Figura 23 – Espigas recolectadas en el tratamiento con sistema de fuerza descendente DeltaForce en alta presión diferenciadas de acuerdo al día de emergencia.

CARGA APLICADA

Los tres tratamientos con DeltaForce (*Figura 24*) no tuvieron diferencias significativas entre sí con respecto a los granos/hilera con valores entre 28 y 29 (*Tabla 3*), pero sí se encontraron diferencias significativas en el número de hilera/espiga, donde el tratamiento CS 50% presentó los menores valores (14,9 hileras/espiga) sin diferencias entre los demás tratamientos con DeltaForce (16,5 hileras/espiga) (*Figura 25*).





Figura 24 – Espigas recolectadas para los tratamientos con sistema de fuerza DeltaForce – con 50% de contacto- suelo (A), con 70% de contacto-suelo (B) y 100% de contacto-suelo (C).

Tabla 3 - Cantidad de hileras por espigas y de granos por hileras de los diferentes tratamientos con DeltaForce. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de la columna Tukey $p \leq 0,05$.

	Hileras/Espiga	Grano/Hilera
CS 50%	14,9 A	27,7 a
CS 75%	16,5 B	29,5 a
CS 100%	16,5 B	29,2 a

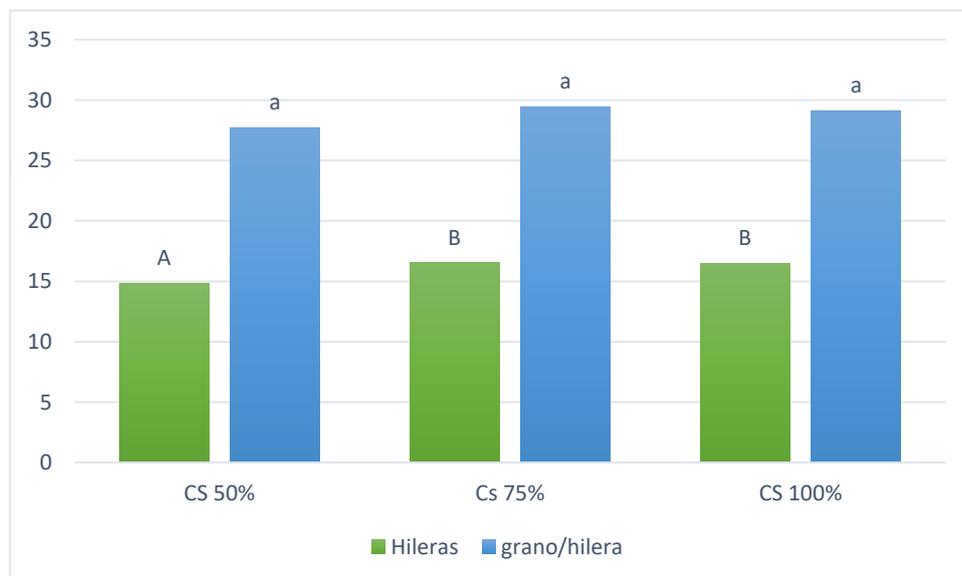


Figura 25 - Cantidad de hileras por espigas y de granos por hileras de los diferentes tratamientos con DeltaForce. Letras diferentes indican diferencias significativas. Tukey $p \leq 0,05$.

Los tratamientos con DeltaForce presentaron una mayor producción de maíz, independientemente de la carga, con rendimientos entre 8700 y 9400 kg/ha. Dichos tratamientos fueron significativamente superiores al sistema tradicional, donde el rendimiento fue un 43% inferior (5180 kg/ha) (Figura 26).

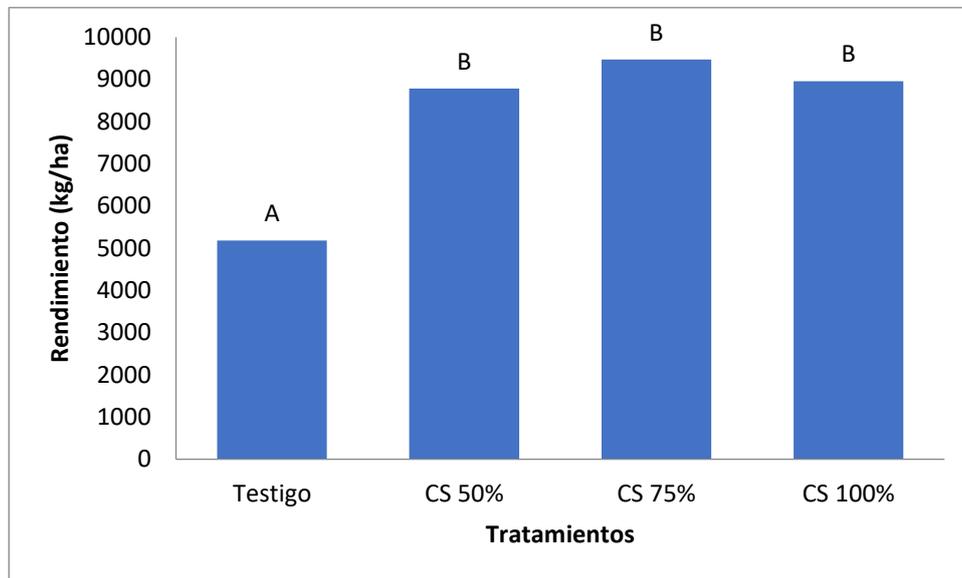


Figura 26 - Rendimiento de los diferentes tratamientos con DeltaForce y el testigo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según el test de $p \leq 0,05$.

CONCLUSIÓN

El uso de un sistema de transferencia de carga hidráulico en el cuerpo de siembra mejoró la emergencia del cultivo en un 20%.

El sistema de control de carga *DeltaForce* permitió obtener aumentos del rendimiento entre un 70 a 82% con respecto al sistema tradicional de resortes, evidenciando la mayor capacidad de mantener la profundidad homogénea inclusive a un nivel de carga del 50%.

CONSIDERACIONES FINALES

Un correcto manejo de la carga en el cuerpo de siembra en relación a como varían dentro del lote las condiciones de suelo es muy importante para no perder rendimiento.

Aquellas plántulas que emergen de manera desuniforme respecto a sus vecinas tendrán un rinde menor debido a espigas de menor tamaño producto de la competencia y dominancia de recursos de aquellas que emergieron primero.

Creo muy importante no dejar de ensayar e investigar cuales son aquellos parámetros “robadores” de rendimiento en los cultivos, ya que nuestro reto como profesionales agrónomos es garantizar alimentos para una población mundial que se encuentra en constante crecimiento y con una superficie cultivable que es limitada.

Como actores fundamentales de la agricultura moderna, debemos enfocarnos en hacer un uso eficiente de los recursos mediante la conservación del agua, de la energía y de la protección del suelo.

La implementación de nuevas tecnologías en la agricultura permite no solo ser más eficientes en el uso de los recursos, sino también lograr mayores rendimientos que ayuden a satisfacer esta demanda creciente de alimentos. La agricultura digital en la actualidad nos permite ser precisos en la toma de decisiones respaldados en datos favoreciendo la implementación de buenas prácticas agrícolas.

La realización de este ensayo fue una experiencia muy enriquecedora para complementar mi formación académica, en primer lugar, debido a la planificación y ejecución del mismo, así como también por las tareas de seguimiento del cultivo, toma de decisiones, recolección de datos y análisis de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

Aapresid - Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. 2021. Tips de calidad de siembra en maíz. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/blog/tips-calidad-siembra-maiz>

Bragachini, M et al. 2002. Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. Disponible en: http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/maiz/eficiencia_de_implantacion_de%20_maiz.pdf

Bondía, P.M. 2016. Eficiencia de implantación y requerimiento energético de diferentes sistemas de trenes de siembra. Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata. 119 pp. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63546>

D'Amico, J; Tesouro, O; Romito, A; Paredes, D; Roba, M. 2004. Desuniformidad de distribución espacial: caracterización de su impacto sobre la producción individual de la planta de maíz. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-desuniformidad2.pdf>

Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L. 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319875366_Grupo_InfoStat_FCA_Universi_Uni_NacNacio_de_Cordoba_Argentina

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011

Eyherabide, G. 2012. Bases para el manejo del cultivo de Maíz. Ed. INTA Pergamino y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Pag 297. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_1_00-2_2.pdf

FAO - Physical properties – Soil structure, soils portal. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/en>

Gliński, J. Lipiec, J. 1990. Soil Physical Conditions and Plant Roots. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781351076708/soil-physical-conditions-plant-roots-jan-gli%5%84ski-jerzy-lipiec>

Ibañez, J.J. 2006. La compactación del suelo: Exploración por parte de las raíces. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/12/25/55938>

Jeschke, M. & Lutt, N. 2018. Soil Compaction in Agricultural Production. Crop insights vol. 28 N° 10. 1-5. Disponible en: <https://www.corteva.es/agronomia-y-servicios/informacion-agronomica/compactacion-del-suelo-en-la-produccion-agricola.html>

Maroni J. & A. Gargicevich. 1998. Operación de siembra, densidad y uniformidad de plantas en maíz. Impacto sobre rendimiento en granos. Capítulo II:29. Morgan Mycogen S.A. Bs. As.

Nielsen, R.L. 2015. Requirements for uniform germination and emergence of corn. West Lafayette, IN, USA: Agronomy Department, Purdue University. pp. 47907–52054.

Pionner - Boletín técnico- Compactación del suelo. 2019. Disponible en: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/Boletin_Compactacion_de_suelo.pdf

Pionner. Soil temperature and corn emergence. Disponible en: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/ais2182_2014_SP_Soil_Temp_and_Emergence.pdf

Pionner. Corn growth and development. 2015. Disponible en: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf

Precision Planting Argentina. Resultados de ensayos 2020-2021. Disponible en: https://www.precisionplanting.com.ar/es_AR/investigacion

USDA. 2020. Foreign Agricultural Service. United States Department of Agriculture. Disponible en: <https://www.fas.usda.gov/data>.