



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar el Grado de Ingeniero Agrónomo  
Modalidad: Proyecto

**“SIEMBRA DIRECTA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) CON DISTINTOS  
ÓRGANOS CONTACTADORES DE SEMILLA A DIFERENTES  
VELOCIDADES DE AVANCE”**

**Nombre del alumno: Guridi, Juan Cruz  
DNI: 37521814**

**Director: *Del Castagner Roberto*  
Co-director: *Edgard Garetto***

**Río Cuarto – Córdoba  
Mayo/2017**

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “SIEMBRA DIRECTA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) CON DISTINTOS ÓRGANOS CONTACTADORES DE SEMILLA A DIFERENTES VELOCIDADES DE AVANCE”

Autor: Guridi, Juan Cruz

DNI: 37521814

Director: Del Castagner, Roberto

Co-Director: Edgar Garetto

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

Cecilia Cerliani \_\_\_\_\_

Héctor Javier Schmalz \_\_\_\_\_

Del Castagner, Roberto \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Secretario Académico

Quiero agradecer especialmente a mi familia y amigos que me acompañaron durante esta etapa de mi vida; también quiero agradecer a los profesores de la cátedra de maquinaria y evaluadores que fueron de gran ayuda en la realización de éste trabajo.

## ÍNDICE

Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Introducción.....	1
Hipótesis.....	5
Objetivos.....	5
Materiales y Métodos.....	6
Resultado y Discusión.....	11
Conclusión.....	24
Bibliografía.....	25
Anexo.....	27

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Valores obtenidos de los dos tipos de sistemas de contactación de semillas, a las tres velocidades evaluadas (5 km hs <sup>-1</sup> , 7 km hs <sup>-1</sup> y 9 km hs <sup>-1</sup> ) en el ensayo.....	11
<b>Cuadro 2.</b> Valores obtenidos a partir de las diferentes velocidades de avance de la sembradora, sin tener en cuenta el sistema de contactación utilizado. ....	12
<b>Cuadro 3.</b> Autovectores (e1 y e2) de cada variable en el análisis de componentes principales.....	21
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de datos del ensayo a campo, variable distancia media entre plantas.....	27
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de datos del ensayo a campo, variable desvío estándar.....	28
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de datos del ensayo a campo, variable rendimiento perdido.....	29
<b>Cuadro 7.</b> Análisis de datos del ensayo a campo, variable número de plantas.....	30
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de datos del ensayo a campo, variable varianza.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Imagen satelital en la que se aprecia el lote donde se realizó el ensayo.....	7
<b>Figura 2.</b> Disposición de los órganos contactadores de semilla en la sembradora.....	7
<b>Figura 3.</b> Distancia entre plantas según el tipo de sistema de contactación y la velocidad de avance.....	13
<b>Figura 4.</b> Desvío estándar medio de la distancia entre plantas, según la velocidad de avance de la sembradora.....	14
<b>Figura 5.</b> Pérdidas de rendimiento potencial según la fórmula de Nielsen en relación a la velocidad de avance de la sembradora.....	15
<b>Figura 6.</b> Número de plantas logradas por hectárea según el tipo de sistema de contactación y la velocidad de avance.....	17
<b>Figura 7.</b> Varianza en relación a la velocidad de avance de la máquina sembradora.....	19
<b>Figura 8.</b> Análisis de componentes principales de cuatro variables en dos sistemas de contactación de semillas a tres velocidades de avance de la sembradora, es decir, seis tratamientos evaluados en la localidad de Río Cuarto, en el sur de la provincia de Córdoba, durante el ciclo agrícola 2016/2017.....	20
<b>Figura 9.</b> Análisis de componentes principales de cuatro variables en dos sistemas de contactación de semillas a tres velocidades de avance de la sembradora y divididos en siete bloques.....	22

## RESUMEN

Una siembra de buena calidad es fundamental en el cultivo de maíz y está definida por una mínima diferencia entre las plantas posibles de obtener y las emergidas; y una máxima uniformidad en la separación entre plantas y en el tiempo de emergencia; estos factores se ven afectados por el sistema de contactación y la velocidad de avance utilizada. El objetivo de este trabajo fue comparar dos sistemas diferentes de contactación de semilla en la línea de siembra (sistema de rueda contactadora y sistema de lengüeta plástica) y distintas velocidades de avance, en la siembra de maíz. Para ello se evaluó la eficiencia y uniformidad de siembra de los dos sistemas compresores en una misma sembradora a distinta velocidad de siembra. Se llevó a cabo un ensayo a campo con un diseño experimental en parcelas divididas con seis tratamientos y siete repeticiones, utilizando una sembradora provista de dosificadores neumáticos y nueve líneas de siembra en las cuales estaban ubicados alternativamente los dos sistemas contactadores mencionados, realizando las siembras a 5, 7 y 9 km  $hs^{-1}$  respectivamente. Se midió distancia media entre plantas, índice de dispersión, coeficiente de variación, fallas, duplicaciones, población lograda, eficiencia de siembra y pérdida teórica del rendimiento. Los resultados demostraron que el tipo de sistema de contactación está altamente relacionado con la velocidad y que existen diferencias estadísticamente significativas en las variables distancia media entre plantas y población lograda. Considerando únicamente la velocidad se observó diferencias estadísticamente significativas para las variables índice de dispersión y coeficiente de variación a favor de la velocidad de 7 km  $hs^{-1}$ ; cuando se consideró la pérdida teórica del rendimiento no se encontraron diferencias entre la velocidad de 5 y 7 km  $hs^{-1}$ , pero si con respecto a la de 9 km  $hs^{-1}$ , en la cual la pérdida teórica de rendimiento aumentó en gran medida. También se realizó un análisis de componentes principales, y sus resultados mostraron que a la velocidad de siembra de 7 km  $hs^{-1}$ , el sistema de ruedas contactadoras tiene una mayor eficiencia de siembra, número de plantas y porcentaje de datos correctos con respecto al de lengüeta plástica. En lo que respecta a la velocidad de avance se puede concluir que a 7 km  $hs^{-1}$  se obtuvo un menor desvío estándar, varianza, duplicaciones, fallas en comparación con la velocidad de avance 5 km  $hs^{-1}$  y 9 km  $hs^{-1}$ . En este caso tampoco se observaron diferencias en las pérdidas de rendimiento entre 7 km  $hs^{-1}$  y 5 km  $hs^{-1}$ , pero se podría recomendar la velocidad de 7 km  $hs^{-1}$  ya que se disminuiría el tiempo necesario para sembrar una determinada superficie.

Palabras claves: Sistema de contactación, rueda contactadora, lengüeta plástica, maíz, sembradora

## ABSTRACT

A good quality planting is defined by: a minimum difference between the possible plants to obtain and the emerged ones, and a maximum uniformity in the separation between plants and in the time of emergency. These factors are affected by the contact system and the speed of advance used. The objective of this work was to compare two different seed contact systems (contact wheel system and plastic tongue system) in the sowing line and different feed rates in maize sowing. For this, the efficiency and uniformity of sowing of the two compressor systems in the same seeder were evaluated at different seeding rates. A field trial was carried out with an experimental design in split plots with six treatments and seven replications, using a seeder equipped with pneumatic dosers and nine seed lines in which the two contacting systems were located alternately, performing the sowing to 5, 7 and 9 km hs<sup>-1</sup> respectively. Mean distance between plants, dispersion index, coefficient of variation, faults, duplications, population achieved, seed efficiency and theoretical loss of yield were measured. The results showed that the type of contact system is highly related to speed and that there are statistically significant differences in the variables average distance between plants and population achieved. Considering only the velocity, we observed statistically significant differences for the variables index of dispersion and coefficient of variation in favor of the speed of 7 km hs<sup>-1</sup>; When we considered the theoretical loss of performance we found no differences between the speed of 5 and 7 km hs<sup>-1</sup>, but if with respect to the 9 km hs<sup>-1</sup>, in which theoretical loss of performance greatly increased. An analysis of main components was also carried out, and their results showed that at the seeding speed of 7 km hs<sup>-1</sup>, the contact wheel system has a higher sowing efficiency, number of plants and percentage of correct data with respect to of plastic tongue. In terms of the speed of advance, it can be concluded that at 7 km hs<sup>-1</sup> a lower standard deviation, variance, duplications, faults compared to the speed of 5 km hs<sup>-1</sup> and 9 km hs<sup>-1</sup> was obtained. In this case, there were no differences in yield losses between 7 km hs<sup>-1</sup> and 5 km hs<sup>-1</sup>, but the 7 km hs<sup>-1</sup> speed could be recommended as the time required to plant a given area would be reduced.

Key words: Contact system, contact wheel, plastic tongue, corn and seeder.

## INTRODUCCIÓN

El esfuerzo por maximizar la eficiencia en la producción de maíz ha llevado a concentrar la atención en unos factores de producción muy poco tenidos en cuenta hasta el momento, la calidad de siembra. Una siembra de buena calidad está definida por: una mínima diferencia entre las plantas posibles de obtener y las emergidas; y una máxima uniformidad en la separación entre plantas y en el tiempo de emergencia (Maroni y Gargicevuch, 2006).

Para lograr buenos rendimientos se debe partir de una densidad adecuada, uniformidad y rapidez en la emergencia. Debido a la baja plasticidad vegetativa y reproductiva del maíz, la uniformidad del stand de plantas es un tema fundamental ya que esto afecta directamente el rendimiento de granos (Andrade y Abbate, 2005).

En maíz, trabajos efectuados por el INTA y la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) demostraron que la competencia entre plantas que se encuentran muy cerca entre sí, originan pérdidas del orden del 3,5% en el rendimiento final del cultivo (Maroni, 2005).

Las semillas de maíz deben ser colocadas a una distancia y profundidad apropiada, para generar plantas uniformes que no compitan entre sí. Uno de los principales requerimientos para una emergencia uniforme en maíz según Nielsen, (2007) es una adecuada uniformidad de humedad en la cama de siembra. Cuando la cama de siembra es variable en el contenido de humedad (muy seca vs. óptima o muy húmeda vs. óptima), la germinación también será variable. Cuando hay estratos comprimidos a veces se impide a las unidades de siembra colocar la semilla tan profunda como se lo desea, los granos colocados a diferentes profundidades pueden experimentar niveles considerablemente diferentes de contenidos de humedad y temperatura en el suelo (Nielsen, 2001).

Usar baja velocidad de siembra y órganos de contacto apropiados entre semillas y el suelo, mejoran la distribución, profundidad de siembra y permiten espigas más uniformes, aumentando la producción de granos (Mangas *et al.*, 2009).

Maddonni y Otegui (2004), determinaron que dentro de un stand de plantas de maíz conformado por individuos genéticamente idénticos, se establecen jerarquías de individuos (dominados y dominantes) principalmente cuando se producen nacimientos no uniformes. En este sentido es importante destacar que los individuos que crecen desde el estado de plántula con mayor desarrollo sobre los otros, son siempre más grandes y dominantes (Bragachini *et al.*, 2002).

Cuando una deficiente implantación da como resultado un cultivo irregular, las chances de que las plantas de maíz encuentren un exceso o un déficit de recursos aumenta.

La desuniformidad espacial de las plantas a lo largo del surco y la emergencia irregular han sido identificadas como los factores más importantes en la variabilidad de producción de biomasa entre las plantas adultas; además, se mostró que la variabilidad en la emergencia reduce el rendimiento de granos por la baja fertilidad de las plantas emergidas tardíamente. Éste cultivo irregular, tiene plantas dominantes que son potencialmente los individuos más fértiles de la población, y las diferencias entre el número de granos por planta entre las jerarquías extremas se amplifican cuando aumenta el estrés (Maddonni y Otegui, 2006). El efecto de la desuniformidad de plantas sobre el rendimiento del cultivo de maíz está asociado a la magnitud del déficit o exceso de recursos por individuo (Vega *et al.*, 2001; Andrade y Abbate, 2005).

Las ruedas contactadoras de semillas, posicionadas inmediatamente detrás de la caída de semilla, son de gran eficacia, en especial cuando la siembra se hace bajo condiciones de escasa humedad en el suelo. En maíz, Maroni *et al.*, (2004) demostraron que el uso de las ruedas contactadoras incrementa significativamente la emergencia temporal de las plantas.

Las ruedas contactadoras de semillas mejoran la uniformidad de distribución pues le confiere a las semillas una posición fija sobre el fondo del surco y evita que las ruedas tapadoras las muevan al pasar sobre ellas. Sin embargo, cuando se incrementa la velocidad se incrementan las fallas y las duplicaciones, debido a que algunas semillas son desplazadas de su ubicación original por la misma rueda con suelo húmedo adherido en su periferia. Cuando se usa lengüeta plástica como órgano que contacta la semilla con el suelo, la germinación es más rápida, pareja y la sobrevivencia de las plantas nacidas es mayor. Es decir se logra la población más alta, mejor distribuida y de nacimiento más rápido. La calidad de distribución sólo es afectada cuando la velocidad de avance es muy alta (De Simone y Godoy, 2008).

Staggenborg *et al.*, (2004) evaluaron el efecto de la velocidad de avance y el mecanismo para contactar las semillas sobre la emergencia, distribución y rendimiento del maíz. El ensayo lo realizaron con una sembradora equipada con dosificador neumático, lengüeta plástica para contactar la semilla y con otra sembradora con dosificador neumático, pero sin sistema para contactar semilla; se ensayaron 3 velocidades (6,4; 9,7 y 12,9 km  $hs^{-1}$ ) y dos híbridos de maíz. Los resultados indicaron que la lengüeta plástica reduce el desvío estándar de la distribución de plantas e incrementó la densidad de plantas logradas; mientras que con mayor velocidad se redujo la cantidad de semillas sembradas e incrementó el desvío estándar de la distribución. Concluyendo que todo incremento de la velocidad reduce el

rendimiento del dosificador mientras que la lengüeta plástica mejora el contacto de la semilla con el suelo, reduce las fallas y permite lograr un stand de plantas mayor.

En un ensayo realizado por De Simone y Godoy (2009), en Salta, en el cual se sembró poroto blanco con dosificador mecánico a tres velocidades, con ruedas compresoras de semilla, sin ellas y con lengüeta plástica; se evaluó número y distancia de semillas y plantas, fenología, profundidad de siembra y rendimiento. Observaron disminuciones en el número de semillas y plantas al aumentar la velocidad; al emplear la lengüeta mejoró la distribución, agilizó la emergencia, produjo una población mayor; disminuyó la profundidad de siembra y generó mayor número de ramas  $m^{-1}$ . El incremento de la velocidad en suelo muy húmedo sin usar la rueda aumentó las duplicaciones, con ella además se incrementaron las fallas. La lengüeta no deterioró la calidad de distribución y favoreció la emergencia y supervivencia de las plantas. Sin embargo, la disminución de la velocidad no aumentó el rinde, pues generó una población superior a la necesaria. Se podría reducir la cantidad de semilla a sembrar en un 20%. Otro experimento en el que evaluaron distintas velocidades, dos densidades de siembra de poroto blanco y negro con una sembradora con dosificador neumático, concluyeron que el número de semillas de poroto negro no se afectó al aumentar la velocidad, en cambio, en poroto blanco disminuyó (densidad más alta) con una calidad de distribución inferior (fallas). La lengüeta dio mejor resultado en ambos, agilizó la emergencia y produjo una mayor población mejor distribuida.

En ensayos realizados en la región semiárida central de la provincia de Córdoba con el cultivo de maíz y una sembradora neumática, en el que se compararon diferentes velocidades de siembra (4, 7 y 9  $km\ hs^{-1}$ ) y su efecto sobre la competencia entre plantas causada por su distribución desuniforme, encontraron que al pasar de 7 a 9  $km\ hs^{-1}$  se produce una disminución del 2,3 % en el rendimiento del cultivo correlacionado con 8,37 cm de desvío estándar en la distribución de las plantas. Ello se debería a que el distribuidor de semilla no se carga correctamente y las semillas rebotan en el fondo del surco. También registran datos que reflejan menos plantas logradas conforme se incrementa la velocidad de siembra. Del análisis económico realizado surge que la pérdida derivada de sembrar a alta velocidad afecta negativamente el margen neto, vale decir que se pierde dinero por sembrar muy rápido. Sin embargo, el análisis no considera que la magnitud de la inversión incide sobre la rentabilidad a través de las amortizaciones; este análisis simple puede ser útil para quien contrata el servicio de siembra (Bragachini, 2007).

La velocidad de trabajo afecta tanto la dosificación como la distribución, ya que velocidades de siembra por encima de 4  $km\ hs^{-1}$  producen un aumento del desvío estándar en

la distribución de las plantas y el peso de las espigas; disminuyendo el rendimiento en grano (Balboa *et al.*, 2010).

Nielsen (1993), luego de seis años de estudios sobre la distribución espacial en cultivos de maíz, concluyó que, para el estado de Indiana (EE. UU), por cada cm de desvío estándar por encima de cinco, se pierden 62 kg ha<sup>-1</sup> del rendimiento potencial. Sin embargo investigaciones de Liu *et al.*, (2004) determinaron que bajo un nivel moderado de la variabilidad del espaciamiento de la planta (desviación estándar a partir del 2,5 a 17,5 centímetros) no producían interacciones significativas entre la variabilidad del espaciamiento de la planta dentro de la fila y la producción del grano.

Antecedentes de Bragachini *et al.*, (2002), en un ensayo realizado con una sembradora neumática en EEA INTA Manfredi bajo condiciones normales de producción y evaluando la respuesta del rendimiento a la velocidad de siembra, se estableció un desvío estándar (DS) de 7,7 y de 12,4 cm al pasar de 6 a 9 km hs<sup>-1</sup>, provocando una disminución del rendimiento de 660 kg ha<sup>-1</sup> con un rendimiento promedio de 10000 kg ha<sup>-1</sup>.

## HIPÓTESIS

El sistema de contactación de semillas ruedas contactadoras logrará una mayor eficiencia y uniformidad de siembra que el sistema de lengüeta plástica a mayores velocidades.

## OBJETIVO GENERAL

Comparar dos sistemas diferentes de contactación o fijación de la semilla (sistema de rueda contactadora y sistema de lengüeta plástica) en la línea de siembra utilizando una sembradora de siembra directa con dosificación neumática a distintas velocidades de avance en la siembra de maíz.

### Objetivos específicos

Evaluar la eficiencia de siembra, teniendo en cuenta los dos sistemas de fijación de semilla y las distintas velocidades de avance.

Estimar las pérdidas de rendimiento potencial según la fórmula de Nielsen para los distintos sistemas de fijación de semilla y las distintas velocidades de avance de la sembradora.

Evaluar qué tipo de órgano contactador permite mantener la uniformidad espacial de la semilla a mayor velocidad de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la campaña 2016-2017, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (U.N.R.C), situado en la ciudad de Río Cuarto, provincia de Córdoba (República Argentina), sobre la Ruta Nacional N° 36, km 601 (Latitud Sur de 33° 07', Longitud Oeste de 64° 18', y a 421 m.s.n.m.).

El clima está caracterizado por un régimen de precipitaciones de tipo monzónico, que concentra el 80% de las lluvias desde octubre hasta abril. La precipitación media anual es de 800 mm para la serie 1977-2006, (Servicio de Agrometeorología, 2008). El régimen termico es mesotermal. La temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23 °C con una máxima absoluta de 39,5 °C. La amplitud térmica media anual es de 13,9 °C. La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo y la fecha media de la última helada es el 12 de septiembre, siendo el período libre de heladas en promedio de 255,7 días ( Seiler *et al.*, 1995).

El cultivo antecesor, en el lote donde se realizó la experiencia, fue soja, previo a la siembra se realizó una aplicación de glifosato (3 l ha<sup>-1</sup>) para tener un lote libre de malezas que pudieran generar competencia al cultivo. En la Figura 1 se presenta una imagen del lote donde se hizo el ensayo. La siembra se realizó el día 22 de diciembre del 2016 con una sembradora neumática de nueve líneas de siembra a 0,525 m entre ellas, en siembra directa, a las velocidades de 5, 7 y 9 km hs<sup>-1</sup>. Se utilizó una densidad de 70000 semillas ha<sup>-1</sup>, con semilla de maíz híbrido (Dekalb 7210 VT3P).

El tren de siembra estuvo compuesto por: cuchilla microlabranza tipo turbo, doble disco abresurco, doble rueda niveladora de profundidad, ruedita como órgano contactador de semillas o lengüeta plástica (dependiendo del cuerpo de siembra observado) y doble rueda tapadora con disco estrellado. En la Figura 2 se presenta la disposición de los órganos contactadores.



**Figura 1.** Imagen satelital en la que se aprecia el lote donde se realizó el ensayo.



**Figura 2.** Disposición de los órganos contactadores de semilla en la sembradora.

Diseño experimental y tratamientos.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con seis tratamientos y siete repeticiones.

Se diseñaron 14 parcelas principales de 2,3 m de ancho y 75 m de largo, divididas en tres subparcelas de 25 m en los cuales se realizó la siembra con ambos sistemas de contactación de semillas a velocidades de 5, 7 y 9 km hs<sup>-1</sup> distribuidas al azar.

El factor principal fue el órgano contactador con dos niveles (lengüeta plástica y rueda contactadora) y el secundario la velocidad de siembra con tres niveles (5,7 y 9 km hs<sup>-1</sup>).

Determinación de las variables a medir:

Control cinemático de uniformidad de distribución sobre la línea: Se obtuvo el índice de dispersión de espaciamiento entre plantas, como un factor que, conjuntamente con las fallas y duplicaciones, inciden en la competencia entre plantas y por ende en la existencia de plantas dominadas, lo que influye finalmente en la producción de granos, definiendo en elevada medida el comportamiento de una máquina. Estas variables dependerán exclusivamente del órgano contactador utilizado, ya que se utilizó un solo tren de siembra con los dos sistemas de fijación.

Índice de dispersión: Se calculó a través del desvío estándar, según la ecuación 1.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Ecuación 1, donde:

S= Índice de dispersión.

$x_i$ = Valor real entre dos semillas consecutivas.

$\bar{X}$ =Valor promedio entre la distancia de dos semillas consecutivas.

n= Número de datos.

Coefficiente de variación, según la ecuación 2

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Ecuación 2, donde:

CV= Coeficiente de variación.

S=Desvío estándar.

$\bar{X}$ =Media poblacional.

Fallas de acuerdo a la ecuación 3

$$\text{Cuando } x_i > (1,5 * X)$$

Ecuación 3, donde:

$x_i$ = Valor real entre dos semillas consecutivas.

x= valor teórico entre dos semillas consecutivas, en este caso 270 mm.

Duplicaciones, según la ecuación 4

$$\text{Cuando } xi < (0,5 * X)$$

Ecuación 4

Población lograda (n° de plantas emergidas ha<sup>-1</sup>), según ecuación 5

$$PL = \frac{x * 10000}{5,25}$$

Ecuación 5, donde:

PL: Plantas logradas.

x= Recuento de plantas emergidas en 10 metros lineales.

Eficiencia de siembra (n° de plantas emergidas relacionadas a la cantidad de semillas sembradas), según ecuación 6

$$ES = \frac{x * 100}{70000}$$

Ecuación 6, donde:

ES= Eficiencia de Siembra.

x= Número de plantas emergidas ha<sup>-1</sup>.

Pérdida teórica de rendimiento (Nielsen), según ecuación 7

$$PTR = (S - 0,05) * 6200$$

Ecuación 7, donde:

PTR= pérdida teórica de rendimiento según Nielsen.

S= Desvío estándar en cm.

Las variables porcentaje de datos correctos, fallas, duplicaciones y eficiencia de siembra fueron estudiadas a partir de un análisis multivariado de componentes principales.

Todas las demás variables variables fueron analizadas mediante ANAVA, utilizando el programa Info-Stat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

En el análisis estadístico de los datos se probaron los cuatro supuestos y no se pudo comprobar que todas las variables presentaran una distribución normal y homogénea, por lo que hizo falta una transformación de datos. Debido a la necesidad de transformar los datos se decidió realizarla utilizando Ln (logaritmo natural) en todas las variables analizadas.

También se realizó un análisis multivariado de componentes principales para analizar las variables, ya que se observó la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre bloques.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al observar el Cuadro 1 se pueden apreciar los valores obtenidos de desvío estándar, población lograda, distancia media entre plantas, coeficiente de variación, pérdida teórica de rendimiento según ecuación de Nielsen, porcentaje de fallas, porcentaje de duplicaciones, porcentaje de datos correctos y eficiencia de siembra en función de cada uno de los diferentes tratamientos realizados a campo.

**Cuadro 1.** Valores obtenidos de desvío estándar (SD), población lograda (plantas ha<sup>-1</sup>), distancia media entre plantas, coeficiente de variación (CV), pérdida teórica de rendimiento según ecuación de Nielsen, porcentaje de fallas, porcentaje de duplicaciones, porcentaje de datos correctos y eficiencia de siembra en los dos tipos de sistemas de contactación de semillas (lengüeta plástica y rueda contactadora) y en las tres velocidades evaluadas (5, 7 y 9 km hs<sup>-1</sup>) en el ensayo.

Mediciones	Tratamientos: Sistema de contactación*Velocidad (km hs <sup>-1</sup> )					
	C5	C7	C9	R5	R7	R9
SD medio (m)	0,0522 (A)	0,0493 (A)	0,0568 (A)	0,0486 (A)	0,0474 (A)	0,0540 (A)
Población lograda (n° de plantas emergidas ha <sup>-1</sup> )	54570,73 (C)	53896,32 (C)	46220,59 (A)	56570,73 (D)	58340,06 (E)	49101,64 (B)
Distancia media entre plantas (m)	0,2742 (B)	0,2707 (A)	0,2758 (C)	0,2718 (A)	0,2730 (B)	0,2719 (A)
CV medio %	0,0028 (A)	0,0025 (A)	0,0034 (A)	0,0024 (A)	0,0023 (A)	0,0029 (A)
Pérdida teórica de rendimiento potencial según la fórmula de Nielsen (kg ha <sup>-1</sup> )	25,19 (A)	21,93 (A)	49,94 (A)	7,27 (A)	8,79 (A)	29,86 (A)
% de datos considerados fallas (> de 0,405 m de distancia)	12,18	14,09	19,66	11,35	9,26	16,45
% de datos considerados duplicaciones (< de 0,135 m de distancia)	2,48	0,4	3,5	1,63	2,08	2,27
% de datos considerados correctos (0,135-0,405 m de distancia)	85,34	85,52	76,84	87,02	88,66	81,28
Eficiencia de siembra (n° de plantas emergidas ha <sup>-1</sup> /n° de semillas sembradas ha <sup>-1</sup> )	88,24	84,74	79,3	88,24	90,57	82,02

C5, C7, C9: sistema de contactación lengüeta plástica a 5, 7 y 9 km hs<sup>-1</sup>, respectivamente.; R5, R7, R9 sistema de contactación ruedita contactadora 5, 7 y 9 km hs<sup>-1</sup>; SD: desvío estándar; CV: coeficiente de variación. En filas, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05\%$ ) según test de Duncan.

Los valores obtenidos en este cuadro muestran que se encontraron diferencias estadísticamente significativas para población lograda y distancia media entre plantas en función de los tratamientos sistema de contactación y velocidad al mismo tiempo.

Para el caso de desvío estándar, coeficiente de variación medio y pérdida teórica del rendimiento no se encontraron diferencias estadísticamente significativas según ANAVA. Por ende, estas variables solo fueron analizadas en función del factor velocidad; ya que para el factor sistema de contactación tampoco demostraron diferencias estadísticamente significativas.

En las variables porcentaje de datos correctos, fallas, duplicaciones y eficiencia de siembra no se realizó un análisis de la varianza, las mismas fueron estudiadas a partir de un análisis de componentes principales. Éste análisis se encuentra desarrollado más adelante.

Al observar el cuadro 2 se pueden apreciar los valores de índice de dispersión, coeficiente de variación y pérdida teórica de rendimiento según Nielsen en función del tratamiento velocidad.

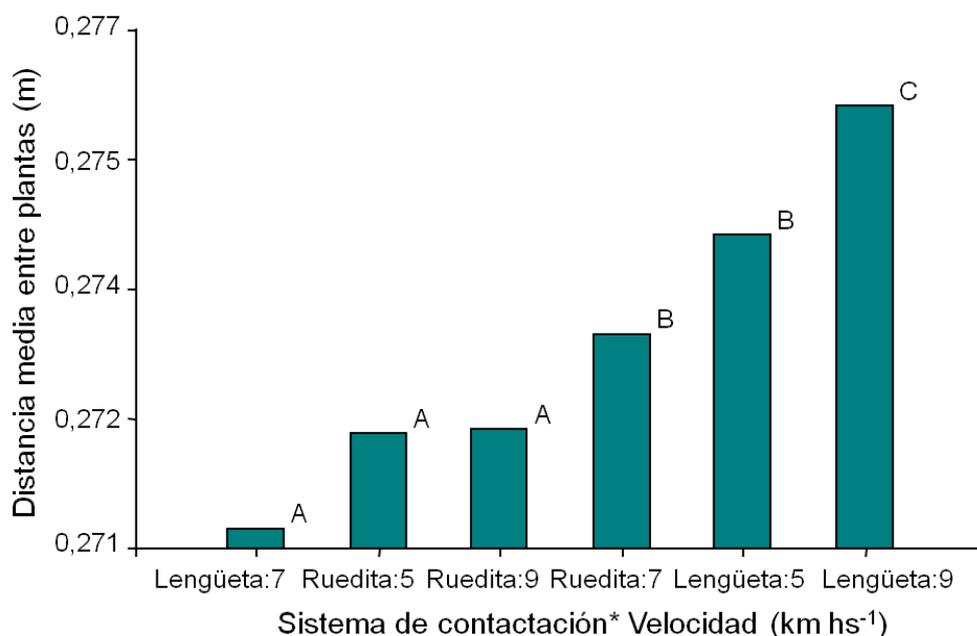
**Cuadro 2.** Valores obtenidos a partir de las diferentes velocidades de avance de la sembradora.

Mediciones	Tratamientos: Velocidad		
	5 km hs <sup>-1</sup>	7 km hs <sup>-1</sup>	9 km hs <sup>-1</sup>
SD medio (m)	0,0504(B)	0,0483(A)	0,0553 (C)
CV medio %	0,0026 (B)	0,0024 (A)	0,0031 (C)
Pérdida teórica de rendimiento potencial según la fórmula de Nielsen (kg ha <sup>-1</sup> )	16,11 (A)	15,06 (A)	39,47 (B)

SD: desvío estándar; CV: coeficiente de variación. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) según test de Duncan.

Los valores obtenidos en este cuadro muestran que para desvío estándar, coeficiente de variación medio y pérdida teórica de rendimiento según Nielsen se encontraron diferencias estadísticamente significativas en función de la velocidad evaluada. Cada variable se encuentra desarrollada individualmente más adelante.

En la figura 3, se puede observar la distancia media entre plantas según el tipo de sistema de contactación y la velocidad de avance de la sembradora

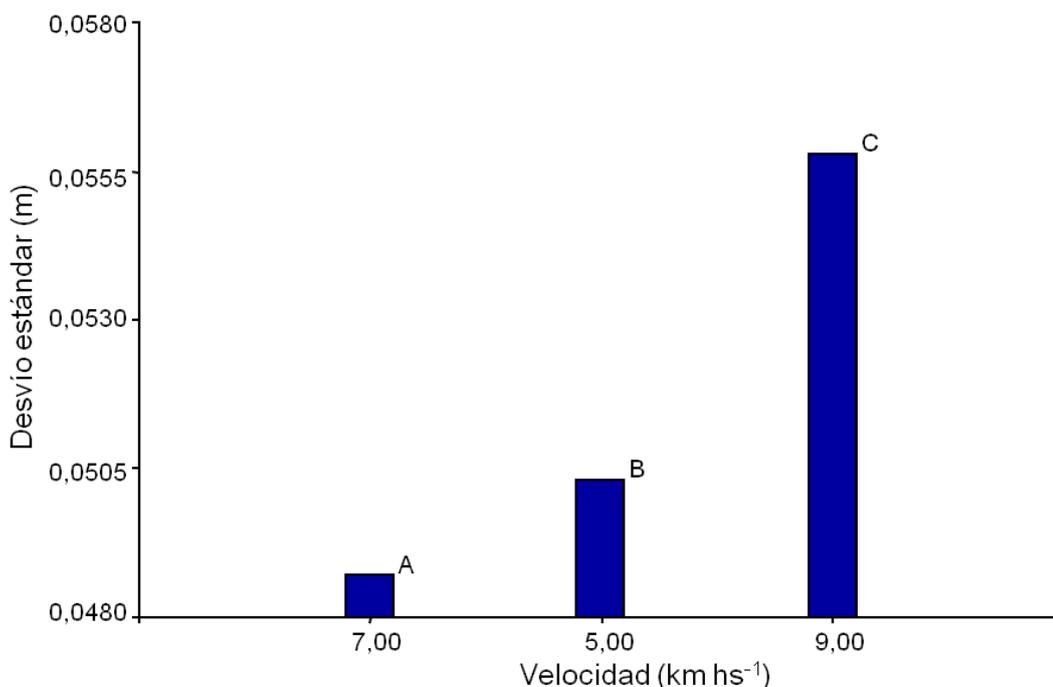


**Figura 3.** Distancia entre plantas según el tipo de sistema de contactación y la velocidad de avance. Lengüeta5: Sistema de contactación tipo lengüeta plástica a 5 km hs<sup>-1</sup>, Lengüeta7: Sistema de contactación tipo lengüeta plástica a 7 km hs<sup>-1</sup>, Lengüeta9: Sistema de contactación tipo lengüeta plástica a 9 km hs<sup>-1</sup>, Ruedita5: Sistema de contactación tipo ruedita contactadora a 5 km hs<sup>-1</sup>, Ruedita7: Sistema de contactación tipo ruedita contactadora a 7 km hs<sup>-1</sup>, Ruedita9: Sistema de contactación tipo ruedita contactadora a 9 km hs<sup>-1</sup>. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05\%$ ) según test de Duncan.

En la Figura 3 se puede observar que los tres tratamientos que más se aproximaron a la distancia media entre plantas teórica fueron Lengüeta 7, Ruedita 5 y Ruedita 9, diferenciándose estadísticamente de los demás, luego los siguieron los sistemas de Ruedita 7 y Lengüeta 5, mientras que el sistema, lengüeta a 9 km hs<sup>-1</sup> fue el que mayor distancia presentó.

Según los resultados encontrados en este estudio para una velocidad de 7 km hs<sup>-1</sup> el sistema lengüeta plástica presentó valores de separación de semillas similares al sistema ruedita contactadora a una velocidad de 5 y 9 km hs<sup>-1</sup>, esto discrepa con lo encontrado por De Simone y Godoy (2008), quienes sostienen que cuando se utiliza la lengüeta plástica se obtiene una población mejor distribuida y en este caso no se encontraron diferencias al utilizar lengüeta o ruedita.

El desvío estándar obtenido no varió ni por efecto del órgano contactador, ni por la interacción entre el órgano contactador y la velocidad de siembra; pero si fue afectado ( $p \leq 0,0001$ ) por la velocidad de avance de la sembradora.



**Figura 4.** Desvío estándar medio de la distancia entre plantas, según la velocidad de avance de la sembradora. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05\%$ ) según test de Duncan.

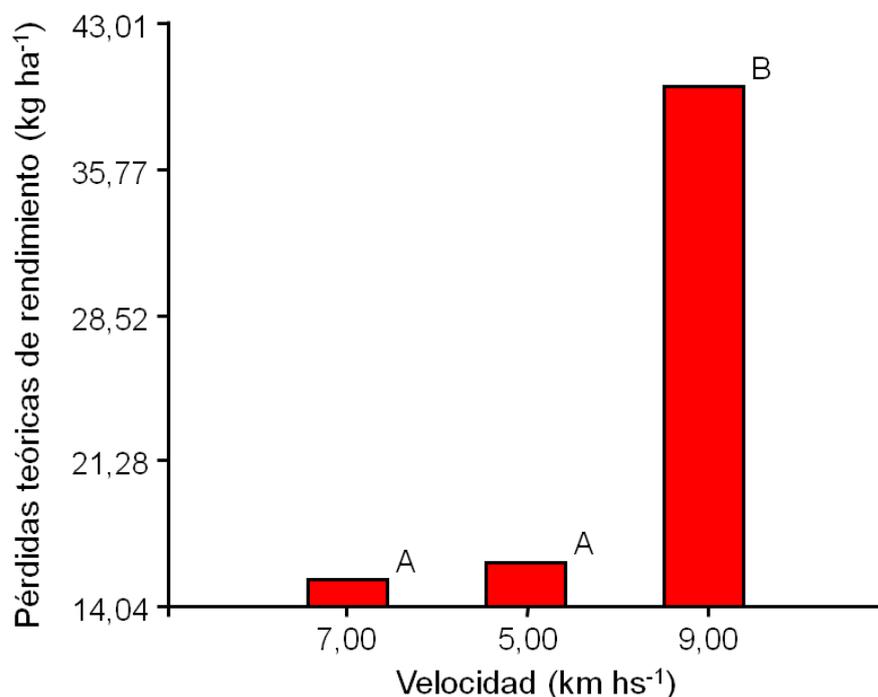
Al comparar el índice de dispersión (DS) a distintas velocidades se puede observar que cuando la velocidad de avance se incrementa de 5 a 7 km hs<sup>-1</sup> el desvío estándar disminuye, pero cuando aumenta de 7 a 9 km hs<sup>-1</sup> el desvío estándar aumenta. Por ende, se puede decir que la velocidad de avance de 7 km hs<sup>-1</sup> es en la cual se observa el menor desvío estándar.

En este caso la velocidad de 7 km hs<sup>-1</sup> fue en la cual se observó el menor desvío estándar, esto discrepa con lo encontrado por Mangas *et al.*, (2009) en el sentido que a una menor velocidad de siembra se obtiene una mejor distribución de plantas, ya que en este caso de estudio la menor velocidad (5 km hs<sup>-1</sup>) no presento los menores valores. También discrepa con lo encontrado por Balboa *et al.*, (2010), ya que velocidades de siembra por encima de 4

km  $hs^{-1}$  producen un aumento del desvío estándar en la distribución de las plantas y el peso de las espigas; disminuyendo el rendimiento en grano.

Las posibles causas del efecto de la velocidad de avance de la sembradora utilizada en el estudio se pueden resumir en que el tubo de descarga de la semilla es curvo y el ángulo de caída de la misma a la velocidad de 7 km  $hs^{-1}$  es donde menos contacto tiene con las paredes del mismo, por ende, es donde menos desvío estándar se produce. Cuando la velocidad es superior o inferior los impactos en el tubo de descarga aumentan y por ende lo hace el desvío estándar (Bragachini, 2007).

En cuanto a la pérdida de rendimiento estimada, se pudo observar que no hubo efecto significativo del órgano contactador ( $p=0,1685$ ) ni de la interacción de este con la velocidad de siembra ( $p=0,0543$ ). La pérdida de rendimiento solo fue afectada por la velocidad de siembra ( $p\leq 0,0001$ ), en la Figura 5 se presenta la pérdida de rendimiento estimada de acuerdo a la velocidad de siembra.



**Figura 5.** Pérdidas de rendimiento potencial según la fórmula de Nielsen en relación a la velocidad de avance de la sembradora. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p\leq 0,05\%$ ) según test de Duncan.

Al comparar las pérdidas de rendimiento potencial a distintas velocidades se puede observar que cuando la velocidad de avance se incrementó de 5 a 7 km  $hs^{-1}$  las pérdidas de

rendimiento potencial no aumentaron, pero cuando se aumentó la velocidad de avance de la sembradora a  $9 \text{ km hs}^{-1}$ , las pérdidas de rendimiento potencial aumentaron significativamente.

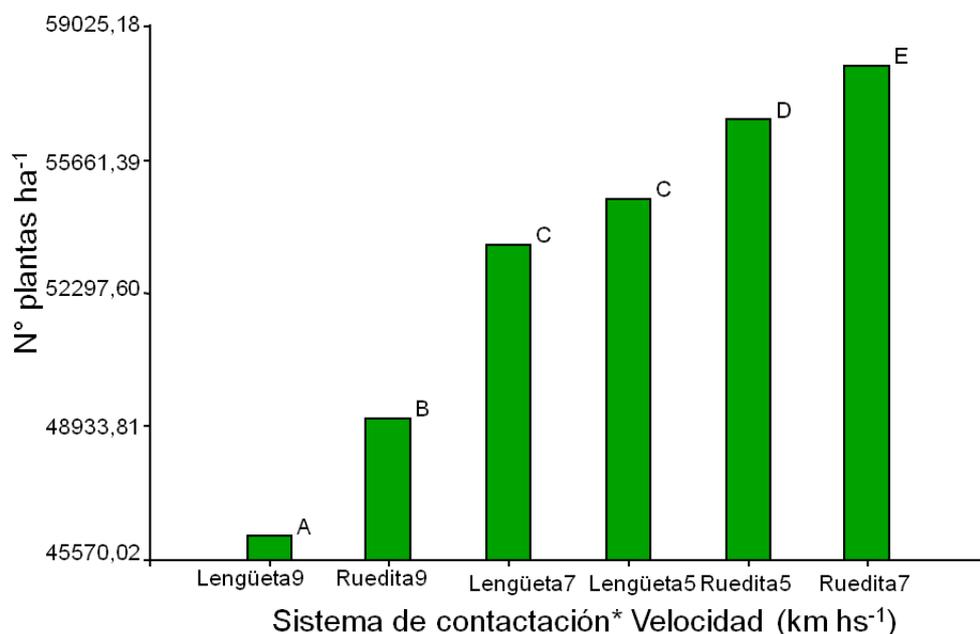
Al relacionar la pérdida de rendimiento con el desvío estándar, se observó que a medida que se aumenta la velocidad, aumenta la pérdida de rendimiento en todos los tratamientos de campo; las pérdidas entre  $5$  y  $7 \text{ km hs}^{-1}$  no tuvieron diferencias estadísticamente significativas, pero si se registraron mayores pérdidas al aumentar la velocidad a  $9 \text{ km hs}^{-1}$ .

Esta pérdida de rendimiento podría adjudicarse a que cuando el stand de plantas es desuniforme, la sobredensidad ejerce un efecto de competencia apareciendo plantas dominantes y dominadas. Generalmente estas últimas no pueden recuperarse al avanzar su ciclo y como consecuencia sufren un importante aborto de granos durante su floración, provocando una caída del rendimiento (Bragachini *et al.*, 2002).

La variabilidad en la distribución de las plantas puede ser causada por una excesiva velocidad de siembra, ya que las altas velocidades incrementan la velocidad de caída de las semillas en los tubos de descarga y la velocidad instantánea de llegada al suelo, con lo cual la disposición espacial pierde uniformidad (Bragachini *et al.*, 2002).

En los Estados Unidos, Nielsen (1993) señala que se pierden aproximadamente  $62 \text{ kg ha}^{-1}$  de rendimiento potencial de maíz, por cada centímetros de incremento en el desvío estándar de la distancia entre plantas por encima de cinco. Cabe aclarar que en un trabajo realizado por Balboa *et al.*, (2010), en la zona rural de General Levalle (sur de la provincia de Córdoba), obtuvieron pérdidas de rendimiento superiores a las de Nielsen siendo estas de  $181 \text{ kg h}^{-1}$  por cada centímetro de aumento del SD por encima de  $8 \text{ cm}$ ; éste valor ( $8 \text{ cm}$ ), puede ser más desuniforme en altas que en bajas densidades, por lo tanto, se considera más apropiado transformar este valor en el coeficiente de variación que incluye a la distancia promedio.

Al analizar el número de plantas logradas, se observó un efecto de interacción entre órgano contactador y velocidad de siembra ( $p \leq 0,028$ ). En la figura 6, se lo puede observar.



**Figura 6.** Número de plantas logradas por hectárea, según el tipo de sistema de contactación y la velocidad de avance. Lengüeta5: Sistema de contactación tipo lengüeta plástica a 5 km hs<sup>-1</sup>, Lengüeta7: Sistema de contactación tipo lengüeta plástica a 7 km hs<sup>-1</sup>, Lengüeta9: Sistema de contactación tipo lengüeta plástica a 9 km hs<sup>-1</sup>, Ruedita5: Sistema de contactación tipo ruedita contactadora a 5 km hs<sup>-1</sup>, Ruedita7: Sistema de contactación tipo ruedita contactadora a 7 km hs<sup>-1</sup>, Ruedita9: Sistema de contactación tipo ruedita contactadora a 9 km hs<sup>-1</sup>. Las barras representan la media de los seis tratamientos. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05\%$ ) según test de Duncan.

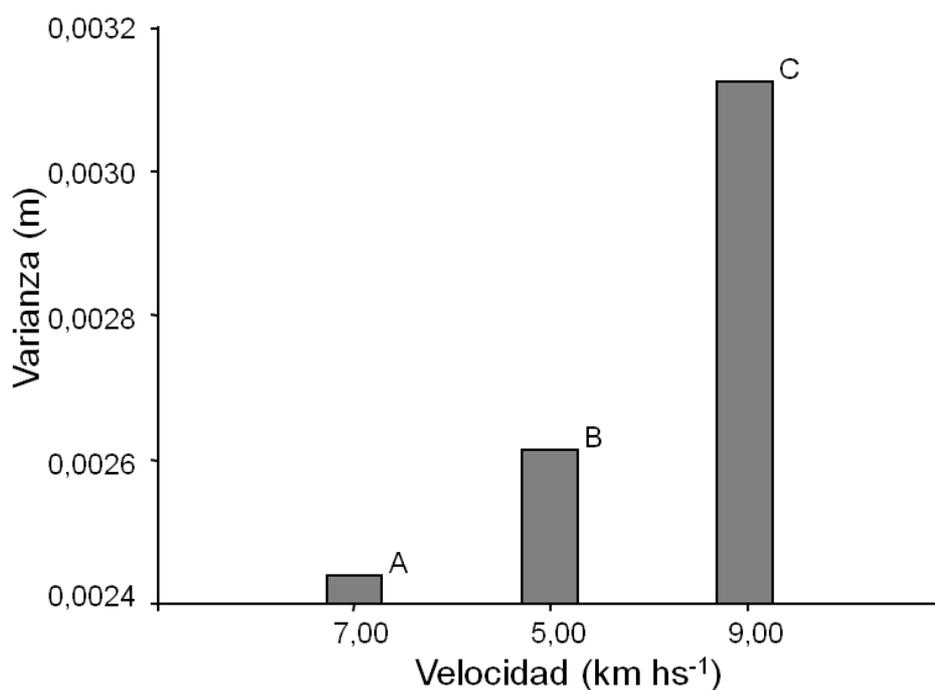
En la figura anterior se observa que el sistema de lengüeta plástica a 9 km hs<sup>-1</sup> fue el que menor número de plantas logradas se obtuvieron, seguido por el sistema ruedita a la misma velocidad, los sistemas de lengüeta plástica a las velocidades de 5 y 7 km hs<sup>-1</sup>, mientras que el mayor número de plantas logradas se obtuvo en el sistema ruedita a 7 km hs<sup>-1</sup>, lográndose con este mismo sistema a 5 km hs<sup>-1</sup> una población inferior que a 7 km hs<sup>-1</sup> pero superior al otro sistema.

Al analizar el número de plantas por superficie, se observó que los tratamientos que más se acercaron al número de plantas teórico (70000 pl ha<sup>-1</sup>) fue el sistema de contactación

rueda contactadora a la velocidad de 7 km  $hs^{-1}$ , seguido por el de 5 km  $hs^{-1}$ . Esto se contradice con lo encontrado por De Simone y Godoy (2008), quienes encontraron que al utilizar el sistema de contactación lengüeta plástica se logra la población más alta, mejor distribuida y de nacimiento más rápido ya que en el caso bajo estudio, tanto a bajas como altas velocidades, el sistema de contactación rueda contactadora mantuvo un número de plantas más cercano al número teórico.

Estos resultados pueden estar dados por una mala regulación de la lengüeta plástica o por un posible mejor funcionamiento de la rueda contactadora en suelo franco arenoso y condiciones de humedad adecuada al momento de la siembra coincidiendo con Maroni *et al.*, (2004), el cual considera que las ruedas contactadoras de semillas, posicionadas inmediatamente detrás de la caída de semilla, son de gran eficacia, en especial cuando la siembra se hace bajo condiciones de escasa humedad en el suelo. Con respecto a la velocidad de avance de la sembradora utilizada en el estudio se pueden resumir en que el tubo de descarga de la semilla es curvo y el ángulo de caída de la misma a la velocidad de 7 km  $hs^{-1}$  es donde menos contacto tiene con las paredes del mismo, por ende, es donde menos desvío estándar se produce, se da la mayor uniformidad y por ende el mayor número de plantas. (Bragachini 2007).

Al analizar la varianza (CV medio) no se observaron diferencia estadísticamente significativa para la interacción entre las variables independientes sistema de contactación y velocidad, sobre la variable dependiente logaritmo natural de la varianza, pero si se encontró que la variable independiente velocidad afectó de manera significativa a esta variable dependiente ( $p \leq 0,0001$ ). En la figura 7, se puede observar como se ve afectado el Coeficiente de variación medio (varianza) por la velocidad de avance de la sembradora.

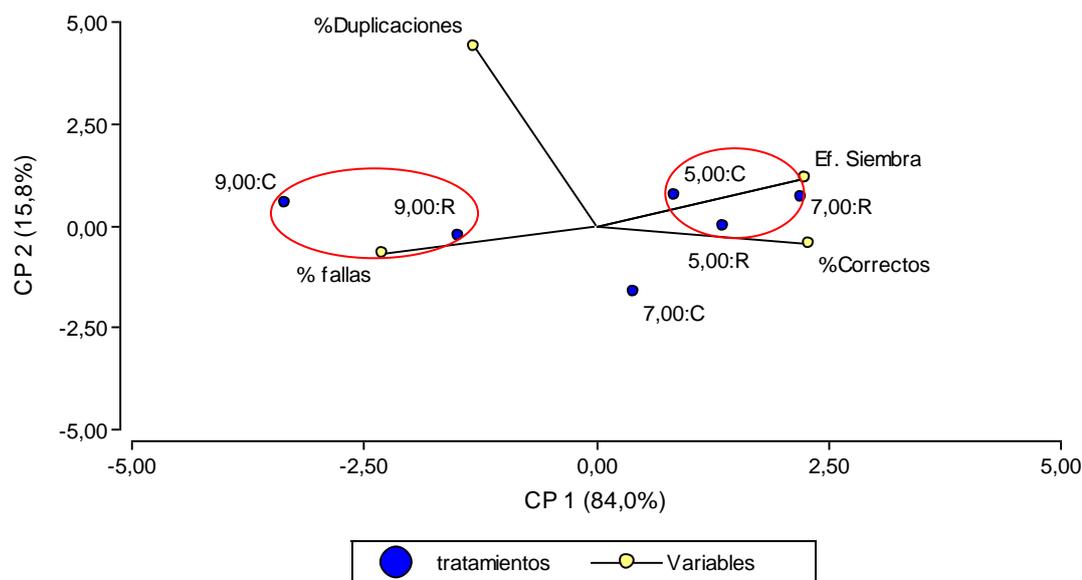


**Figura 7.** Varianza en relación a la velocidad de avance de la máquina sembradora. Letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan ( $p < 0,05$ ).

En La Figura anterior se puede observar que cuando la velocidad de avance se incrementa de 5 a 7 km hs<sup>-1</sup> la varianza disminuye, pero cuando aumenta de 7 a 9 km hs<sup>-1</sup> esta aumenta.

La velocidad de 7 km hs<sup>-1</sup> fue en la cual se observó el menor desvío estándar y varianza; discrepando con Mangas *et al.*, (2009) en el sentido que a una menor velocidad de siembra se obtiene una mejor distribución de plantas, ya que en este caso de estudio la menor velocidad (5 km hs<sup>-1</sup>) no presento los menores valores.

En la Figura 8 se presenta el biplot generado con las dos primeras componentes principales (CP) obtenidas del análisis de componentes principales (ACP) con cuatro variables en los seis tratamientos evaluados.



**Figura 8.** Análisis de componentes principales de cuatro variables en dos sistemas de contactación de semillas a tres velocidades de avance de la sembradora, es decir, seis tratamientos evaluados en la localidad de Río Cuarto, en el sur de la provincia de Córdoba, durante el ciclo agrícola 2016/2017. 5,7, 9: velocidad de siembra; C: lengüeta plástica; R: ruedita contactadora.

Las dos primeras componentes principales explicaron aproximadamente el 99,8% de la variabilidad total. La CP1 permitió separar las variables eficiencia de siembra y porcentaje de datos correctos de las variables porcentaje de fallas y porcentaje de duplicaciones. La CP1 explica el 84% de la variabilidad de los datos, por lo tanto la mayor variabilidad entre los tratamientos sistemas de contactación y velocidad de avance se explican con las variables que la afectan. En este gráfico también puede observarse la asociación entre las variables, determinada por la separación angular que forman sus proyecciones. La mayor asociación positiva está dada entre las variables eficiencia de siembra y porcentaje de datos correctos. Estas variables a su vez, presentaron leve asociación negativa con la variable porcentaje de duplicaciones y una fuerte asociación negativa con la variable porcentaje de fallas.

La distribución de los tratamientos en el biplot muestra que las siembras a la velocidad de avance de 7 km  $hs^{-1}$  y 5 km  $hs^{-1}$  utilizando el sistema de contactación rueda contactadora en ambos casos, se ubicaron en la zona positiva de la CP1 indicando su asociación con la eficiencia de siembra y porcentaje de datos correctos. Los tratamientos que se ubicaron en zonas negativas de la CP1 fueron el sistema de contactación lengüeta plástica a 9 km  $hs^{-1}$  y el sistema de contactación rueda contactadora a 9 km  $hs^{-1}$ ; estos son los que más se alejaron de eficiencia de siembra y porcentaje de datos correctos por lo tanto los que registraron los menores valores para estas variables.

Según se observa en el Cuadro 3, las variables que más contribuyeron a la CP1 en forma positiva fueron porcentaje de datos correctos y eficiencia de siembra. Mientras que

porcentaje de fallas fue la que más contribuyó en forma negativa. Por otro lado en la CP2 la variable que presentó mayores valores positivos fue el porcentaje de duplicaciones.

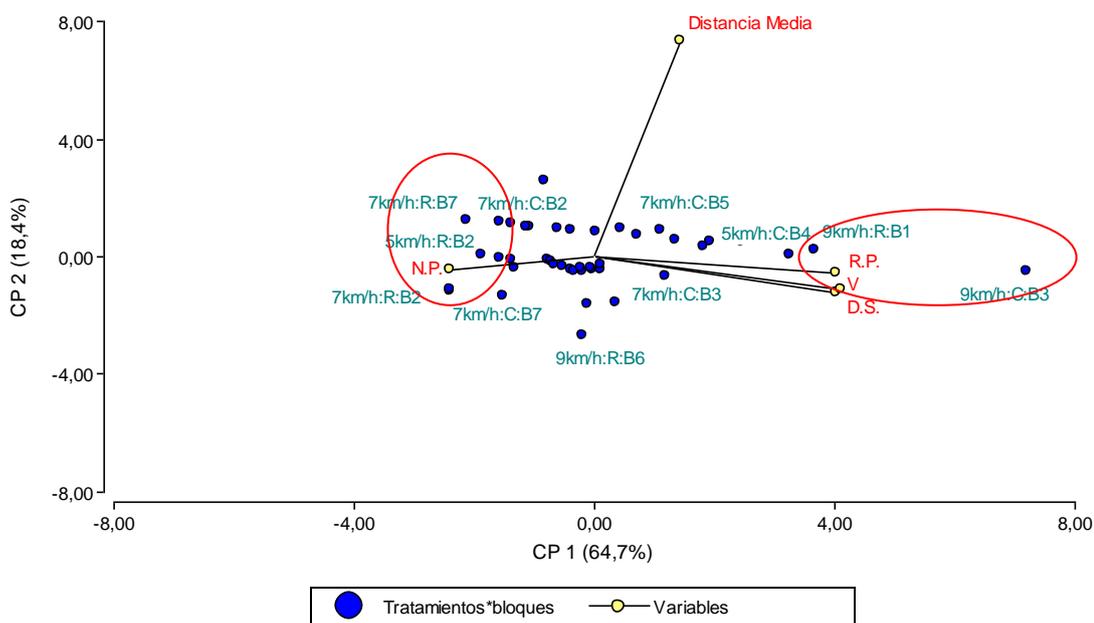
En lo que se refiere al porcentaje de datos considerados correctos, fallas y duplicaciones resulta evidente en el análisis multivariado diferenciar que a medida que se aumenta la velocidad de avance la proporción de espaciamientos considerados correctos tiende a disminuir y en mayor medida en el sistema de contactación lengüeta plástica o colita de castor, lo que se traducirá en una mayor proporción de fallas y duplicaciones. También se observa que al utilizar el sistema de contactación rueda contactadora a 7 y 5 km  $hs^{-1}$  obtenemos la mayor eficiencia de siembra y el mayor porcentaje de datos correctos; discrepando con De Simone y Godoy (2008).

**Cuadro 3.** Autovectores (e1 y e2) de cada variable en el análisis de componentes principales.

Autovectores		
Variables	e1	e2
% fallas	0,5	-0,25
%Duplicaciones	0,4	0,9
%Correctos	,55	2,00E-03
Ef. Siembra	,53	0,35

e1, e2; autovectores.

En la figura 9 se presenta el biplot del análisis multivariado de los componentes principales en bloques. Este análisis se realizó debido a la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre bloques.



**Figura 9.** Análisis de componentes principales de cuatro variables en dos sistemas de contactación de semillas a tres velocidades de avance de la sembradora y divididos en siete bloques. 5,7, 9: velocidad de siembra; C: Lengüeta plástica; R: ruedita compactadora; Bn: N° de Bloque. RP: Perdida de rendimiento teórico según la fórmula de Nielsen. V: Varianza. DS: Desvío estándar. NP: Número de plantas en 10 metros lineales por parcela. Distancia media: Distancia media entre plantas.

Las dos primeras componentes principales explicaron aproximadamente el 83,1% de la variabilidad total. La CP1 permitió separar las variables pérdida de rendimiento teórico, varianza y desvío estándar de las variables número de plantas en diez metros lineales. La CP1 explica el 64,7% de la variabilidad de los datos, por lo tanto la mayor variabilidad entre los tratamientos sistemas de contactación, velocidad de avance y bloque se explican con las variables que la afectan. La mayor asociación positiva está dada entre las variables pérdida de rendimiento teórico, varianza y desvío estándar. Estas variables a su vez, presentaron una fuerte asociación negativa con la variable número de plantas.

La distribución de los tratamientos en el biplot muestra que las siembras a la velocidad de avance de  $7\text{ km hs}^{-1}$  y  $5\text{ km hs}^{-1}$  utilizando el sistema de contactación rueda contactadora en ambos casos y  $7\text{ km hs}^{-1}$  utilizando el sistema de contactación tipo lengüeta plástica, se ubicaron en la zona negativa de la CP1 indicando su asociación con el número de plantas teórico. Los tratamientos que se ubicaron en zonas positivas de la CP1 fueron el sistema de contactación lengüeta plástica a  $9\text{ km hs}^{-1}$  y el sistema de contactación rueda contactadora a  $9\text{ km hs}^{-1}$ ; estos son los que más se alejaron del número de plantas teórico por

lo tanto los que registraron los menores valores para estas variables y mas se acercaron a los mayores valores de pérdidas de rendimiento teórico, varianza y desvío estándar.

Podemos observar que a pesar de que existan diferencias estadísticamente significativas entre bloques, los mismos no afectan al estudio realizado desde el punto de vista agronómico; ya que se observaron resultados semejantes a los obtenidos con el análisis estadístico de la varianza.

## CONCLUSIÓN

Sobre la base de estos resultados se puede concluir que existe una diferencia apreciable en la utilización de uno u otro tipo de sistema de contactación altamente relacionado a la velocidad de avance de la sembradora; observando que la siembra utilizando el sistema de contactación ruedita contactadora a la velocidad de  $7 \text{ km hs}^{-1}$  tiene ventajas para la mayoría de las variables analizadas.

El sistema de contactación de semillas ruedas contactadoras a la velocidad de  $7 \text{ km hs}^{-1}$  tiene un mayor número de plantas logradas, porcentaje de datos correctos y eficiencia de siembra que el sistema de lengüeta plástica a la misma velocidad.

Si se tiene en cuenta únicamente la velocidad de avance de la sembradora sin considerar el sistema de contactación utilizado podemos concluir que, la velocidad de avance de  $7 \text{ km hs}^{-1}$  tiene el menor desvío estándar y coeficiente de variación (varianza), en comparación con  $5$  y  $9 \text{ km hs}^{-1}$ .

Por último, al analizar las pérdidas teóricas de rendimiento potencial obtenidas según la fórmula Nielsen podemos concluir que la velocidad  $7 \text{ km hs}^{-1}$  es la adecuada para realizar la siembra; ya que junto con la velocidad de  $5 \text{ km hs}^{-1}$ , fueron donde las pérdidas se hicieron mínimas y por lo tanto, resulta conveniente realizar la siembra a  $7 \text{ km hs}^{-1}$  para aumentar la capacidad operativa del implemento.

## BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, F. H. y P. ABBATE. 2005 “Response of Maize and Soybean to Variability in Stand Uniformity”. *Agronomy journal* 97: 1263-1269.

BALBOA, G.R., ESPÓSITO, G.P., CASTILLO, C.A., BALBOA, R.G. y DE DESEO, G. 2010 Uniformidad espacial de plantación en maíz (*Zea mays* L.). En: IX Congreso Nacional de Maíz. Rosario. 17-19 de Noviembre. Consultado: 15/03/2016.

BRAGACHINI, M.; A. VON MARTIN; A. MENDEZ; F. PACIONI y M. ALFARO. 2002. “Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano.” Tercer taller de agricultura de precisión del cono sur. PROCISUR. Carlos Paz 17-19

BRAGACHINI, M. 2007. Siembra de maíz a diferentes velocidades – Evaluación de la densidad y uniformidad de siembra – EEA Manfredi – 17 pp. – Proyecto Agricultura de Precisión – [www.agriculturadeprecision.org](http://www.agriculturadeprecision.org) Consultado: 10/12/2016

DE SIMONE M. E. y A. GODOY, 2008. Calidad de implantación de maíz y poroto en relación al diseño y regulación de la sembradora p.19.

DE SIMONE M. E. y A. GODOY, 2009. Calidad de implantación de poroto (*Phaseolus vulgaris* L) en relación al diseño y regulación de la sembradora p. 1, 4, 7.

DI RIENZO, J. A., BALZARINI, M., CASANOVES, F., GONZALEZ, L., TABLADA, M., ROBLEDO, C. W. 2008. InfoStat/ Profesional versión 1.1. Cátedra de Estadística y Diseño. UNC.

LIU W., TOLLENAAR M., STEWART G. y DEEN W. 2004. “Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence”. *Crop Sci.* 44:847-854. En: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/44/3/847> Consultado: 02-02-2017.

MADDONNI, G.A. y M.E. OTEGUI. 2004. “Intra-specific competition in maize: Early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set”. *Field Crops Res.* 85:1-13.

MADDONNI, G.A. y M.E. OTEGUI. 2006. Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. *Field Crops Res.* 97, 155-166.

MANGAS, P., RESSIA, J.M., MENDIVIL, G., BALBUENA, R. H. 2009. Uniformidad en el establecimiento del cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) en distintos sistemas de labranza. En: Libro de resúmenes. X Congreso Argentino de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR. CADIR 2009. Rosario, Santa Fé, Argentina. Ed. N. Di Leo, S. Montico, G. Nardón. ISBN 978-950-673-747-4, p. 107.

MARONI, J.; F. ASENJO, C.; GARGICEVICH, A.; REPETTO, L.GONZÁLEZ, C., 2004. "Efectos de la utilización de ruedas contactadoras sobre la uniformidad y velocidad de emergencia del maíz". *Revista Agromensajes de la Facultad*, UNR; año V, n° 13, p.8 y en *Publicación Maíz*, Campaña 2003/04 N° 26; INTA, pp 67-69.

MARONI, R., 2005. *Revista agromensajes de la facultad*. Publicación cuatrimestral de la facultad de ciencias agrarias. U.N.R.

MARONI, J. y A. GARGICEVUCH. 2006. Consideraciones para lograr una siembra de calidad: "El caso Maíz" Programa de capacitación técnica y transferencia de Tecnología Argentina-Venezuela modulo de capacitación siembra y sembradoras; Pergamino (BA).

NIELSEN, R. L. 1993. Stand establishment variability in corn. AGRY-91-01. Agronomy Department. Purdue.

NIELSEN, R.L. 2001. "Stand establishment variability in corn". En: [http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01\\_v5.Pdf](http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01_v5.Pdf) (modified 34 Nov.2001; verified 1 Dec. 2003). Publ. AGRY-91-1. dep. of Agronomy, Purdue Univ., West Lafayette, IN. Consultado 10-12-2016.

NIELSEN, R.L. 2007. "Requirements for uniform germination and emergence of corn". Corny News Network, Purdue Univ. En: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/GermEmergReq.html>. Consultado: 10-10-2016.

SEILER, R. A., R. A. FABRICIUS, V. H. ROTONDO y M. G. VINOCUR. 1995. *Agroclimatología de Río Cuarto – 1974/1993*. Vol I. FAV. UNRC. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

STAGGENBORG, S.A., TAYLOR, R.K. y L.D. MADDUX, 2004. Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment – *Trans of the ASAE* 20(5): 573-580.

VEGA C.R.C.; F.H. ANDRADE y V.O. SADRAS. 2001. "Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize". *Field Crops Research* 72:163-175.

## ANEXOS

Resultado del ANAVA de la variable distancia media entre plantas

**Cuadro 4.** Análisis de datos del ensayo a campo, variable distancia media entre plantas.

LN\_Media

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LN_Media	1113	0,3	0,28	1,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0,3	17	0,02	27	<0,0001	
Compactador	0	1	0,01	1,22	0,3121	(Compactador*Bloque)
Bloque	0,2	6	0,03	51,3	<0,0001	
Compactador*Bloque	0,1	6	0,01	14,6	<0,0001	
Velocidad	0	2	0,01	8,98	0,0001	
Compactador*Velocidad	0	2	0,02	29,3	<0,0001	
Error	0,6	1095	5,8E-04			
Total	0,9	1112				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0006 gl: 1095

Velocidad	Medias	n	E.E.		
7	-1,3	394	1,20E-03	A	
5	-1,3	391	1,20E-03		B
9	-1,29	328	1,30E-03		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0006 gl: 1095

Compactador	Velocidad	Medias	n	E.E.	
Colita	7	-1,31	188	1,80E-03	A
Ruedita	9	-1,3	171	1,80E-03	A
Ruedita	5	-1,3	198	1,70E-03	A
Ruedita	7	-1,3	206	1,70E-03	B
Colita	5	-1,29	193	1,70E-03	B
Colita	9	-1,29	157	1,90E-03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Resultado del ANAVA de la variable desvío estándar

**Cuadro 5.** Análisis de datos del ensayo a campo, variable desvío estándar.  
LN\_D.E.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LN_D.E.	1113	0,65	0,65	3,1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	17,5	17	1,03	120	<0,0001	
Compactador	0,64	1	0,64	1,22	0,3124	(Compactador*Bloque)
Bloque	10,65	6	1,77	207	<0,0001	
Compactador*Bloque	3,14	6	0,52	61,04	<0,0001	
Velocidad	3,24	2	1,62	189,1	<0,0001	
Compactador*Velocidad	0,04	2	0,02	2,43	0,0881	
Error	9,39	1095	0,01			
Total	26,89	1112				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0086 gl: 1095

Velocidad	Medias	n	E.E.	
7	-3,03	394	4,70E-03	A
5	-2,99	391	4,70E-03	B
9	-2,9	328	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0086 gl: 1095

Compactador	Velocidad	Medias	n	E.E.	
Ruedita	7	-3,05	206	0,01	A
Ruedita	5	-3,03	198	0,01	B
Colita	7	-3,02	188	0,01	B
Colita	5	-2,96	193	0,01	C
Ruedita	9	-2,92	171	0,01	D
Colita	9	-2,88	157	0,01	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Resultado del ANAVA de la variable pérdida teórica de rendimiento

**Cuadro 6.** Análisis de datos del ensayo a campo, variable rendimiento perdido.

LN\_[Rendimiento perdido]

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LN_[Rendimiento perdido]	1113	0,6	0,57	26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	748,39	17	44	88,16	<0,0001	
Compactador	52,66	1	52,7	2,45	0,1685	(Compactador*Bloque)
Bloque	386,5	6	64,4	129	<0,0001	
Compactador*Bloque	128,9	6	21,5	43,02	<0,0001	
Velocidad	173,94	2	87	174,2	<0,0001	
Compactador*Velocidad	2,92	2	1,46	2,92	0,0543	
Error	546,79	1095	0,5			
Total	1295,18	1112				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4993 gl: 1095

Velocidad	Medias	n	E.E.
5	2,47	391	0,04 A
7	2,5	394	0,04 A
9	3,36	328	0,04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4993 gl: 1095

Compactador	Velocidad	Medias	n	E.E.
Ruedita	5	2,18	198	0,05 A
Ruedita	7	2,32	206	0,05 A
Colita	7	2,69	188	0,05 B
Colita	5	2,76	193	0,05 B
Ruedita	9	3,18	171	0,05 C
Colita	9	3,54	157	0,06 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Resultado del ANAVA de la variable número de plantas en 10 metros lineales

**Cuadro 7.** Análisis de datos del ensayo a campo, variable número de plantas.

LN\_N° Plantas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LN_N° Plantas	1113	0,5	0,47	3,6

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	14,25	17	0,84	59,54	<0,0001	
Compactador	1,08	1	1,08	1,57	0,257	(Compactador*Bloque)
Bloque	3,14	6	0,52	37,17	<0,0001	
Compactador*Bloque	4,14	6	0,69	48,97	<0,0001	
Velocidad	6,57	2	3,29	233,5	<0,0001	
Compactador*Velocidad	0,17	2	0,08	5,92	0,0028	
Error	15,41	1095	0,01			
Total	29,66	1112				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0141 gl: 1095

Velocidad	Medias	n	E.E.	
9	3,2	328	0,01	A
5	3,37	391	0,01	B
7	3,38	394	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0141 gl: 1095

Compactador	Velocidad	Medias	n	E.E.	
Colita	9	3,17	157	0,01	A
Ruedita	9	3,24	171	0,01	B
Colita	7	3,33	188	0,01	C
Colita	5	3,35	193	0,01	C
Ruedita	5	3,38	198	0,01	D
Ruedita	7	3,42	206	0,01	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Resultado del ANAVA de la variable varianza

**Cuadro 8.** Análisis de datos del ensayo a campo, variable varianza.

LN\_Varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

LN_Varianza	1113	0,7	0,65	3,1
-------------	------	-----	------	-----

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	69,98	17	4,12	120	<0,0001	
Compactador	2,56	1	2,56	1,22	0,3115	(Compactador*Bloque)
Bloque	42,6	6	7,1	206,9	<0,0001	
Compactador*Bloque	12,56	6	2,09	61,01	<0,0001	
Velocidad	12,94	2	6,47	188,6	<0,0001	
Compactador*Velocidad	0,17	2	0,08	2,42	0,089	
Error	37,58	1095	0,03			
Total	107,6	1112				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0343 gl: 1095

Velocidad	Medias	n	E.E.	
7	-6,07	394	0,01	A
5	-5,99	391	0,01	B
9	-5,8	328	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0343 gl: 1095

Compactador	Velocidad	Medias	n	E.E.	
Ruedita	7	-6,11	206	0,01	A
Ruedita	5	-6,05	198	0,01	B
Colita	7	-6,03	188	0,01	B
Colita	5	-5,92	193	0,01	C
Ruedita	9	-5,85	171	0,01	D
Colita	9	-5,76	157	0,01	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )