

Impacto Económico de la Siembra de Maíz a Alta Velocidad

Autores: Mario Bragachini¹; Andrés Méndez¹; Fernando Scaramuzza¹; Juan Pablo Vélez¹; Diego Villarroel¹.

*1. INTA Manfredi - Proyecto Agricultura de Precisión –
Ruta 9 km 636, (5988) Manfredi, Pcia. de Córdoba, Argentina. TE/Fax: 03572-493039/53/61*

e-mail: agprecision@correo.inta.gov.ar y agriculturadeprecision@yahoo.com.ar

Página web: www.agriculturadeprecision.org

RESUMEN: La elevada velocidad de siembra disminuye el rendimiento de la sembradora incrementando la variabilidad espacial de las plantas. La variabilidad espacial dentro de la hilera de maíz (*Zea mays* L.) puede reducir el rendimiento del cultivo a causa de la competencia intraespecífica. Para investigar la respuesta del maíz a la variabilidad de la distancia de plantas, se dirigió un ensayo en condiciones normales durante dos campañas consecutivas: 2006/2007 y 2007/2008 en un lote ubicado en la EEA INTA Manfredi (Córdoba). Para generar la variable se sembró a diferentes velocidades (6; 8 y 9,5 kilómetros por hora) con tres repeticiones. Se utilizó el Desvío Estándar, como índice de variabilidad, a mayor Desvío Estándar, mayor la variabilidad. La máxima variabilidad se obtuvo con la siembra a 9,5 kilómetros por hora como así también el menor rendimiento. El aumento del Desvío Estándar en promedio de los dos años fue de 0.60 cm. por cada kilómetro incrementado en la velocidad de siembra. La merma de rendimiento fue de 0.119 Toneladas por hectárea por cada centímetro en el incremento del Desvío Estándar. La pérdida económica debido a la disminución de la capacidad operativa al optar por la siembra a baja velocidad, se vio compensada por el incremento de la productividad del cultivo.

Palabras claves: variabilidad espacial, desvío estándar.

ECONOMIC IMPACT OF MAIZE SEEDED AT HIGH SPEED.

ABSTRACT: The high planting speed reduces the performance of the planter increases plant spacing variability. The spacing variability within the row of maize (*Zea mays* L.) can reduce grain production due to intra specific competition. To find out the response of maize to the variability of the spacing, an essay was conducted for two consecutive years: 2006/2007 and 2007/2008 in a field located in the EEA INTA Manfredi (Córdoba). To generate the variable, maize was planted at different speeds (6; 8 and 9,5 kilometer per hour) with three repetitions. We used the standard deviation, as index of variability, at larger standard deviation greater variability. The highest variability was obtained with 9.5 kilometer per hour planting as well as the lowest yield.

The increase of the standard deviation in the average for two years was 0,60 centimeters per kilometer increased in the planting speed. The decline in yield was 119,5 kilograms per hectare per centimeter in the increase of standard deviation. The income reduction due to operating capacity reduction by lowering the speed of planting was offset by the increment in the productivity of the crop.

Keywords: spacing variability, standard deviation.

INTRODUCCION.

El esfuerzo por maximizar la eficiencia en la producción de maíz por parte de productores, agrónomos, universidades, organismos públicos, entidades, empresas privadas, etc. a llevado a concentrar la atención en un factor de producción poco tenido en cuenta hasta en estos últimos años, 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, 2006).

Obtener la menor dispersión posible en el espaciamiento entre plantas resulta importante para lograr un rendimiento óptimo. La eficiencia de la utilización de los recursos (cantidad de grano por unidad de los mismos) está inversamente relacionado a la variabilidad de tamaño entre plantas o a la variación de la tasa de crecimiento por planta, ya que la ganancia de los individuos dominantes no compensa la pérdida de los dominados (Hooekstra y col., 1985).

En esquemas de alta producción es muy importante la uniformidad de plantas. Nafziger y col. (1991) encontraron que la desuniformidad desparea disminuyo los rendimientos de maíces de alta producción un 17%. Para obtener plantas uniformes es necesario obtener un espaciamiento regular (Andrade y col., 1996).

Trabajos realizados por Nielsel (1991), reportaron que por cada cm de Desvío Estándar (DE) superior a los 5 cm, el rendimiento disminuyó 62 kilogramos por hectárea. Sin embargo investigaciones de Weidong Liu y col. (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 y col. (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 (DE) de 7,7 y de 12,4 cm al pasar de 6 a 9 km./h., provocando una disminución del rendimiento de 660 Kg/ha con un rendimiento promedio de 10.000 kg./ha..

El logro de una adecuada densidad y distribución de plantas en un cultivo de maíz, es función de las condiciones ambientales, de la calidad de la semilla y de la operación de siembra (Maroni y col., 2006).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la siembra a altas velocidades en cuanto a la variabilidad espacial que produce en el stand de plantas y su impacto económico, en condiciones normales de producción y durante dos campañas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El ensayo fue realizado en dos campañas consecutivas 2006/2007 y 2007/2008 en la EEA INTA Manfredi (Latitud -31.885181 Longitud -63.729202) dentro de lo que se considera como la Región Semiárida Central de la Provincia de Córdoba en donde la precipitación anual media es de 740mm de las cuales el 75% ocurren en el semestre más caluroso. El régimen térmico es templado con temperatura media anual de 16,6°C. La temperatura media del mes mas caluroso (enero) es de 23,5°C y la correspondiente al mes mas frío (julio) es de 9,9°C dando como resultado una amplitud térmica anual de 13,6°C. el período libre de heladas es de 102 días (carta de suelo 3163-32).

En cuanto a los rasgos fisiográficos la región tiene relieve plano a suavemente ondulado, con pendientes que no superan el 5%. El drenaje está caracterizado por la presencia de líneas de escurrimiento con distintos grados de expresión que después de fuertes lluvias llevan el agua hacia zonas intermedias y lagunas temporarias.

Los suelos son Haplustoles énticos (Serie Oncativo) y típicos (Serie Manfredi), de textura franco-limosa, pH ligeramente ácido (6,2 a 6,5) y baja agregación.

Los suelos serie Oncativo son suelos profundos, bien a algo excesivamente drenados, franco limosos y ocupan las lomas muy extendidas casi planas. Además de las condiciones climáticas estos suelos no presentan otros impedimentos que condicionen el crecimiento de las plantas lo que determina una capacidad de uso IIIC.

Los de serie Manfredi al igual que la serie Oncativo son suelos profundos, bien drenados y no presentan limitaciones de uso salvo la climática por lo que también su capacidad de uso es IIIC. La diferencia que hay con la serie anterior es que pertenecen a los sectores ligeramente cóncavos, en las líneas de escurrimiento que bisectan las lomas plana. (Carta de suelo 3163-32).

Los ensayos fueron sembrados el 30 de Noviembre de 2006 y el 20 Octubre de 2007 con una sembradora neumática TX Mega IOM Inteligente Agrometal (triple dosificación), de 12 hileras a 525 mm cada una. Se sembraron los ensayos a diferentes velocidades (6; 8 y 9,5 km./h.), las mismas se realizaron en 3 repeticiones.

El ancho de cada una de las repeticiones fue el mismo que el de la sembradora y del largo del lote (700 m).

El híbrido utilizado fue el AW190Bt con una densidad de siembra de 80000 plantas ha⁻¹ y la fertilización fue realizada con 150 kg UREA y 60 kg. de Súper Fosfato Simple (SPS).

La emergencia del maíz fue registrada a diario contando el número de plantas que surgieron en dos hileras centrales de cada franja a partir del 5º día después de la siembra y continuó hasta una vez emergida el 100 % de las plantas.

El espaciamiento entre plantas se midió en el estadio V2 en un total de 4 mediciones por tratamiento y en cada repetición, en total sumaron 36 muestras de 5 metros lineales cada una. Esta medida fue pasada a mano y analizada mediante InfoStat/P profesional 0.1. De estos datos se pudo extraer el Desvío Estándar (DE) que determina

el grado de concentración de los datos alrededor de la media. A mayor valor del coeficiente del DE, mayor dispersión de los datos con respecto a su media. Este es un valor que representa los promedios de todas las diferencias individuales de las observaciones respecto a un punto de referencia común, que es la media aritmética. Se entiende entonces que cuando este valor es más pequeño, las diferencias de los valores respecto a la media, es decir, los desvíos, son menores y, por lo tanto, el grupo de observaciones es más "homogéneo" que si el valor de la desviación estándar fuera más grande. O sea que a menor dispersión mayor homogeneidad y a mayor dispersión, menor homogeneidad.

La cosecha fue realizada el día 15 de Mayo de 2007 y el 22 de Mayo de 2008 con una cosechadora 1550 equipada con monitor de cosecha AgLeader® PF3000 Pro™ con receptor de GPS. El mismo fue programado para registrar y geoposicionar un dato cada tres segundos realizando la trilla a una velocidad de 6 km/h en forma constante.

Previo a la cosecha de los tratamientos, sobre el cultivo, se realizaron seis cargas o pasadas de calibración del monitor, en los sectores donde no había ensayo. Éstas fueron pesadas en una tolva con balanza incorporada. Los datos arrojados por ésta báscula fueron utilizados para calibrar las estimaciones de rendimiento húmedo leído por el monitor de rendimiento dando como resultado un índice de error de 2%, encontrándose éste porcentaje dentro de los parámetros correctos para obtener datos confiables.

Para la calibración de la humedad del grano de las tres primeras cargas, calculada por el monitor de rendimiento, se utilizó un humidímetro DIKEY-john multi-grain portable.

La cosecha de cada tratamiento fue identificada como distintas cargas dentro del lote. Los datos arrojados por el monitor de rendimiento fueron procesados inicialmente por medio del programa GIS (Sistema de Información Geográfica) "SMS™ Basic" (Spatial Management Sistem™) de AgLeader®, donde se visualizó el mapa de rendimiento obtenido. Luego se eliminaron aquellos valores extremadamente bajos o altos que ocurren generalmente al comienzo y al final de cada una de la cosecha de los tratamientos, manifestado por cambios bruscos en el flujo de granos que impacta sobre el sensor de peso utilizado por el monitor para medir el rendimiento.

Los datos arrojados por el "SMS™ Basic" luego fueron cargados en el programa estadístico InfoStat/P profesional versión 2005p.1, donde cada uno de los puntos de rinde visualizados en el mapa rendimiento se consideró como una unidad de muestra.

Para analizar el impacto económico de la desuniformidad del plantel ocasionada por la siembra a altas velocidades, se tomó el promedio de los rendimientos de las dos campañas y se consideró como tratamiento testigo a la velocidad de 6 km/h .

El caso mas representativo y por ende el analizaremos es la relación propietario o inquilino – contratista. En el primer caso pondremos como ejemplo un propietario de una superficie de 150 ha y en el segundo un contratista que siembra solo maíz con sembradora de ancho efectivo de 12 surcos a 525 mm de distancia entre si, eficiencia de siembra de 75%, es decir que, de la jornada trabajada el 25% se pierde en carga de semillas, reparaciones etc y trabajando en jornadas de 10 hs/día, en una ventana siembra de 20 días netos al año. El costo de la siembra contratada es de 100 \$/ha. El precio del maíz se fijó en 410 \$/T.

RESULTADOS

Se obtuvo registro de las precipitaciones (pp) y temperaturas (T°) durante el ciclo del cultivo de cada campaña, de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Manfredi. Las precipitaciones durante el ciclo de primer ensayo fue 120 mm mayor al del segundo lo que favoreció al rendimiento en 1400 kg/ha.

Los efectos del tratamiento fueron significativos para la mayoría de los caracteres medidos excepto para la emergencia de plantas, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos y en los dos años ya que el tiempo de emergencia entre la primera y la última planta que fue de solo dos días para las tres velocidades, distando de los tres días críticos informado por Weidong Liu et. al. (2004b) a partir del cual los efectos de la competencia se visualizan en el rendimiento en 292 kg/ha/día de retraso.

La repuesta del rendimiento para cada tratamiento no fue similar entre campañas, el endimiento de la campaña 2006/2007 empezó a disminuir significativamente a partir de la siembra a 8 km/h (DE 7,81 cm) mientras que en la campaña 2007/2008 la disminución se ve a partir de la siembra a 6 km/h (DE 6,1 cm). Esta diferencia se le atribuye al mayor estrés hídrico sufrido en la segunda campaña lo que produjo que competencia intraespecífica por recurso se estableciera con una menor dispersión (tabla 1)

El aumentó del DE en promedio entre los tres tratamiento y los dos años fue de 0,60 cm. por cada Km. que se incrementó la velocidad de siembra. Similar al incremento encontrados en estudios anteriores (Nielsen, 1995 y Weidong Liua. et all, 2004b).

En promedio entre años la merma de rendimiento fue de 0,195 T por cada cm. que DE se incrementa.

Dados estos valores, por cada km. en el aumento de la velocidad de siembra, la perdida por desuniformidad en el planteo es de 29,72 \$/ha..

Tabla 1: Resultados para la campaña 2006/07 y 2007/08 con siembra a diferentes velocidades.

Velocidad de siembra Km./h	2006/2007			2007/2008			Promedio de las dos campañas			
	D.E. (cm)	CV (%)	Rendimiento (T/ha)	D.E. (cm)	CV (%)	Rend. (T/ha)	D.E. (cm)	Dif. DE (%)	Rend. (T/ha)	Dif. Rend. (T/ha)
6	6.64	26.01	11.38	6.1	25.17	10.25	6.37		10.82	
8	7.81	30.86	11.31	7.87	31.53	9.95	7.84	1.47	10.63	-0.185
10	8.37	32.99	11.17	9.22	36.3	9.88	8.795	0.955	10.53	-0.105
							total	2.425		-0.29

DISCUSION

Si hubo alteraciones en la uniformidad e la distribución espacial según el tratamiento. Como surge del análisis de stand y distribución de plantas, al incrementar la velocidad de siembra aumenta la desuniformidad y por consiguiente se produce una merma de rendimiento.

Un contratista que siembra únicamente maíz, en una ventana de siembra de 20 días netos por año y trabajando en jornadas de 10 hs/día (200 h/año) con una sembradora de 12 surcos a 525 mm de distancia entre si y con una eficiencia de siembra de 75%, a una velocidad de 6 km/h puede cubrir 748 ha y a 9,5 km/h, 1197 ha, 448 ha mas, y su ingreso por ende es mayor debido a que es indiferente la calidad de la operación (Tabla 2).

Suponiendo que el contratista cobre \$100 por ha sembrada, el incremento posible del ingreso por campaña al hacer esas 448 hectáreas extras sembrando a una velocidad de 9,5 km/h, es de alrededor de \$44820 pero a costa de una perdida de 0.29 T/ha que con un maíz cotizado a 410 \$/T hacen un total de \$142323 (tabla 2).

Tabla 2: Uso posible anual de la sembradora según velocidad de siembra y pérdida física y económica.

Velocidad de siembra (km/h)	Capacidad operativa de sembradora(ha/h)	Uso posible anual De la sembradora		Perdida		
		tiempo (h/año)	Superficie (ha/año)	T/ha	\$/ha	Total de la campaña (\$)
6	3.74	200	748.8	0	0	0
9.5	5.99	200	1197	0.29	118.90	142323

En base a esto si dentro de esa ventana de trabajo de 20 días anual, están las de un propietario de 150 has, en 4 días el contratista puede sembrar las 150 has si trabaja a 6 km/h, o las 150 has mas 88 de otros propietarios si siembra a 9,5 km/h, incrementando su ingreso en \$8760.

Tabla 3: Capacidad de trabajo en 4 jornadas de 10 h con diferentes tiempos operativos para una sembradora de 6.24 m de ancho de labor.

Velocidad de siembra (Km/h)	Tiempo operativo (h/ha)	Jornadas de 10h	Ha trabajadas
-----------------------------	-------------------------	-----------------	---------------

6	0.27	4	150
9.5	0.17	4	237

Si las 150 ha son trabajadas a 9,5 km/h, la pérdida de rendimiento puede llegar a \$17835, este valor casi duplica al ingreso extra del maquinista y es superior al costo de la siembra (100 \$/ha x 150 ha = \$ 15000).

Tabla 4: Resultado económico de diferentes tiempos operativos para una superficie de 150 ha.

Velocidad de siembra (km/h)	Capacidad operativa (ha/h)	Jornadas de 10 h	Has a trabajar	Pérdida		
				T/ha	\$/ha	Total de las 150 ha (\$)
6	3.74	4.01	150	0	0	0
9.5	5.99	2.51	150	0.29	118.9	17835

De tal manera si se le paga una bonificación ante una certificación de labor a baja velocidad por parte del contratista, se le puede asegurar una compensación por la mayor dedicación de tiempo equivalente al lucro cesante de \$8760, quedando un saldo extra de alrededor de \$ 9000, el equivalente a 22 T más y sin variar ningún insumo.

El contratista al realizar menos cantidad de hectáreas pero sin disminuir su ingreso tiene el beneficio adicional de la disminución de costo de logística al trasladar menos el equipo y disminución del desgaste de la maquinaria.

Esta certificación se puede realizar mediante equipos registradores de siembra asociado a un GPS que permita realizar un monitoreo del trabajo y su posterior mapeo.

CONCLUSIÓN

El lucro cesante debido a la disminución de la capacidad operativa al optar por la siembra a baja velocidad, puede ser compensado e incluso excedido por el incremento de la producción del cultivo, producto de la distribución espacial uniforme de este.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE F.; CIRILO A.; UHART S.; OTEGUI M.1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa, Balcarse Bs As.

BRAGACHINI M.; VON MARTINI A.; MÉNDEZ A.; PACIONI F.; ALFARO M. 2002. Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. <http://www.agriculturadeprecisión.org>. Consultado: 19-09-2007.

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. <http://www.liccom.edu.uy/bedelia/cursos/metodos/materiales.html> . consultado el 20/01/2009.

MARONI J.; GARGICEVICH A. 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 www.maizar.org.ar/vertex.php?id=218. consultado el 12/02/2008. NIELSEN, R. L. 2004. Effect of Spacing Variability on Corn Grain Yield. www.agry.purdue.edu/Ext/corn/research/psv/Report2005.pdf. consultado el 05/05/2007

HOOEKSTRA G.; KANNENBERG L.; CHRISTIE B. 1985. Grain yield comparison of pure stands and equal proportion mixtures for seven hybrids of maize. Can. J. Of Plant Sci. 65:471-479.

NIELSEN R.L. 2001. Stand establishment variability in corn. <http://www.agry.purdue.edu/Ext/pubs/AGRY-91-01 v5.pdf>. fecha de acceso 28/05/2009.

NAFZIGER E.D., CARTER P.R. y GRAHAM E.E.. 1991. Response of corn to uneven emergence. <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/NCH/NCH-36.html>. fecha de acceso 28/05/2009