

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE HILERAS Y LA DENSIDAD DE PLANTAS, EN HÍBRIDOS DE MAÍZ DE DISTINTOS CICLOS, SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA PARA SILO Y EL RENDIMIENTO EN GRANO**

Trabajo Final de Grado  
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino,.....

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ESPACIAMIENTO ENTRE HILERAS Y LA DENSIDAD  
DE PLANTAS, EN HÍBRIDOS DE MAÍZ DE DISTINTOS CICLOS, SOBRE LA  
PRODUCCIÓN DE BIOMASA PARA SILO Y EL RENDIMIENTO EN GRANO**

Trabajo Final de Grado

del alumno

**JUAN ANDRES SANTAROSSA**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Dr. Roberto Lorea  
**Evaluador**

Ing. Agr. Alfredo Cirilo  
**Evaluador**

Dra. María Rossini  
**Evaluador**

Ing. Agr. M.Sc. Carlos  
Senigagliesi  
**Co-Director**

Ing. Agr. M.Sc. Luis  
Ventimiglia  
**Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino,.....

## **Agradecimientos**

A mis padres, Daniel y Araceli, a mi hermana Irina, y a mis abuelos por todo el apoyo y amor brindado durante estos años.

A Ayelen y Mirko por todo el “aguante” y amor dado durante todos este tiempo de estudio.

A mi hermana Belen por todo el apoyo durante los momentos más difíciles, sé que desde el cielo estará muy orgullosa de mí.

A Jose Luis Arias y al personal de la AER INTA 9 de Julio por toda la ayuda brindada para la realización del ensayo.

A Luis Ventimiglia por todas las enseñanzas, compromiso, predisposición y ayuda a lo largo de la realización de la tesis.

A Carlos Senigagliesi por las correcciones y aportes brindados.

A Maria Laura Vignera por su colaboración con el análisis estadístico.

A todos los que de una u otra manera hicieron posible que hoy este culminando este largo camino emprendido.

# ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Abreviaturas utilizadas	3
Resumen	4
Introducción	5
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Hipótesis	11
Materiales y métodos	11
Condiciones climáticas de la campaña 2015/16	17
Resultados y discusión	19
a- Radiación interceptada	19
b- Producción de materia seca para silo	20
c- Diámetro del tallo	23
d- Variables estructurales de la planta	24
e- Quebrado y vuelco	25
f- Rendimiento en grano	25
g- Relación entre la intercepción lumínica y la productividad	28
Conclusiones	30
Datos anexos	31
Bibliografía	39

## Abreviaturas utilizadas

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
CE	Conductividad eléctrica
dS/m	deciSiemens por metro
IAF <sub>c</sub>	Índice de área foliar crítico
N <sub>an</sub>	Nitrógeno anaeróbico
N-NO <sub>3</sub>	Nitrógeno de nitratos
Ppm	Partes por millón
R2	Estado de ampolla
R4	Grano pastoso
S-SO <sub>4</sub>	Azufre de sulfatos

## Resumen

Entre los factores más importantes a la hora de realizar un lote de producción de maíz se encuentran el material genético a utilizar, la densidad y el espaciamiento entre hileras. Con cual fin se realizó en la localidad de 9 de julio un ensayo donde los tratamientos fueron establecidos en parcelas sub subdivididas arregladas en un diseño en bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones. El tratamiento principal fue el distanciamiento entre hileras (52,5 y 35 cm), el sub tratamiento lo conformaron 3 ciclos diferentes de híbridos: KM 2411 (precoz), KM 3800 (intermedio) KM 4500 (largo) y el sub subtratamiento 3 niveles de densidad (70.000, 90.000 y 110.000 plantas/hectárea). Como variables a evaluar, se midió la interceptación lumínica en el estado R2, la producción de materia seca para silo, el rendimiento en grano y caracteres morfológicos. La mayor producción de materia seca para silo se produjo con los materiales de ciclo intermedio y largo con la densidad más alta, sin que haya diferencias entre el distanciamiento entre hileras. En tanto, que para producción de granos el máximo rendimiento se alcanzó con el híbrido de ciclo largo cuando fue sembrado a 35 cm de espaciamiento, con las densidades de 90.000 y 110.000 plantas/hectárea. Hubo una correlación positiva entre la interceptación lumínica en el estado R2 y la producción de materia seca para silo y el rendimiento en grano.

## Introducción

El maíz es el cereal con mayor producción de granos a nivel mundial (FAO, 2013). La principal utilización en el mundo es para alimentación animal, en los últimos años tuvo un crecimiento muy importante el uso del maíz para producir biocombustible (etanol), destinándose para ese uso 148,5 millones de toneladas en el ciclo 2014/15 (Calzada, 2015), representando un 14,7% de la producción mundial (1.008 millones de toneladas), (United States Department of Agriculture, 2015).

En las campañas 2010/11- 2014/15, el área sembrada promedio de maíz en la Argentina fue de 5.565.635 ha, de las cuales se cosecharon 4.354.295 ha. La producción obtenida fue de 28.804.058 toneladas y el rendimiento promedio de 6.568 kg/ha (Sistema Integrado de Información Agropecuaria, 2015). Con respecto al área para silo de maíz, en la campaña 2014/15 se ensilaron 1.146.472 ha (Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros, 2015).

En cuanto a las prácticas de manejo del maíz, la densidad de plantas tiene importantes efectos en la partición de materia seca entre estructuras vegetativas y reproductivas. El rendimiento de este cultivo presenta escasa estabilidad frente a variaciones en la densidad, y es sumamente sensible a la disminución en la cantidad de recursos por planta en el periodo próximo a la floración. En consecuencia, el ajuste de la densidad de plantas resulta especialmente crítico en este cultivo (Andrade *et al.*, 1996). El rendimiento de maíz muestra una estrecha relación con el número de granos producidos. El número de granos a su vez, se define mayormente en un periodo de 30 días alrededor de floración. Por ello, el rendimiento está fuertemente asociado al número de granos  $m^{-2}$  hasta las densidades óptimas. Densidades supraóptimas pueden no aumentar significativamente este componente, o reducirlo (Satorre *et al.*, 2003).

El cultivo es capaz de alcanzar su máxima tasa de crecimiento recién cuando el área foliar desplegada le permite capturar el 95% de la radiación incidente. Cuanto antes alcance esa cobertura y cuanto más tiempo la mantenga, mayor será su producción de biomasa (Andrade *et al.*, 1996). En maíz, son limitados los mecanismos de compensación del área foliar por planta, frente a un escaso número de plantas en el cultivo (Cox, 1996; Doebley *et al.*, 1997). Por consiguiente en bajas densidades, el cultivo no logra desarrollar suficiente área foliar para alcanzar el índice de área foliar crítico (IAFc).

El incremento en la densidad de plantas permite alcanzar coberturas en forma anticipada dentro del ciclo del cultivo, alcanzando antes el IAFc, lo que favorece la producción de biomasa o rendimiento biológico. Entonces, la producción total de materia seca por unidad de área se incrementa con el aumento de la densidad de plantas, siguiendo una relación esencialmente asintótica (Andrade *et al.*, 1996).

En Balcarce, bajo condiciones de cultivo sin limitaciones hídricas ni nutricionales, se obtuvieron incrementos significativos en biomasa aérea total acumulada durante el ciclo del cultivo, en respuesta al aumento de la densidad entre 4,7 y 9,3 plantas  $m^{-2}$  (Andrade *et al.*, 1992). Tales respuestas se debieron principalmente, a la mayor radiación interceptada.

El rendimiento por unidad de área del cultivo de maíz presenta una marcada respuesta parabólica al aumento de la densidad. Mientras que el rendimiento por planta disminuye con aumento en la densidad, el rendimiento del cultivo se incrementa hasta un máximo a partir del cual, el aumento en el número de individuos produce una drástica reducción del mismo (Satorre *et al.*, 2003).

Los híbridos ultra-precoces en general, tienen una densidad de plantas óptima alta debido al menor tamaño, número de hojas, y al tamaño potencial de las espigas, comparado con un

híbrido de ciclo completo (Ritchie *et al.*, 1993; Edwards *et al.*, 2005; Sarlangue *et al.*, 2007). Es importante destacar que la densidad de plantas óptima es dependiente del ambiente, siendo mayor cuanto mejor es disponibilidad de recursos.

En un ensayo realizado en la EEA INTA Marcos Juárez, los máximos rendimientos se obtuvieron con las densidades de 65.000 y 80.000 plantas  $m^{-2}$ , las cuales se diferenciaron estadísticamente de las densidades de 50.000 y 110.000 plantas  $ha^{-1}$  (Vallone *et al.*, 2010). En General Villegas no se encontró diferencias significativas de rendimiento entre densidades de 70.000, 78.000 y 100.000 plantas  $ha^{-1}$  (Justo y Scianca, 2011).

El ambiente y el manejo modifican la densidad óptima en maíz. Cuando los recursos para el crecimiento se tornan limitantes, se reduce la capacidad de las plantas para crecer durante la floración y aumenta el riesgo de aborto de granos. Dicho riesgo debe ser prevenido sembrando una menor densidad que permita mejorar la disponibilidad de recursos para cada planta y permitir la formación de los granos. Esta estrategia reportara beneficios de rendimientos mientras el incremento de producción por planta supere la reducción en el número de plantas, desplazando la densidad óptima hacia menores valores (Andrade *et al.*, 1996). En un ensayo llevado a cabo en Balcarce, la densidad óptima se redujo al incrementarse la deficiencia de agua. En condiciones de riego, el rendimiento en grano respondió positivamente frente a incrementos en la densidad entre 5,5 y 8 plantas  $m^{-2}$ , respuesta que fue prácticamente nula para condiciones de deficiencias hídricas moderadas (150 mm de déficit hídrico en un período de 70 días alrededor de la floración). Cuando el déficit hídrico fue severo (300 mm, para el mismo periodo del ciclo del cultivo), el rendimiento en grano disminuyo con el aumento del número de plantas, dentro del mismo rango de densidad (Andrade *et al.*, 1996).

El maíz en la Argentina se siembra en espaciamientos entre hileras que varían entre 0,7 m a 0,52 m. Hasta mediados de la década del 90' el espaciamiento prioritario era 0,7 m, con el crecimiento del cultivo de soja y los resultados favorables encontrados en este cultivo al estrechamiento entre hileras, llevo a que muchos productores utilicen una misma maquina sembradora, con los ajustes del caso, para sembrar tanto soja como maíz a 0,52 m entre hileras (Ventimiglia, comunicación personal, 2016).

La respuesta del rendimiento a la reducción de la distancia entre hileras, dependerá de la mejora en la cobertura que alcance el cultivo en el periodo crítico. Si el cultivo sembrado con entresurcos anchos no logra la plena captura de la luz incidente en floración, el rendimiento mejorará al acercar las hileras, debido al mayor crecimiento resultante durante esa etapa crítica (Andrade *et al.*, 2002). La respuesta será mayor cuanto menor sea la intercepción de luz en floración que alcance el cultivo con entresurcos anchos y cuanto mayor sea el incremento porcentual en esa intercepción, resultante de la siembra en entresurcos más angostos. Entonces, cuando ocurren limitaciones para el normal desarrollo del canopeo por sequías tempranas transitorias, defoliaciones (Andrade *et al.*, 2002), o limitaciones nitrogenadas (Barbieri *et al.*, 2000), la siembra con entresurcos angostos puede ser aconsejable, ya que en esos casos se pueden esperar respuestas favorables.

Una menor distancia entre las hileras para una misma densidad permite una mayor equidistancia en la distribución de las plantas y posibilita cubrir mejor el suelo y capturar más luz desde etapas tempranas del cultivo (Maddonni *et al.*, 2001a), incrementando la producción de biomasa (Andrade *et al.*, 1996). En densidades bajas, espaciamientos más angostos al tradicional contribuye también a asegurar una mayor cobertura durante la floración. Al reducirse la superposición de hojas sobre el surco, el área foliar mejora su eficiencia de cobertura y se reduce la cantidad necesaria para alcanzar la máxima

intercepción de luz (Flénet *et al.*, 1996; Maddonni *et al.*, 2001b). Sin embargo, en la mayoría de los casos de cultivos de maíz bien manejados y con las densidades correctas, se alcanzan las coberturas necesarias para la máxima intercepción de luz antes del inicio del período crítico del maíz, independientemente del espaciamiento entre hileras. El aumento de rendimiento en respuesta a la disminución en la distancia entre hileras en maíz por debajo de 70-75 cm ha sido inferior al 10% (Porter *et al.*, 1997; Cirilo, 2000).

En cuanto a la longitud del ciclo, los genotipos de maíz de ciclo más largo, presentan mayor número total de hojas, debido a su mayor requerimiento térmico para completar el período, hasta el cambio de estado del ápice (Cirilo, 1994). Consecuentemente, tales genotipos tendrán un mayor requerimiento térmico total para desplegar las hojas, incrementando la acumulación de grados-día necesaria para alcanzar la floración. Cuanto mayor sea la duración del ciclo del cultivo, mayor será la cantidad de radiación interceptada durante la estación de crecimiento.

El maíz presenta una relación sostenidamente lineal entre las cantidades acumuladas de materia seca y de radiación captada a lo largo del ciclo, aún hasta momentos próximos a la madurez fisiológica (Andrade, 1995; Andrade *et al.*, 1992).

En los híbridos precoces las densidades a cosecha deberían ser entre 80.000 y 100.000 plantas/ha. Aún en ambientes de bajo potencial, es recomendable no bajar de 80.000 plantas a cosecha, ya que la competencia entre plantas no es tan alta como en los híbridos de ciclo completo. Para estos mismos materiales se recomienda utilizar siembras a 52 cm entre hileras, para obtener una óptima intercepción de radiación durante el período crítico (Pioneer, 2008).

En cuanto al maíz para silaje, la densidad óptima varía 81.500 y 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> de acuerdo a lo citado por Carrete y Scheneiter 2012 en base a estudios realizados por varios autores. Además de la producción de forraje, existen antecedentes que indican una reducción de la calidad (medida en términos de digestibilidad in vitro de la materia seca), a muy altas densidades de plantas (cuando se evaluó en un rango de 18.500 a 143.300 plantas ha<sup>-1</sup>) (Carrete y Scheneiter, 2012).

Estudios realizados por distintos investigadores y en distintos lugares llegaron a conclusiones similares con respecto al incremento en la producción de materia seca al aumentar la densidad de siembra (Bertoia *et al.*, 1994); (Dalla Valle *et al.*, 1999).

La región centro-oeste de la provincia de Buenos Aires es una importante zona productora de grano de maíz cuyo principal destino es la exportación. Por ser una zona donde predominan los sistemas de producción mixtos agrícolas-ganaderos, resulta un cultivo imprescindible para la alimentación animal, utilizándose el mismo ya sea como silo o como grano entero, molido o formando parte de alimento balanceado.

Dentro del paquete tecnológico disponible los híbridos constituyen un aspecto muy importante. Los criaderos constantemente lanzan al mercado nuevos materiales mejorados de distintos ciclos (híbridos precoces, intermedios y largos), que se adaptan a las distintas condiciones ambientales y de producción. Para aprovechar este potencial es necesario optimizar el manejo que permita alcanzar mejores rendimientos físicos y económicos, siendo la densidad de siembra y el espaciamiento entre hileras dos prácticas a evaluar. Esto requiere de trabajos de diferentes equipos interdisciplinarios de Institutos de Investigación y Universidades, que aporten tecnologías para los productores de la región.

En función de lo expuesto, se considera oportuno realizar este trabajo en la localidad de 9 de julio por la importancia de la temática para la zona, a fin de contribuir a aportar información sobre los temas antes planteados.

### **Objetivo general**

Evaluar la producción de materia seca para silaje y rendimiento en grano de tres híbridos de maíz que representan a tres grupos de acuerdo a su madurez relativa, a través de la modificación de la densidad y el espaciamiento entre hileras para la región noroeste de la provincia de Buenos Aires en siembras de primera.

### **Objetivos específicos**

Determinar el rendimiento de materia seca para silaje, grano y los componentes de rendimiento asociados a los mismos.

Evaluar la radiación interceptada, área foliar y características morfológicas y analizar cómo las mismas inciden sobre el rendimiento y sus componentes.

### **Hipótesis**

\* Las combinaciones óptimas de densidad de siembra y espaciamiento entre hileras, son diferentes según la longitud de ciclo de los híbridos y el destino de la producción: grano o silaje.

\* Se encuentra una asociación positiva entre la productividad y la cantidad de radiación solar interceptada.

### **Materiales y métodos**

El ensayo se realizó sobre un lote franco arenoso clasificado como hapludol éntico respondiendo a la serie de suelo Norumbega , situado en las coordenadas 35° 24' 35" S 60° 56' 40" O, en el partido de 9 de julio, provincia de Buenos Aires. El cultivo antecesor fue soja. Como barbecho químico se aplicó 2 l/ha glifosato 68% + 2 l/ha de atrazina. Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo para conocer la fertilidad química (cuadro 1), todas las determinaciones fueron realizadas a 0-20 cm a excepción de N-nitratos el cual se realizó hasta 60 cm de profundidad, con intervalos de 20 cm. La fecha de siembra fue el 25/09/2015, junto con la misma se aplicó en la línea de siembra 100 kg/ha de fertilizante mezcla conformado por 7 % N; 40 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 5 % S y 8 % Ca. Previo a la emergencia (30/09/2015), se aplicó 250 kg/ha de urea en cobertura total.

Cuadro N° 1. Análisis de suelo.

Variable	Profundidad	Valor	Unidad
P	0-20 cm	4,6	ppm
M.O	0-20 cm	3,6	%
N-NO <sub>3</sub>	0-20 cm	7,2	ppm
	20-40 cm	3,8	ppm
	40-60 cm	4	ppm
Nan	0-20 cm	47,5	ppm
S-SO <sub>4</sub>	0-20 cm	4,1	ppm
pH	0-20 cm	6,4	
CE	0-20 cm	0,12	dS/m

Fuente: Laboratorio Fertilab.

Como herbicidas preemergentes se utilizaron 2 l/ha glifosato + 1 l/ha acetoclor + 1,5 kg/ha atrazina + 20 cc/ha karate zeon, este último insecticida fue aplicado para prevenir el ataque de orugas cortadoras.

Los tratamientos fueron establecidos en parcelas sub subdivididas arregladas en un diseño en bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones. Para realizar la siembra, primeramente se marcó el lote con una sembradora, trabajando en vacío, a 52,5 y 35 cm y luego se sembró cada parcela con una sembradora experimental de un surco. El factor principal fue el distanciamiento entre hileras, cuyos niveles fueron 52,5 y 35 cm, el segundo factor, cuyos niveles lo conformaron 3 ciclos diferentes de híbridos a saber: KM 2411 (precoz), KM 3800 (intermedio) y KM 4500 (largo) y el tercer factor, densidad, provisto de 3 niveles: 70.000, 90.000 y 110.000 plantas/hectárea. La unidad experimental, la parcela, constó de 36 m<sup>2</sup> (10 m de largo por 3,6 m de ancho).

Grafico N° 1. Plano del ensayo.

Bloque 4	T9	T7	T8	T4	T5	T6	T1	T3	T2	T12	T11	T10	T14	T13	T15	T18	T16	T17
Bloque 3	T13	T14	T15	T10	T12	T11	T16	T18	T17	T1	T3	T2	T8	T7	T9	T6	T4	T5
Bloque 2	T12	T10	T11	T17	T18	T16	T13	T15	T14	T5	T6	T4	T2	T3	T1	T9	T7	T8
Bloque 1	T8	T7	T9	T5	T6	T4	T3	T1	T2	T17	T18	T16	T14	T15	T13	T12	T11	T10

Cuadro N° 2. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Espaciamiento entre hileras	Híbrido	Densidad (pl/ha)
1	52,5 Cm	KM 2411	70.000
2	52,5 Cm	KM 2411	90.000
3	52,5 Cm	KM 2411	110.000
4	52,5 Cm	KM 3800	70.000
5	52,5 Cm	KM 3800	90.000
6	52,5 Cm	KM 3800	110.000
7	52,5 Cm	KM 4500	70.000
8	52,5 Cm	KM 4500	90.000
9	52,5 Cm	KM 4500	110.000
10	35 Cm	KM 2411	70.000
11	35 Cm	KM 2411	90.000
12	35 Cm	KM 2411	110.000
13	35 Cm	KM 3800	70.000
14	35 Cm	KM 3800	90.000
15	35 Cm	KM 3800	110.000
16	35 Cm	KM 4500	70.000
17	35 Cm	KM 4500	90.000
18	35 Cm	KM 4500	110.000

Las evaluaciones que se realizaron fueron:

- 1) Determinación de la intercepción lumínica en el momento de grano ampolla, correspondiente a R2 en la escala propuesta por Ritchie y Hanway, 1982. Para ello se utilizó una barra de intercepción lumínica marca Cavadevices de 0,5 m la cual se colocó en forma perpendicular al entresurco en el fondo del mismo, 3 veces por unidad experimental. Posteriormente, los tres valores se promediaron comparándose dicho promedio con un valor de referencia. Este valor de referencia se obtuvo antes de

comenzar la evaluación de cada unidad experimental, registrando cual era la radiación que llegaba al suelo cuando no había ningún impedimento que la intercepte. Las mediciones se realizaron con cielo despejado al mediodía.

- 2) Evaluación de la producción de materia verde y seca y sus diferentes componentes en el momento de grano pastoso (R4), cuando el grano tuvo entre 1/2 y 1/3 de línea de leche. A tal efecto se cortaron 2 plantas representativas de cada unidad experimental al ras del suelo. Las mismas se separaron en sus componentes: tallo, hojas, chala y marlo más grano. Estos componentes fueron pesados individualmente y llevado a kg/ha en función de la densidad de cada tratamiento. Luego se secaron en estufa a 65°C hasta peso constante, para determinar la materia seca.
- 3) Determinación del rendimiento en grano y sus componentes. Para ello se cosecharon a mano las espigas de 3m<sup>2</sup> de cada unidad experimental, las cuales fueron deschaladas y trilladas en una maquina estacionaria y los granos pesados. Se anotó la fecha de cosecha de cada hibrido y se determinó la humedad de cosecha. Luego el rendimiento de cada tratamiento fue corregido a 14,5% de humedad. Además se determinó el peso de 1000 granos, largo y n° de hileras de la espiga para cada tratamiento. Para peso de 1000 granos de la muestra de granos trillados de cada unidad experimental se contaron en forma manual y en dos oportunidades 1000 granos sin ningún tipo de selección de los mismos y se obtuvieron los pesos individuales, los cuales fueron promediados obteniéndose el peso de 1000 granos de cada tratamiento. Para la determinación del largo de la espiga se midieron desde la base de la misma hasta el extremo con cinta métrica sobre 10 espigas representativas y estos valores se promediaron. Para la determinación del número de hileras de las espigas, se trabajó

sobre las mismas espigas en las que se midió su longitud. En este caso con los valores obtenidos se obtuvo el valor modal.

- 4) De una planta representativa de cada unidad experimental en el estadio R2 según la escala propuesta por Ritchie y Hanway, 1982 se midió la altura hasta la inserción de la panoja, n° total de nudos desde la base, n° de hojas desde la inferior a la espiga hasta la última por debajo de la panoja y sobre las mismas se midió el largo y ancho de cada una. Mediante la fórmula: largo \* ancho\* 0,75 (Montgomery, 1911) se calculó el área foliar de cada hoja.
- 5) De 5 plantas representativas de cada unidad experimental en el estadio R2 según la escala propuesta por Ritchie y Hanway, 1982 se midió el diámetro del tallo con un calibre por encima del tercer nudo visible sobre el suelo.
- 6) Determinación del porcentaje de plantas quebradas y/o volcadas posterior al momento de cosecha, esta evaluación se realizó sobre el total de plantas encontradas en los 2 surcos centrales de cada unidad experimental. Se consideró planta quebrada aquella que se encontraba quebrada por debajo de la espiga, en tanto que se consideró planta volcada aquella que se encontraba inclinada más de 45 grados respecto a la vertical. Para ambos casos, en función del número de plantas totales y con las mediciones realizadas se obtuvo porcentualmente la cantidad de plantas quebradas y/o volcadas.

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el paquete estadístico Infostat (versión 5.13). Se realizó un análisis de la varianza y se utilizó la prueba posterior de comparaciones por pares, test de Tukey, con un nivel de significación del 5%, ( $p < 0,05$ ). Se estudiaron correlaciones y regresiones. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + (\beta\rho)_{jk} + \omega + (\alpha\omega)_{il} + (\rho\omega)_{kl} + (\alpha\rho\omega)_{ikl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$ , variable respuesta medida.

$\mu$ , media general.

$\alpha_i$ , representa el efecto del factor distancia entre surcos.

$\beta_k$ , representa el efecto del bloque.

$\alpha\beta_{ik}$  representa el error aleatorio de la parcela completa (primera aleatorización).

$\rho_k$ , representa el efecto del factor "tipo de híbrido".

$\alpha\beta_{ij}$  representa el efecto de la interacción doble del factor distancia-híbrido.

$\beta\rho_{jk}$  representa el error aleatorio de la subparcela (segunda aleatorización).

$\omega_k$  representa el efecto del factor densidad.

$\alpha\omega_{il}$  representa el efecto de la interacción doble del factor espaciamiento-densidad.

$\rho\omega_{kl}$  representa el efecto de la interacción doble del factor híbrido-densidad.

$\alpha\rho\omega_{ikl}$  representa el efecto de la interacción triple de los factores espaciamiento- híbrido- densidad.

$e_{ijkl}$  representa el error aleatorio de la sub subparcela (tercera aleatorización).

### **Condiciones climáticas de la campaña 2015/16.**

Las condiciones ambientales de la campaña 2015/16 fueron muy buenas. Las precipitaciones acompañaron durante todo el ciclo del cultivo (grafico 2). Se realizó la siembra con el perfil cargado de agua debido a las lluvias de los meses anteriores. Enero fue el mes que menos llovió, pero las necesidades del cultivo fueron suplidas por la presencia de agua de napa. Se

contó con un freatimetro a pocos metros del lugar de donde se realizó la experiencia, el nivel freático antes de la siembra se encontraba a 1,6 m, en tanto que luego de superar el mes de enero el nivel descendió a 2,1 m. Por no presentar el suelo impedimentos físicos (tosca, horizonte arcilloso, compactaciones, etc), se estima que el frente freático alcanzó un nivel de ascenso el cual pudo ser aprovechado por las raíces del cultivo para mitigar la falta de humedad superficial.

En cuanto a las temperaturas (gráfico 3), los meses de octubre a enero inclusive, las mismas fueron menores al promedio histórico. En tanto, que para los meses de febrero y marzo las temperaturas superaron el promedio histórico.

Gráfico N° 2. Lluvias históricas (1970/2016) y del periodo julio-marzo del año 2015/16.

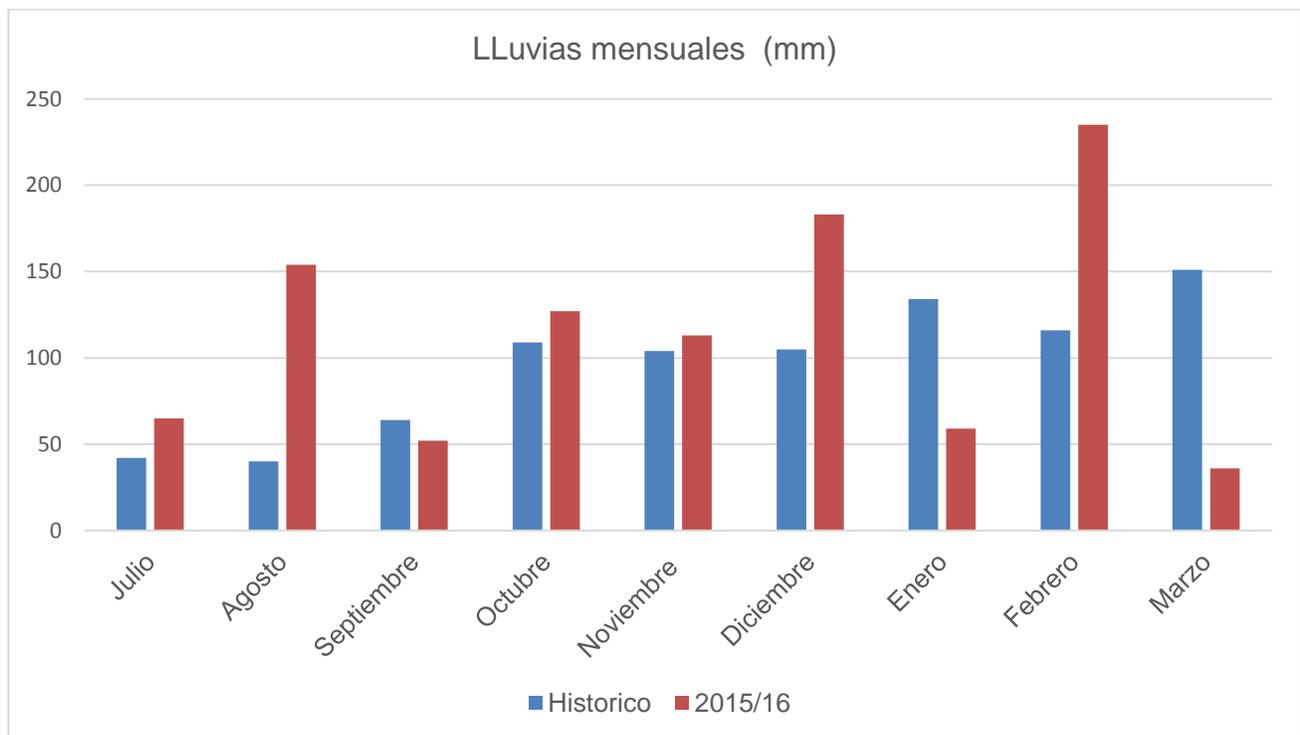
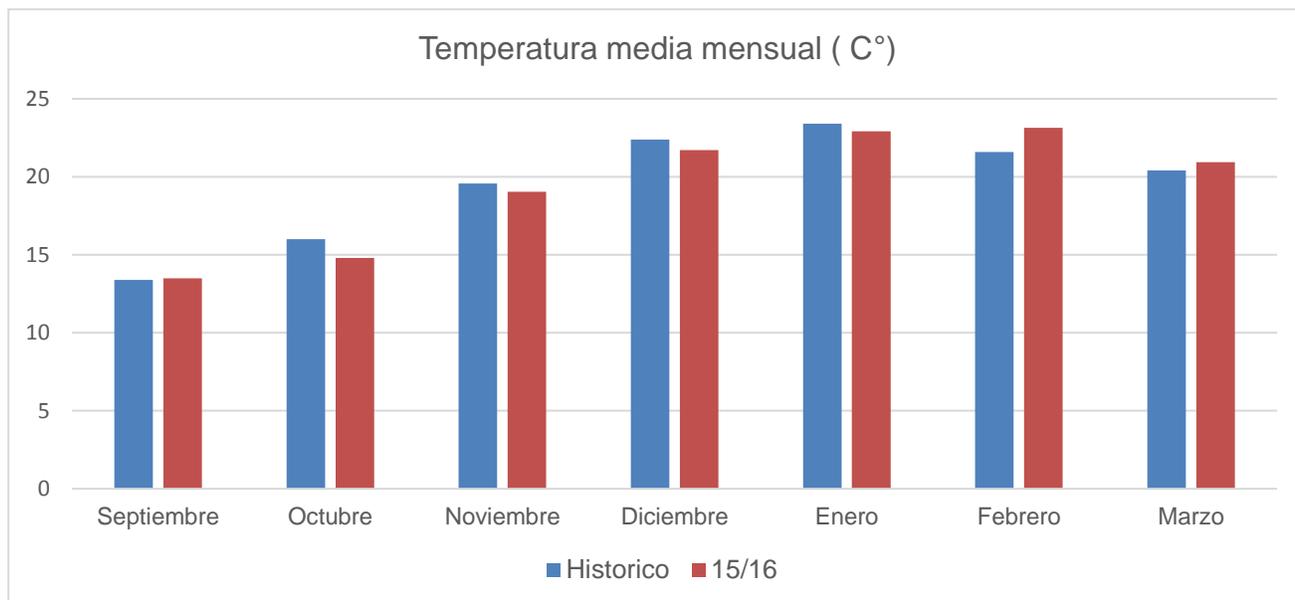


Grafico N° 3. Temperatura media mensual histórica (1970-2016) y del periodo septiembre-marzo del año 2015/16.



Fuente: AER INTA 9 de Julio.

## Resultados y discusión

### a- Radiación interceptada

Mediante el análisis de varianza se detectó una interacción significativa (cuadro 13 del anexo) entre los híbridos y la densidad.

Cuadro N° 3 Porcentaje de intercepción de la radiación incidente según híbrido y densidad.

Hibrido	Densidad (pl/m <sup>2</sup> )	Intercepción luminica (%)
4500	11	98,30 A
4500	9	97,81 A
3800	11	96,74 A B
4500	7	96,55 A B
2411	11	93,17 B
3800	9	92,95 B
3800	7	88,21 C
2411	7	87,36 C

2411	9	86,77	C
------	---	-------	---

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Como se observa en el cuadro 3, en el híbrido KM 4500 no hubo diferencias entre las densidades en cuanto a la intercepción luminica. En el caso del KM 3800 las dos densidades mayores se diferenciaron estadísticamente de la menor. En el material precoz, la densidad mayor se diferenció estadísticamente de la menor. A densidades de 7 y 9 pl/m<sup>2</sup> el único híbrido que llega a captar el 95% de la radiación es el KM 4500. El KM 2411 a ninguna de las densidades evaluadas llego a captar el 95 % de la radiación, lo cual indica que no alcanza el IAFc y por lo tanto la máxima tasa de crecimiento del cultivo.

En cuanto al efecto del espaciamiento entre surcos, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

#### **b- Producción de materia seca para silo**

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 14 del anexo) realizado no hubo interacciones entre los efectos principales.

En cuanto a los híbridos (cuadro 5), el material precoz produjo menor cantidad de materia seca, como era de esperarse, debido a la menor longitud del ciclo. Los híbridos de ciclo intermedio y largo no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

De acuerdo a la densidad empleada, hubo diferencias significativas entre ellas (cuadro 6). A medida que se incrementó el número de plantas/m<sup>2</sup>, se incrementó la producción de materia seca, esto coincide con lo obtenido por Andrade *et al.*, 1992.

Cuadro N° 5. Producción de materia seca (kg/ha) según el híbrido evaluado en R4.

Hibrido	Producción de materia seca (kg/ha)
KM 3800	20.709,17 A
KM 4500	20.417,92 A
KM 2411	18.994,79 B

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Cuadro N° 6. Producción de materia seca (kg/ha) según la densidad empleada evaluado en R4.

Densidad ( plantas/m <sup>2</sup> )	Producción de materia seca (kg/ha)
11	22313,96 A
9	20431,88 B
7	17376,04 C

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los espaciamientos entre hileras.

Se realizó el análisis de varianza para cada uno de los componentes de la planta evaluados por separado (en kg/ha). No se encontró ninguna interacción significativa entre ninguna de las variables estudiadas (cuadro 15 al 18 del anexo).

La producción de materia seca (kg/ha) de hoja y chala aumento con el largo del ciclo del híbrido, siendo las diferencias estadísticamente significativos entre los mismos. En el caso de los kg/ha de espiga los materiales de ciclo intermedio y largo se diferenciaron estadísticamente del material precoz. En cuanto a los kg/ha de tallo la producción fue inversamente proporcional al largo del ciclo del material, siendo estadísticamente significativas las diferencias entre ellos (cuadro N° 7).

El tallo es el componente morfológico de menor valor alimenticio, por lo tanto, conocer su relación presente en el silo es de suma importancia para la calidad del mismo (Carrete y

Scheneiter, 2012). El híbrido precoz, fue el que produjo mayor cantidad de materia seca de tallo/ha, por lo tanto, tendría el potencial de producir un silo de menor calidad que utilizando los otros materiales. Esto sumado a que es el que produjo la menor cantidad de granos/ha, que es el componente más nutritivo de la planta. Los datos coinciden con los trabajos llevados a cabo en Pergamino (Rimieri *et al.*, 1997 y Scheneiter *et al.*, 1997), en donde se observó una correlación positiva entre el largo del ciclo y el rendimiento total de materia seca y una correlación negativa entre el largo del ciclo y materia seca aportada por la mazorca.

Cuadro N° 7. Producción de materia seca/ha de los distintos componentes de la planta según el híbrido.

Hibrido	Kg hoja/ha	Kg tallo/ha	Kg chala/ha	Kg espiga/ha
KM 2411	4517,71 A	6375,21 A	1067,29 A	7034,58 A
KM 3800	5341,25 B	5885,83 B	1341,46 B	8140,63 B
KM 4500	5734,17 C	5138,13 C	1458,75 C	8086,88 B

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la columna no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a la densidad (cuadro 8), hay una relación directa entre la cantidad de materia seca/ha producida por los distintos componentes y el incremento de plantas/ha; salvo en kg espiga/ha, en que 9 pl/m<sup>2</sup> no se diferenciaron estadísticamente de 11 pl/m<sup>2</sup>, en todos los demás casos hubo una diferencia estadísticamente significativa al aumentar la densidad. Esto estaría en concordancia con lo obtenido por Andrade *et al.*, 1992 y Bertoia, *et al.*, 1994.

A altas densidades se maximiza la producción de materia seca/ha, esto no sucede así con los kg de espiga/ha, ya que a medida que el crecimiento por planta disminuye por incrementos en la densidad, la caída en el número de granos fijados en la planta se hace más abrupta y puede producirse esterilidad completa de plantas con muy altas densidades (Vega *et al.*, 2001). Ello responde al relegamiento en la asignación de asimilados dentro de la planta que sufre la espiga en su posición axilar, debido a mecanismos de dominancia apical

a medida que la disponibilidad de recursos para el crecimiento se reduce (Andrade *et al.*, 1993).

Cuadro N° 8. Producción de materia seca/ha de los distintos componentes de la planta según la densidad.

Densidad ( plantas/m <sup>2</sup> )	Kg hoja/ha	Kg tallo/ha	Kg espiga/ha	Kg chala/ha
7	4437,71 A	4949,58 A	6880,42 A	1108,33 A
9	5220,00 B	5893,13 B	7978,13 B	1340,63 B
11	5935,42 C	6556,46 C	8403,54 B	1418,54 B

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la columna no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### c- Diámetro del tallo

En el caso de esta medición, hubo una interacción significativa (cuadro 19 del anexo) entre los híbridos y la densidad, como se observa en el cuadro 9.

Cuadro 9. Diámetro del tallo según el híbrido y la densidad.

Híbrido\Densidad (pl/m <sup>2</sup> )	7	9	11
KM 2411	2,48 a A	2,28 a B	2,09 a C
KM 3800	2,48 a A	2,22 a B	2,05 a C
KM 4500	2,35 a A	2,30 a AB	2,16 a B

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la fila y minúscula en la columna no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A la menor densidad evaluada, los híbridos se comportaron de la misma manera sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ellos; del mismo modo esto sucedió con las densidades de 9 y 11 pl/m<sup>2</sup>.

Los materiales de ciclo precoz e intermedio aumentaron estadísticamente su diámetro a medida que la densidad disminuyó. En el caso del KM 4500 la menor densidad no se diferenció estadísticamente de la intermedia y a su vez esta, no se diferencia de la mayor densidad evaluada.

En el caso de producción de grano, un menor diámetro del tallo trae aparejado un mayor riesgo para el quebrado de los mismos, especialmente si se demora la cosecha del maíz. En el caso de destinar la producción para silo, al disminuir el diámetro del tallo la calidad del silaje va a depender de la relación del tallo con los demás componentes de la planta. El riesgo de vuelco para este tipo de producción también está pero es menor por dos razones, recolectar toda la planta y hacerlo más temprano.

#### **d- Variables estructurales de la planta**

En cuanto a la altura hubo diferencias estadísticamente significativas (cuadro 20 del anexo) entre los híbridos, en donde el de ciclo intermedio, fue el de mayor altura (238,6 cm), diferenciándose de los de ciclo precoz y largo (229,9 y 226,7 cm respectivamente).

Analizando el número de nudos (cuadro 21 del anexo), los híbridos de ciclo intermedio y largo (15,7 y 16 nudos respectivamente), se diferenciaron estadísticamente del ciclo precoz (13,7 nudos). En cuanto a la densidad el mayor número de nudos (15,33) se obtuvo con la densidad intermedia, la cual no se diferenció de la menor densidad (15,13) y a su vez esta no se diferenció de la mayor (14,96).

En cuanto al área foliar desde la hoja anterior a la espiga hasta la panoja (cuadro 22 del anexo), el híbrido de ciclo intermedio fue el que presentó mayor valor, diferenciándose estadísticamente de los demás materiales. Si bien esto no se condice con los valores de interceptación lumínica (cuadro 2), podría deberse a la diferente tasa de senescencia de las hojas por debajo de la espiga y al ángulo de inserción de las hojas con el tallo (datos no medidos). En cuanto a la densidad, a 7 y 9 pl/m<sup>2</sup> se obtuvieron los mayores valores de área foliar los cuales se diferenciaron de 11 pl/m<sup>2</sup>.

### e- Quebrado y vuelco

Debido a una causa ajena a este ensayo, no se pudo realizar la medición de quebrado y vuelco del híbrido de ciclo largo, debido a que el día posterior a la cosecha, momento en que se iba a realizar la medición, se produjo una gran tormenta con fuertes ráfagas de viento, la cual produjo el quebrado casi total de las plantas de las parcelas. Esto provocó que los datos no sean representativos, por lo cual se decidió desestimar este parámetro.

### f- Rendimiento en grano

En el cuadro 10 se detalla la fecha y la humedad de cosecha de cada híbrido.

Cuadro 10. Fecha y humedad de cosecha de cada híbrido.

Híbrido	Fecha de cosecha	Humedad (%)
KM 2411	22/02/2016	19,50
KM 3800	10/03/2016	15,00
KM 4500	17/03/2016	22,00

En cuanto al rendimiento en grano fue positiva la interacción espaciamiento \* híbrido (cuadro 23 del anexo), como se observa en el cuadro 11.

Cuadro 11. Rendimiento en grano (kg/ha) según híbrido y espaciamiento.

Espaciamiento entre surcos (cm)	Híbrido	Rendimiento (kg/ha)
35	4500	12102,76 A
35	3800	11936,55 A B
52,5	2411	9992,06 B C
35	2411	9878,21 B C
52,5	3800	9709,94 C
52,5	4500	9568,26 C

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A 35 cm de espaciamiento los máximos rendimientos se obtuvieron con los materiales de ciclo intermedio y largo, aunque el KM 3800 a su vez no se diferencia estadísticamente del material precoz. A 52,5 cm no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los materiales.

A su vez dentro de los híbridos, para el de ciclo corto, no se obtuvo diferencia significativa entre sembrar a 35 cm o 52,5 cm; situación que sí ocurrió con el híbrido intermedio y de ciclo largo, que aumentaron significativamente el rendimiento al estrecharse el espaciamiento entre surcos.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las densidades evaluadas como se observa en el cuadro 12.

Cuadro 12. Rendimiento en grano (kg/ha) según densidad.

Densidad ( plantas/m <sup>2</sup> )	Rendimiento (kg/ha)
11	10731,09 A
9	10721,89 A B
7	10140,91 B

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

En lo que respecta a densidad, las más altas son las que presentan el mejor comportamiento sin diferenciarse entre ellas, aunque se debe destacar que la densidad intermedia no se diferenció de la más baja.

En cuanto a los granos/m<sup>2</sup>, hubo diferencias entre los efectos principales como se aprecia en el cuadro 13.

Cuadro 13. N° granos/m<sup>2</sup> según híbrido y espaciamento.

Híbrido	N° granos/m <sup>2</sup>	Densidad (pl/m <sup>2</sup> )	N° granos/m <sup>2</sup>	Espaciamento entre surcos (cm)	N° granos/m <sup>2</sup>
KM 4500	4051,97 A	11	4007,12 A	35	3919,28 A
KM 3800	4022,34 A	9	3862,26 A	52,5	3610,26 B
KM 2411	3219,99 B	7	3424,93 B		

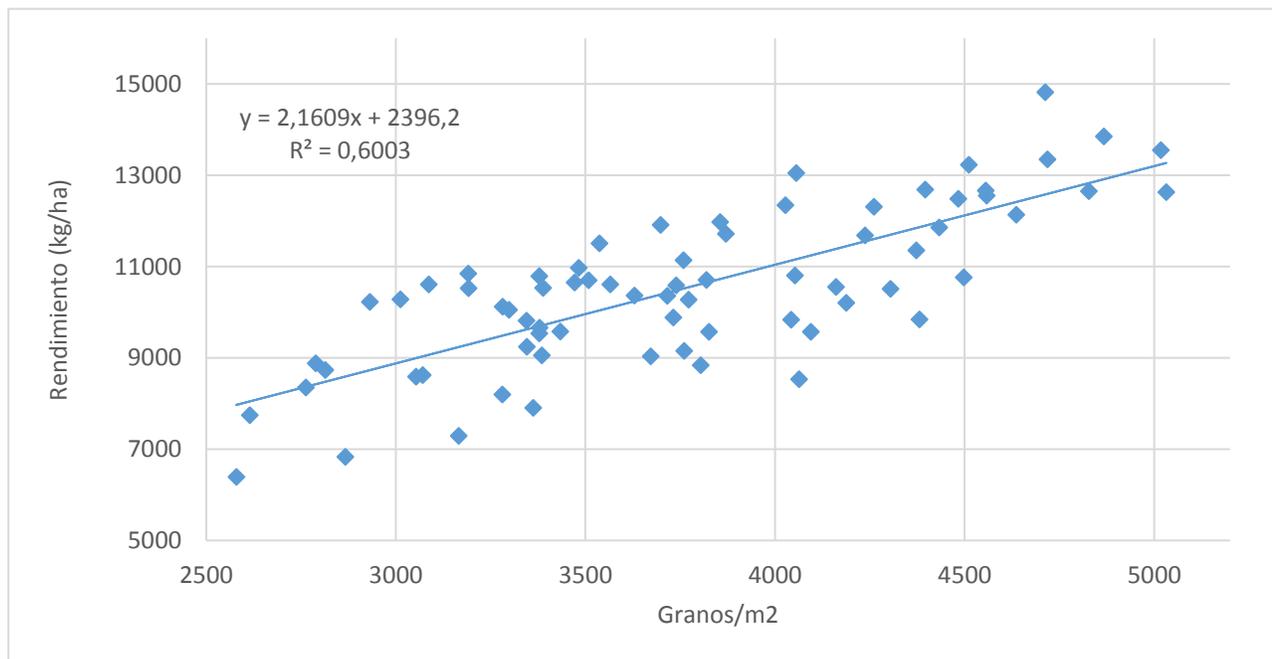
Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la columna no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Los híbridos de ciclo intermedio y largo se diferenciaron estadísticamente del material precoz. Este componente sería en gran medida el responsable de que estos tratamientos alcancen una mayor producción.

Las densidades de 9 y 11 pl/m<sup>2</sup> se diferenciaron estadísticamente de la menor densidad. En tanto que, el distanciamiento a 35 cm se diferenció estadísticamente del de 52,5cm.

En el grafico 4 se muestra el alto grado de asociación que hubo entre los granos/m<sup>2</sup> y el rendimiento.

Grafico 4. Rendimiento (kg/ha) en función de los granos/m<sup>2</sup>.



En cuanto al peso de 1000 granos fue significativa la interacción (cuadro 25 del anexo) espaciamento entre surcos\*híbrido\* densidad.

Cuadro 13. Peso de 1000 granos según espaciamento, híbrido y densidad.

Espaciamento (cm)	Híbrido	Densidad (pl/m <sup>2</sup> )	Peso 1000 granos (gr)
35	2411	7	326,92 A
52,5	2411	7	323,56 A B
35	4500	7	306,68 A B C
35	2411	11	305,46 A B C
35	3800	7	300,42 A B C D
52,5	2411	9	299,58 B C D
52,5	2411	11	298,87 B C D E
35	2411	9	298,73 B C D E
35	3800	9	285,92 C D E F
35	4500	9	273,16 D E F G
52,5	3800	7	271,76 E F G
35	3800	11	265,13 F G H
52,5	4500	9	259,45 F G H
35	4500	11	258,00 G H
52,5	4500	7	254,08 G H
52,5	3800	9	249,85 G H
H52,5	4500	11	249,26 G H
52,5	3800	11	239,25 H

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Los máximos pesos de mil granos estuvieron alrededor de 326 gr, en tanto que los menores en torno a los 240 gr.

### **g- Relación entre la intercepción lumínica y la productividad**

Teniendo en cuenta los promedios de intercepción lumínica para la interacción híbrido por densidad y asociando esto con la producción en grano y materia seca para silo, se obtiene una buena asociación entre ambas variables (grafico 5 y 6).

Grafico 5. Rendimiento (kg/ha) en grano en función de la intercepción lumínica (%).

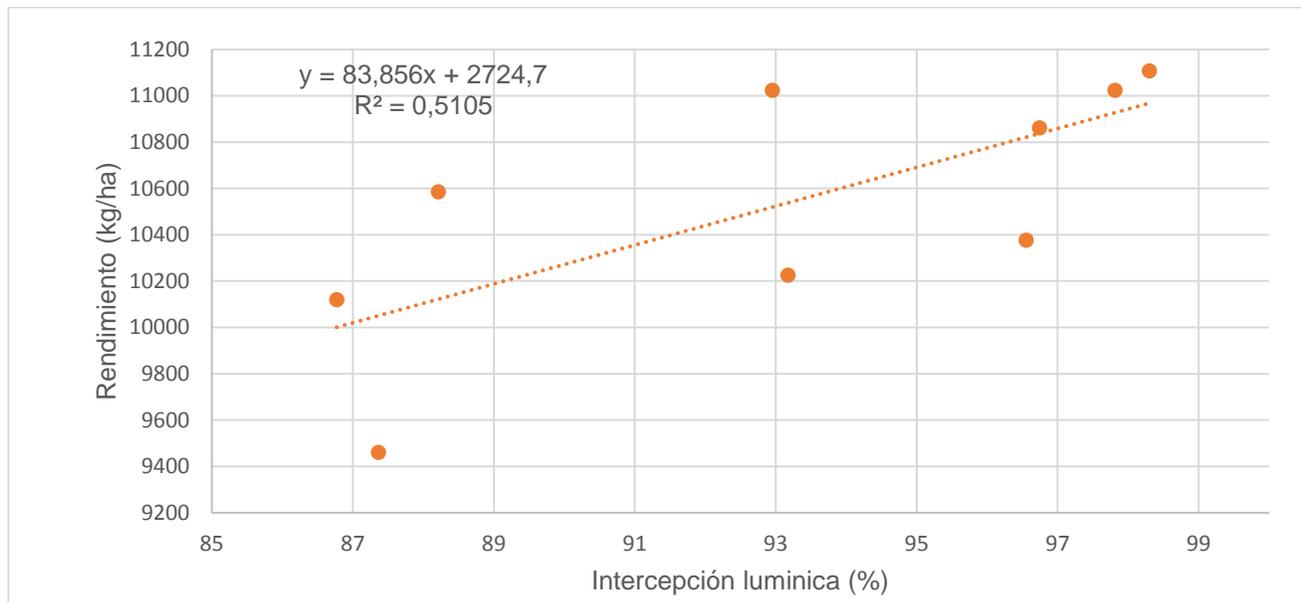
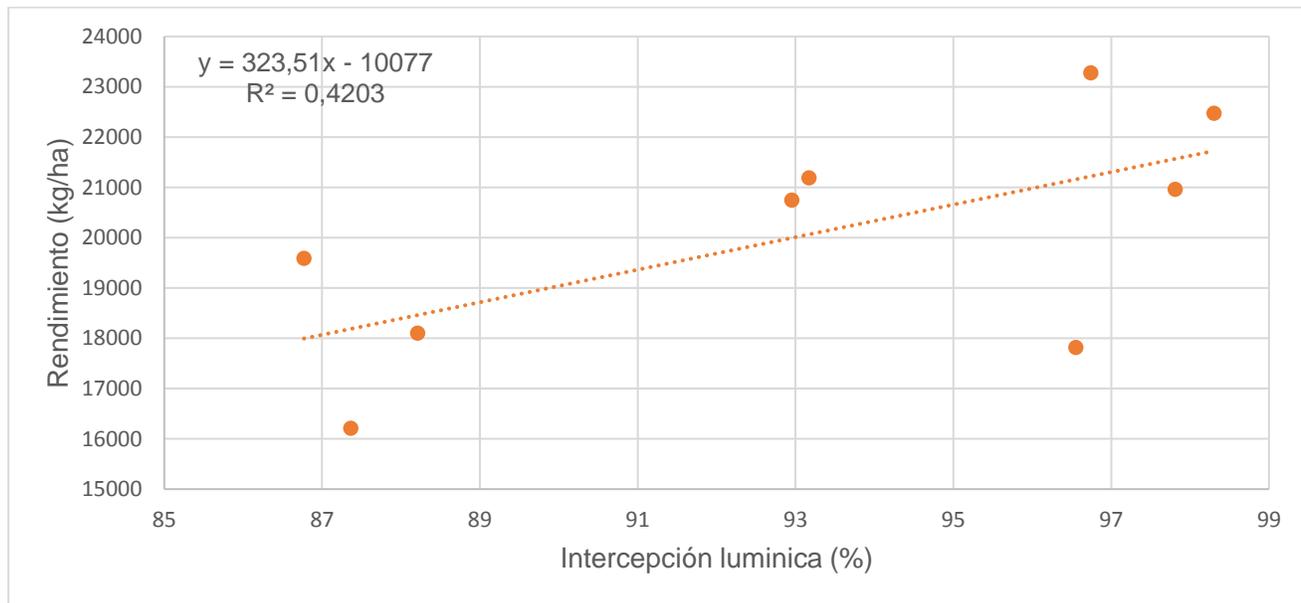


Grafico 6. Producción de materia seca (kg/ha) en función de la intercepción lumínica (%).



Esto coincide con los trabajos realizados en la AER INTA 9 de julio en los dos años anteriores (Ventimiglia y Torrens, 2014 y 2015), en los cuales se encontró que los rendimientos en grano y en materia seca para silo se correlacionaban con la intercepción lumínica.

## Conclusiones

En cuanto a la primera hipótesis, la misma no se rechaza, debido a que hay una diferente combinación de densidad y espaciamientos entre surcos según sea el híbrido y el destino de la producción: grano o silaje.

Para maximizar la producción de materia seca para silo, se debería usar los materiales de ciclo intermedio y/o largo a la más alta densidad evaluada (110.000 plantas/ha), siendo indistinto el espaciamiento entre hileras utilizado.

Si se destina la producción para grano, se debería utilizar el híbrido de ciclo largo a 35 cm de espaciamiento entre surcos. La densidad utilizada tendría que ser entre 90.000 y 110.000 plantas/ha.

En cuanto a la segunda hipótesis, la misma no se rechaza ya que se encontró una asociación entre la productividad (ya sea materia seca para silo o rendimiento en grano) y la intercepción lumínica en el estado fenológico R2, por lo cual la misma se acepta.

Se destaca la fecha de cosecha del material precoz y su aceptable rendimiento en grano obtenido (9,9 t/ha), por lo cual podría sembrarse una pequeña superficie con el mismo. Este grano cubriría el bache de alimentación animal para bovinos de carne, leche, porcino, aviar y/o venderlo en un momento en el cual la disponibilidad del mismo es menor, para aprovechar un mejor precio de venta.

## **Datos anexos**

Cuadro N° 13. Análisis de varianza para la variable intercepción luminica en el estado fenológico

R2.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Radiacion Interceptada (%)..	72	0,88	0,76	2,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1732,83	35	49,51	7,33	<0,0001	
Bloque	107,58	3	35,86	3,80	0,1510	(Bloque*EES (m))
EES (m)	75,67	1	75,67	8,02	0,0661	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	28,32	3	9,44	1,40	0,2592	
Hibrido	865,22	2	432,61	70,65	<0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	28,91	2	14,45	2,36	0,1366	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	73,48	12	6,12	0,91	0,5494	
Densidad ( pl/m2)	357,68	2	178,84	26,49	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	147,79	4	36,95	5,47	0,0015	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	29,65	2	14,82	2,20	0,1260	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	18,54	4	4,64	0,69	0,6060	
Error	243,07	36	6,75			
Total	1975,90	71				

Cuadro N° 14. Análisis de varianza de la variable producción de materia (kg/ha) seca para silo.

Rto ( kg MS/ha)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rto ( kg MS/ha)	72	0,81	0,62	8,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	411260292,71	35	11750294,08	4,38	<0,0001	
Bloque	27469392,71	3	9156464,24	2,13	0,2753	(Bloque*EES (m))
EES (m)	86458,68	1	86458,68	0,02	0,8962	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	12896906,60	3	4298968,87	1,60	0,2062	
Hibrido	40393543,75	2	20196771,88	13,32	0,0009	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	2700284,03	2	1350142,01	0,89	0,4360	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	18195927,78	12	1516327,31	0,56	0,8554	
Densidad ( pl/m2)	298107008,33	2	149053504,17	55,50	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	2827979,17	4	706994,79	0,26	0,8996	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	3137386,11	2	1568693,06	0,58	0,5628	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	5445405,56	4	1361351,39	0,51	0,7309	
Error	96681254,17	36	2685590,39			
Total	507941546,88	71				

Cuadro N° 15. Análisis de varianza de la variable kg de MS hoja/ha.

**Kg hoja/ha**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg hoja/ha	72	0,89	0,79	7,82

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	50563980,21	35	1444685,15	8,75	<0,0001	
Bloque	1689167,71	3	563055,90	2,24	0,2623	(Bloque*EES (m))
EES (m)	68142,01	1	68142,01	0,27	0,6385	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	753592,71	3	251197,57	1,52	0,2254	
Hibrido	18499002,08	2	9249501,04	70,00	<0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	76509,03	2	38254,51	0,29	0,7537	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	1585566,67	12	132130,56	0,80	0,6475	
Densidad ( pl/m2)	26935452,08	2	13467726,04	81,59	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	446358,33	4	111589,58	0,68	0,6130	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	155084,03	2	77542,01	0,47	0,6289	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	355105,56	4	88776,39	0,54	0,7088	
Error	5942016,67	36	165056,02			
Total	56505996,88	71				

Cuadro N° 16. Análisis de varianza de la variable kg de MS tallo/ha.

**kg tallo/ha**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
kg tallo/ha	72	0,83	0,66	10,10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	60203715,28	35	1720106,15	5,01	<0,0001	
Bloque	1767013,89	3	589004,63	1,42	0,3901	(Bloque*EES (m))
EES (m)	63605,56	1	63605,56	0,15	0,7215	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	1244447,22	3	414815,74	1,21	0,3207	
Hibrido	18631446,53	2	9315723,26	25,20	0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	270625,69	2	135312,85	0,37	0,7009	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	4435872,22	12	369656,02	1,08	0,4071	
Densidad ( pl/m2)	31298634,03	2	15649317,01	45,58	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	599907,64	4	149976,91	0,44	0,7811	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	348284,03	2	174142,01	0,51	0,6064	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	1543878,47	4	385969,62	1,12	0,3604	
Error	12359029,17	36	343306,37			
Total	72562744,44	71				

Cuadro N° 17. Análisis de varianza de la variable kg de MS espiga/ha.

kg espiga/ha

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
kg espiga/ha	72	0,76	0,52	10,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	69981294,44	35	1999465,56	3,17	0,0004	
Bloque	8767548,61	3	2922516,20	2,97	0,1973	(Bloque*EES (m))
EES (m)	4834,72	1	4834,72	4,9E-03	0,9485	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	2948093,06	3	982697,69	1,56	0,2163	
Hibrido	18668279,86	2	9334139,93	24,52	0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	2312317,36	2	1156158,68	3,04	0,0857	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	4568258,33	12	380688,19	0,60	0,8246	
Densidad ( pl/m2)	29646821,53	2	14823410,76	23,51	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	533980,56	4	133495,14	0,21	0,9302	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	1656125,69	2	828062,85	1,31	0,2816	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	875034,72	4	218758,68	0,35	0,8444	
Error	22702137,50	36	630614,93			
Total	92683431,94	71				

Cuadro N° 18. Análisis de varianza de la variable kg de MS chala/ha.

kg chala/ha

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
kg chala/ha	72	0,77	0,55	13,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	3953162,50	35	112947,50	3,51	0,0002	
Bloque	212694,44	3	70898,15	3,00	0,1956	(Bloque*EES (m))
EES (m)	46512,50	1	46512,50	1,97	0,2553	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	70937,50	3	23645,83	0,73	0,5386	
Hibrido	1937314,58	2	968657,29	57,48	<0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	2289,58	2	1144,79	0,07	0,9347	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	202218,06	12	16851,50	0,52	0,8855	
Densidad ( pl/m2)	1250077,08	2	625038,54	19,40	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	75470,83	4	18867,71	0,59	0,6751	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	7377,08	2	3688,54	0,11	0,8921	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	148270,83	4	37067,71	1,15	0,3487	
Error	1159787,50	36	32216,32			
Total	5112950,00	71				

Cuadro N° 19. Análisis de varianza de la variable diámetro tallo (cm).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro promedio ( cm)	72	0,83	0,66	4,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2,18	35	0,06	4,95	<0,0001	
Bloque	0,19	3	0,06	4,77	0,1158	(Bloque*EES (m))
EES (m)	1,5E-03	1	1,5E-03	0,12	0,7560	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	0,04	3	0,01	1,05	0,3814	
Hibrido	0,01	2	0,01	0,32	0,7336	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	0,03	2	0,02	0,65	0,5413	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	0,28	12	0,02	1,86	0,0741	
Densidad ( pl/m2)	1,36	2	0,68	54,24	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	0,15	4	0,04	3,07	0,0283	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	0,01	2	3,4E-03	0,27	0,7626	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	0,10	4	0,02	1,95	0,1230	
Error	0,45	36	0,01			
Total	2,63	71				

Cuadro N° 20. Análisis de la varianza de la variable altura de planta (cm).

Altura (cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (cm)	72	0,67	0,36	3,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	4283,59	35	122,39	2,12	0,0137	
Bloque	360,07	3	120,02	1,89	0,3078	(Bloque*EES (m))
EES (m)	462,59	1	462,59	7,27	0,0741	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	190,98	3	63,66	1,10	0,3601	
Hibrido	1825,08	2	912,54	28,94	<0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	2,53	2	1,26	0,04	0,9608	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	378,39	12	31,53	0,55	0,8687	
Densidad ( pl/m2)	52,27	2	26,14	0,45	0,6391	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	415,83	4	103,96	1,80	0,1497	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	112,55	2	56,27	0,98	0,3866	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	483,31	4	120,83	2,10	0,1017	
Error	2075,88	36	57,66			
Total	6359,47	71				

Cuadro N° 21. Análisis de varianza de la variable n° de nudos totales.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N° nudos totales	72	0,90	0,81	3,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	81,78	35	2,34	9,52	<0,0001	
Bloque	0,50	3	0,17	0,35	0,7966	(Bloque*EES (m))
EES (m)	0,22	1	0,22	0,46	0,5456	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	1,44	3	0,48	1,96	0,1371	
Hibrido	70,78	2	35,39	100,58	<0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	0,78	2	0,39	1,11	0,3626	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	4,22	12	0,35	1,43	0,1959	
Densidad ( pl/m2)	1,69	2	0,85	3,45	0,0425	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	1,39	4	0,35	1,42	0,2487	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	0,19	2	0,10	0,40	0,6758	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	0,56	4	0,14	0,57	0,6889	
Error	8,83	36	0,25			
Total	90,61	71				

Cuadro N° 22. Análisis de varianza de la variable área foliar desde la hoja anterior a la espiga hasta la panoja (cm<sup>2</sup>/pl).

Area foliar hojas esp -1 (cm<sup>2</sup>/pl)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Area foliar hojas esp -1 (..	72	0,76	0,53	8,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	7643008,64	35	218371,68	3,33	0,0003	
Bloque	563113,45	3	187704,48	2,21	0,2664	(Bloque*EES (m))
EES (m)	27614,85	1	27614,85	0,32	0,6088	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	255374,87	3	85124,96	1,30	0,2901	
Hibrido	2392104,58	2	1196052,29	8,39	0,0053	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	54742,64	2	27371,32	0,19	0,8278	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	1710281,79	12	142523,48	2,17	0,0360	
Densidad ( pl/m2)	1733249,03	2	866624,51	13,21	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	396142,51	4	99035,63	1,51	0,2200	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	270513,09	2	135256,55	2,06	0,1420	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	239871,82	4	59967,96	0,91	0,4662	
Error	2361660,34	36	65601,68			
Total	10004668,99	71				

Cuadro N° 23. Análisis de la varianza de la variable rendimiento en grano (kg/ha).

Rendimiento (kg/ha)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	72	0,88	0,76	7,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	182669198,84	35	5219119,97	7,50	<0,0001	
Bloque	58193332,40	3	19397777,47	9,42	0,0490	(Bloque*EES (m))
EES (m)	43194306,51	1	43194306,51	20,98	0,0195	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	6176352,55	3	2058784,18	2,96	0,0451	
Hibrido	12796529,88	2	6398264,94	2,79	0,1014	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	25172541,77	2	12586270,89	5,48	0,0204	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	27558327,48	12	2296527,29	3,30	0,0027	
Densidad ( pl/m2)	5487605,44	2	2743802,72	3,94	0,0282	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	596895,46	4	149223,87	0,21	0,9286	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	792808,62	2	396404,31	0,57	0,5706	
EES (m)*Hibrido*Densidad (...)	2700498,72	4	675124,68	0,97	0,4356	
Error	25041002,11	36	695583,39			
Total	207710200,95	71				

Cuadro 24. Análisis de la varianza de la variable granos/m<sup>2</sup>.

Granos/m<sup>2</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Granos/m <sup>2</sup>	72	0,92	0,84	6,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	24515163,60	35	700433,25	11,53	<0,0001	
Bloque	2181636,14	3	727212,05	6,26	0,0831	(Bloque*EES (m))
EES (m)	1718877,44	1	1718877,44	14,79	0,0310	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	348610,10	3	116203,37	1,91	0,1450	
Hibrido	10694668,87	2	5347334,44	21,33	0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	1384762,46	2	692381,23	2,76	0,1031	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	3008506,63	12	250708,89	4,13	0,0005	
Densidad ( pl/m2)	4409542,45	2	2204771,23	36,29	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	122846,49	4	30711,62	0,51	0,7319	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	313410,48	2	156705,24	2,58	0,0898	
EES (m)*Hibrido*Densidad (...)	332302,53	4	83075,63	1,37	0,2645	
Error	2187207,35	36	60755,76			
Total	26702370,95	71				

Cuadro N° 25. Análisis de la varianza de la variable peso de mil granos (gr).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso 1000 granos (gr)	72	0,95	0,89	3,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	67571,73	35	1930,62	18,18	<0,0001	
Bloque	11830,16	3	3943,39	6,20	0,0841	(Bloque*EES (m))
EES (m)	6788,01	1	6788,01	10,67	0,0469	(Bloque*EES (m))
Bloque*EES (m)	1907,89	3	635,96	5,99	0,0020	
Hibrido	27084,99	2	13542,50	38,15	<0,0001	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)*Hibrido	2497,03	2	1248,51	3,52	0,0628	(EES (m)>Bloque*Hibrido)
EES (m)>Bloque*Hibrido	4260,28	12	355,02	3,34	0,0025	
Densidad ( pl/m2)	9832,73	2	4916,36	46,30	<0,0001	
Hibrido*Densidad ( pl/m2)	897,69	4	224,42	2,11	0,0992	
EES (m)*Densidad ( pl/m2)	714,71	2	357,35	3,37	0,0457	
EES (m)*Hibrido*Densidad (..	1758,25	4	439,56	4,14	0,0073	
Error	3822,31	36	106,18			
Total	71394,04	71				

## Bibliografía

- Andrade F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research. 41: 1-12.
- Andrade F.H., A.G. Cirilo, S.A. Uhart y M.E. Otegui. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa-EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press. Buenos Aires. 292 pp.
- Andrade, F. H, Margiotta F., Martinez R., Heiland P., Uhart S.A, Cirilo A y Frugone M. 1992. Densidad de plantas en maíz. Boletín técnico Nro. 108. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- Andrade F. H., P. Calviño, A. Cirilo y P. Barbieri. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. Agronomy Journal, 94:975-980.
- Andrade F.H., S.A. Uhart y M. Frugone. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade versus plant density effects. Crop Sci. 33:482-485.
- Barbieri P.A.; H.Sainz Rosas; F.H Andrade y H.E Echeverría. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. Agron. J.92:283-288.
- Bertoia, L.M., Borlandelli, M.S. y Burak, R. 1994. Densidad de siembra de maíz (Zea mays L.) 1. Efecto sobre la producción de materia seca. Revista Argentina de Producción Animal 14 (Sup.1):62-63.
- Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros. 2015. Datos estadísticos generados través de estudios propios del mercado. [www.ensiladores.com.ar](http://www.ensiladores.com.ar)
- Calzada J. 2015. 6 % de la producción mundial se destina de cereales se destina a producir etanol para biocombustible: 157 MT. Informativo Semanal. Bolsa de Comercio de Rosario. Año XXXIII. N° 1735.

- Carrete J.R. y Scheneiter O. Maíz para silaje. Capítulo 10. En: Eyherabide G.H (compilador y editor) 2012. Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz. 1ª ed. Ediciones INTA. ISBN: 978-987-679-1471-0.
- Cirilo A.G. 1994. Desarrollo, crecimiento y partición de materia seca en cultivos de maíz sembrados en diferentes fechas. Tesis M.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. 86 pp.
- Cirilo A.G. 2000. Distancia entre surcos en maíz. Revista de Tecnología Agropecuaria. INTA Pergamino. Vol. V Nro. 14, Segundo Cuatrimestre: Mayo/Agosto 2000. Pág. 19-23.
- Cox W.J. 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. Agron, J. 88:489-496.
- Dalla Valle D., Viviani Rossi E., Van Olphen P., Gutierrez L., Ferrero J.; Andrade F. y Santini F. 1999. Maíz para silaje. Agromercado. Cuadernillo Maíz: 12-16.
- Doebley J.A., Stec A., Hubbard L. 1997. The evolution of apical dominance in maize. Nature 386: 485-488.
- Edwards, J.T., Purcell, L.C., y Vories, E.D. 2005. Light interception and yield of short-season maize (*Zea mays* L.) hybrids in the Midsouth. Agronomy Journal 97:225-234.
- FAO; 2013. FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Dirección de estadística. <http://faostat3.fao.org/home/E>
- Flénet F., Kiniry J.R, Board J.E. Westgate M.E y Reicosky D.C. 1996. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean and sunflower. Agron. J. 88:185-190.

- Justo C., Scianca C. 2011. Agricultura por ambientes. Estrategias de manejo de maíz en suelos con diferente aptitud productiva. Pp. 11-14. Memoria Técnica 2010 – 2011. ISSN 1850-6038.
- Maddonni G.A., Otegui M. E. y Cirilo A.G. 2001a. Plant population density, row spacing, and hybrid effects on maize canopy architecture and light interception. *Field Crops Res.* 71:183-193.
- Maddonni, G.A., Chelle, M., Drouet, J-L., y Andrieu, B. 2001b. Light interception of contrasting leaf azimuth canopies under square and rectangular plant spatial distributions: simulations and crop measurements. *Field Crops Res.* 70:1-13.
- Montgomery, E.G. 1911. Correlation studies of corn. *Nebraska Agricultural Station Annual Report, Lincoln, v. 24, p.108-159.*
- Pioneer, 2008. Boletín Técnico Pioneer. Uso de maíces ultra precoces. Mayo de 2008.
- Porter P.M., Hicks D.R, Lueschen W.E, Ford J.H, Warnes D.D y Hoverstad T.R. 1997. Corn response to row width and plant populations in the northern Corn Belt. *J. Prod. Agric.* 10:293-300.
- Rimieri, P., Scheneiter, J. O., Carrete, J. R. y Devito, C. 1997. Producción y calidad de maíz para silaje; efecto de la longitud del ciclo bajo condiciones de riego y seco. *Revista de Tecnología Agropecuaria* 2 (5): 27-29.
- Ritchie J.T. y Hanway J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, Ames, Iowa. Special Report N° 48.
- Ritchie, S.W., Hanway, J.J., y Benson, G.O. 1993. How a corn plant develops. Special Report NJ 48. Coop. Ext. Service, Ames, IA.
- Sarlangue, T., Andrade, F.H., Calviño, P.A., y Purcell, L.C. 2007. Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density? *Agronomy Journal* 99:984-941.

- Satorre E.M, Benech Arnold R.L, Slafer G.A, De La Fuente E., Miralles D.J, Otegui M.E y Savin R. 2003. Producción de Granos Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. ISBN 950-29-0713-2.
- Scheneiter, J. O., Carrete, J. R., Devito, C. y Rimieri, P. 1997. Ensayo de híbridos de maíz para silaje – Cargill. Propefo INTA Pergamino. Publicación interna. 5 p.
- Sistema Integrado de Información Agropecuaria. 2015. [www.siaa.gov.ar](http://www.siaa.gov.ar)
- United States Department of Agriculture.2015. Foreign Agricultural Service. USDA. Office of Global Analysis. November 2015. Pp 4.
- Vallone P., Gudelj V., Galarza C., Masiero B, Vranicich C., Nebreda J. 2010. Ensayo de densidad y distancia de siembra en maíz. Maíz actualización 2010. Estación Experimental Agropecuaria INTA Marco Juárez. Proyecto Regional Producción Agrícola Sustentable. Informe de Actualización Técnica N° 16. ISSN: 1851-9245.
- Vega C.R.C., F.H. Andrade, y V.O. Sadras. 2001. Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. Field Crops Research 72:163-175.
- Ventimiglia L. A y Torrens L. 2014. Maiz: Efecto del genotipo, la densidad de siembra y el espaciamento entre hileras, en la producción de forraje y grano, en siembras tempranas. Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_maz\\_efecto\\_del\\_genotipo\\_densidad\\_de\\_siembra\\_y\\_e.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_maz_efecto_del_genotipo_densidad_de_siembra_y_e.pdf)
- Ventimiglia L. A y Torrens L. 2015. Maiz: Comportamiento de tres ciclos, tres densidades y dos espaciamentos entre líneas, en la producción de materia verde, seca y rendimiento en grano. Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_9dejulio\\_maz\\_comportamiento\\_de\\_tres\\_ciclos\\_tre.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_9dejulio_maz_comportamiento_de_tres_ciclos_tre.pdf)