

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

**“Trabajo Final Presentado para Optar al Grado
de Ingeniero Agrónomo”**

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL EN RELACIÓN AL
RENDIMIENTO EN DIFERENTES HÍBRIDOS DE MAÍZ, A DISTINTAS
DENSIDADES DE SIEMBRA**

**Alumno: AGUSTIN JORBA
DNI: 27070616**

**Director: Ing. Jorge J. Gesumaria
Codirector: Ing. Agr. Gabriel P. Esposito**

**Río Cuarto - Córdoba
2004**

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título Del Trabajo Fina: PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA TOTAL EN RELACIÓN AL RENDIMIENTO EN DIFERENTES HÍBRIDOS DE MAÍZ, A DISTINTAS DENSIDADES DE SIEMBRA

Autor: AGUSTIN JORBA

DNI: 27070616

Director: JORGE J. GESUMARIA

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

CECILIA SAROFF _____

HECTOR PAGLIARICCI _____

OSCAR GIAYETTO _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

INDICE TEMÁTICO

- INTRODUCCIÓN-----	1
- Hipótesis-----	5
- Objetivos-----	5
- MATERIALES Y METODOS-----	6
- RESULTADOS Y DISCUSIÓN----	10
- Condiciones climáticas presentes en el sitio experimental-----	10
- Materia seca aérea total-----	12
- Rendimiento-----	20
- CONCLUSIONES-----	27
- BIBLIOGRAFIA-----	28

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

- Figura 1: Régimen de precipitaciones Río Cuarto, período 1974-1993.-----	6
- Figura 2: Precipitaciones y temperaturas mensuales promedios para Río Cuarto, período 1974-1993.-----	7
- Figura 3a: Representación grafica durante la campaña 2002-2003 de precipitaciones decádicas y precipitaciones medias históricas (1974-1993).-----	10
- Figura 3b: Representación grafica durante la campaña 2002-2003 de las temperaturas máximas, mínimas y medias decaditas y temperaturas medias históricas (1974-1993).-----	11
- Cuadro 1: Producción de biomasa aérea total en kg Ms/ha en las etapas V6, V13, R3 y R6, rendimiento e índice de cosecha (promedio de 5 densidades) (de los híbridos en estudio).-----	12

- Cuadro 2: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha totales de los diferentes híbridos a distintas densidades de siembra en V6.-----13
- Figura 4: Relación entre la producción de biomasa aérea de cada híbrido en función de la densidad en el estadio fenológico V6.-----14
- Cuadro 3: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha de los distintos híbridos a diferentes densidades de siembra en V13.----- 15
- Figura 5: Relación entre la producción de biomasa aérea de cada híbrido y la densidad utilizada en el estudio, en el estadio fenológico de V13.----- 16
- Cuadro 4: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha de los diferentes híbridos a distintas densidades de siembra en R3.----- 17
- Figura 6: Relación entre la producción de biomasa aérea y la densidad utilizada en los diferentes híbridos en el estadio de R3.-----17
- Cuadro 5: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha de los diferentes híbridos a distintas densidades de siembra en madurez fisiológica.-----18
- Figura 7: Relación entre la producción de biomasa aérea y la densidades de siembra utilizadas en los materiales en madurez fisiológica.----- 19
- Cuadro 6: Rendimiento en kg/ha de los híbridos utilizados a distintas densidades de siembra.-----20
- Figura 8: Representación grafica de los rendimientos en kg/ha en función de la densidad aplicada.----- 21
- Cuadro 7: Índice de cosecha de los híbridos utilizados a distintas densidades de siembra.-----22
- Figura 9: Modificación del IC (%) por incrementos en el stand de plantas para los 4 híbridos de maíz en estudio.----- 23
- Figura 10: Relación entre la TCC promedio de cada cultivo en las diferentes densidades de siembra y el rendimiento en granos por ha durante el período crítico.-----25
- Figura 11: TCC promedio del los cultivos en función de la densidad de siembra utilizada.-----26

RESUMEN

El ensayo se realizó durante la campaña 2002-2003, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. El objetivo principal fue determinar cómo influye en la producción de biomasa aérea total en las distintas etapas ontogénicas del cultivo y en el rendimiento en granos, cuando varían los híbridos y las densidades de siembra utilizadas. El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones, con arreglo en parcela dividida. Se evaluó la producción de biomasa aérea total en las etapas fenológicas de V₆, V₁₃, R₃ y R₆, en las cuales se extrajeron muestras de cada parcela para luego ser secadas en horno a 105°C hasta alcanzar peso constante. En madurez fisiológica del cultivo se analizaron los componentes del rendimiento final en granos. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante análisis de la varianza y se utilizó el test de LSD Fisher Alfa al 5 % para determinar diferencias significativas entre medias. Los resultados indican que hay una interacción significativa híbrido x densidad en función de los parámetros analizados (biomasa aérea total, rendimiento en granos e índice de cosecha) demostrando una respuesta del tipo óptima en cuanto al rendimiento a 75.000 pl/ha. Los híbridos de mejor comportamiento en el ensayo fueron el Dekalb 682 y Nidera Ax 882.

PALABRAS CLAVES: Maíz, Biomasa Aérea, Densidad, Híbrido, Rendimiento.

SUMMARY

The test I am made during campaign 2002-2003, in the experimental field of the Faculty of Agronomy and Veterinary medicine of the National University of Río Cuarto. The primary target was determine as it influences in the production of total aerial biomass in the different ontogenic stages from the culture and in the grain yield when they vary the hybrids and the densities of sowing have to use. The used experimental design was in completely randomized blocks with three repetitions, with adjustment in divided parcel. The production of total aerial biomass in the fenológicas stages of V6 was evaluated, V13, R3 and R6, in which samples of each parcel were extracted soon to be dried infurnace to 105°C until reaching constant weight. To physiological maturity of the culture the components of the final grain yield were analyzed. The results were analyzed statistically by means of analysis of the variance and the LSD test was used Fisher Alpha to 5 % to determine significant differences between averages. The results indicate that hibrido x is a significant interaction densities based on the analyzed parameters (total aerial biomass, grain yield and index of harvest) demonstrating an answer of the optimal type as far as the 75,000 yield to pl/it has. The hybrids of better behavior in the test were Dekalb 682 and Nidera Ax 882.

KEY WORDS: Corn, Aerial Biomass, Densities, Hybrids, Yield.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en Argentina, cubrió una superficie promedio de 3,4 millones de hectáreas por campaña, con picos cercanos a los 5 millones a inicios de los setenta. En el ciclo productivo (99/00) se sembraron 3,63 millones de hectáreas; lo cual convierte al cultivo de maíz en uno de los principales cereales cultivados en el país (Lorenzatti ,2000).

El maíz es muy eficiente en producir biomasa, superando ampliamente a otros cultivos como soja, girasol y trigo en producción de materia seca por unidad de superficie. Esta alta capacidad de producción se debe, entre otros factores, a una elevada tasa fotosintética, a un bajo valor energético de la materia seca producida y a una adecuada estructura del cultivo (Andrade, 2003).

La acumulación de materia seca aérea por el cultivo depende de su tasa de crecimiento desde la emergencia hasta la madurez fisiológica. A su vez, la tasa de crecimiento es función de la radiación solar incidente y de la eficiencia con que el cultivo la intercepta y la transforma en carbohidratos. El rendimiento, por otra parte, queda determinado por el índice de cosecha que es la manera en que el cultivo particiona la biomasa acumulada durante su crecimiento entre los órganos de cosecha y el resto (Barbieri *et al.* 2002).

Tetio Kagho y Gardner (1988) concluyeron que el cultivo de maíz se destaca por su incapacidad de ajustar su superficie foliar ante cambios en el número de plantas por metro cuadrado. Es por ello que éste cultivo presenta la mayor respuesta en términos de cantidad de radiación interceptada y materia seca producida frente a cambios en la densidad.

Vega y Andrade (2000), han determinado que las variaciones en las densidades de plantas de maíz, afectaron las eficiencias de conversión de la radiación interceptada en materia seca.

Cirilo (2004) encontró que un aumento de la densidad de plantas permite una cobertura más temprana lo que redundará en una mayor partición final de biomasa.

El aumento en la proporción de plantas estériles con el incremento en la densidad se debe a la posición axilar de la espiga, que la relega en la jerarquía de partición de asimilados y la convierte en una estructura más susceptible a condiciones que provoquen una disminución de los recursos disponibles por planta, como altas densidades o deficiencias hídricas y/o nutricionales. Tal situación determina que el maíz requiere un valor mínimo de tasa de

crecimiento por planta, por debajo del cual la producción de granos es inexistentes (Kruk y Satorre, 2004).

La producción de materia seca de un cultivo está directamente relacionada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente. Además, para alcanzar los máximos rendimientos en situaciones sin limitaciones ambientales importantes, los cultivos deben aprovechar en su totalidad la radiación solar disponible durante los momentos críticos de determinación del rendimiento. El manejo correcto de la cantidad de plantas por unidad de superficie asegura la obtención de coberturas vegetales adecuadas y uniformes, lo que posibilita lograr una intercepción eficiente de la radiación incidente sobre el cultivo, previa a los momentos críticos que afectan el rendimiento (Maddoni *et al.*, 2001).

En el cultivo de 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 de plantas, y es sumamente sensible a la disminución en la cantidad de recursos por planta en el período alrededor de la floración. En consecuencia, el ajuste de la densidad de plantas resulta especialmente crítico en este cultivo (Andrade *et al.*, 1996).

Otra importante característica de la planta de maíz es que presenta poca plasticidad foliar, escasa capacidad de macollaje y poca prolificidad, por lo que su capacidad de compensar bajas densidades de plantas es reducida. Además, su alta sensibilidad al estrés le confiere intolerancia al aumento de la densidad de plantas en comparación con otros cultivos. Por estas mismas razones el maíz es el cultivo de mayor respuesta a la desuniformidad en el stand de plantas (Nielsen, 1997).

El cultivo de maíz, por su volumen de producción y las características de sus residuos, tiene un rol importante en la sostenibilidad de los sistemas de producción. La presencia de maíz en la secuencia de cultivos se asocia con menores caídas de materia orgánica del suelo debido al mayor volumen de residuos que deja este cultivo. Además, el maíz en la rotación agrícola incrementa la estabilidad de agregados del suelo según lo propuesto por Bricchi *et al.* (2004).

Sin limitaciones hídrico-nutricionales severas, la determinación del rendimiento se puede interpretar a partir de la producción de biomasa total aérea y la proporción de la misma que se encuentra en los granos al final del ciclo del cultivo. La producción de biomasa es producto del proceso de fotosíntesis, cuya fuerza motriz es la radiación solar interceptada por el canopeo, principalmente por las hojas (Otegui y Andrade, 2000).

El rendimiento final del cultivo de maíz depende fuertemente del número de granos por metro cuadrado que alcanza a la madurez, el cual responde a las condiciones de crecimiento imperantes durante el período crítico para la determinación de este componente. Los factores que condicionan el rendimiento final del cultivo (agua, nutrientes, radiación solar) ejercen su efecto principalmente modificando la condición de crecimiento de las plantas durante el periodo crítico y, consecuentemente, el número final de granos. El peso del grano, en cambio, es mucho más estable en la mayoría de las condiciones de producción, pero puede verse seriamente afectado como consecuencia de reducciones severas de la fuente de asimilados en post-floración (Cárcova *et al*, 2004 b).

En bajas densidades, el maíz no puede compensar el menor número de plantas con mayor producción por planta. Presenta reducida capacidad para compensar un bajo número de granos con mayor peso individual de los mismos (Karlem y Camp, 1985).

El ajuste de la densidad óptima depende de diversos factores: por un lado, se han reportado efectos del genotipo en la respuesta a la densidad, por otro, la densidad óptima del maíz varía marcadamente en función de la oferta ambiental (Sarlungue, 2002).

En cultivos de maíz bien provistos de nutrientes y conducidos con óptimo manejo pero con disponibilidad hídrica variable, la densidad óptima se desplaza a mayores valores cuanto menor es el déficit en la provisión de agua. La respuesta a la variación en la densidad de plantas está también condicionada por la disponibilidad de nutrientes. Cuanto menor es la deficiencia nutricional, mayor es la respuesta al aumento en el stand de plantas (Cirilo, 2004).

En consecuencia, el maíz es un cultivo altamente sensible a variaciones en la densidad de plantas, por lo que debe prestarse especial atención al ajuste de la densidad, debiendo adecuarla a la oferta del suelo y clima existente en cada situación de cultivo. En cultivos de maíz de alta producción bajo riego, será necesario aumentar la densidad de plantas en función del híbrido seleccionado.

La uniformidad de plantas y la distancia entre hileras ejercen gran influencia sobre el rendimiento del cultivo. La falta de uniformidad en las plantas disminuye los rendimientos de maíces de alta producción (Nielsen, 1997). Cuando el stand de plantas es desuniforme, las plantas dominadas sufren un importante aborto de granos que no es compensado por la mayor producción de las plantas dominantes. Con emergencia y distribuciones parejas de plantas se obtiene una buena uniformidad, reduciendo la proporción de individuos muy chicos o muy grandes, ambos ineficientes en producir granos en floración (Andrade, 2004).

El componente del rendimiento más afectado por la densidad es el número de granos que alcanzan la madurez, asociado con la capacidad de crecimiento de la planta durante la floración (Echarte *et al.*, 2000; Otegui y Andrade, 2000). Esa relación revela una escasa plasticidad reproductiva del maíz en baja densidad, donde el número máximo de flores formadas en la espiga limita el aumento del número de granos logrados cuando las plantas crecen a altas tasas (Vega y Andrade, 2000). 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 cada vez más abrupta, hasta alcanzar un umbral de esterilidad debido al relegamiento que sufre la espiga dentro de la planta en respuesta a mecanismos de dominancia apical. La respuesta a la densidad varía según los híbridos. En bajas densidades, los híbridos prolíficos expresarán mayor estabilidad del rendimiento, mientras que en altas densidades su comportamiento dependerá de la estabilidad de la granazón asociado con cambios en las relaciones de la cantidad de granos fijados con la tasa de crecimiento de la planta (Luque, 2000; Peper, 2002; Echarte, 2003).

La densidad óptima, es decir la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento, se modifica sensiblemente a través de los ambientes, respondiendo a las variaciones en la oferta de recursos para el crecimiento (de clima y de suelo, naturales o agregados). Cuando los recursos para el crecimiento se tornan limitantes, se reduce la capacidad de la planta 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 su granazón. Esta estrategia reportará beneficios de rendimiento, mientras el incremento en la producción por planta supere la reducción en el número de plantas, desplazando la densidad óptima hacia menores valores. La cantidad de plantas con la que ambas variaciones se compensan mutuamente define el nuevo valor del óptimo. Obviamente, a medida que la oferta de recursos ambientales empeora, los rendimientos esperados se reducen, pero serán siempre mayores alrededor de la densidad óptima (Andrade *et al.*, 1996).

HIPOTESIS:

La producción de biomasa aérea total acumulada en las diferentes etapas fenológicas del cultivo y el rendimiento total de granos, dependen de la interacción entre los diferentes híbridos de maíz y las densidades de plantas utilizadas.

OBJETIVOS:

Evaluar el efecto de diferentes híbridos de maíz sembrados a distintas densidades sobre la producción de biomasa aérea total.

Determinar la influencia de la utilización de diferentes híbridos sembrados en diferentes densidades sobre el rendimiento en grano del cultivo de maíz.

MATERIALES Y METODOS:

Caracterización del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo durante la campaña 2002-2003 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, el cual se sitúa en el km 601 de la ruta Nacional N° 36, sobre una Latitud sur de 33°07', Longitud oeste 64°14' y a 421 msnm, sobre un suelo Haplustol típico, franco arenoso muy fino.

La caracterización climática del campo experimental donde se llevó a cabo el ensayo se basa en una serie de datos registrados en la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto durante el período 1974-1993, el cual está caracterizado por un régimen de precipitaciones Monzónico, que concentra el 80% de las lluvias en el período de octubre a abril.

La precipitación media anual (Figura 1) es de 801.2 mm con valores extremos mínimo de 451.1 mm en 1989 y máximo de 1195.2 mm en 1984, (para la serie 1974-1993) (Seiler et al., 1995).

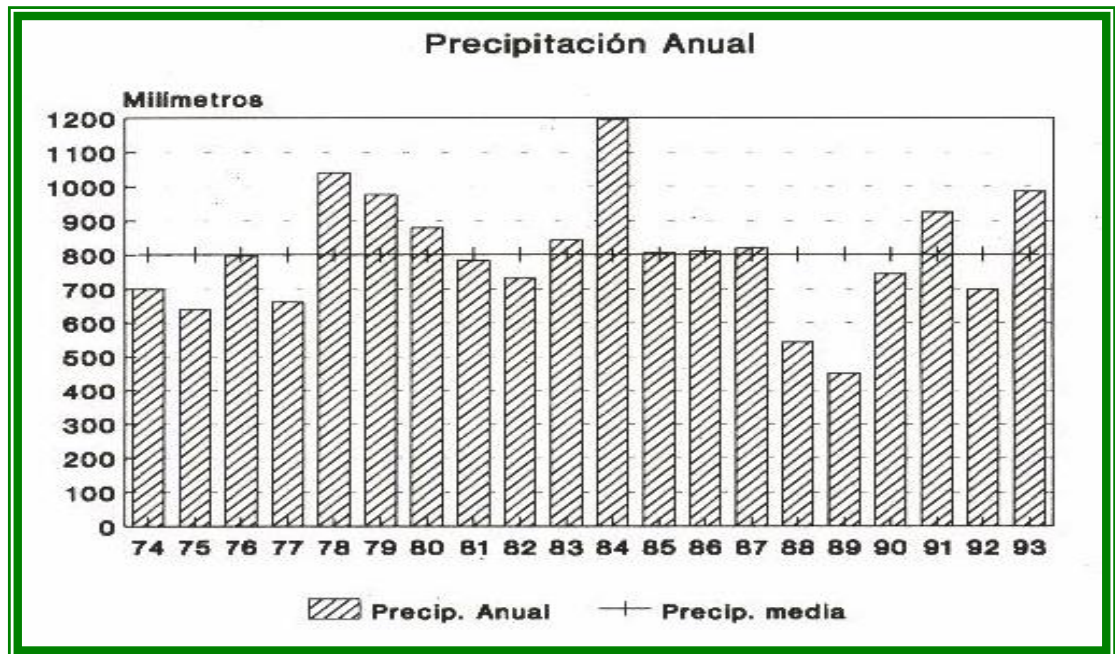


Figura 1: Régimen de precipitaciones Río Cuarto, período 1974-1993. Fuente: Seiler *et al.*, (1995).

El régimen térmico es mesotermal, la temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23 °C con una máxima absoluta de 39.5 °C, siendo la temperatura media del mes más frío

(julio) de 9.1 °C, con una mínima absoluta de – 9.6 °C, (Figura 2). La amplitud térmica media anual es de 13.9 °C. (Seiler *et al.*, 1995).

La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo con un desvío estándar de +/- 14.3 días y la fecha media de la última helada es el 12 de septiembre con un desvío estándar de +/- 20.3 días, siendo el período libre de heladas en promedio de 255.7 días. (Seiler *et al.*, 1995).

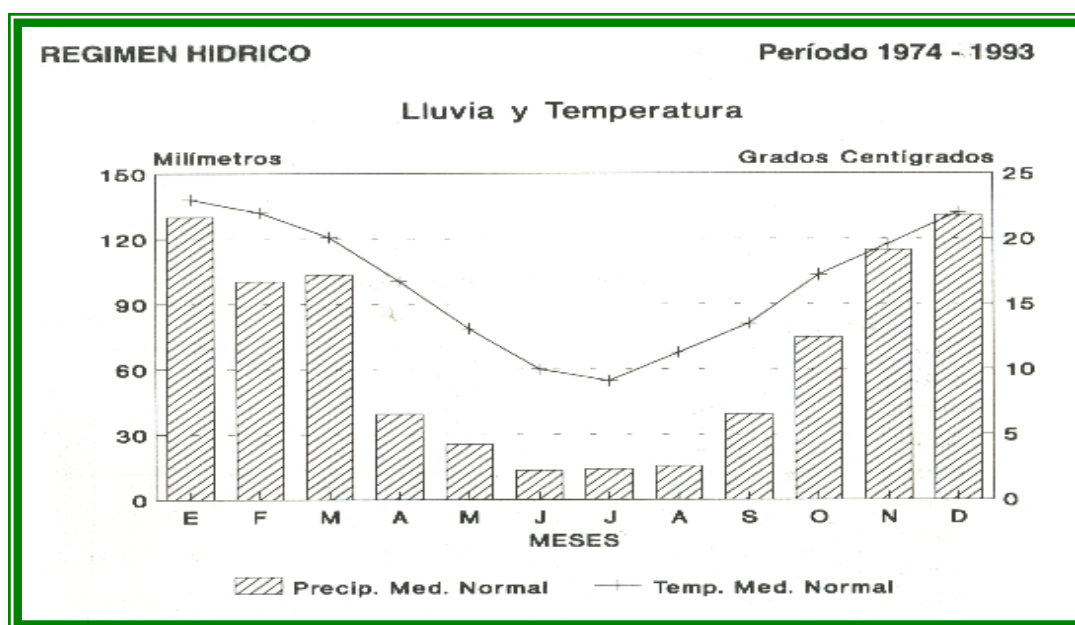


Figura 2: Precipitaciones y temperatura medias mensuales para Río Cuarto, período 1974-1993. Fuente: (Seiler *et al.*, 1995).

Durante la campaña en estudio se llevaron registros de precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas (Figura 3a y 3b) desde el mes de septiembre 2002 al mes de abril de 2003.

El ensayo consistió en evaluar cuatro híbridos de maíz y 5 densidades de siembra diferentes. Los híbridos utilizados fueron: Pioneer 32G03, Nidera AX 882, Dekalb 682 y Prozea 33. Estos materiales fueron elegidos seleccionando dos híbridos de uso masivo y de buena adaptación zonal (Dekalb y Nidera), otro con baja intencionalidad de siembra (Pioneer) y por último como los tres primeros materiales responden al tipo comercial semidentado, se optó por usar tipo colorado duro (Prozea 33). En cuanto a las densidades elegidas fueron 25.000, 60.000, 75.000, 100.000 y 120.000 semillas por hectárea. Logrando de esta manera un rango muy amplio de análisis y adecuándose a las densidades que pueden ser utilizadas en la región.

El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente aleatorizados con 3 repeticiones, y con arreglo en parcelas divididas, donde el híbrido fue el factor principal y la densidad el factor secundario. Cada parcela tuvo una superficie de 73,5 m² (4.9 m de ancho por 15 m de largo).

Previo a la siembra se realizaron diversas labores para alcanzar una correcta preparación de la cama de siembra, dichos trabajos consistieron en una pasada de arado de rejas y una rastra de doble acción. La siembra realizó el día 11 de Noviembre de 2002. Se utilizó una sembradora neumática marca Bertini de 7 surcos distanciados a 70 cm entre sí; en forma simultánea a la siembra se fertilizaron todos los híbridos y a todas las densidades de siembra en base dosis obtenida a través del programa NP-Zea (Gesumaria *et al.*, 2000) con 90 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0), ubicándolo al costado y por debajo de la línea de siembra.

Con respecto a la condiciones fitosanitarias del cultivo se realizó un seguimiento a lo largo de su ciclo para determinar la presencia de enfermedades, malezas y/o plagas que pudieron estar afectando al mismo. Para el control de malezas presentes se llevaron a cabo una serie de tratamientos preventivos y de control efectivo siendo éstos los siguientes:

-En pre emergencia:

* EPTC (S-Dietildipropiltiocarbamato), a razón de 6 l/ha, (utilizado para controlar malezas ciperáceas, gramíneas anuales y perennes y latifoliadas en el momento de su germinación o brotación).

* Atrazina, a razón de 2 l/ha, (aplicado para el control de un amplio espectro de malezas latifoliadas y pocas gramíneas (Echinocloa), no controla sorgo de alepo.

-En post emergencia:

* 2-4 D (2,4-Diclorofenóxiacético), se aplicaron 0.6 l/ha, (para el control de malezas latifoliadas).

En cuanto a insectos se realizó un control preventivo en base a un piretroide (cipermetrina) utilizando una dosis de 0.120 l/ha, se utilizó este insecticida debido a su residualidad, baja toxicidad y al buen control que desempeña sobre orugas de lepidópteros, (pudiendo llegar a ser un posible inconveniente la presencia de orugas cortadoras en las etapas iniciales del cultivo).

En cuanto a enfermedades no se detectó ninguna que pudiera haber ocasionado disminuciones ya sea en producción de materia seca total como así también en el rendimiento.

Determinaciones realizadas

-Fenología según la clave de Ritchie Hanway, 1982.

-Biomasa aérea total. Las tomas de muestras se realizaron en 4 estadios fenológicos según la clave de Ritchie and Hanway, V_6 , V_{13} , R_3 y en R_6 . En los cuales se extrajeron de cada parcela del ensayo 3 plantas que se encontraron en competencia perfecta, luego fueron llevadas a estufa a 105°C hasta alcanzar peso constante.

-Rendimiento final en kg/ha. La cosecha se realizó en forma mecánica con una cosechadora de parcela autopropulsada marca Wintersleighter de 2 surcos, cosechando los 4 surcos centrales; además, se analizaron los componentes directos del rendimiento, número y peso de grano.

Análisis de información experimental

Todos los resultados fueron analizados según el ANAVA y la comparación de medios mediante el Test LSD al 5% de probabilidad. Para la obtención de los análisis estadísticos se utilizó el programa Infostat.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

CONDICIONES CLIMATICAS PRESENTES EN EL SITO EXPERIMENTAL

En cuanto a las precipitaciones se determinó una cantidad total de mm durante los meses de septiembre 2002 al mes de abril 2003 de 826 mm, al observar la figura 3a vemos que al momento de siembra, había adecuada disponibilidad hídrica lo que permitió una correcta imbibición de la semilla y posterior germinación. Durante los días posteriores a la misma se produjeron abundantes precipitaciones, que aseguraron el buen establecimiento del cultivo.

Si bien la cantidad total de lluvia mencionada supera la media histórica anual se observa que hubo períodos de deficiencia hídrica durante los meses de enero y febrero, en el cual los valores son inferiores a las medias históricas para esos meses, sobre todo durante el momento de floración del cultivo (período crítico) (figura 3a).

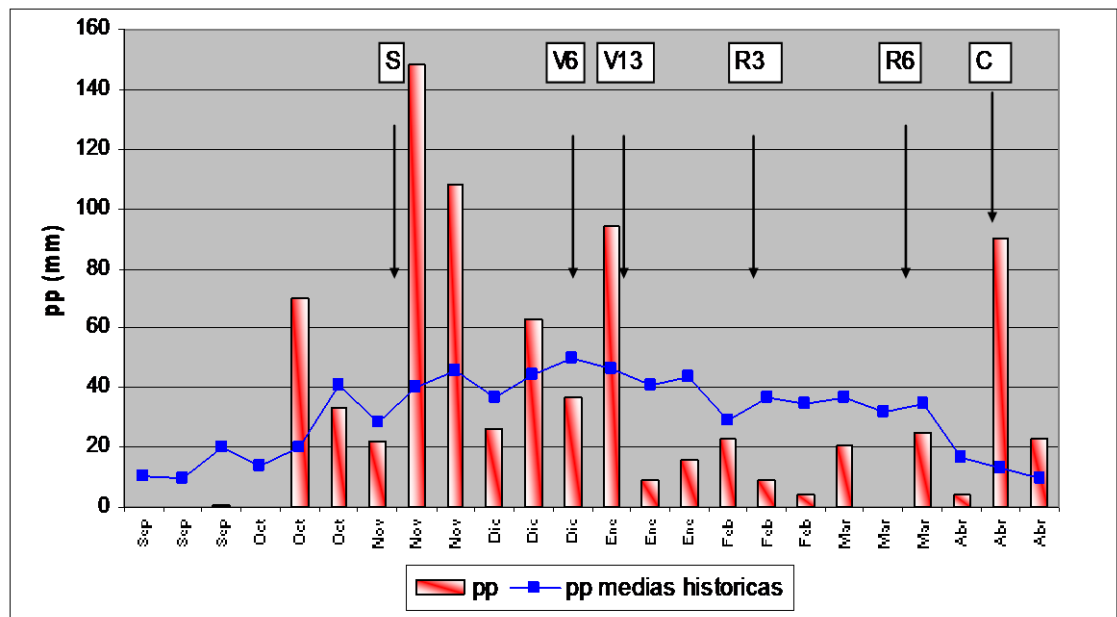


Figura 3a: Representación grafica durante la campaña 2002-2003 de precipitaciones decádicas y precipitaciones medias históricas (1974-1993).

En la figura 3b se puede apreciar cómo durante meses citados las temperaturas fueron elevadas superando a la temperatura media histórica, lo que pudo haber ocasionado junto con la falta de agua un estrés hídrico y térmico que afectaron el crecimiento del cultivo, su producción de biomasa y grano.

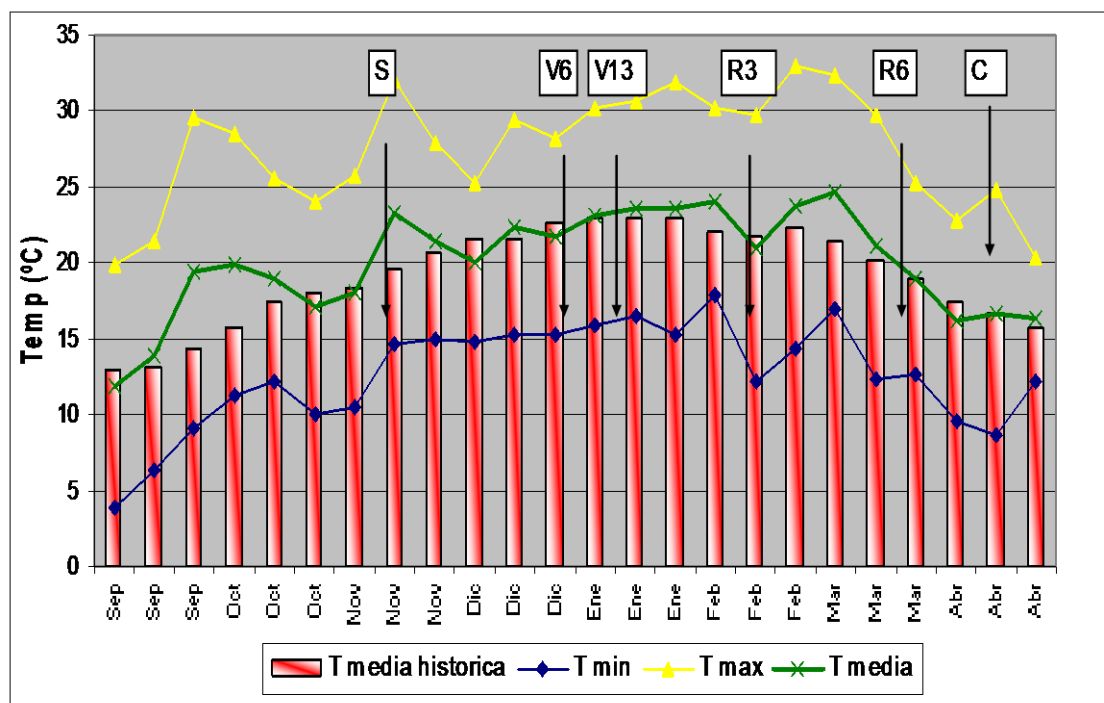


Figura 3b: Representación grafica durante la campaña 2002-2003 de las temperaturas máximas, mínimas y medias decaditas y temperaturas medias históricas (1974-1993).

Si bien a nivel general de ensayo, no se llevaron a cabo registros de humedad de suelo durante el periodo comprendido entre V₁₃ y R₃, se observaron plantas con estrés hídrico que permiten explicar en parte la falta de disponibilidad de agua en dicho periodo.

MATERIA SECA AÉREA TOTAL

El análisis estadístico de la varianza realizado para las variables: producción de biomasa aérea total en diferentes estadios fenológicos (V₆, V₁₃, R₃ y R₆) y el rendimiento de cultivo evaluado en granos (kg/ha) mostraron un efecto interactivo significativo entre los factores híbrido x densidad (Cuadro 1). Es decir, que la densidad empleada tuvo un efecto diferencial de acuerdo al híbrido utilizado en concordancia con lo propuesto por Sarlengue (2002) y Otegui y Andrade (2000) los cuales encontraron que la densidad óptima varía en función del ambiente, el manejo del cultivo y del híbrido en cuestión. Mientras que no son coincidentes con los resultados encontrados por Nucci y Díaz (2001) posiblemente por las menores densidad utilizadas por éstos autores.

Cuadro 1: Producción de biomasa aérea total en kg Ms/ha en las etapas V₆, V₁₃, R₃ y R₆, rendimiento e índice de cosecha (promedio de 5 densidades) (de los híbridos en estudio).

Hibrido	V6	V13	R3	R6	Rto	IC
Prozea33	913.26	3054.56	6578.79	8017.74	2711.24	33.80
Pionner 33	956.82	3224.63	6136.75	7629.63	3851.10	50.48
Nidera 882	1048.07	3161.31	6914.30	9624.18	4630.00	48.12
Dekalb 682	1361.59	4356.79	7529.21	9486.57	4710.41	49.65
Hib.X dens	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0076	0.0014
C.V	9.55	9.05	5.42	5.45	9.13	9.00

Valores en negrita en columnas indican interacción significativa híbrido x densidad al 5 % según ANAVA

En virtud de la interacción encontrada, todos los siguientes resultados se presentan a modo de evaluar cuál fue el efecto de la interacción híbrido x densidad en cada una de las variables analizadas.

En el cuadro 2 se aprecia cómo los diferentes híbridos muestran comportamiento desigual en la producción de materia seca aérea ante cambios en la densidad, por ejemplo Nidera Ax 882 presenta diferencias significativas entre todas las densidades mientras que los híbridos Dekalb 682, Pionner 32G03 y Prozea 33, a elevadas densidades no muestran diferencias significativas.

Cuadro 2: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha de los diferentes híbridos a distintas densidades de siembra en V6.

Densidad pl/ha	Nidera 882	Prozea	Dekalb	Pionner
25000	434.02 a	338.32 a	549.57 a	389.81 a
60000	635.34 b	584.74 b	1085.5 b	681.24 b
75000	1104.76 c	1125.89 c	1316.08 b	1089.67 c
100000	1444.42 d	1223.57 cd	1803.42 c	1291.19 d
120000	1621.83 e	1293.77 d	2053.4 c	1332.19 d
C.V	6.76	8.22	12.28	6.64
LSD=0.05	DMS=133.4	DMS=141.27	DMS=314.74	DMS=119.55
P - valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Las letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el Test LSD.

Concordando con lo propuesto por Andrade *et al.*, 1992, dado que los autores 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 por metro cuadrado. Dicho efecto se debió principalmente a la mayor radiación interceptada, no obstante también encontraron efectos sobre la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca (figura 4).

Como se mencionó anteriormente, en el estadio fenológico de V₆, también se puede analizar la interacción en la figura 4, al comprobar que el híbrido Dekalb aumenta su producción de biomasa aérea de forma lineal a una tasa de 16.2 g/ha por cada planta que es agregada al stand, mientras que la tasa de incremento en el híbrido Nidera es menor al Dekalb y superior a la de los restantes materiales genéticos.

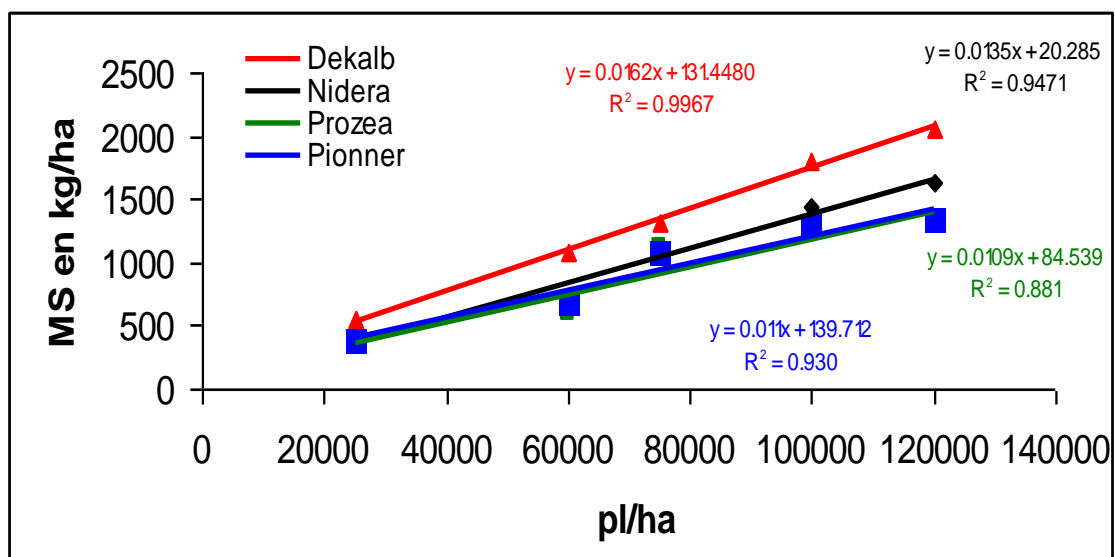


Figura 4: Relación entre la producción de biomasa aérea de cada híbrido en función de la densidad de siembra en el estadio fenológico V6.

Ello explica que ante situaciones de lento crecimiento inicial (fecha de siembras tempranas, primaveras frescas, presencia de malezas) el material Dekalb conviene sembrarlo a mayores densidades. Citando como ejemplo lo publicado por Andrade *et al.* (1996) que establece que el incremento en la densidad de plantas permite obtener mayores coberturas en forma anticipada dentro del ciclo del cultivo, alcanzando antes el IAF crítico, lo que favorece la producción de biomasa o rendimiento biológico.

Este aumento en el crecimiento inicial del cultivo requeriría un mayor consumo de agua en este estadio, el cual puede comprometer las reservas hídricas para las etapas siguientes con posibles impactos sobre la producción de grano, tal cual lo propuesto por Cirilo (2004).

La evapotranspiración potencial se particiona en la evaporación y transpiración del cultivo. Según lo propuesto por Marcos (1997). La transpiración a su vez depende de la cobertura del cultivo; por ello un incremento en el stand de plantas implica una mayor transpiración y por ende un aumento en el consumo de agua. Desde esta manera aumenta la sensibilidad del cultivo a futuros estrés. Además las diferencias genéticas en cuanto a la estructura del canopeo modifica la relación entre la cobertura vegetal y la transpiración por ello el efecto es interactivo entre híbrido y densidad según lo planteado por Cárcova *et al.*, 2004 a.

Cuadro 3: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha de los distintos híbridos a diferentes densidades de siembra en V13.

Densidad pl/ha	Nidera 882	Prozea	Dekalb	Pionner
25000	1542.78 a	1200.21 a	1804.25 a	1577.59 a
60000	2422.52 b	2026.67 b	3146.08 b	2647.91 b
75000	3713.10 c	3399.75 c	5254.42 c	3409.24 bc
100000	3976.26 d	3976.01 cd	6036.66 d	4117.03 cd
120000	4151.89 d	4670.16 d	5542.53 cd	4371.36 d
C.V	3.41	12.68	6.97	12.61
LSD=0.05	DMS=202.71	DMS=729.10	DMS=571.59	DMS=765.34
P - valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002

Las letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el Test LSD.

En el análisis estadístico presente en el cuadro 3 se aprecia claramente como influye la densidad en la producción de biomasa de los híbridos en estudio. Observando que en los 4 materiales analizados se encuentran diferencias significativas de producción de biomasa aérea en bajas densidades, pero a medida que esta aumenta la diferencia empieza a disminuir llegando a altas densidades (100.000 pl/ha y 120.000 pl/ha) sin diferencias significativas en cuanto a la producción de biomasa aérea en los distintos híbridos.

En la figura 5 se evidencia la interacción existente híbrido-densidad demostrando lo expuesto en el cuadro 3 por el híbrido Dekalb, que presentó una tasa de crecimiento ante aumentos de densidad de 44,9 g/ha por cada planta agregada, mientras que Prozea, Pionner y Nidera respondieron a tasas menores 38, 30.7 y 29.2 g/ha por cada planta agregada al stand respectivamente.

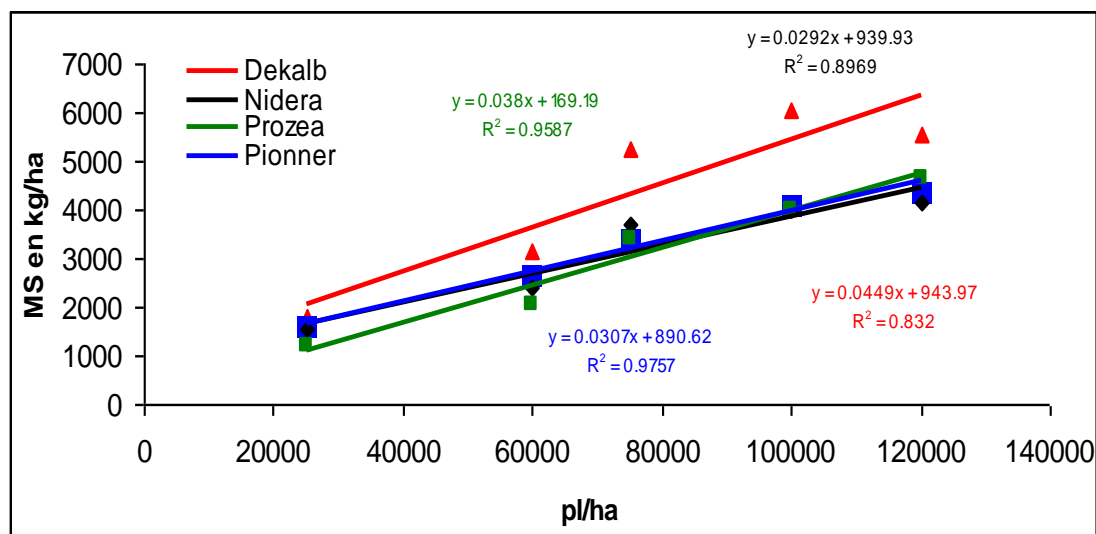


Figura 5: Relación entre la producción de biomasa aérea de cada híbrido y la densidad utilizada en el estudio, en el estadio fenológico de V13.

Esta diferencia entre Dekalb y los otros híbridos representa un 32 % más en producción de biomasa debido a aumentos de densidad de plantas.

La diferencia de producción, en este caso de materia seca aérea, que muestran los diferentes híbridos en las distintas etapas ontogénicas que atraviesan, se explica a través de lo publicado por Andrade *et al.* (1996), debido a que éstos van concretando un programa de crecimiento y desarrollo codificado precisamente en su genotipo. En el cual el ambiente ejerce su acción, modulando la expresión del potencial genético y condicionado, con ello, el resultado final de todo proceso. Una de las manifestaciones más claras del curso del crecimiento está dada por el aumento del peso de las plantas y por la asignación de una diferente proporción de materia seca a los distintos órganos que la conforman.

Considerando que la densidad modifica el ambiente al ofrecerle a cada planta diferente disponibilidad hídrica y nutricional; por lo tanto, el aumento de densidad favorecerá la producción de materia seca hasta un valor umbral donde los recursos disponibles por planta son tan escasos como para generar nuevos incrementos de producción (Andrade *et al.*, 1996). Este valor umbral dependería de la interacción genotipo ambiente lo cual explica la significancia de la interacción encontrada híbrido x densidad.

Cuadro 4: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha de los diferentes híbridos a distintas densidades de siembra en R3

Densidad pl/ha	Nidera	Prozea	Dekalb	Pionner
25000	3303.41 a	2532.30 a	4458.36 a	3187.44 a
60000	5539.42 b	4672.24 b	6978.97 b	5147.66 b
75000	8846.38 c	7463.70 c	9251.75 d	7989.08 d
100000	8539.40 c	8111.86 d	8804.42 cd	7164.18 c
120000	8342.89 c	10113.88 e	8152.53 d	7195.37 c
C.V	7.42	2.74	5.17	5.95
LSD=0.05	DMS=965.87	DMS=:339.24	DMS=732.97	DMS=687.28
P - valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Las letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el Test LSD.

En R3 (cuadro 4) se observó la misma tendencia que en los estadios previos para los híbridos Nidera, Dekalb y Pionner determinando que hay diferencias estadísticas a baja densidades mientras que a altas densidades las diferencias no fueron significativas para estos híbridos. Cabe aclarar que la respuesta al aumento de densidad en los tres híbridos mencionados fue de tipo parabólica marcando con ello una respuesta de tipo óptimo, en la densidad media 75.000 pl/ha (figura 6).

En el caso del material Prozea se determinaron diferencias significativas en todas las densidades y con una respuesta lineal al aumento de densidad (figura 6).

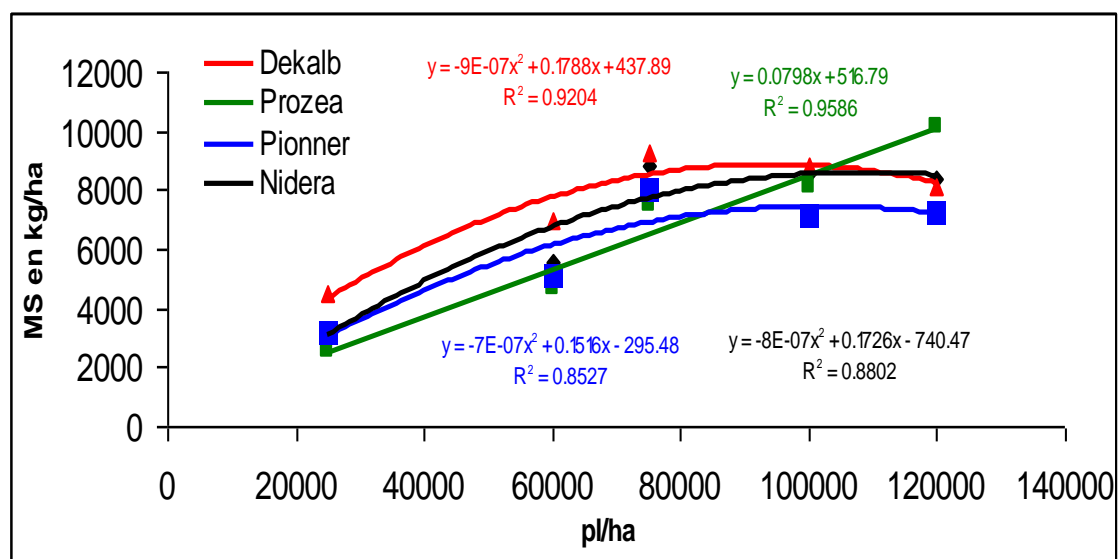


Figura 6: Relación entre la producción de biomasa aérea y la densidad utilizada en los diferentes híbridos en el estadio R3.

En el cuadro 5 se observa la misma tendencia que en las etapas anteriores determinado que en todos los materiales se presentaron diferencias significativas en bajas densidades. En densidades medias y superiores no hubo diferencia en los materiales Prozea, Nidera y Pionner. En cambio en Dekalb la máxima producción de materia seca se produjo en la densidad media disminuyendo la misma en densidades superiores.

Cuadro 5: Producción de biomasa aérea en Kg Ms/ha de los diferentes híbridos a distintas densidades de siembra en madurez fisiológica.

Densidad pl/ha	Nidera	Prozea	Dekalb	Pionner
25000	6404.76 a	3944.51 a	6502.97 a	4517.93 a
60000	8937.33 b	6495.21 b	8916.67 b	7674.83 b
75000	11022.75 c	9864.73 cd	11931.42 d	8696.67 c
100000	10810.25 c	9233.20 c	10892.74 c	8477.47 c
120000	10945.80 c	10551.04 d	9189.07 b	8781.27 c
C.V	3.15	7.81	4.17	5
LSD=0.05	DMS=570.58	DMS=1178.89	DMS=745.01	DMS:=718.26
P - valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Las letras distintas en columnas indican diferencias significativas($p < 0.05$) para el Test LSD.

La menor producción de materia seca en las densidades más bajas (25.000 y 60.000 plantas.ha⁻¹) se puede interpretar de acuerdo a lo enunciado por Gardner *et al.* (1985) y Varlet-Grancher (1982), los cuales determinaron que la intercepción de la luz por parte del canopy está estrechamente relacionada con el índice de área foliar, hasta el valor crítico de IAF que permite interceptar el 95% de la radiación incidente, y que asegura las máximas tasas de crecimiento del cultivo.

Estos autores, también han mencionado que la cantidad de plantas (por unidad de superficie) necesarias para lograr el IAF crítico es función del área foliar de cada planta. En el caso de la planta de maíz presenta una baja plasticidad en área foliar ante variaciones en la densidad, debido a que la mayoría de los genotipos tienen reducida capacidad de macollaje y de expansión foliar. Esto condiciona en forma negativa su capacidad para compensar un bajo número de plantas. Por consiguiente, en densidades bajas el cultivo no alcanza a desarrollar suficiente área foliar para lograr IAF crítico.

Cabe aclarar que durante la ontogenia del cultivo las respuestas iniciales al aumento en la densidad de plantas fueron del tipo lineal (V_6 y V_{13}) mientras que en estadios más avanzados y en los correspondientes al periodo crítico las respuestas fueron curvilíneas explicándose así el comportamiento del tipo densidad óptima propuesto por Andrade *et al.*, (1996) y Cirilo (2004).

En la figura 7 se observa cómo los híbridos Nidera, Prozea y Pioneer muestran tendencias similares en la producción de biomasa total en madurez fisiológica en función de la densidad de plantas; a medida que se eleva la densidad, se incrementa la producción de biomasa aérea hasta cierto punto donde cambios en la densidad no provocan más aumentos en la producción antes mencionada.

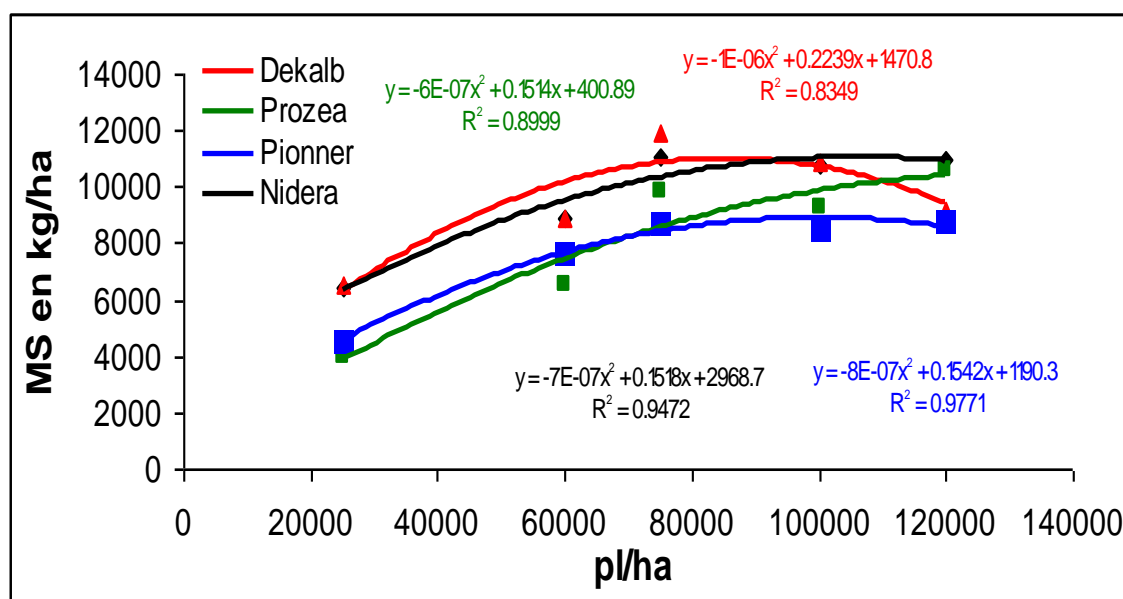


Figura 7: Relación entre la producción de biomasa aérea y la densidades de siembra utilizadas en los materiales en madurez fisiológica.

Por otro lado, en el material Dekalb se visualiza que aumentos en la densidades provocan incrementos en la producción de biomasa hasta llegar a la densidad de 75.000 pl/ha, a partir de la cual nuevos incrementos en número de plantas disminuyen la producción de biomasa aérea total.

Estos efectos mencionados anteriormente se deben a lo expresado por Andrade *et al.* (1996), donde 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, ya que después de un determinado valor de densidad, el aporte de plantas adicionales es compensado

por la reducción en el peso individual de las mismas por incremento de la competencia entre ellas. El híbrido Dekalb parecería mostrar una mayor susceptibilidad al empeoramiento de la oferta ambiental por planta ante aumentos en la densidad. Es posible que esta mayor susceptibilidad a altas densidades se deba a que la prolificidad de este material genético demandaría una mayor oferta ambiental por planta.

RENDIMIENTO

En el análisis estadístico presentado en el cuadro 6 se puede apreciar como varían los rendimientos de los híbridos ante cambios en la cantidad de plantas sembradas. Determinando que en todos los materiales no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento producido en 25.000 pl/ha y 120.000 pl/ha. A su vez, no se encontró diferencia significativa entre las densidades de 60.000 pl/ha y 100.000 pl/ha salvo en el material Nidera que evidenció un mejor rendimiento en la densidad de 60.000 pl/ha. La densidad media de 75.000 pl/ha fue la que presentó los mejores rendimientos en todos los materiales evaluados pudiéndose la definir como la densidad óptima en cuanto a producción de granos para ese año en particular, debido a la condiciones ambientales y fitosanitarias que debió atravesar el cultivo.

Cuadro 6: Rendimiento en kg/ha de los híbridos utilizados a distintas densidades de siembra.

Densidad pl/ha	Nidera	Prozea	Dekalb	Pionner
25000	3361.50 a	2071.96 a	3439.10 a	2865.50 a
60000	5292.81 c	2729.55 c	5307.79 b	3961.25 b
75000	6307.87 d	3844.54 d	6038.70 c	5405.05 c
100000	4645.82 b	2630.63 bc	5137.94 b	3577.38 ab
120000	3541.99 a	2279.55 ab	3628.50 a	3446.34 ab
C.V	7.04	8.19	8.12	13.79
LSD=0.05	DMS=613.44	DMS=418.03	DMS=720.49	DMS=999.79
P - valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0037

Las letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el Test LSD.

Coincidiendo con lo expresado por Andrade et al. (1996) debido a que el maíz requiere un preciso ajuste de la densidad, donde la respuesta del rendimiento ante cambios en el stand de plantas es del tipo óptima y ella depende de diversos factores. Por un lado, se han reportado efectos del genotipo en la respuesta a la densidad (Andrade *et al.*, 1996). Por otro lado, la densidad óptima del maíz varía marcadamente en función de la oferta ambiental (Otegui y Andrade, 2000).

Anteriormente una investigación realizada por Karlen y Camp (1985), también concluyeron que la respuesta del rendimiento en granos por unidad de área, al incremento en la densidad de plantas en el cultivo de maíz, es del tipo óptimo. Mientras que el rendimiento por planta disminuye con el incremento en densidad, el rendimiento del cultivo se incrementa hasta un máximo a partir del cual los aumentos posteriores en el número de individuos lo reducen marcadamente.

A través del análisis de la figura 8 se puede apreciar claramente como varía el rendimiento en función de la densidad de plantas para cada material. Se puede sintetizar que todos los híbridos presentaron una respuesta al aumento de densidad de tipo óptimo, con picos máximos de producción de grano en 75.000 pl/ha. Ahora bien, si observamos las líneas descritas por cada material vemos que Dekalb y Nidera mostraron una curva de respuesta de similar aspecto, con leves aumentos y descensos en las densidades anteriores y posteriores a la considera como óptima. Por otro lado, Pioneer y Prozea mostraron poca diferencia entre las densidades de 60.000 y 100.000 pl/ha, con un fuerte incremento hacia la densidad óptima.

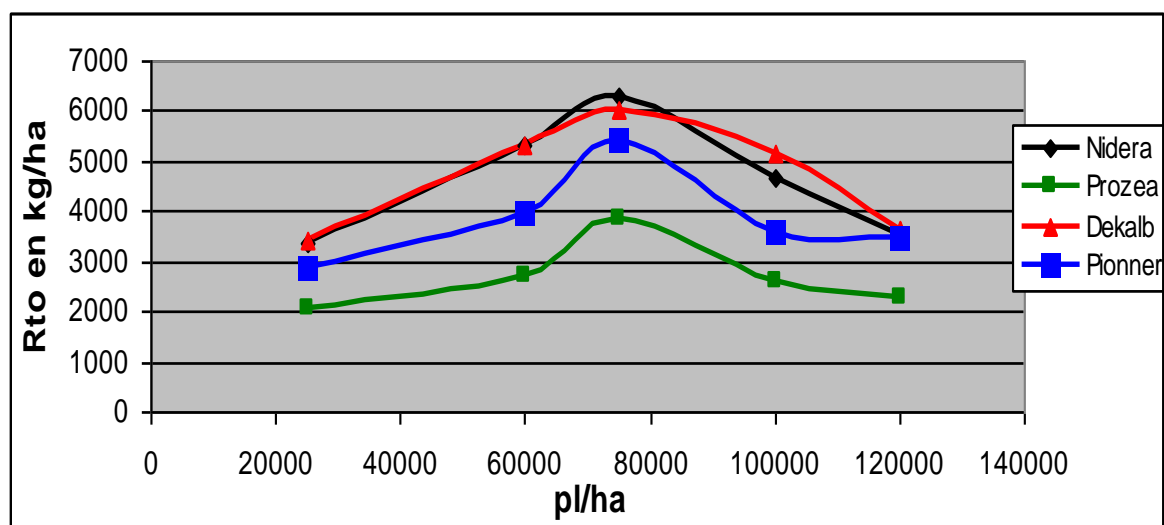


Figura 8: Representación grafica de los rendimientos en kg/ha en función de la densidad aplicada.

Si bien en esta investigación no se evaluaron los componentes del rendimiento, se observa que la trayectoria que toman las curvas en el gráfico responde a que el componente del rendimiento más afectado por la densidad es el número de granos que alcanzan a la madurez, asociado con la capacidad de crecimiento de la planta durante la floración (Echarte *et al.* 2000; Otegui y Andrade, 2000). Esa relación revela una escasa plasticidad reproductiva del maíz en baja densidad, donde el número máximo de flores formadas en la espiga limita el aumento del número de granos logrados cuando las plantas crecen a altas tasas (Vega y Andrade, 2000).

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 cada vez más abrupta, hasta alcanzar un umbral de esterilidad debido al relegamiento que sufre la espiga dentro de la planta en respuesta a mecanismos de dominancia apical.

La respuesta a la densidad varía según los híbridos. En densidades bajas, los híbridos prolíficos expresarán mayor estabilidad del rendimiento, mientras que en altas densidades su comportamiento dependerá de la estabilidad de la granazón asociado con cambios en las relaciones de la cantidad de granos fijados con la tasa de crecimiento de la planta (Echarte, 2003; Peper, 2002; Luque, 2000).

Cuadro 7: Índice de cosecha de los híbridos utilizados a distintas densidades de siembra.

Densidad pl/ha	Nidera	Prozea	Dekalb	Pionner
25000	52.46 c	52.69 c	52.83 c	63.40 d
60000	59.20 d	42.08 b	59.56 d	52.46 bc
75000	57.22 cd	38.96 b	50.76 c	62.02 cd
100000	43.00 b	27.05 a	41.97 b	42.37 ab
120000	30.83 a	21.74 a	34.42 a	39.19 a
C.V	7.37	10.1	6.69	11.01
LSD=0.05	DMS:=6.73	DMS:=6.94	DMS:=6.03	DMS:=10.71
P - valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.0022

Las letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el Test LSD.

En la figura 9 se presenta la modificación del IC en los híbridos en estudio frente a incrementos en el stand de plantas.

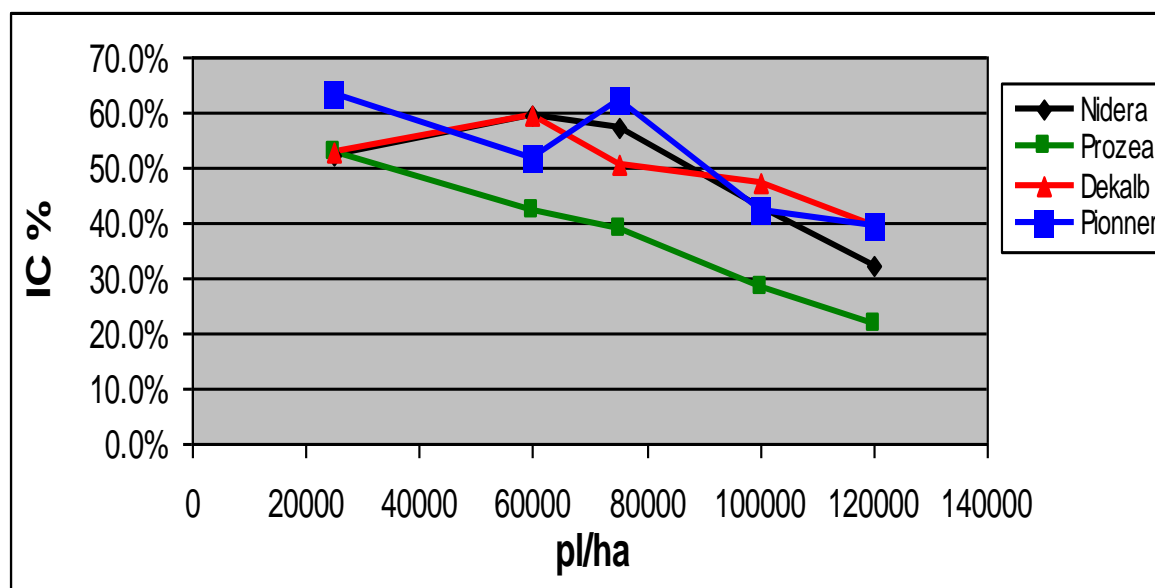


Figura 9: Modificación del IC (%) por incrementos en el stand de plantas para los 4 híbridos de maíz en estudio.

En el caso del índice de cosecha vemos que éste decrece a medida que aumenta la densidad en todos los materiales testeados. Ello puede explicar la diferencia en los rendimientos a distintas densidades, ya que éste queda determinado por el índice de cosecha que es la manera en que el cultivo particiona la biomasa acumulada durante su crecimiento entre los órganos de cosecha y el resto (Barbieri *et al.*, 2002).

Si bien a bajas densidades los IC son elevados, esto no se traduce en los mayores rendimientos producidos debido a que la cantidad de materia seca acumulada en R_6 fue inferior en las densidades de siembra bajas comparadas con el resto de las densidades, situación analizada anteriormente (Cuadro 5).

Por el contrario si analizamos las densidades más elevadas vemos que éstas tienen una gran acumulación de materia seca pero contradictoriamente su rendimiento es bajo (Cuadro 1).

Otegui y Andrade (2000) y Cirilo (2004), han propuesto que en densidades supraóptimas, en las que cada planta de maíz dispone de escasos recursos, el cultivo puede presentar importantes reducciones en el rendimiento debido a que la espiga queda relegada en la asignación de los recursos dentro de la planta y el menor número de granos fijados por planta no puede ser compensado por la mayor cantidad de plantas por unidad de superficie. Esta caída en la producción de granos a elevadas densidades coincidentemente con una alta producción de materia seca en R_6 explica el menor IC encontrado en estos tratamientos.

En la densidad de 75.000 pl/ha se obtuvo el mayor rendimiento en grano con una similar producción de materia seca a la encontrada en las mayores densidades. De este modo el IC tiene un valor intermedio, determinando la densidad óptima, es decir la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento (Andrade *et al.*, 1996).

La densidad óptima se modifica sensiblemente a través de los ambientes, respondiendo a las variaciones en la oferta de recursos para el crecimiento (de clima y de suelo, naturales o agregados). Cuando los recursos para el crecimiento se tornan limitantes, se reduce la capacidad de la planta 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 su granazón. Esta estrategia reportará beneficios de rendimiento, mientras el incremento en la producción por planta supere la reducción en el número de plantas, desplazando la densidad óptima hacia menores valores. La cantidad de plantas con la que ambas variaciones se compensan mutuamente define el nuevo valor del óptimo. Obviamente, a medida que la oferta de recursos ambientales empeora, los rendimientos esperados se reducen, pero serán siempre mayores alrededor de la densidad óptima (Andrade *et al.*, 1996).

La interacción híbrido densidad significativa se muestra en la figura 9 y en el cuadro 7 donde los materiales tipo comercial semidentados muestran una tendencia similar entre si y diferente del Prozea tipo colorado duro. Los primeros tienen mayores valores de IC y caen en una proporción menor al híbrido tipo colorado. Esto puede deberse a la distinta calidad de granos producidos dado que los maíces colorados presentan una mayor proporción de proteínas en su endosperma lo cual tiene un mayor costo energético que los tipo semidentados ricos en carbohidratos.

Por otro lado, Luque (2000) ha indicado que el mejoramiento genético del cultivo de maíz se realizó a expensas de un mayor índice de cosecha y que dicho mejoramiento fue superior en los materiales comercial tipo semidentado que los tipos colorados.

A partir de los datos de producción de biomasa aérea total de los estadios fenológicos de $V_{13} - R_3$ y la cantidad de días entre ambas etapas se pudo determinar la TCC del cultivo durante el periodo crítico.

Como se observa en la figura 10 la tasa de crecimiento del cultivo durante el periodo crítico TCC ($V_{13} - R_3$) tiene una relación lineal del 69% con el rendimiento del cultivo. Donde por cada unidad que se incrementa de la TCC el rendimiento aumenta a razón de 31.37 kg/ha. Esta

situación pone de manifiesto nuevamente la importancia de las condiciones de crecimiento del cultivo durante el momento de determinación del número de granos por superficie, de acuerdo a lo propuesto por Esposito (2002) donde una mayor oferta ambiental permite crecer a una mayor TCC, con ello fijar un mayor número de granos y por ende un mayor rendimiento.

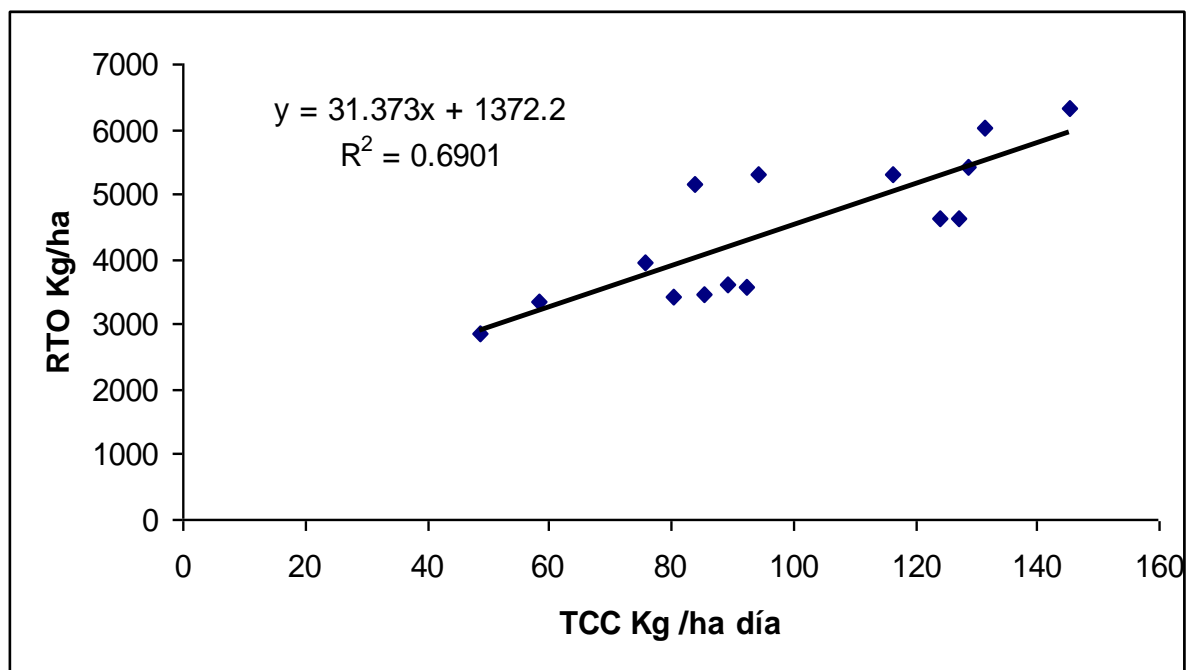


Figura 10: Relación entre la TCC promedio de cada cultivo en las diferentes densidades de siembra y el rendimiento en granos por ha durante el período crítico.

En la figura 11 se puede apreciar cómo la densidad afectó la tasa de crecimiento (TCC) promedio de los híbridos durante el período crítico. En la misma es evidente el comportamiento del tipo óptimo de esta variable ante la densidad donde las 75000 pl/ha permiten obtener los mayores valores de TCC, los cuáles disminuyen a mayores y menores densidades de siembra. Estos resultados son concordantes con los planteados por Andrade *et al.* (1996) y Cirilo, (2004), los cuales establecen que la densidad óptima de siembra concuerda con el valor óptimo de TCC.

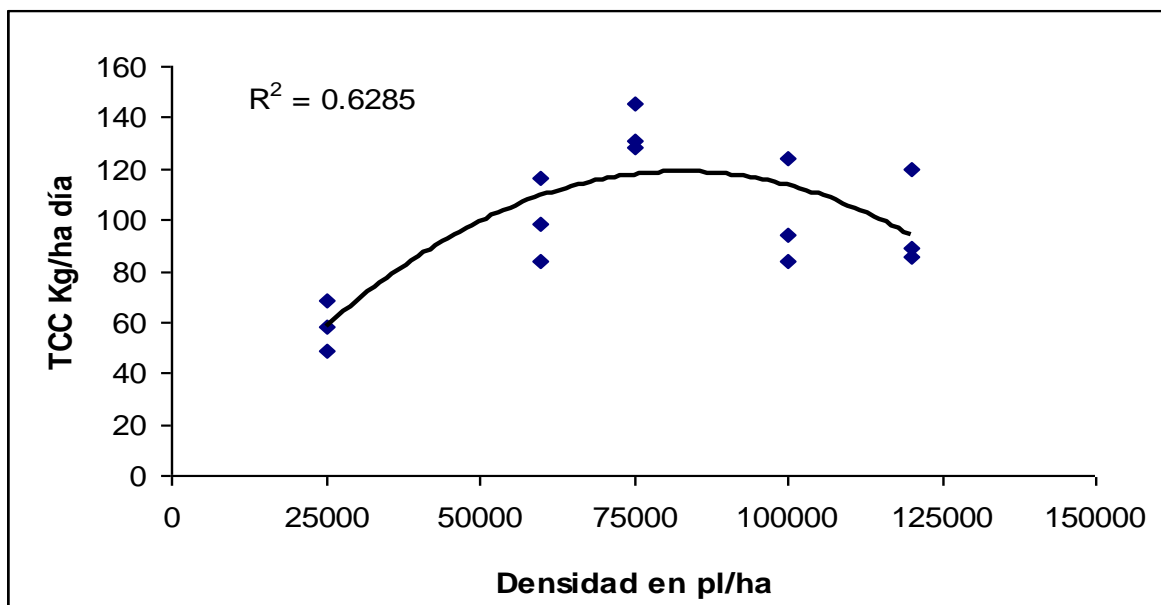


Figura 11: Tasa de crecimiento promedio del los cultivos en función de la densidad de siembra utilizada.

CONCLUSIONES

- La producción de biomasa aérea total en las etapas ontogénicas iniciales del cultivo tuvo un incremento del tipo lineal en función de la densidad de siembra. Tendencia que fue cambiando con la evolución de las etapas fenológicas, pudiéndose observar que en las etapas finales la mayor producción de biomasa aérea se encontró a 75.000 pl/ha. Los híbridos se comportaron de manera diferente, siendo los de mayor producción de biomasa aérea total los materiales de mejor adaptación zonal (Dekalb 682 y Nidera Ax 882).
- En cuanto al rendimiento la respuesta fue del tipo óptima en función de la densidad, obteniendo los mejores resultado cuando se optó por la densidad de plantación de 75.000 pl/ha.
- Los mejores rendimientos se obtuvieron con el híbrido Dekalb 682 seguido por el Nidera Ax 882. El híbrido Pionner 32G03 estuvo 10 qq por debajo del primero y 11 qq por encima de Prozea 33 material que tuvo los mas bajos rendimientos del ensayo.
- La interacción híbrido x densidad se evidenció en el índice de cosecha disminuyendo a medida que aumentaba la densidad y a su vez con diferencia de comportamientos entre híbridos.
- Hay que tener en cuenta que los resultados son solamente válidos para el area de influencia que tiene el campo experimental donde se llevo a cabo el ensayo y en las condiciones ambientales y fitosanitarias presentes en el año en que se realizó dicha investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F., A. CIRILO, S. UHART Y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa y Dekalb Press. 292 pp.
- ANDRADE, F., H., F. MRGIOTTA, R. MARTINEZ, P. HEILAND, S. A. UHART, A. CIRILO Y M. FRUGONE. 1992. Densidad de plantas en maíz. Boletín Técnico Nro. 108. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- ANDRADE F. H. Maíces de alto rendimiento. Jornada 17 de junio 2003. Bolsa de cereales de Bs. As.
- ANDRADE F. 2004. Maíces de alta producción. Unidad integrada INTA Balcarce.
- BARBIERI P. A, H. R. SAINZ ROJAS, F. ANDRADE 2002. Narrow rows in corn under no till: Accumulation and dry matter partition. EEA, INTA Balcarce FCA UNMP.
- BRICCHI, E.; F. FORMIA; G. ESPOSITO; L. RIVERI y H. AQUINO 2004. The effect of topography, tillage and stubble grazing on soil structure and organic carbon levels. Spanish Journal of agricultural research 2 (3): 409-418.
- CÁRCOVA, J.; L. BORRAS y M. E. OTEGUI 2004 a. Ciclo ontogénico, dinámico del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. En: Producción de granos. Ed. Satorre et al. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- CÁRCOVA, J.; L. G. ABELEDO y M. LOPEZ PEREIRA 2004 b. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. En: Producción de granos. Ed. Satorre et al. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- CIRILO, A. 2004. Elección de híbridos de maíz y su respuesta a la densidad y distanciamiento. Mundo maíz. Actas de Congreso.:29-36.
- ECHARTE, L. 2003. Determinación del rendimiento en híbridos de maíz liberados en Argentina en distintas décadas. Tesis Dr. Fac. C. Agrarias, UNMP, Balcarce, Arg. 160 pp.

- ECHARTE, L.; S. LUQUE; F. H. ANDRADE; V. O. SADRAS; A. G. CIRILO; M. E. OTEGUI Y C. R. C. VEGA. 2000. Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1995. *Field crops res.*68: 1-8.
- ESPOSITO, G. 2002. Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranza en cultivo de maíz. Tesis M. Sc Producción Vegetal. FAV-UNRC.:113.
- GADNER, B. R.; R. B. PEARCE y R. L. MITCHELL 1985. *Physiology of crop plants.* Iowa State University Press. USA. 327 pags.
- GESUMARÍA, J.; C. CASTILLO; G. ESPOSITO y R. BALBOA 2000. “NP-Zea ~ Programa para el cálculo de dosis de nitrógeno y fósforo”. Registro del derecho de autor DNDA Exp. 97476. 13/11/2000.
- KARLEM, D.L. y C.R. CAMP. 1985. Row spacing, plant population, and water management effecton corn in the atlantic coast. *Plain. Agronomy journal*, 77: 393-398.
- KRUK, B. y E. H. SATORRE. 2004. Densidad y arreglo espacial del cultivo. En: *Producción de granos.* Ed. Satorre et al. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- LORENZATTI, S. 2000. *Producción de Maíz en la Argentina.* (www.clarinrural.com)
- LUQUE, S. F. 2000. Bases ecofisiológicas de la ganancia genética en el rendimiento del maíz en la Argentina en los últimos 30 anos. Tesis M. Sc EPG-Fac. Agron. UBA, BsAs. 96 pp.
- MADDONI, G.; M. E. OTEGUI y A. CIRILO. 2001. Plant population density, row spacing and Irbid effects on maize Canopy architecture and Light interception. *Field Crops Res.* 71:183-193.
- MARCOS, J. 1997. Corn production under dryland conditions in Eastern Washington. Thesis Master of Science in Soils. Washington State University.
- NIELSEN, R. 1997. Stand establishment variability in corn. Purdue University. Department Agronomy. AGRY 91-01.
- NUCCI, E. Y G. DIAZ. 2001. Producción y calidad de silaje de híbridos de maíz. INTA EEA Paraná. VII Congreso Nacional de Maíz.
- OTEGUI, M. E. y F. ANDRADE. 2000. New relationships between liht interception, ear growth, and kernel set in maize. In: *Physiology and modeling kernel set in maize.* CSSA Special Publication Number 29, CSSA an ASA, Madison WI, USA: 89-102.

- PEPPER, A. 2002. Bases fisiológicas de la estabilidad del rendimiento de maíz. Tesis M. Sc. EPG-Fac. Agron., UBA, Bs As., Arg. 152 pp.
- RITCHIE, S. W. y J. J. HANWAY. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension service Ames, Iowa. Special Report N 48.
- SARLENGUE, T. 2002. Maximización del rendimiento en cultivares de maíz de ciclo corto. INTA Balcarce. www.inta.gov.ar.
- SEILER R. A., R. FABRICIUS, V. H. ROTONDO Y M. G. VINOCUR. 1995. Agroclimatología de Río Cuarto – 1974/1993. Volumen I. Cátedra de Agrometeorología. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Imprenta y publicaciones UNRC. Agosto 1995.
- TETIO KAGHO, F. Y F. GARDNER. 1988 . Responses of maize to plant population density . Canopy development, light relationships and vegetative growth. Agronomy Journal 80: 930-935.
- VARLET GRANCHER, C. 1982. Analyse du rendement de la conversion de l energie socaire par un couvert vegetal. These Dr. Etat, Orsay, N 2593, 144 pags.
- VEGA, C. y F. ANDRADE. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. En bases para el manejo de maíz, girasol y soja. Editorial medica panamericana. Ed Andrade F y V Sadras. Capitulo 4: 97-133.