

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFECTO DE DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE HILERAS,
POBLACIÓN E HÍBRIDO DE SORGO GRANÍFERO EN SIEMBRA
DIRECTA.**

por

**Eduardo José ALGORTA BASTOS
Javier CARCABELOS ROIG**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2007**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha: -----

Autores: _____
Eduardo José ALGORTA BASTOS

Javier CARCABELOS ROIG

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias que nos han apoyado incondicionalmente a lo largo de nuestra carrera y a quienes hoy no nos acompañan.

A los Ing. Agr. Oswaldo Ernst y el Ing. Agr. Guillermo Siri Prieto por la oportunidad de realizar nuestro trabajo final y el aporte que este significó en nuestra área profesional.

A el Ing. Agr. Juan Diego Cano por los híbridos e información brindada acerca de los mismos.

A el Ing. Agr. Oscar Bentancur por el aporte estadístico significativo a lo largo de la tesis.

A Sully Toledo, por su ayuda en la dedicación y corrección de nuestra tesis.

A María Inés León (Mursi), a quien tanto quiero, por el cariño y el apoyo motivante y constante durante toda mi carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	2
2.2 <u>CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO</u>	2
2.3 <u>APTITUD CLIMÁTICA DEL URUGUAY</u>	3
2.4 <u>IMPLANTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y POBLACIÓN</u>	4
2.4.1 <u>Implantación</u>	4
2.4.2 <u>Distribución</u>	5
2.4.2.1 <u>Componentes del rendimiento (Distribución)</u>	6
2.4.3 <u>Población</u>	8
2.4.3.1 <u>Componentes del rendimiento (Población)</u>	9
2.5 <u>HÍBRIDOS</u>	12
2.5.1 <u>Componentes del rendimiento (Híbridos)</u>	12
2.6 <u>INTERACCIONES</u>	14
2.6.1 <u>Interacción población por híbrido y su efecto en el rendimiento</u>	14
2.6.2 <u>Interacción población por distribución y su efecto en el rendimiento</u>	14
2.7 <u>FACTORES QUE INCIDEN EN LA POBLACIÓN ÓPTIMA</u>	15
2.7.1 <u>Agua</u>	15
2.7.2 <u>Fertilización</u>	17
2.7.3 <u>Macollaje</u>	18
2.8 <u>SIEMBRA DIRECTA</u>	19
2.8.1 <u>Almacenaje de agua en el suelo y reducción de las pérdidas por evaporación</u>	19
2.8.2 <u>Efecto sobre la temperatura del suelo</u>	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1 <u>TRATAMIENTOS</u>	21
3.2 <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	22
3.3 <u>DETERMINACIONES</u>	23
3.3.1 <u>Parámetros de desarrollo</u>	23
3.3.2 <u>Rendimiento y componentes</u>	23
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	24
4.1 <u>ANÁLISIS DEL EFECTO HÍBRIDO, TRATAMIENTO Y SU INTERACCIÓN</u>	25
4.2 <u>ANÁLISIS DEL EFECTO DISTANCIA ENTRE HILERA</u>	30
4.3 <u>COEFICIENTE DE SENDERO</u>	35
5. <u>CONCLUSIONES</u>	43
6. <u>RESUMEN</u>	44

7. <u>SUMMARY</u>	45
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	46
9. <u>APÉNDICES</u>	49

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	22
2. Precipitaciones y Temperatura para diferentes períodos de interés.....	24
3. Análisis de varianza para los parámetros en estudio.....	25
4. Análisis de varianza para las medidas de IAF.....	27
5. Análisis de varianza para el efecto distancia entre hilera sobre los componentes en estudio.....	30
6. Análisis de varianza para el efecto distancia entre hilera sobre el IAF.....	32
7. Correlación de las variables en estudio con dos distancias entre hilera para el híbrido MS102.....	33
8. Análisis de significancia de los coeficientes de sendero para dos distancias entre hileras (25y50cm).....	36
9. Resultados experimentales de las variables en estudio según distribución.....	36
10. Análisis de significancia de los coeficientes de sendero para dos distancias entre hileras (25 y 50cm).....	39
11. Resultados experimentales de las variables en estudio según híbrido.....	40

Figura No.

1. Efecto del incremento de la población en dos distancias entre filas sobre el rendimiento en grano y sus componentes en los híbridos MS3 y MS102.....	28
2. Respuesta del NGP y PMG al incremento de la población para ambos híbridos.....	29
3. Respuesta a la población para ambos híbridos (MS3 y MS102) a distancia constante.....	31
4. Coeficiente de sendero de los componentes del rendimiento para dos distancias entre hileras (25 y 50 cm).....	35
5. Coeficiente de sendero de los componentes del rendimiento para los híbridos MS3 y MS102.....	39
6. Coeficiente de sendero de los componentes del rendimiento usando valores promedio de híbrido y distancia entre hilera.....	41

1. INTRODUCCION

A nivel mundial se producen unas 58 millones de toneladas de grano con una tendencia a aumentar su superficie, siendo EUA y Nigeria los principales productores de grano de sorgo con un 34% (Sánchez, 1996).

Se utiliza con dos destinos principales, producción animal a través del consumo directo del grano o elaboración de raciones y el consumo humano directo.

El sorgo es uno de los cultivos de verano más promisorios por su rusticidad y potencial de rendimiento, gracias a la misma se obtiene rendimientos promedio en secano que llegan aproximadamente a la mitad de su potencial a diferencia de otros cultivos de verano que no alcanzan estos valores como es el caso del maíz.

Se encuentra como principal limitante para alcanzar el 100 % del potencial de rendimiento en el país el déficit hídrico en el momento de mayor requerimiento del cultivo.

Como contrapartida, Uruguay ha tenido a lo largo de los años una tendencia a la baja en lo que se refiere a él área de producción de sorgo, teniendo su pico máximo a mediados de los setenta. Sin embargo el área de cultivos de verano en los últimos años ah aumentado debido principalmente al cultivo de soja, desplazando a el sorgo y a los demás cultivos de verano.

En el Uruguay los principales destinos de la producción de sorgo son: para la elaboración de raciones para las aves y el ganado. Es un producto que no se exporta directamente. Recientemente se ha generado la expectativa de incremento de la producción con destino a la producción de alcohol carburante.

La información nacional sobre población y distribución de plantas se generó durante la década de los 80, con laboreo convencional y con los híbridos disponibles en ese momento. En la actualidad, el sorgo se siembra sin laboreo, mayoritariamente como cultivo de segunda, con alta participación en sistemas lecheros y no existe información para los híbridos disponibles

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar la repuesta a la población y distribución de plantas de dos cultivares de sorgo granífero sembrado sin laboreo en una secuencia avena para pastoreo-sorgo grano para reserva.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 INTRODUCCION

El sorgo como cultivo granífero es relativamente nuevo en el país, tiene un buen potencial de desarrollo en Uruguay debido a que presenta una alta rusticidad y potencial de rendimiento en secano un poco superior al resto de los cultivos de verano.

El potencial de rendimiento ha ido aumentando en los últimos años debido a la implementación de tecnología: manejo del cultivo (56%), preparación de suelo y material genético (44%), es el cultivo que más responde a la evolución tecnológica (Díaz, 1989).

El cultivo de sorgo es rustico y con buena resistencia al déficit hídrico encontrando un optimo de precipitaciones para el mes de enero cuya magnitud es inferior a la que se encuentra en el caso de el maíz (Capurro, 1989).

2.2 CARACTERISTICAS DEL CULTIVO

El sorgo se ubica dentro de la familia GRAMINEA, subfamilia PANICOIDEAE, tribu ANDROPOGONEAE y el genero SORGHUM y su nombre científico es *Sorghum bicolor*.

El sorgo es una gramínea típica que presenta gran variación en cuanto a su capacidad de macollar debido a factores genéticos o ambientales (población, humedad, fertilidad, fotoperíodo, etc.).

Las yemas basales del tallo desarrollan macollas y las superiores desarrollan ramas, se puede dar como mecanismo de supervivencia o en caso de bajas densidades de siembra.

Las plantas pueden presentar gran variación de alturas todas de hábito erecto estando en función directa del numero de nudos y éste en función del tiempo de crecimiento y el largo del pedúnculo. Presenta hojas de largo y ancho variable pero generalmente mas cortas que las de maíz, las hojas jóvenes son erectas mientras que las viejas se curvan. Presentan forma lanceolada o linear lanceolada.

Las hojas presentan estomas en ambas caras siendo estos mas chicos (2/3) y mayor cantidad por unidad de área (50%) que los de maíz, el área de hoja ocupada por poros es igual tanto en sorgo como en maíz.

El comportamiento estomático del sorgo es responsable de su rusticidad con respecto al déficit hídrico, ya que aun bajo condiciones de severo estrés, las estomas permanecen abiertos aunque sea levemente durante el día, en cambio en maíz, los estomas se abren en primeras horas de la mañana. Las hojas también presentan líneas

de células motoras que arrollan la hoja en condiciones de estrés hídrico. Además tiene capacidad de reacción frente a condiciones desfavorables, permanece en estado latente y reanuda el crecimiento en condiciones favorables.

Estas características permiten tolerar un déficit de hasta 200 mm en la estación de crecimiento y es afectado por excesos de más de 100 mm en la maduración.

Se puede sembrar en zonas con precipitaciones anuales tan bajas como 400 mm anuales, lo importante es en el momento que se dan las precipitaciones, entorno a la floración del cultivo (Siri, 1994), y embuche (Herron et al. 1963, Stone et al. 1964). En estos estadios el consumo de agua se hace máximo y determina la producción de grano del mismo.

A partir de los 450 mm de agua el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total, por lo que el problema pasa a ser la eficiencia de uso del agua, por ello toda el agua debe pasar a través de la planta en forma de transpiración y se debe reducir al mínimo las pérdidas por evaporación. Esto es afectado por la densidad de plantas ya que a mayor IAF más agua se perderá como transpiración.

Sistema radicular no se caracteriza por el peso de las raíces, sino por una importante ramificación que le permite una muy buena exploración del suelo, siendo la especie de mayor superficie radicular por medida de volumen de suelo, lo que lo hace más resistente a un estrés hídrico y le permite una alta eficiencia en la utilización de nutrientes, generando una ventaja comparativa frente a las demás especies.

El sorgo es una especie C4 por lo que presenta las siguientes características fotosintéticas: alto punto de saturación lumínica, fotosíntesis máxima con temperaturas elevadas, alta eficiencia en el uso del agua y nitrógeno, bajo punto de compensación por CO₂ y alto punto de compensación por luz.

2.3 APTITUD CLIMATICA DEL URUGUAY

La temperatura mínima para la germinación es de 10 °C, siendo la óptima 18 – 21°C. Para los 35° de longitud, la temperatura mínima del suelo se alcanza entre el 10 y el 22 de Septiembre, lográndose la óptima recién a principios de Noviembre.

En el país no existen limitantes en cuanto a temperaturas, el rango de temperaturas predominantes en verano se encuentra dentro de la zona de máxima respuesta biológica. Existe una diferencia en temperatura entre el norte y el sur observándose acortamiento del ciclo en el norte por altas temperaturas, se acorta desde iniciación floral hasta emergencia de la panoja. Si la temperatura es el único factor que afecta el rendimiento potencial de sorgo, en la zona norte del país sería mayor (Carrasco, 1989)

La radiación es un factor importante por dos aspectos: por la condición de especie C4 y por que el rendimiento en grano depende en última instancia de la fotosíntesis durante el llenado del grano. La radiación es un factor bien disponible en el Uruguay teniendo la máxima radiación compatible con la agricultura de secano.

El Uruguay se encuentra en la zona donde se reportan las mayores respuestas del cultivo al factor población, en esta zona hay una alta eficiencia en el aprovechamiento de la radiación, lo que permite el manejo a altas poblaciones, la adecuada capacidad del sorgo para captar la radiación puede ser explicada por que sus hojas tienen un arreglo opuesto con un bajo ángulo de inserción, características que se asocian a una mayor capacidad de captación de luz (Ayala et al., 1988).

Si se planteara una mejor utilización de la luz por parte del cultivo, el manejo debería tender al uso de altas poblaciones y bajas distribuciones (distancia entre hileras). Por lo contrario si el recurso a optimizar fuera el agua la tendencia sería a aumentar el volumen de suelo a explorar por cada planta con el consiguiente uso de bajas poblaciones. Esto último estaría explicando por que en veranos secos se produce una menor respuesta al factor densidad (Ayala et al., 1988).

En Uruguay el promedio de precipitaciones es 100mm. por mes (régimen Isohigro) por lo que en todo el ciclo del cultivo se pueden esperar 400mm. de precipitaciones y sumado a un suelo que almacene aproximadamente 100mm. da para cubrir los requerimientos del cultivo. Esto está sujeto a una gran variabilidad interanual lo que dificulta establecer un manejo.

Las condiciones climáticas del país llevan a que el momento de llenado del grano, coincidan en general con los periodos de mayor temperatura del aire y mayor probabilidad de ocurrencia de déficit hídricos. Para estas condiciones sería más apropiado una menor área foliar por planta utilizando materiales de ciclo corto y altas poblaciones. Quizás estas condiciones permiten que los niveles de población que se manejan sean los mayores reportados. Asimismo los cultivares de ciclo corto se adaptan muy bien a las condiciones del Uruguay.

2.4 IMPLANTACION, DISTRIBUCION Y POBLACION

2.4.1 Implantación

El número de plantas/m² obtenida es importante para determinar el rendimiento del cultivo, viéndose afectado por encima o debajo del óptimo. Éste efecto es más importante en años secos (Carrasco, 1989).

El tamaño relativamente pequeño de semilla y el lento crecimiento inicial del cultivo hace de ésta etapa, un período crítico donde se juega gran parte del éxito.

Dentro de los factores que afectan el número de plantas logradas pueden citarse aquellos inherentes a la calidad de semilla (germinación, vigor, etc), ambientales (temperatura y humedad) y de manejo (época de siembra, profundidad, plagas, densidad, etc).

En relación a la época de siembra la misma tiene por base la modificación del ciclo impuesto por la temperatura en la etapa juvenil. El acortamiento de ésta etapa provocado por las mayores temperaturas que enfrenta el cultivo en siembras tardías, permitiría un mayor número de plantas en la hilera, sin incrementar la competencia entre plantas al momento de definición del tamaño potencial de la panoja (Ernst, 2004).

2.4.2 Distribución

La distancia entre filas permite modificar la competencia entre plantas y de ésta forma afecta el rendimiento/panoja. Esto es la base que explica tres interacciones importantes como son: época de siembra, híbrido y distancia entre hileras.

Stickler y Wearden (1965), Antelo et al. (1988), encontraron rendimientos entre 7 y 10% mayores con una distancia entresurcos de 51cm, en comparación con una de 102cm. Caicedo (1966) evaluó diferentes distancias entre hileras (30, 45, 60 y 90 cm) y siembra al voleo en sorgo. Los mejores rendimientos que obtuvieron fueron en este orden 30, 45 y 60 cm entre hileras. Si bien, los mejores rendimientos fue a 30cm las diferencias con 45 y 60 cm no fueron significativas, pero si con 90cm y siembra al voleo.

Según Parietti (1986), Antelo et al. (1988) se encontraron mayores rendimientos (10%) con las menores distancias sembradas, dentro del rango de 45 a 70 cm.

Al aumentar el número de pl/m se aumenta el rendimiento/ha que es mas importante que la reducción de la producción de planta individual.

En el rango de las 25 a 35 pl/m dentro de la línea y bajo diversas condiciones ambientales se sitúa el óptimo según varios autores (Grimes y Musick 1960, Philips y Norman 1962, Karchi y Rudich 1966, Antelo et al. 1988).

La muerte de plantas de la población más alta se produjo por una corta distancia entre plantas (2,9cm 34.5 pl/m). El máximo numero de plantas logradas en la hilera marca la mínima distancia compatible con la total sobrevivencia (3.5cm 28.6 pl/m) (Ghisellini y Holtz 1985, Ernst, citado por Siri, 2004).

La distancia óptima estuvo entre 50 y 40cm. En distancias menores el incremento en esterilidad y reducción en el peso de panoja provocó una caída de rendimiento. El rendimiento máximo (7000kg), se obtuvo con 50 plantas/m² correspondiente a 20 plantas/m a 0,4m entre fila, superando en 1300kg al logrado

con igual población a 0,7m (35 pl/m). Esta ventaja en rendimiento fue el resultado de una menor competencia en la fila al variar la distancia entre hileras, junto a la capitalización de la respuesta a la población (Alcoz et al., 1988).

Antelo et al. (1988) concluyeron que las distancias entre surcos menores (52 y 65 cm) están ligadas a los máximos rendimientos (6800 y 6210 kg/ha respectivamente) en tanto que las distancias mayores (70 y 76 cm) lo están con los rendimientos menores (4769 y 4763 kg/ha), existiendo una asociación inversa entre la distancia entre surcos y el rendimiento obtenido

Con distancias entre hileras variables es mayor la producción de MS total que a distancia cte. A menor distancia entre hileras se obtiene más plantas por metro cuadrado con la misma cantidad de plantas por metro lineal y por lo tanto más MS/m² (Ghisellini y Holtz, 1985).

La distancia entre hileras incide de acuerdo a la población objetivo, cuando ésta es baja (menor 200.000 pl), las ventajas de una mejor distribución de plantas se maximizan, en tanto que cuando éstas se apretan en la hilera, el óptimo poblacional es mayor, por lo que sería importante determinar el óptimo de plantas por metro para lograr incrementos posteriores de la población del acercamiento de las hileras (Ernst, citado por Siri, 2004).

2.4.2.1 Componentes del rendimiento (Distribución)

Atkins (1868), Antelo et al. (1988) al evaluar distancias entre surcos en sorgo obtuvieron rendimientos un 11% mayores a 76 cm que a 102 cm. Así mismo, encontró que para cada distancia la cantidad de granos/panoja y de panojas/pl decrecía a medida que el número de plantas/m en el surco pasaba de 13 a 26. Con menores distancias entre hileras aumentaban las panojas/ha, cayendo las panojas/pl, peso de panoja y peso de 1000 granos.

El IC no mostró variaciones significativas, aunque en las densidades altas el número de plantas infértiles aumentó debido a una mayor competencia intraespecífica (Fisher y Wilson 1975, Myers y Foale 1981, Ghisellini y Holtz 1985). Army et al. (1964), Ayala et al. (1988), encontraron que bajo condiciones de secano y con una reserva de agua limitada, el aumento de la densidad lleva a una mayor producción de forraje en detrimento de la producción de grano.

Al aumentar la cantidad de plantas en la hilera se produce un aumento marcado de la variabilidad en altura y velocidad de desarrollo. Esto determina que los individuos que por causas ambientales o genéticas tienen un desarrollo inicial más lento vean comprometido su desarrollo y reproducción posterior en forma definitiva.

Otra variable que es capaz de reducir el % de plantas estériles es la homogeneidad tanto en la distancia dentro de la fila como en el tamaño de plantas (homogeneidad en la emergencia) (Ernst, citado por Siri, 2004) Esta uniformidad puede lograrse mediante una adecuada preparación del suelo y elección de la sembradora, así como la utilización de un material genético con alto porcentaje de germinación (Alcoz et al., 1988).

Alcoz et al. (1988), encontró un óptimo de 21 plantas/m a 0,7m entre filas, lo que representa 300.000 pl/ha (laboreo convencional). Incrementos posteriores no modifican el rendimiento como consecuencia del aumento de la esterilidad y la caída del peso por panoja (competencia interplanta) (Ernst, citado por Siri, 2004).

El IAF en macollaje y floración difiere significativamente entre tratamientos. El tratamiento de mayor distancia entre hileras tiene menor IAF (Alcoz et al., 1988).

El incremento de plantas/m no afecta el peso de plantas a iniciación floral. Esto implica que no incrementa la competencia entre ellas, lo que sí sucede a floración. Cuando el tamaño de planta a iniciación floral es relativamente grande (híbrido, época de siembra muy temprana), la competencia dentro de la fila se inicia antes y se reduce el óptimo poblacional.

Del análisis comparativo de los tratamientos distancia constante vs. distancia variable, surge que al aumentar la población operan diferentes grados de competencia entre los componentes del rendimiento.

A igual población de dos híbridos testados por Alcoz et al. (1988), el rendimiento por panoja y el número de granos por panoja fue mayor, ajustando la población por medio de la variación de la distancia entre hileras y no modificando el número de plantas/m. Esto se debe que la reducción en el NGP está más sustentada (competencia) en la distancia entre planta que en la distancia entre hilera.

También en este caso, el peso de planta a los 30 días no se vio modificado, lo que permitió la determinación del máximo tamaño de panoja. El acercamiento de las hileras, permite una alta producción de materia seca /ha sin afectar la competencia entre plantas a iniciación floral (Alcoz et al. 1988, Ernst, citado por Siri 2004).

El rendimiento/ha aumenta acercando las hileras, y está determinado por: un aumento del número de panojas totales y fértiles/ha y mejor arreglo de las mismas en el campo. La competencia entre hileras es más tardía que dentro de la hilera. Acercando mucho las hileras aumenta la esterilidad y baja el rendimiento/panoja. Otra causa es la creciente competencia por nitrógeno (coincide con Ghisellini y Holtz, 1985).

El menor desarrollo posterior de cada planta individual determinará la reducción del rendimiento/panoja, pero permite la máxima acumulación de materia

seca/ha. Como se observó, ésta es transformada en granos en nuestras condiciones en una relación de K constante (Alcoz et al. 1988, Ernst, citado por Siri 2004).

Al bajar la distancia entre hilera manteniendo 21pl/m baja el rendimiento/panoja, NGP, aumentan las panojas/ha y el rendimiento/ha aumenta, hasta 40 cm entre hilera, después cae éste y aumenta el IAF. Este incremento en kg/ha se debe a un aumento del número de plantas/ha (Alcoz et al., 1988).

2.4.3 Población

Cuando el cultivo se ubica en regimenes con precipitaciones significativas el consumo inicial de agua provocado por incremento de población no significa un deterioro de la producción de grano y la eficiencia del uso del agua se logra con un rápido incremento del IAF.

El manejo de la densidad aisladamente topea la posibilidad de alcanzar los mayores rendimientos, por lo tanto se recomienda manejarla conjuntamente con la distribución, de forma tal que el espacio disponible se reparta entre cada planta de la manera mas apropiada, minimizando la competencia entre ellas. De ésta forma se potencia el desarrollo individual de la panoja, que sumado al mayor número de panojas garantiza los mayores rendimientos (Antelo et al., 1988).

Se encontró respuesta a la población hasta la 400 mil plantas/ha, nunca hubieron respuestas negativas en todo el rango evaluado (100 – 500 mil) y en todas las situaciones ensayadas (Ghisellini y Holtz, 1985).

La mayor respuesta a la densidad se encontró al pasar de una población de 100 a 300 mil pl/ha. De 300 a 500 mil pl/ha es significativa pero de menor magnitud, y hay otros factores interactuando como híbrido, control de malezas y fertilización (Ghisellini y Holtz, 1985).

Resultados obtenidos con laboreo convencional en diferentes zonas del país permiten asegurar que el nivel óptimo de plantas se ubican por encima de las 300.000 plantas/ha. En general se considera que el riesgo de ubicarse en los niveles óptimos de población radicaría en el comportamiento de los años secos (Ernst, citado por Siri, 2004).

Antelo et al. (1988) comprobaron que la respuesta en rendimiento, al incremento en la población, se notó al pasar de densidades menores a 125.000 pl/ha, a densidades del orden de las 210.000 pl/ha. En éste rango el rendimiento varió en un aumento del 23%, pasando de 4334 kg a 5316 kg/ha. Por encima de las 210.000 pl/ha, el rendimiento siguió respondiendo al aumento de la densidad aunque no en forma tan marcada, no apreciándose ninguna respuesta negativa dentro del espectro de densidades encontradas en el muestreo.

Dentro del rango de respuesta, incrementar el número de plantas/m² es la forma mas segura de aumentar la producción de materia seca. La producción de MS a macollaje no presenta diferencia con las diferentes densidades, pero si a floración en el híbrido de ciclo largo, porque en ésta etapa la competencia tiene efecto con altas densidades reduciendo la producción de MS/pl.

En los cultivares de ciclo largo al acercar las hileras aumenta la MS total hasta cierto punto y después cae. En cultivares de ciclo corto el aumento es sostenido, a su vez aumentan las panojas fértiles y el porcentaje de esterilidad (Ghisellini y Holtz, 1985)

2.4.3.1 Componentes del rendimiento (Población)

Las diferentes poblaciones muestran diferencia estadísticamente significativa en: rendimiento, panojas/m, plantas/m, panoja/pl, granos/panoja, P1000granos, MS total, peso panoja e IC (Ghisellini y Holtz, 1985).

La respuesta a la población, es el resultado final de la “compensación de los componentes del rendimiento”, es decir la adecuación de los distintos componentes a una mayor competencia provocada por el aumento en la densidad de plantas (Donald, citado por Siri, 2004).

El nivel de población que separa una situación de la otra, puede ubicarse en un rango de 120 a 170 mil plantas/ha (150 mil en promedio) que fue obtenido bajo condiciones ambientales, culturales y genéticas variables, lo cual le otorga validez (Robinson et al. 1964, Alcoz et al. 1988). Se observó que el macollaje esta inversamente asociado al numero de plantas por ha.¹

El rendimiento en grano aumenta por una mayor producción de materia seca total sin variar la proporción de grano (se mantiene el índice de cosecha) (Ghisellini y Holtz 1985, coinciden con Alcoz et al. 1988).

El rendimiento del sorgo es una resultante directa del número de panojas, numero de granos/panoja y peso de 1000 granos. Como los dos primeros componentes varían en sentido inverso e influyen de manera importante sobre el rendimiento, interesa saber los factores que los afectan y de que forma se puede actuar sobre cada uno de ellos para disminuir los efectos de la competencia (Langlet et al. 1971, citados por Siri, 2004).

Hasta determinada densidad de siembra, en que comienzan a incidir problemas de competencia para cada nivel de población, el rendimiento está determinado por el número de panojas que se obtiene en cada planta. Con siembras

¹ CARRASCO, P. 1985. Base ecofisiológica para el manejo del sorgo en el Uruguay. In: Seminario Técnico (1º,1985, Paysandú). Trabajos presentados (sin publicar)

muy densas o semillas muy juntas esto no se cumple, debido a una mayor competencia por humedad y a un más rápido esparcimiento de enfermedades a la siembra (Porter et al. 1960, Alcoz et al. 1988).

El número de panojas conjuntamente con el peso de las mismas son dos de los componentes fundamentales del rendimiento, de ahí la cantidad de panojas obtenida en cada planta y su relación con los distintos niveles de población, existiendo una relación lineal y negativa entre rendimiento y NGP.

El número potencial de granos por panoja, se define al momento de la iniciación floral, siendo el producto directo de la competencia impuesta en dicho período (Myers y Foale 1981, Alcoz et al. 1988).

Cualquier factor que afecte la competencia al momento de iniciación floral y hasta emergencia de la panoja, afectará el número de granos por panoja.

De los componentes del peso de panoja, el número de granos por panoja es el principal responsable de las respuestas a las variaciones en densidad, siendo de poca importancia el peso de 1000 granos (Robinson et al. 1964, Alcoz et al. 1988).¹

Para Antelo et al. (1988) hasta las 210.000 pl/ha aumenta el NGP, no variando sustancialmente el peso de los 1000 granos. Mayor número de plantas debido a mayor cantidad de plantas genera que el NGP caiga significativamente (pasa de 1084 a 866), cayendo el número total de granos por unidad de superficie, y no variando significativamente el peso de 1000 granos, disminuyendo la respuesta en rendimiento.

La reducción del peso de panoja por aumento de la densidad de siembra, es el mecanismo de compensación mas importante que presenta el sorgo en su respuesta a la población; o aumentando el peso de las panojas; principal factor en igualar el rendimiento a bajas densidades de siembra (Porter et al. 1960, Alcoz et al. 1988).

Las respuestas en rendimientos dependen de las magnitudes relativas entre ganancias por aumentos del número de panojas y pérdidas por disminución de su peso.

Donald (1963), Ayala et al. (1988), expresan claramente este concepto estableciendo que a densidades altas la competencia interplanta es muy alta en una etapa temprana de crecimiento y por lo tanto el número de primordios florales es menor que a bajas densidades. Luego la competencia intraplanta disminuye lo que lleva a que se produzca un mayor peso de los granos formados.

El peso de 1000 granos se ve muy afectado por las condiciones ambientales durante las maduración, lo cual es muy difícil de controlar además de ser muy sensible a la deficiencia hídrica sobre todo en las primeras etapas de llenado del

grano. Sin embargo el número de granos por panoja es dependiente de las densidades, por lo cual es muy importante tenerlo en cuenta.

Ayala et al. (1988) realizaron el análisis de regresión utilizando modelos lineal y cuadrático. En ambos casos existe un descenso marcado del peso de mil granos con el aumento de la población.

Blum (1970), Ghisellini y Holtz (1985), Ayala et al. (1988) reportan que un aumento inicial de la densidad lleva a un menor número de granos por panoja y peso de mil granos, pero al seguir descendiendo el número de granos por panoja disminuirán los sitios de acumulación de carbohidratos y por lo tanto se producirá un nuevo incremento en el peso de mil granos

El rendimiento está determinado mas por el aumento en el número de plantas que por la disminución que opera en el rendimiento por panoja (Alcoz et al., 1988).

Cuanto más plantas/m el rendimiento por panoja y NGP cae en ambos híbridos, habiendo diferencias en la magnitud de la caída. Estas diferencias se deben al largo del ciclo y la forma de compensación de los dos híbridos. (Alcoz et al., 1988).

El efecto de la población sobre el rendimiento en grano es debido a un mayor número de panojas cosechadas. De 100 a 300 mil pl/ha hay un descenso del NGP y del peso de los granos, existiendo competencia interplanta. De 300 a 500 mil pl/ha disminuye el NGP y aumenta el peso de grano, generando una competencia intraplanta (Blum 1970, Ghisellini y Holtz 1985).

Esta comprobado que al aumentar la población la cantidad de panojas por planta disminuye (Hume y Kebede 1981, Alcoz et al. 1988). Esta disminución en la prolificidad tiene dos causantes: en una primera etapa la disminución del macollaje hasta su desaparición inclusive y con aumentos de población sucesivos comienzan los problemas de esterilidad. (Alcoz et al., 1988)

Dado que la esterilidad de plantas es responsable de la no linealidad entre plantas y panojas y contribuye a reducir el número de granos de las panojas que se obtienen, el manejo deberá tender a reducir su incidencia. Como la esterilidad de plantas es el resultado de la competencia dentro de la fila, la reducción de la distancia entre surcos reduce su número por metro lineal. En menor grado se da competencia entre plantas de distintas hileras.

Al aumentar el IAF disminuye el rendimiento/panoja y el NGP.

A poblaciones bajas el híbrido de ciclo largo y por consiguiente más tamaño logra mayor IAF. A poblaciones altas es mejor el híbrido de ciclo corto porque compite menos tiempo; son plantas con menos requerimientos.

Con altas densidades de siembras las hojas son mas angostas y largas, erguidas y las plantas son más altas. Éstas características de la canopia, son mas favorables a la penetración de la luz por unidad de área foliar (Newton y Blackman 1970, Alcoz et al. 1988). Una canopia en la cual la radiación disponible se distribuye uniformemente hasta un nivel bajo sobre una gran área foliar, resulta mas productiva que una en la cual la intercepción se hace por una menor cantidad de hojas a un nivel mas alto. Como resultado, se obtiene un mayor tamaño de fosa metabólica, lo que equivale a un mayor rendimiento en grano (Alcoz et al., 1988).

2.5 HIBRIDOS

Ghisellini y Holtz (1985), mostraron que los diferentes híbridos presentan diferencias significativas en: rendimiento, panojas/m, pl/m, panojas/pl, granos/panoja, MS total, peso panoja e IC.

Alcoz et al. (1988), en sus condiciones experimentales (año bueno) lograron altos rendimientos de panoja a bajas poblaciones lo que llevó a que no existieran diferencia significativa en rendimiento para el híbrido de ciclo corto, en contraposición con Ghisellini y Holtz (1985), lo que puede ser atribuido a un efecto año.

En cuanto a rendimiento, Blum (1970), Ayala et al. (1988), encontró mayor rendimiento a bajas poblaciones en el híbrido de ciclo largo y que el nivel de población optima difería para los tres materiales siendo mayor para el de ciclo corto. En este experimento el factor de competencia resulto ser el agua y el material mas afectado era el de ciclo largo, una causa de esto es la cantidad de agua utilizada por este genotipo, el genotipo de ciclo corto a altas densidades utiliza la misma cantidad de agua que el de ciclo largo a bajas densidades por tener estación de crecimiento mas reducida. El potencial de rendimiento estaría en relación directa con la duración de la estación de crecimiento bajo condiciones hídricas óptimas, pero cuando aumenta la competencia por agua esta relación se invertiría favoreciendo a los de ciclo corto.

2.5.1 Componentes del rendimiento (Híbridos)

El número de panojas/ha es un componente del rendimiento que se comporta de forma contraria a la expresión del mismo entre dos híbridos evaluados y la diferencia resultó significativa (Ghisellini y Holtz, 1985).

Para los dos híbridos evaluados el rendimiento tiene relación con el número de panojas totales, panojas fértiles y no hay relación con panojas estériles (Alcoz et al., 1988)

A continuación se vera la influencia de la densidad de siembra, la temperatura y el híbrido sobre dicho componente.

En los dos híbridos utilizados por Ghisellini y Holtz (1985), coincidentemente con Alcoz et al. (1988), el de ciclo medio largo tiene una planta significativamente más alta que el de ciclo corto y panoja de igual tamaño, lo que hace que el segundo tenga un mayor IC y sea mas eficiente en producción de grano.

Ghisellini y Holtz (1985) comprobaron que híbridos de ciclo largo y porte alto con mas capacidad de producción de MS total estarían mas adaptados a la producción de rendimiento en grano que los de porte bajo o ciclo corto.

Artola (1978) reporto que en lo que refiere a la producción de forraje los materiales de ciclo largo producían un 8,1 % más de forraje que de grano. Sucedió lo contrario con los de ciclo corto que rendían un 12,8 % más de grano. El comportamiento anterior podría ser explicado por la diferencia de longitud en los periodos vegetativos entre los dos materiales. Los materiales de ciclo corto serian mas eficientes en la producción de grano con un menor índice de área foliar pero logrado mas tardíamente. Esto traería como consecuencia un mayor ahorro del agua del suelo para los momentos de floración y llenado del grano

El híbrido de ciclo largo con mayor periodo entre emergencia e iniciación floral y mas producción de MS y menor IAF (mayor grado de competencia), tienen desventajas frente a los de ciclo corto en la expresión de su tamaño potencial de panoja al aumentar la población, esto lleva a que en altas poblaciones los de ciclo largo pongan en juego su mecanismo de compensación con relación a los de ciclo corto (Alcoz et al., 1988)

Con respecto a el híbrido, Alcoz et al. (1988), experimentó con dos híbridos, IPB 8016 (ciclo intermedio), en el rango de 130000- 440000 pl/ha y Relámpago (ciclo corto) en el rango de 180000-590000. Se probaron 17 y 24 plantas/m a 0,7 m entre filas. En el híbrido de ciclo corto se logró un incremento del 20% en el rendimiento en grano como consecuencia de la escasa sensibilidad del rendimiento por panoja al incremento del número de panojas en la hectárea. Estos resultados coinciden con el conocido mejor comportamiento de los híbridos de ciclo corto a altas poblaciones y los de ciclo largo a bajas poblaciones.

IPB (ciclo largo) tiene menor NGP ocasionado posiblemente por una reducción en el número de ramificaciones por anillo.

Los ciclos cortos, por su menor ciclo a iniciación floral, son menos sensibles a la competencia en la hilera y por lo tanto, recientes menos su tamaño potencial de panoja (Carrasco 1985, Ernst s.f., citado por Siri 2004)¹.

2.6 INTERACCIONES

Se ha determinado la existencia de interacción población por híbrido cuantificada por Frutes et al. (sin publicar), Antelo et al. (1988) quienes encuentran una mayor respuesta a población en ciclos cortos y un óptimo poblacional bajo en híbridos de ciclo largo (DP 420) por su mayor tamaño de plantas, lo que los hace sensibles a la competencia.

2.6.1 Interacción población por híbrido y su efecto sobre el rendimiento

Las densidades bajas (150.000 pl/ha) mostró menores rendimientos para los 2 híbridos que a densidades intermedias (150 a 200 mil pl/ha), manteniendo o cayendo el rendimiento pero siempre mayor que el de a menores densidades. El alto número de plantas/ha es bueno para aprovechar el potencial del híbrido, aún a altas densidades.

2.6.2 Interacción población por distribución y su efecto sobre el rendimiento

Ghisellini y Holtz (1985), Alcoz et al. (1988) comprobaron que existe interacción de población por híbrido mostrando diferencias significativas en rendimiento entre híbridos,

Esta interacción también se manifestó en la producción y distribución de la MS (IC) y peso de panoja. No hubo diferencia significativa de la interacción híbrido * población con: panoja/m, pl/m, panoja/pl, grano/panoja, P1000 granos y ciclo.

Resultados obtenidos por Zvi Karchi (1966), Antelo et al. (1988) muestran que con abundante humedad los rendimientos aumentan en relación directa a la disminución de la distancia entre hileras (50 a 25 cm). Sin embargo, en condiciones de humedad limitante son preferibles mayores distancias (76.2 a 101.6 cm) dependiendo del área reservada a cada planta (población utilizada).

La interacción población por distribución se manifiesta en una mayor respuesta en rendimiento al aumento de la población, a medida que baja la distancia entre hileras (Stickler y Laude 1960, 1961, Stickler y Wearden 1965, Philips y Norman 1962, Robinson et al. 1964, Karchi y Rudich 1966, Antelo et al. 1988).

Porter et al. (1960), Karchi y Rudich (1966), Tomeu y Meir (1969), Antelo et al. (1988) concluyeron que si a medida que aumenta la población acercamos las hileras la respuesta en rendimiento se hace prácticamente lineal ya que aumenta el número de panojas sin resentirse significativamente su peso.

Según Antelo et al. (1988) a 52 y 65 cm de entresurco y una alta densidad (mayor a 200 mil pl) sería la que posibilita los mas altos rendimientos (6602kg/ha). En cambio a 70 cm de entrefila no se registraron cambios entre los rendimientos de

la densidad intermedia y alta (4964 y 5075 kg/ha), perdiendo la posibilidad de obtener mas grano por unidad de superficie debido a una entrefila inapropiada.

A continuación se pretende realizar un análisis de la interacción de los principales factores ambientales y culturales sobre los componentes del rendimiento en el cultivo de sorgo.

2.7 FACTORES QUE INCIDEN EN LA POBLACION OPTIMA

2.7.1 Agua

Dentro de los factores que afectan la población óptima, se destaca el agua, por la limitante que impone al número de plantas que el suelo puede sostener.

La distribución de lluvias de una región en particular determina, en parte, una diferenciación en el manejo a seguir entre zonas áridas y templadas.

En zonas áridas, con ausencia de lluvias en verano, la producción de sorgo se basa en la acumulación de agua en el perfil del suelo hasta el momento de la siembra. Las poblaciones óptimas en la misma, difícilmente sobrepasen las 100 a 150 mil plantas por hectárea.

La baja humedad a la siembra en estas zonas, es raramente corregida por condiciones climáticas posteriores, por lo que las bajas poblaciones óptimas se basan en una mejor distribución del agua para todo el ciclo del cultivo.

Bajo condiciones hídricas desfavorables a la siembra no es conveniente aumentar la densidad ya que se puede dar un crecimiento vegetativo excesivo llegando al período crítico con déficit hídrico, por lo que se debe economizar el uso del agua.

Otro factor que contribuye la economía del agua es la distancia entre hileras. Esta limita las altas poblaciones, ya que se busca una distribución rectangular para obtener una lenta colonización del suelo, aumentando la competencia dentro de la hilera provocando esterilidad y bajo peso de panoja debido a la competencia por espacio y por luz.

Por lo tanto, una buena economía en el uso del agua generará, un mayor rendimiento y un alto índice de cosecha.

El otro factor a tener en cuenta es el híbrido. Bajo condiciones de agua limitantes se obtienen mejores rendimientos con híbridos de madurez temprana y con una densidad tal que no permitiera el macollaje. Además el híbrido afecta el peso de 1000 granos.

En zonas templadas, con precipitaciones significativas durante el verano, la situación es muy distinta que en zonas áridas. El problema se plantea en términos de eficiencia más que de economía del agua.

Una de las principales medidas de eficiencia, consiste en hacer pasar toda el agua perdida a través de la planta, en forma de transpiración, tratando de minimizar las pérdidas por evaporación directa a partir del suelo, Plaut et al., citados por Carrasco (1985), Alcoz et al. (1988) encontraron una relación sigmoide entre la evapotranspiración real del cultivo y el rendimiento en grano, en donde a partir de cierto consumo de agua, que el autor cita en 450mm, el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total.¹

Al aumentar el IAF aumenta la proporción de la evapotranspiración representada por la transpiración del cultivo, por lo que la densidad de población es un factor muy importante en la eficiencia del uso del agua, jugando un papel fundamental en el grado de cobertura de suelo.

A su vez, el aumento del número de plantas resulta en un incremento de rendimiento como consecuencia de una mayor producción de materia seca total y no de una variación en la proporción de grano; se diferencia de lo que ocurre en la zonas áridas, donde el índice de cosecha es el factor de respuesta más importante (Fischer y Wilson, 1975).

En estas zonas templadas cuanto más seca sea la estación de crecimiento, mayor es la respuesta a la población. Esto se debe, que a pesar, que con menores poblaciones resultan panojas más grandes, éstas no poseen el tamaño suficiente como para compensar la pérdida de rendimiento causada por el menor número de panojas por unidad de área.

El mayor número de panojas se traducirá en mayores rendimientos compensando la falta de granos en la panoja, únicamente si se establecen posteriormente al período crítico, las condiciones hídricas adecuadas que permitan el correcto llenado de los granos. Cuando la deficiencia hídrica ocurre durante el llenado de grano, el peso de los mismos se reduce y si bien el óptimo poblacional no varía, disminuye el peso de grano por planta agregada.

A diferencia de la zona árida en ésta se puede sembrar por encima del óptimo en condiciones normales sin afectar el rendimiento.

El óptimo de disponibilidad hídrica ha sido fijado en un rango de 450-550 mm durante todo su desarrollo (Jensen y Sletten 1957, Alcoz et al. 1988).

Para las condiciones hídricas del país es recomendable sembrar un número elevado de plantas y disminuir la distancia entre líneas (mejor distribución). Si la disponibilidad de agua resulta escasa, ello no resiente el rendimiento y si llega a darse buenas condiciones hídricas se maximiza el potencial del cultivo porque esa

recomendación de manejo supone la mejor combinación de los factores de producción (Antelo et al., 1988).

2.7.2 Fertilización

El sorgo es un cultivo exigente en su nutrición mineral, especialmente nitrógeno (Díaz 1976, Alcoz et al. 1988). La respuesta al nitrógeno esta muy relacionada a la historia de chacra y condicionada por el control de malezas y a las características del año (régimen hídrico y radiación), malezas, híbrido.

Existe respuesta positiva a la fertilización independiente del año e historia de chacra hasta por lo menos las primeras 30 o 40 unidades de nitrógeno por ha, la magnitud de la respuesta depende de la historia de chacra (respuestas máximas) y disponibilidad de agua. El efecto año incide en determinar el nivel de producción; en años contrastantes por ejemplo en año húmedo y en año seco (Ernst y Siri, citado por Siri, 2004).

Blum, citado por Siri (2004) determino que el nitrógeno disponible en etapas sucesivas a la iniciación floral era muy importante en la definición del numero y sobrevivencia de las flores estableciéndose así las bases para respuesta a nitrógeno en este cultivo que esta basada en el numero de granos por panoja, sin efectos en el numero de panojas por planta y peso de los granos.

En un año seco son muy pocas (variación del rendimiento 30%) las diferencias en granos por panoja, fertilizado y sin fertilizar (Arias et al. 1987, Ernst y Siri, citado por Siri 2004)

La mayor respuesta en IAF y número de hojas a N-P se da en periodos de crecimiento lineal y posterior a la iniciación floral (Carrasco, citado por Siri, 2004). Sin tener efecto sobre estas con el agregado de N a la siembra, Elordoy y Forteza (1986), Ernst y Siri, citado por Siri (2004), suponiendo la posibilidad del uso diferido, siendo el momento más adecuado para la aplicación con anterioridad a la elongación.

La magnitud de las diferencias en los diferentes momentos de aplicación (Siembra-diferido) varían según el nivel de enmalezamiento, ya que el aporte tardío de N mejora la competencia del cultivo frente a las malezas ya que estas no disponen del nutriente para su crecimiento inicial, el cual normalmente supera el del sorgo. En cambio la relación de competencia se invierte en el periodo de crecimiento lineal del cultivo (elongación) por la elevada tasa de crecimiento y rápida cobertura del suelo (Ernst y Siri, citado por Siri, 2004).

La fertilización nitrogenada influye sobre la altura de la planta y la excerción de la panoja. Se encontró un aumento en la altura de las plantas al elevar el nivel de fertilización debido a un incremento en la translocación de carbohidratos a la parte

aérea y a la formación de auxinas que contribuye a la elongación y división celular (Sader et al. 1976, Alcoz et al. 1988). También se constató que la cosecha mecánica no se ve restringida, puesto que el aumento ocurrido en la altura no provoca vuelco (Silveira 1980, Alcoz et al. 1988)

2.7.3 Macollaje

El macollaje no solo es función de la densidad si no también influyen factores como la temperatura y el material genético. El efecto de la temperatura durante la fase inicial del cultivo presenta relación inversa con el macollaje Escalada y Plucknett (1975), Myers y Foale (1980), Alcoz et al. (1988) al igual que ocurre con cualquier gramínea. De esta forma se encuentra un grado similar de macollamiento en Canadá con 450 mil plantas por ha Hume y Kebede (1981), Alcoz et al. (1988) y en Nigeria con poblaciones de 75 mil plantas por ha (Goldsworthy y Tayler 1970, Alcoz et al. 1988)

La temperatura actúa por un lado, sobre la producción de macollos a través de mecanismos fisiológicos, y por otro, sobre la sobrevivencia de los macollos producidos mediante un fenómeno de competencia. En la medida que las condiciones ambientales, entre ellas la temperatura, favorecen una mayor velocidad de crecimiento inicial, la competencia entre el tallo principal y los macollos se hace mas severa Fischer y Wilson (1975), Alcoz et al. (1988), sobre todo, considerando que los macollos se desarrollan con un retraso en el ciclo de 7 a 10 días respecto del macollo principal (Langlet et al. 1971, Fischer y Wilson 1975, citado por Carrasco 1985, Alcoz et al. 1988)

A través de este efecto de la temperatura, la época de siembra interactúa con la respuesta a la población habiendo mejores condiciones de macollaje en siembras tempranas y con ello menores respuestas (Stickler 1961, Alcoz et al. 1988).

El otro factor que influye sobre el macollaje y en consecuencia sobre la respuesta a la población es el material genético. Blum, citado por Ghisellini y Holtz (1985), Alcoz et al. (1988) destacó la importancia de esta interacción, trabajando con dos híbridos; uno precoz de pequeño tamaño y baja capacidad de macollaje y el otro de ciclo largo y mayor tamaño. Obtuvo una respuesta superior en el híbrido de ciclo corto debido a la baja capacidad de compensación del macollaje que tenía este tipo de material. Al aumentar la población, la capacidad de macollar dejó de tener importancia y pasó a ser trascendente el peso de los granos por panoja, de forma que aquellos híbridos que mostraron la menor reducción del tamaño de panoja al aumentar la población, fueron los precoces y con ello mantuvieron la respuesta hasta valores mayores.

Los motivos por los cuales resulta aconsejable basarse en el uso de mayores poblaciones y no del macollaje son varios.

En primer lugar los macollos rinden solo un 25 a 80 % del tallo principal, dependiendo del híbrido (Goldsworthy y Tayler 1970, Alcoz et al. 1988).

En segundo lugar, los macollos presentan un retraso en el ciclo de por lo menos 7 días por lo cual son frecuentes los problemas de cosecha debido a las diferencias de humedad del grano y forraje (Langlet et al. 1961, Alcoz et al. 1988).

En tercer lugar, la búsqueda de un número de panojas por ha a través del número de macollos en lugar del número de plantas, introduce un elemento de riesgo innecesario, en la medida que mientras el macollaje de la población baja presente interacciones con el año Porter et al. (1960), Alcoz et al. (1988) el número de panojas que surge de poblaciones mayores permanece sin cambios en años muy diferentes (Carchi y Rudich 1966, Alcoz et al. 1988).

En último término, un mayor macollamiento inicial puede ser una desventaja al perderse materia seca del sistema productor de grano a través de subsecuentes supresiones por competencia que resultan en la muerte de los macollos.

2.8 SIEMBRA DIRECTA

Por tratarse de un no laboreo (siembra directa), se espera mayor almacenaje de agua y mayor temperatura del suelo.

2.8.1 Almacenaje de agua en el suelo y reducción de las pérdidas por evaporación

La cobertura del suelo en siembra directa, sustituye el efecto buscado con la generación de rugosidad en el laboreo primario, aumentando la infiltración en comparación con un suelo desnudo.

Una vez almacenada el agua, el rastrojo en superficie también es el determinante del resultado similar por su efecto sobre el control de la tasa de evaporación de agua desde el suelo. Este efecto opera desde que se inicia el barbecho hasta que se cubre la entre fila.

En los cultivos “de segunda”, el cultivo de invierno consume el agua y opera como cobertura del suelo. Las lluvias posteriores a la madurez fisiológica del cultivo recargan el suelo, pero si estas no se producen, solo se dispondrá del residuo hídrico del crecimiento anterior. Lo mismo sucede cuando el cultivo de verano sigue a un verdeo invernal o existe crecimiento de malezas.

La capacidad de almacenar agua del suelo, más el manejo del barbecho, determinan que en promedio un suelo no labrado tenga mayor humedad que uno labrado.

Este efecto opera entre dos recargas del perfil, por lo que si no se producen lluvias, el agua se agota independientemente del laboreo o no del suelo.

2.8.2 Efecto sobre la temperatura del suelo

Los suelos sin laborear y con rastrojos en superficie presentan menor temperatura que los laboreados.

Los suelos con cobertura de rastrojo presentan una amplitud térmica menor que los laboreados por lo que ganan y pierden calor más lentamente. Para situaciones sin laboreo, el efecto depende de la cantidad y geometría del rastrojo

Al inicio de la estación de siembra un retraso en la fecha en que se alcanza la temperatura mínima de siembra. Esto es particularmente importante en el cultivo de sorgo granífero que requiere una temperatura mínima de 15° C.

Una vez alcanzada ésta, el sorgo se desarrolla por acumulación de temperatura. Además al ser una gramínea, ya que el punto de crecimiento se encuentra por debajo de la superficie del suelo, la menor temperatura determina un desarrollo diferencial, menor tasa de crecimiento y desarrollo.

Una vez superada la etapa en que el punto de crecimiento por debajo del suelo (V6), la temperatura de referencia es la del aire, por lo que no son de esperar efectos posteriores. Las diferencias acumuladas hasta V6 se diluyen en el ciclo total del cultivo por lo que la diferencia en el ciclo a floración es igual a la establecida en los primeros días de crecimiento.

Cuando la temperatura del suelo es baja, son necesarios más días para alcanzar la acumulación térmica mínima para germinación – emergencia. La profundidad de siembra determina menor temperatura y mayor distancia entre y la superficie.

3. MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el campo de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía, Paysandú, en el año agrícola 2005-2006 sobre un suelo Brunosol Eutrico Típico de la unidad de suelos “San Manuel”.

El cultivo se sembró sin laboreo sobre una avena que fue pastoreada en cuatro oportunidades con vacas lecheras.

La etapa de barbecho se inició con la aplicación de 4 litros de herbicida (Glifosato) el 8/10/2005. Después se realizó una segunda aplicación de Glifosato (2 litros) el 19/11.

La siembra se realizó el 8/12/05 utilizando una sembradora de siembra directa SEMEATO SH11.

La fertilización se hizo con 100kg de 18-46-0 el 19/11/2005 y se realizó una refertilización con 46 kg ha⁻¹ de N en forma de urea, aplicada al voleo al estadio V6. En ese momento la disponibilidad de N-NO₃⁻ en los primeros 20cm del perfil era de 12ppm.

Como control de malezas se aplicó el herbicida DUAL GOLD, a 1 litro/ha de producto comercial (20/11/05).

3.1 TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en un factorial de dos distancias entre filas (50 cm y 25 cm) por tres niveles de plantas.m (3, 6 y 10), por dos híbridos de sorgo granífero (MS3 y MS102) (Cuadro 1), dispuesto en parcelas al azar divididas con tres repeticiones. El tamaño de las parcelas fueron de 2m² y 4m² (4 hileras de 2m de largo a 25cm y 50cm respectivamente). La parcela mayor es un factorial distancia por híbrido y la parcela menor las plantas.m².

Cuadro 1: Descripción de los tratamientos

Experimento	Híbrido	Población objetivo (pl/ha)	Distancia (cm)	pl.m lineal Objetivo	pl.m lineal logradas
1	MS3	60000	50	3	2,3
2	MS3	120000	50	6	4,05
3	MS3	200000	50	10	5,7
4	MS3	120000	25	3	2,83
5	MS3	240000	25	6	3,7
6	MS3	400000	25	10	4,1
1	MS102	60000	50	3	2,95
2	MS102	120000	50	6	5,15
3	MS102	200000	50	10	6
4	MS102	120000	25	3	2,75
5	MS102	240000	25	6	3,88
6	MS102	400000	25	10	4,88

La combinación de distancia entre filas y plantas m^2 determinan la población por hectárea objetivo y a su vez, se modificó la distancia entre plantas dentro de una misma hilera.

La falta de humedad en el suelo determinó que no se logaran las poblaciones objetivo, por lo que se procedió a elegir áreas dentro de las parcelas mayores con poblaciones equivalentes pero no exactamente iguales, que resultaron menores a las planteadas originalmente. Como resultado, las variables quedaron definidas como un factorial de dos híbridos por 12 tratamientos compuestos por una combinación de distancia y plantas. m^2 .

3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cada variable de respuesta fue analizada utilizando el procedimiento MIXED del sistema Statistical Analysis Systems (Ver. 6.11 1996; SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina U.S.A.). Los efectos fijos fueron híbrido, población y distancia entre hileras y sus interacciones y las repeticiones fueron consideradas como efectos aleatorios. Se realizaron comparaciones de Media de Mínimos Cuadrados utilizando el test LSD con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ establecido a priori. Las relaciones directas e indirectas entre rendimiento en grano y sus componentes, se estudiaron a través de ecuaciones estructurales (coeficientes de sendero), usando el procedimiento CALIS del mismo paquete estadístico. Las variables involucradas en dicho análisis fueron número de plantas por hectárea, panojas por planta, panojas m^2 , número de granos/panoja, peso de 1000 granos, rendimiento por panoja y rendimiento ha^{-1} .

3.3 DETERMINACIONES

3.3.1 Parámetros de desarrollo

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron las siguientes medidas:

Área foliar: se midió el índice de área foliar mediante un bastón digital (MODELO LAI-2000 –Plant Canopy Analyser) Estas medidas se realizaron 3 veces en diferentes estadios de desarrollo: V6, embuche, madurez fisiológica).

3.3.2 Rendimiento y componentes

El rendimiento en grano, fue estimado a partir del grano trillado y de la superficie de la parcela, corrigiéndose luego por humedad, para llevarlo a un estándar de 13%.

A los efectos de determinar los principales componentes del rendimiento se contaron las plantas a cosecha, panojas por planta y panojas por parcela.

Se realizó cosecha manual de todas las plantas enteras de cada parcela por separado. El rendimiento por panoja se obtuvo relacionando el peso de las panojas con el número de panojas cosechadas; a su vez el número granos por panoja se calculó a partir del rendimiento de cada panoja y del peso promedio de tres muestras de 100 semillas. Este valor promedio se utilizó para obtener el peso de 1000 granos de cada parcela, el cual antes de determinarlo se midió la humedad, sacando una muestra del lote total.

Se realizó medición de peso fresco a cosecha. Para el muestreo se pesaron todas las plantas de la parcela, estas muestras fueron pesadas frescas y luego se estimó el contenido de humedad a partir de una sub.-muestra de 3 plantas enteras.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 2: Precipitaciones y Temperatura para diferentes períodos de interés

	duración	PRECIPITACIÓN (mm)		TEMPERATURA (°C)	
		05/06	histórica	05/06	histórica
Barbecho	8/10-7/12	221	238	19,6	20,2
15 días pre siembra	24/11-8/12	95	55	21,4	21,8
Mes pos siembra	9/12-9/1	1,4	95	25	23,9
Mes pos siembra a V6	10/1-17/1	91	25	26,6	25
V6- embuche	18/1-16/2	52	138	24,7	24,4
Embuche- Cosecha	17/2-26/4	175	285	21,7	21,5
		635,4	836	23,18	22,8

Las precipitaciones totales desde el inicio de la preparación del suelo hasta la cosecha fueron inferiores al promedio histórico, por lo que se lo podría caracterizar como un período del año seco.

Dentro de éste período se observó diferentes situaciones hídricas respecto a la serie histórica. Las precipitaciones previas a las siembra (barbecho) fueron similares a la histórica lo que contribuiría con la recarga del perfil del suelo ya que el cultivo antecesor fue una avena para pastoreo.

Durante los días previos a la siembra, las precipitaciones fueron adecuadas, pero luego se produjo un período prolongado de escasez de precipitaciones, lo cual afectó la implantación del cultivo. Esto determinó fallas en el logro de la población objetivo y en la uniformidad de emergencia.

El resto de los períodos, incluyendo el crítico, tuvo precipitaciones adecuadas, aunque inferiores a la histórica. Las precipitaciones totales durante el ciclo del cultivo estuvieron en el mínimo establecido para que el cultivo manifieste independencia del Índice de cosecha de la producción de materia seca (413 mm), lo que sumado a la reserva de agua en el suelo, indicaría una buena condición hídrica para la producción de sorgo grano. Desde siembra hasta el estadio V6 no hubo precipitaciones efectivas, pero entorno a este estadio ocurrieron 25mm y hasta embuche llovieron 143mm, lo que implica que este período, definido como crítico para la definición del tamaño de panoja, ocurrió sin déficit hídrico severo. La fase embuche-madurez fisiológica también ocurrió con buenas condiciones de lluvia.

La temperatura presentó valores similares a la histórica, adecuadas para el crecimiento y desarrollo del cultivo ya que se ubicó por encima de la temperatura base durante todo el período de barbecho llegando con ésta temperatura a la siembra.

4.1 ANÁLISIS DEL EFECTO HÍBRIDO, TRATAMIENTO Y SU INTERACCIÓN

Cuadro 3: Análisis de varianza para los parámetros en estudio

Híbrido	pl/m ²	Dist (cm)	Pan/pl	Pan/m ²	P1000(gr)	NGP	Rend/pan
MS3	4.58	50	2,27 a	10,42 a	27,36 a	2442 a	66,8 a
MS3	8.1	50	1,47 b	11,67 a	26,56 ab	1997 ab	53,1 ab
MS3	11.42	50	1,40 b	16,17 ab	26,16 ab	1883 abc	48,8 bc
MS3	11.3	25	1,77 b	19,75 b	26,23 ab	1358 bc	35,6 cd
MS3	14.7	25	1,53 b	23,17 bc	24,00 bc	1374 bc	32,3 d
MS3	16.3	25	1,77 b	28,00 c	22,43 c	1213 c	26,8 d
MS102	5.92	50	1,83 a	10,75 a	35,26 a	1787 ab	62,7 a
MS102	10.33	50	1,23 bc	12,75 ab	32,33 ab	1972 a	62,9 a
MS102	12	50	1,03 c	11,17 a	34,26 a	1679 ab	57,4 a
MS102	11	25	1,60 ab	18,75 ab	29,25 b	1188 abc	34,7 b
MS102	15.5	25	1,23 bc	19,00 b	30,93 b	1179 bc	36,4 b
MS102	19.5	25	1,47 ab	28,67 c	31,13 b	829 c	25,9 b
Efecto híbrido			0.0021	0.3848	0,0001	0,0769	0,4083
Efecto tratamiento			0.0001	0.0001	0,0016	0,0009	0,0001
Efecto híbrido*tratamiento			0.9637	0.7635	0,1707	0,8546	0,7743

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si dentro de híbrido $p \leq 0,05$

Ver apendices del N° 1 al 9.

El rango de población logrado varió entre 45800 y 163000 plantas.ha² y entre 59200 y 195000 plantas.ha² en el híbrido MS3 y MS102 respectivamente. En ambos, la población lograda fue entorno al 50% menor de la objetivo y dentro del rango en el que la información nacional disponible muestra una importante repuesta en rendimiento.

Los componentes de rendimiento panojas/planta, PMG fueron significativamente modificados por el híbrido, pero no existió efecto sobre PANOJAS logradas, NGP ni RENDPAN.

En ambos híbridos, y dentro de las dos distancias entre filas evaluadas, al aumentar la población, se observó una tendencia creciente en PANOJAS, pero no hubo diferencias estadísticamente significativas.

El híbrido MS3 logró mayor cantidad de PANPL que MS102 comparando iguales poblaciones y distribuciones, por lo que se podría decir que es más macollador.

Solo se cuantificó diferencias entre híbridos y distribuciones, en PANPL, cuando se tuvo las poblaciones más bajas, lo que coincide con Hume et al. (1981); Alcoz et al. (1988), los cuales mencionan que al aumentar la población la cantidad de panojas por planta disminuye. Esta disminución en la prolificidad tiene dos causantes: en una primera etapa la disminución del macollaje hasta su desaparición inclusive y con aumentos de población sucesivos comienzan los problemas de esterilidad. Dentro del rango de población lograda en este experimento, la esterilidad estuvo por debajo del 4 %, por lo que las diferencias se explican solo por el macollaje.

Es de destacar que en la mayoría de los tratamientos las plantas formaron más de una panoja y en muchos casos superiores a 1,5, lo que se explicaría por el bajo rango de población evaluada. La población máxima obtenida (195000 planta.ha² a 25 cm entre filas) logró más de 1,5 PANPL en ambos híbridos.

La bibliografía nacional es coincidente remarcar, que el macollaje no es la vía para obtener el número de panojas por unidad de superficie objetivo y define al macollaje como un proceso no deseado en nuestras condiciones. El concepto se sustenta por el menor rendimiento por panoja de los macollos comparados con el tallo principal, pero los resultados fueron obtenidos evaluando poblaciones similares al máximo de este trabajo con distancia entre fila de 70 cm y en algunos trabajos con un mínimo de 50 cm. Alcoz et al. (1988) evaluaron distancias entre fila menores.

El componente RENDPAN fue máximo en las menores poblaciones, lo que coincidiría con los resultados de Alcoz et al. (1988), descendiendo el rendimiento por panoja al aumentar la densidad de plantas a ambas distancias entre hileras para los dos híbridos. No existió diferencia estadísticamente significativas entre híbridos, pero si entre tratamientos.

En cuanto a RENDPAN este fue más elevado con la distancia a 50 que 25cm, lo que se explicaría por que a 25 se obtuvieron poblaciones mayores que a 50.

Comparando cada híbrido a igual pl/m lineal y diferente distribución se observó un mayor rendimiento por panoja a 50cm. entre hileras, lo que se explicaría porque la población se duplicó con la distancia entre filas.

El híbrido MS102 presentó mayor o igual rendimiento por panoja comparando a igual o diferente distancia entre hileras y población.

Cuadro 4: Análisis de varianza para las medidas de IAF

Híbrido	pl/m ²	Dist (cm)	IAF inicio	IAF V6
MS3	4.58	50	1,74a	3,23a
MS3	8.1	50	1,90a	4,74a
MS3	11.42	50	2,60a	3,99a
MS3	11.3	25	1,99a	2,95a
MS3	14.7	25	2,10a	3,79a
MS3	16.3	25	2,41a	3,87a
MS102	5.92	50	2,25a	3,16a
MS102	10.33	50	1,95a	2,65a
MS102	12	50	2,68a	3,73a
MS102	11	25	2,25a	3,25a
MS102	15.5	25	2,22a	3,86a
MS102	19.5	25	2,07a	4,12a

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si dentro de híbrido $p \leq 0,05$

En cuanto IAF se observó que no hay diferencias significativas para ninguno de los tratamientos, esto se debió al alto coeficiente de variación que presentaron los datos, lo que hace que no se pueda afirmar con un 95 % de confianza que haya diferencia entre los tratamientos.

En la Figura 1 se presenta el efecto cuantificado en rendimiento de grano por hectárea.

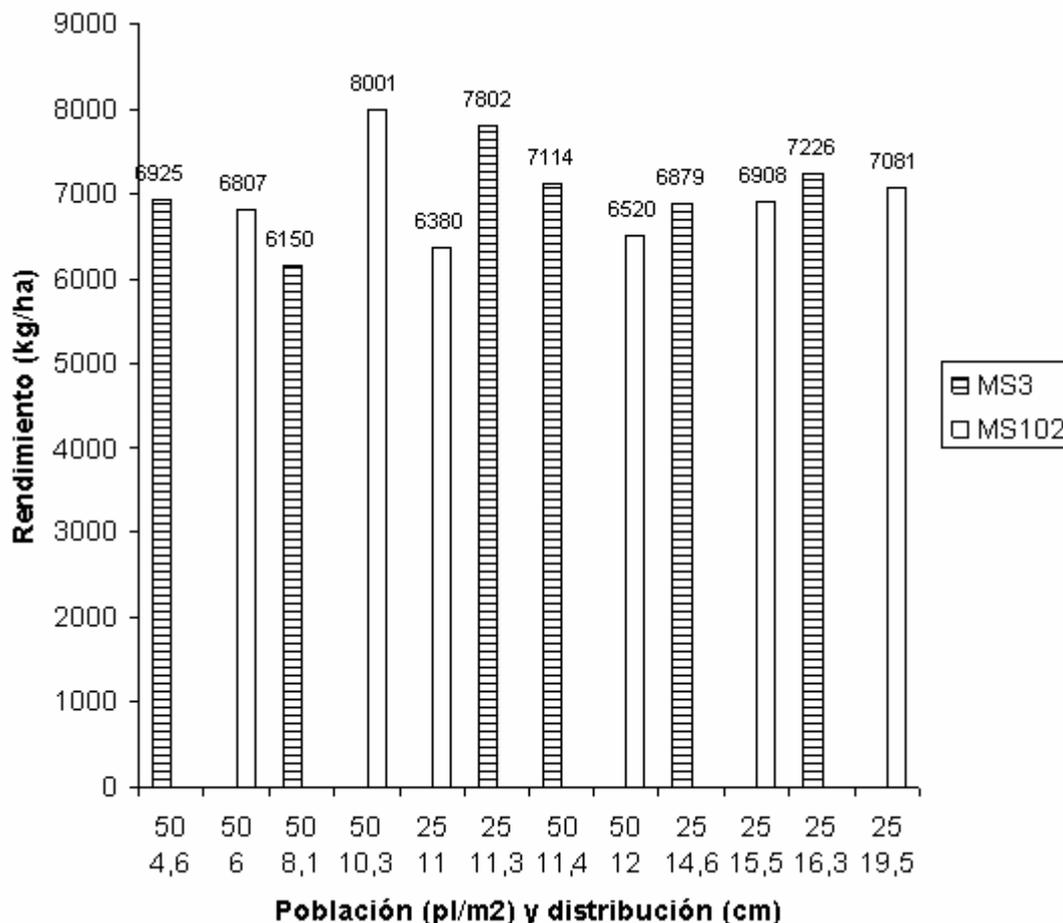


Figura 1: Efecto del incremento de la población en dos distancias entre filas sobre el rendimiento en grano y sus componentes en los híbridos MS3 y MS102.

Al aumentar la población no se observó aumento del rendimiento para ninguno de los dos híbridos ni para la variación de población establecida por distancia y plantas.m². Estos resultados no concuerdan con la bibliografía nacional (Carrasco 1985, Alcoz et al. 1988).

No existió relación entre el rendimiento y la distancia entre hileras a 25 cm y 50 cm tanto para el híbrido MS3 ($p < 0.97$ y $p < 0.52$ respectivamente) como MS102 ($p < 0.35$ y $p < 0.57$ respectivamente), (ver apéndice N° 3, 4, 5 y 6).

No se observó diferencias estadísticamente significativas entre la distancia a 25cm y 50cm tanto para el híbrido MS3 ($p < 0.63$) como para el MS102 ($p < 0.45$) en cuánto a rendimiento (ver apéndice 1 y 2), no concordando con Alcoz et al. (1988).

Los resultados se explican por la compensación de los componentes del rendimiento que existió en ambos híbridos. En la Figura 3 se muestra la respuesta a la población de los componentes NGP y PMG. Esto se explicó por los diferentes mecanismos de compensación que se verán mas adelante. Esto no coincide con Antelo et al. (1988). También Alcoz et al. (1988) mostraron diferencias significativas en rendimiento entre híbridos.

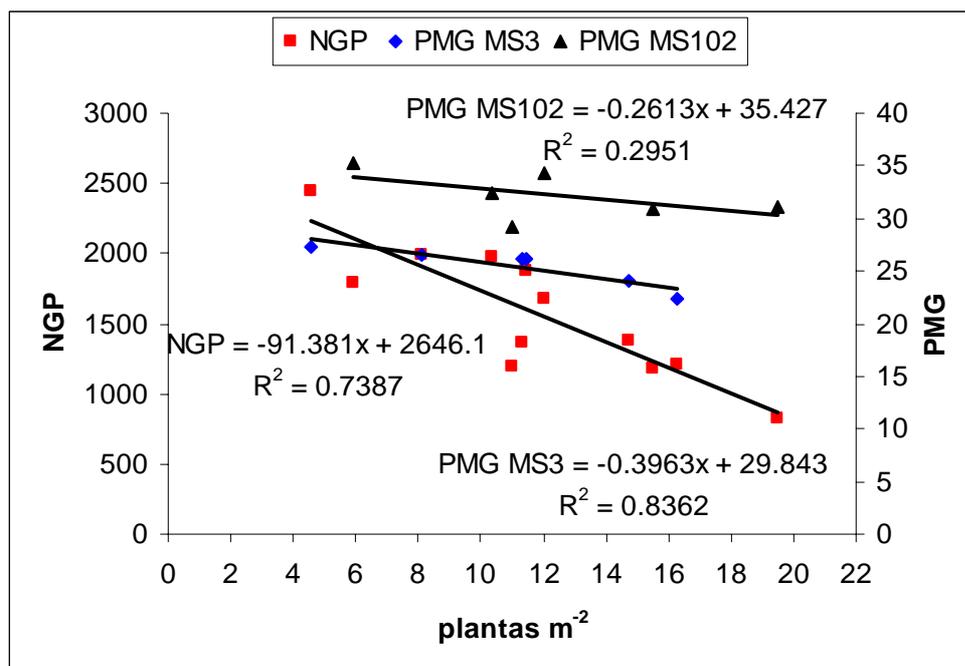


Figura 2: Respuesta del NGP y PMG al incremento de la población para ambos híbridos.

El aumento de la población, producto de la reducción de la distancia entre filas y aumento en el número de plantas.m², determinó una reducción lineal en el NGP. El resultado es coincidente con otros trabajos pero se destaca el alto número obtenido a bajas poblaciones (2000 granos aproximadamente), comparado con los antecedentes (Alcoz et al., 1988 max. NGP: 1434; Ghisellini y Holtz, 1985 máx. NGP: 800).

El componente PMG tuvo variación significativa en el híbrido MS102, el que a su vez tuvo un PMG significativamente superior al MS3, y una tendencia a reducirse con el aumento en la población en ambos híbridos.

4.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DISTANCIA ENTRE HILERA

Cuadro 5: Análisis de varianza para el efecto distancia entre hilera sobre los componentes en estudio

Híbrido	Dist (cm)	Pan/pl	Pan/m ²	P1000(gr)	NGP	Rend/pan	Rendimiento
MS3	50	1,83 a	13,9 a	26,7 a	1933 a	91 a	7303 a
	25	1,57 a	23,4 b	24,2 b	1490 a	58 b	6730 a
Efecto distancia		0,1635	0,013	0,0059	0,1515	0,009	0,6329
MS102	50	1,55 a	13,5 a	32,7 a	1707 a	85,9 a	7183 a
	25	1,24 b	19,61 a	32,1 a	1229 b	59,8 b	6789 a
Efecto distancia		0,0349	0,0854	0,6927	0,0284	0,0324	0,4471

Valores seguidos por la misma letra dentro de columnas no difieren entre si dentro de híbrido $p \leq 0,05$

Ver apéndices del N° 10 al 21.

Para ambos híbridos se obtuvieron poblaciones menores a la distancia entre hileras de 50cm por lo que en promedio se observan mayor NGP. Estas bajas poblaciones se debieron a que al momento de hacer las parcelas se usaron la misma cantidad de pl/m lineal para ambas distancias entre hileras.

En la siguiente figura se muestra la influencia del aumento de la población, dos distancias entre hileras y dos híbridos.

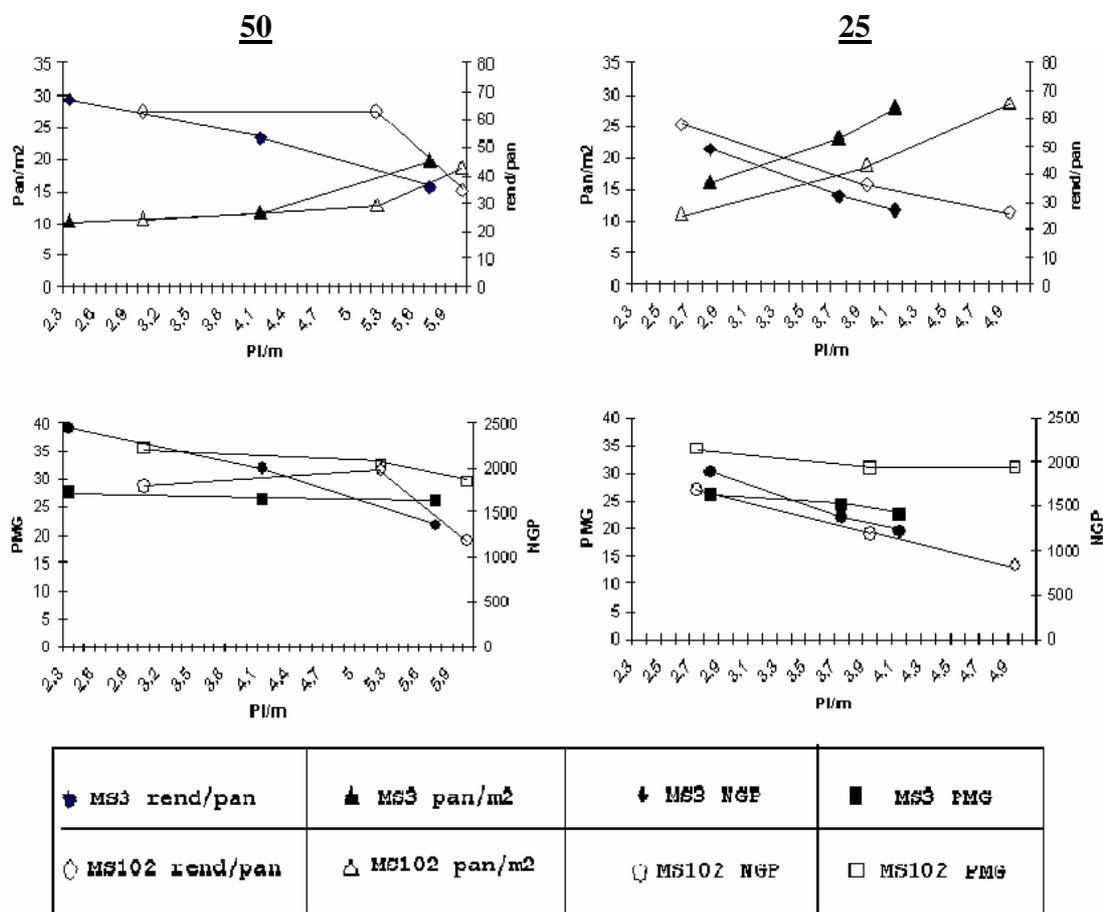


Figura 3: Respuesta de diferentes componentes del rendimiento de sorgo granífero al incremento de plantas m^2 a dos distancias entre fila (25 y 50 cm) y dos híbridos (MS3 y MS102).

Para ambos híbridos, PANM2 creció a medida que aumentan las pl/m lineal. Inversamente ocurrió con el RENDPAN.

Existió diferencia estadísticamente significativas en PANM2 entre los tratamientos a distancia entre hilera 50cm y 25cm para MS 3($p<0.013$). Por lo contrario en el MS 102 no se observó diferencias ($p<0.085$).

El RENDPAN tuvo diferencia significativa para ambas distancias en ambos híbridos (MS3 $p<0.009$ y MS102 $p<0.033$).

Esto demuestra el mecanismo de compensación de parte de los componentes de mayor peso, a la hora de determinar el rendimiento, lo que hace que no varíe significativamente el mismo, al aumentar las pl/m en ambos híbridos.

El NGP disminuyó con el aumento de las pl/m en ambas distancias entre hileras para los dos híbridos.

Para el MS3 no habrían diferencias significativas entre las dos distancias probadas ($p < 0.15$). El mayor NGP se obtuvo con 2,3 pl/m lineal a 50cm entre hileras, debido a muy baja población. Con esto se minimizó en forma considerable la competencia dentro y entre filas, lo cual concordaría con los resultados obtenidos en trabajos anteriores.

Sin embargo para el MS102 habrían diferencias significativas entre las dos distancias entre hileras ($p < 0.0284$). El menor NGP se obtuvo a la más alta población evaluada, 5 pl/m lineal a 25 cm entre hileras. Esto se atribuiría a una competencia entre filas, ya que la bibliografía citada, hasta 21 pl/m lineal, no señaló competencia dentro de la fila.

El PMG para el híbrido MS3, presentó dos comportamientos diferentes según la distancia entre hilera, con diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.0059$). Para la distancia a 50cm se mantendría constante el PMG al aumentar las pl/m lineal, en cambio a 25cm disminuiría. En cambio para el MS102, no se obtendría un comportamiento diferente según la distancia entre hilera, el cual no diferiría significativamente ($p < 0.69$).

Cuadro 6: Análisis de varianza para el efecto distancia entre hilera sobre el IAF

Híbrido	Dist (cm)	IAF inicio	IAF V6
MS3	50	2,08a	3,98a
MS3	25	2,16a	3,2a
MS102	50	2,29a	3,18a
MS102	25	2,18a	3,74a

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si dentro de híbrido $p \leq 0,05$

En este caso se observó que el IAF no varió con la variación de la distancia. No se vieron diferencias significativas, esto se explica por un alto coeficiente de variación de los datos.

Cuadro 7: Correlación de las variables en estudio con dos distancias entre hilera para los híbridos MS102 y MS3

	MS 102		MS 3	
	25	50	25	50
	pl reales/m lineal		pl reales/m lineal	
panojas m2	7,39 *	3,87 *	7,82 *	2,73 *
rend panoja	-17,65 *	-22,46 *	-14,34 n/s	-14,56 *
PMG	-1,06 n/s	-2,69 n/s	-1,14 n/s	-0,30 n/s
NGP	-305,24 *	-181,24 n/s	-409,09 n/s	-272,27 *
rendimiento	276,9 n/s	369,98 n/s	46,19 n/s	252,23 n/s
IAFi	-0,04 n/s	0,06 n/s	-0,07 n/s	0,29 n/s
IAFV6	0,91 *	0,27 n/s	0,15 n/s	0,22 n/s
IAFemb	0,11 n/s	0,13 n/s	0,57 n/s	0,13 n/s
IC	0,53 n/s	sin dato	0,21 n/s	0,61 n/s
MS/Ha	322,41 n/s	1703,97 n/s	548,20 n/s	834,59 n/s
peso/tallo	-4,21 n/s	-0,53 n/s	5,22 n/s	0,50 n/s
MStallo	183,06 n/s	1478 n/s	65,49 n/s	396,82 n/s

Nivel de significancia $p < 0.05$

Ver apéndices del N° 22 al 68

Se estudió la regresión de algunas variables del rendimiento con la modificación de las pl.m² logradas, dejando constante el híbrido y la distribución (25 y 50 cm).

Al aumentar las pl/m lineal se observó un aumento significativo de 7,39 PANM2 y 7,82 PANM2 (1,85 pan/pl y 1,95 pan/pl) para MS102 y MS3 respectivamente a 25cm entre hileras.

Para el híbrido MS3 a una distancia de 25 cm, el resto de las variables estudiadas no presentarían una relación significativa.

A 50cm, se observó una relación significativa entre PANM2 y pl/m lineal para ambos híbridos. Al aumentar una pl/m lineal el MS3 aumentaría 2,7 PANM2 (1,36pan/pl) y el MS102, 3,87 PANM2 (1,94 pan/pl), teniendo una diferencia importante para ambos híbridos con la distancia a 25cm.

El RENDPAN en el MS102 a 25cm, también tuvo relación significativa pero negativa, por lo que al aumentar 1 pl/m lineal, disminuiría 17,65 gr y 14,34gr el MS3.

El RENDPAN a 50cm presentó correlación significativa y negativa en ambos híbridos al variar las pl/m lineal. Al aumentar 1 pl/m el RENDPAN disminuiría 14,56gr en el MS3 y 22,46gr en el MS102.

En éste último híbrido se concluiría que a pesar de que el NGP y PMG no presentaron relaciones significativas, el RENDPAN, que sería el producto de ellos, sí presentó una correlación significativa negativa (cada 1 pl/m disminuye 22,5 grs/pan), pudiendo estar dado por la multiplicación de bajos valores individuales.

También se concluiría que a ambas distancias entre hileras, el MS102, y solo a 50cm en el MS3, las PANM2 tendrían relación significativa positiva y RENDPAN relación significativa negativa, lo que se compensarían y el rendimiento no presentaría una correlación significativa con el número de pl/m lineal.

NGP tuvo una relación significativa y negativa con pl/m lineal en el híbrido MS102 a 25 cm. Al aumentar 1 pl/m lineal disminuirían 305 granos/pl (ver apéndice 13). En cambio, el MS3 presentó una relación significativa negativa a 50cm, lo que al aumentar una pl/m lineal disminuirían 272 granos/pl.

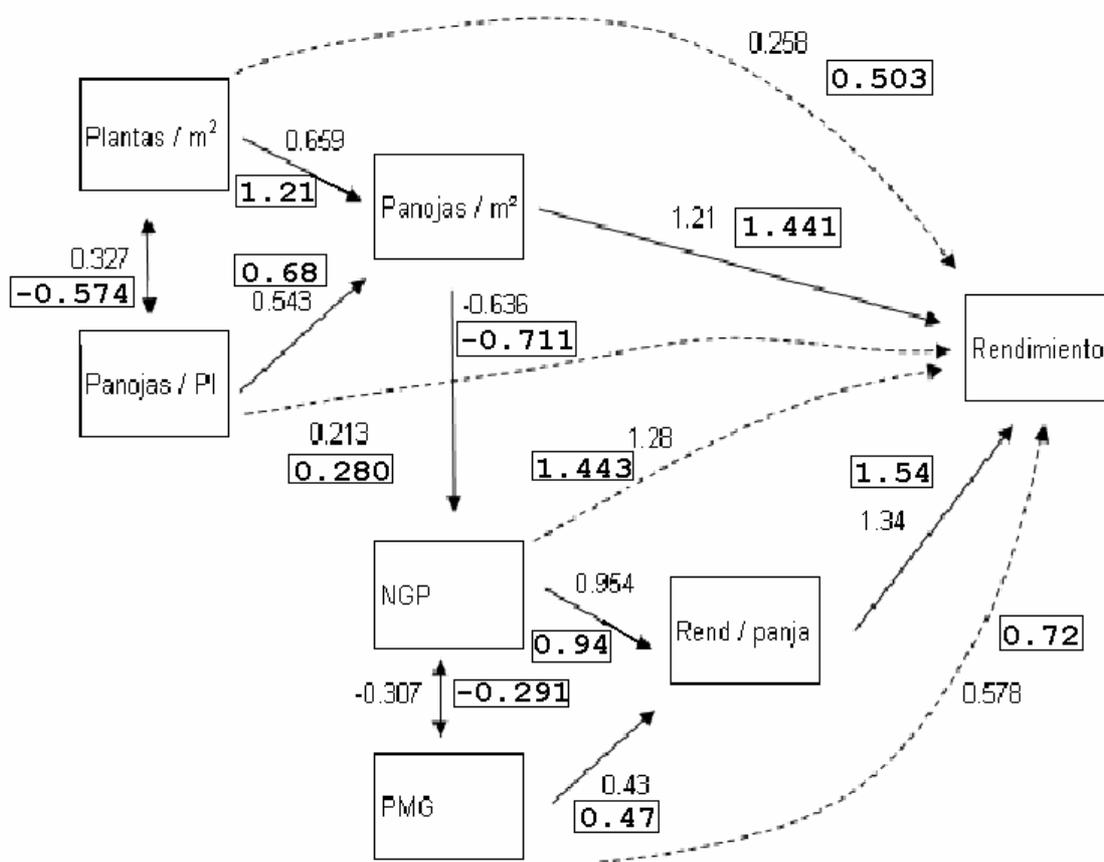
A modo de resumen, se observó que al aumentar 1 pl/m lineal, el componente PANM2 es el único que interacciona positivamente. A ésta variable se le resta la relación negativa de RENDPAN, que está dada solamente por NGP a 25cm en el MS102 y a 50cm en el MS3, ya que PMG no presentó relación significativa. Debido a la compensación que opera entre éstas variables, no se observaría una modificación del rendimiento.

IAF V6 presentó relación significativa y positiva ($p < 0,0117$) con pl/m lineal para el híbrido MS102 a 25cm entre hileras, a diferencia de 50cm entre hileras. Esto fue explicado por una menor competencia entre hileras a 50cm. Que se dé esto en una etapa fonológica anterior estuvo dado por diferencias en crecimiento entre híbridos.

4.3 COEFICIENTE DE SENDERO

Este análisis permite estudiar las relaciones directas e indirectas entre rendimiento en grano y sus componentes. Los componentes involucrados fueron número de plantas por hectárea, panojas por planta, panojas m^2 , número de granos/panoja, peso de 1000 granos, rendimiento por panoja y rendimiento ha^{-1} .

En la figura 4 se presenta el sendero de formación de rendimiento para las dos distancias entre filas evaluadas (25 y 50 cm entre hileras).



Referencias: Distancia 50 cm

Figura 4: Coeficiente de sendero de los componentes del rendimiento para dos distancias entre hileras (25 y 50 cm)

NOTA: línea sólida: efectos directos
línea punteada: efectos indirectos

Cuadro 8: Análisis de significancia de los coeficientes de sendero para dos distancias entre hileras (25 y 50cm)

Origen	Destino	Dist=25			Dif	Dist=50		
		Est	LI 95	LS 95		Est	LI95	LS 95
Pl/m ²	Panojas/m ²	0.66	0.58	0.74	si	1.22	1.13	1.31
Panojas/pl	Panojas/m ²	0.54	0.46	0.63	no	0.68	0.59	0.77
Panojas/m ²	NGP	-0.64	-1.02	-0.25	no	-0.71	-1.07	-0.35
NGP	Rend/pan	0.95	0.88	1.03	no	0.94	0.91	0.97
Pmg	Rend/pan	0.43	0.35	0.51	no	0.47	0.43	0.50
Panoja/m ²	Rend	1.21	0.78	1.64	no	1.44	1.23	1.66
Rend/pan	Rend	1.34	0.92	1.77	no	1.54	1.32	1.75
Pl/m ² <---<Pan/pl		0.33	-0.17	0.83	no	-0.57	-1.22	0.07
NGP<----<PMG		-0.31	-0.71	0.09	no	-0.29	-0.70	0.12

Cuadro 9: Resultados experimentales de las variables en estudio según distribución

Teórico		Resultados Experimentales									
Híbrido	pl/m ²	pl/m ²	Nº pan/pl	Nº de pan/m ²	Pan/m ²	Grano(grs)/pan	P1000(gr)	NGP	Nº grano/pl	Rend h cte	
Distancia 25	MS102	12	11	1,0	11,17	11,2	57,5	34,3	1679	1706	6380
	MS102	24	15,5	1,2	19	19,0	36,5	30,9	1179	1453	6908
	MS102	40	19,5	1,5	28,7	28,7	25,9	31,1	830	1204	7081
	MS3	3	11,3	1,4	16,2	16,2	48,8	26,2	1884	2603	7802
	MS3	6	14,7	1,5	23,2	23,2	32,2	24,0	1374	2006	6879
	MS3	10	16,3	1,8	28	28,0	26,8	22,4	1213	2076	7226
Distancia 50	MS102	6	5,92	1,8	10,75	10,8	62,7	35,3	1787	3269	6807
	MS102	12	10,33	1,2	12,75	12,8	62,9	32,3	1973	2407	8001
	MS102	20	12	1,6	18,75	18,8	34,7	29,3	1189	1899	6520
	MS3	3	4,58	2,3	10,41	10,4	66,9	27,4	2442	5525	6925
	MS3	6	8,1	1,4	11,67	11,7	53,1	26,6	1998	2843	6150
	MS3	10	11,42	1,7	19,75	19,8	35,6	26,2	1358	2338	7114

Todas las variables contribuyeron en forma positiva al rendimiento, en distintas proporciones.

De los componentes del rendimiento hay dos que afectan directamente y cuatro que afectan indirectamente, a través de los anteriores.

Se encontró que en la mayoría de los coeficientes no hay diferencias significativas para las distintas distribuciones.

El único componente de rendimiento en que existió diferencia significativa en los coeficientes de sendero entre las distancias entre fila fue para el efecto directo desde PLM2 a PANM2 (ver cuadro 6). Una vez definido el número de PANM2, el rendimiento en grano se construyó de la misma manera en las dos distancias y con un peso relativo similar para PANM2 y RENDPAN. (1,21 contra 1,34 para 25 cm y 1,44 contra 1,54 a 50cm para PANM2 y RENDPAN respectivamente).

El coeficiente negativo entre PANM2 y NGP implica que existió compensación entre ambos componentes y, como éste resultó ser el sub componente de mayor peso relativo en la definición del RENDPAN, manifiesta un efecto indirecto sobre el rendimiento en grano de similar magnitud a RENDPAN.

A la distancia entre filas de 25 cm el número de PANM2 fue determinado con igual peso por pl/m² y panoja/pl. Esto implica que a esta distancia, la reducción de plantas en la fila fue compensada por macollaje, por lo que no cambió el número de PANM2. En tanto, a 50cm, no sucedió lo mismo, habiendo un peso relativo mayor de pl/m² que del macollaje. Los resultados se explican por el efecto de una mejor distribución en el espacio y de un número similar de plantas por unidad de superficie.

Siguiendo con el análisis, las PANM2 determinan un coeficiente de regresión estandarizado medio y negativo contra la variable NGP (número de granos por panoja), o sea que al aumentar las PANM2 disminuye el NGP debido a la competencia generada entre plantas o entre macollos de la misma planta (coincidiendo con la bibliografía).

Se puede observar otro coeficiente de correlación entre las variables NGP y PMG (peso 1000 granos). En éste caso se observa una correlación baja y negativa; es decir, al aumentar el NGP disminuye el PMG y viceversa (esto es coincidente con la bibliografía en la cual se menciona que el PMG es poco variable). Esto se da debido a que al aumentar el NGP se incrementa la competencia entre granos en cada panoja, porque la distribución de los carbohidratos se reparte entre un mayor número de éstos, recibiendo cada grano una menor cantidad de éste alimento, pesando menos cada grano. Alcoz et al. (1988) coinciden con éste trabajo en que el NGP sea el principal responsable en determinar el peso de la panoja.

Inversamente, si cada grano lleva mucha cantidad de carbohidratos, éste se puede repartir con menor número de granos, logrando panojas con pocos de éstos pero más pesados.

El RENDPAN está determinado por el NGP y el PMG. Ambas variables tienen un coeficiente de sendero positivo, pero distinto en su magnitud (alta y media respectivamente). El NGP tiene mayor causa – efecto que el PMG en el RENDPAN. En conclusión, para aumentar ésta variable en estudio, sería mejor tener un mayor NGP, a que cada grano pese más.

Existen tres variables determinantes del rendimiento en grano:

- PANM2 y RENDPAN; en forma directa (línea entera) y con un coeficiente de sendero muy alto
- NGP; en forma indirecta (línea punteada) y con una coeficiente de sendero muy alto
- PMG; en forma indirecta y con una magnitud causa – efecto media
- Pl/m2 y panojas/pl; en forma indirecta y con una baja magnitud causa – efecto, solo a 50cm las pl/m2 tienen un efecto medio. A pesar de ésta diferencia marcada entre ambas distribuciones no hay análisis estadístico como para comprobar esto.

Dada la falta de interacción para distancia entre fila en la conformación del rendimiento (con excepción de lo ya comentado para definición de PANM2 a 25 cm), se realizó el mismo análisis para los híbridos evaluados, considerando los valores medios de ambas distancias entre hileras (Figura 5).

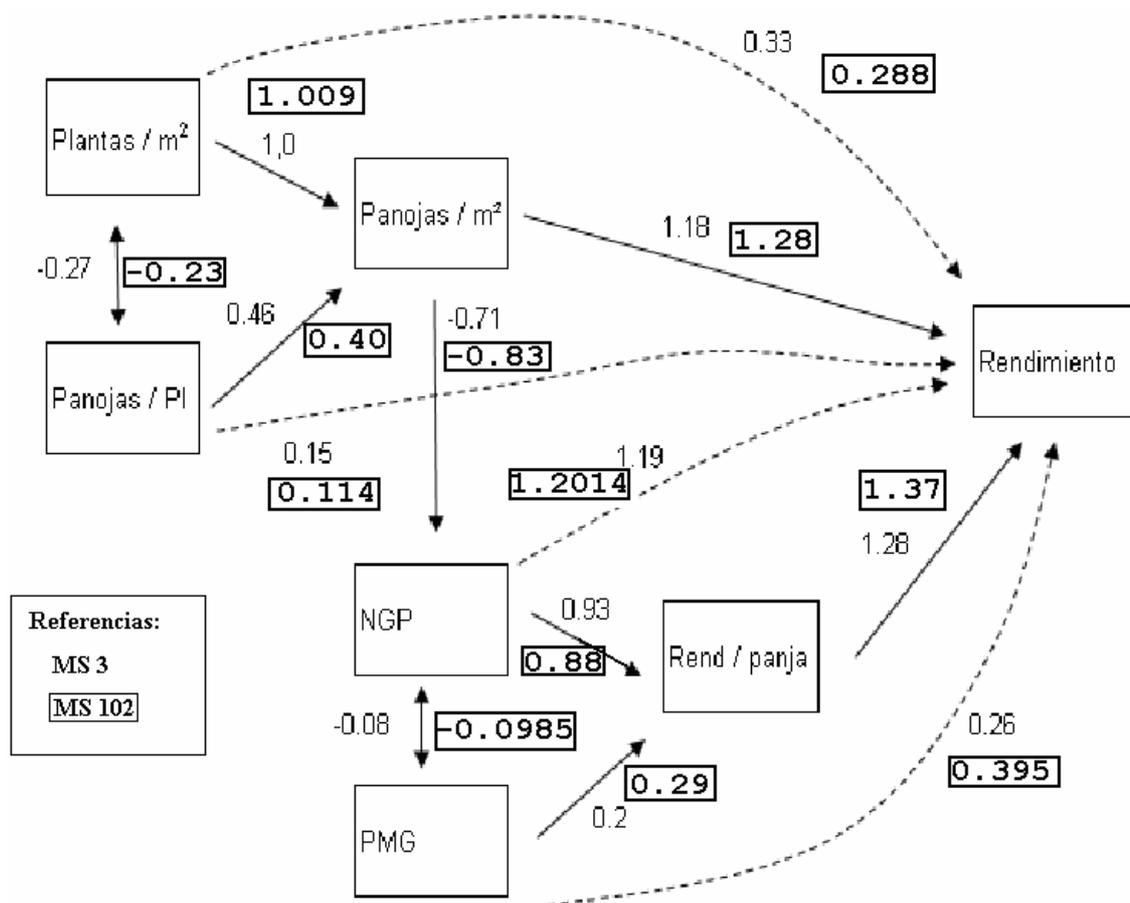


Figura 5: Coeficiente de sendero de los componentes del rendimiento para los híbridos MS3 y MS102 (promedio de dos distancias entre filas).

Cuadro 10: Análisis de significancia de los coeficientes de sendero para dos distancias entre hileras (25 y 50cm)

Origen	destino	Híbrido MS3			Dif	Híbrido MS102		
		Est	LI 95	LS 95		Est	LI 95	LS 95
Pl/m2	Pan/m2	1.00	0.90	1.10	no	1.01	0.95	1.07
Pan/pl	Pan/m2	0.46	0.36	0.56	no	0.40	0.34	0.46
Pan/m2	NGP	-0.71	-1.08	-0.34	no	-0.83	-1.14	-0.52
NGP	RENDPAN	0.93	0.88	0.97	no	0.88	0.85	0.91
PMG	RENDPAN	0.20	0.16	0.24	si	0.29	0.26	0.32
Pan/m2	Rend	1.18	0.74	1.62	no	1.28	0.49	2.07
Rend/pan	Rend	1.28	0.84	1.72	no	1.37	0.58	2.16
pl/m ² <----> pan/pl		-0.27	-0.65	0.12	no	-0.23	-0.74	0.28
NGP <----> PMG		-0.08	-0.35	0.19	no	-0.10	-0.38	0.18

Cuadro 11: Resultados experimentales de las variables en estudio según híbrido

	Teórico								
	Dist (cms)	pl/m ²	N° pan/pl	Pan/m ²	Grano(grs)/pan	P1000 (gr)	NGP	N° grano/pl	Rend h cte
Híbrido MS3	50	4,58	2,3	10,4	66,9	27,4	2442	5525	6925
	50	8,1	1,4	11,7	53,1	26,6	1998	2843	6150
	50	11,42	1,7	19,8	35,6	26,2	1358	2338	7114
	25	11,3	1,4	16,2	48,8	26,2	1884	2603	7802
	25	14,7	1,5	23,2	32,2	24	1374	2006	6879
	25	16,3	1,8	28	26,8	22,4	1213	2076	7226
Híbrido MS102	50	5,92	1,8	10,8	62,7	35,3	1787	3269	6807
	50	10,33	1,2	12,8	62,9	32,3	1973	2407	8001
	50	12	1,6	18,8	34,7	29,3	1189	1899	6520
	25	11	1	11,2	57,5	34,3	1679	1706	6380
	25	15,5	1,2	19	36,5	30,9	1179	1453	6908
	25	19,5	1,5	28,7	25,9	31,1	830	1204	7081

No hubo diferencias en la mayoría de los coeficientes comparados entre los híbridos (Cuadro 8), salvo para el sendero PMG a RENDPAN. El PMG tuvo mayor peso relativo en la definición de RENDPAN en el híbrido MS 102 que en MS3, diferencia que fue significativa ($p \leq 0,05$). Esto muestra una mayor importancia de PMG en este híbrido

El componente plantas/m² tuvo una mayor influencia sobre las PANM2 que las panojas/pl, la influencia del primero es alta y la del segundo es media, la correlación entre ambos componentes es negativa y baja, o sea que al aumentar las plantas/m² disminuye las panojas/pl sin tener gran influencia.

Tanto pl/m² y panojas/pl tienen un bajo efecto indirecto sobre el rendimiento. Esto se explica debido a que el aumento de cualquiera de los dos provoca disminuciones en el otro componente del rendimiento y además en el NGP, por lo tanto disminuye su efecto, siendo mayor el efecto de pl/m² por su mayor influencia en las PANM2.

Las PANM2 repercuten negativamente sobre uno de los factores más influyentes en el rendimiento, el NGP. Éste a su vez tiene una correlación negativa y baja con PMG pero una causa – efecto sobre el RENDPAN alta (un aumento del NGP permite un aumento considerable del RENDPAN). Sin embargo, el PMG no tiene un coeficiente de sendero tan marcado como el anterior.

El NGP tiene un alto y marcado efecto indirecto sobre el rendimiento, siendo un factor considerable en incidencia. Esto se debe a que influye mucho sobre el RENDPAN y el mismo en el rendimiento. A su vez no provoca efectos importantes

negativos lo que hace que un aumento del NGP produzca un importante aumento en el rendimiento.

El PMG tiene un bajo efecto indirecto dado que afecta poco al RENDPAN, y debido al bajo margen de variabilidad, tendrá poco efecto en el rendimiento, provocando efectos negativos de baja magnitud.

Los dos factores que tienen efectos directos y con coeficientes de sendero de alta magnitud sobre el rendimiento son; panojas/m² y rend/panja. Cualquier aumento de estas dos variables provoca también un aumento del rendimiento.

En la Figura 6 se presenta la composición del rendimiento en grano promedio para híbrido y distancia.

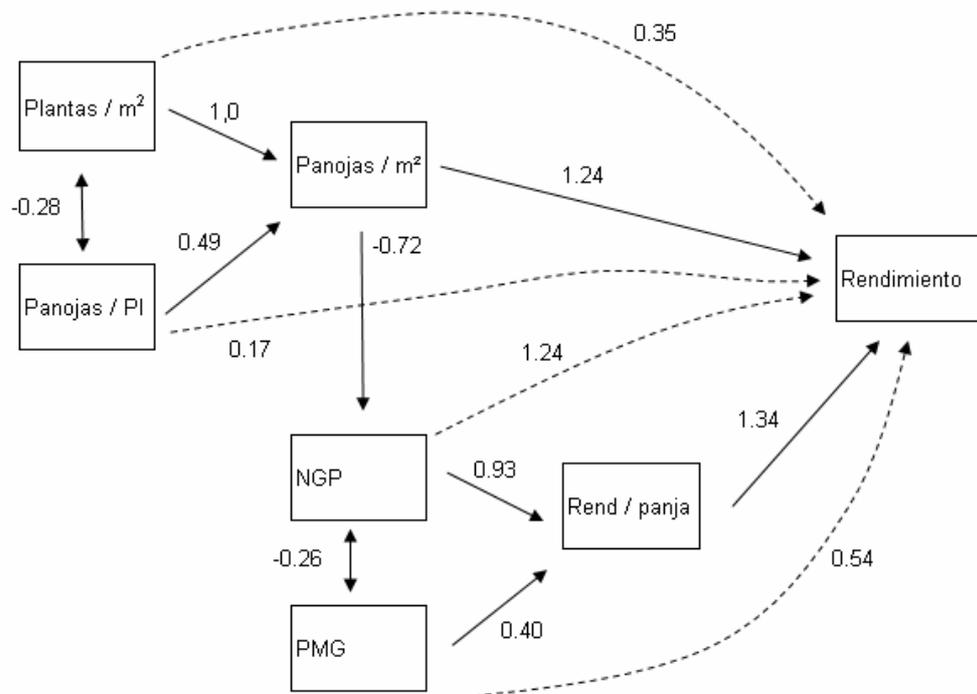


Figura 6: Coeficiente de sendero de los componentes del rendimiento usando valores promedio de híbrido y distancia entre hilera

Se puede observar resultados muy similares a los de los esquemas anteriores, sabiendo que este es un promedio de los anteriores. En algunos valores da más similar al esquema de distribución y en otros más similar al esquema de los híbridos,

pero la importancia y la magnitud de los distintos componentes se mantiene en gran medida para todos los esquemas.

La bibliografía es coincidente en marcar que en el rango de 10 a 30 PANM2 al aumentar la población, la cantidad de panojas por planta disminuye (Hume y Kebede 1981, Alcoz et al. 1988). Esta disminución en la prolificidad tiene dos causantes: en una primera etapa, la disminución del macollaje hasta su desaparición inclusive y con aumentos de población sucesivos comienzan los problemas de esterilidad. (Alcoz et al., 1988). La esterilidad de plantas es el resultado de la competencia dentro de la fila y en el presente trabajo fue prácticamente nula. En tanto, la prolificidad, fue un componente importante al definir uno de los componentes de mayor peso en la definición del rendimiento en grano como lo es PANOJAS. El efecto fue mayor al disminuir la distancia entre filas.

Los resultados obtenidos muestran que, el número de PANM2 definido como el objetivo por los antecedentes nacionales se obtuvo en ambos híbridos solo en los tratamientos sembrados a 25cm entre filas (entorno a 28 PANM2). En estos tratamientos, el número de plantas en el metro estuvo muy lejos del definido como óptimo por Carrasco (1985), Alcoz et al. (1989), de 18 a 21 plantas.m⁻¹ contra las 6 a 7 plantas.m⁻¹ realmente obtenidas en este trabajo. Por lo tanto, el macollaje fue un componente relevante en la definición del PANOJAS (mayor a 1,5 en las poblaciones más altas logradas).

La reducción del número de plantas.m⁻¹ que supuso los tratamientos de poblaciones menores, fue compensado por mayor número de panojas por plantas, lo que es esperable cuando el rango de población varía por debajo del óptimo y las condiciones hídricas y de nutrición no comprometen la fertilidad de macollos.

Como PANOJAS aumentó por aumento de plantas pero con macollaje presente, el NGP, promedio de tallo principal y macollos, se redujo y ambos componentes se compensaron. La dificultad de aumentar el rendimiento en grano generando PANOJAS a través de macollaje es planteada por Goldsworthy y Tayler (1970), ya que las panojas generadas por macollos tienen un menor NGP. No fue determinado el RENDPAN en función de su origen, pero podría plantearse como una posible explicación para la falta de respuesta a la población a distancia entre filas constante.

Resultados similares a estos se asocian a ambientes con alto aporte de agua y nutrientes (nitrógeno) durante el período crítico para definición de la fertilidad de macollos y NGP. Carrasco (1985) muestra la alta dependencia de la población en años con severo déficit hídrico y la relativamente baja respuesta en años y ambientes con buen aporte de agua. Esta dependencia de la población la explica por el efecto negativo del déficit hídrico sobre la fertilidad de macollos y plantas (esterilidad) y reducción del NGP. Como no es posible prever las condiciones hídricas del año, recomienda 30 plantas. m⁻² como objetivo a lograr, de manera de no depender del macollaje y su fertilidad para obtener 250 PANM2.

5. CONCLUSIONES

No hubo respuesta significativa en rendimiento al incremento del número de plantas.m-1, a la distancia entre filas ni a la interacción con los híbridos evaluados, lo que contrasta con la mayoría de los antecedentes nacionales.

Los componentes con mayor influencia en la definición del rendimiento en grano fueron número de granos por panoja, rendimiento por panoja, panojas por m2, plantas por m2.

El número de granos por panoja y plantas por m2 lo afectaron indirectamente, a través de la definición de rendimiento por panoja y panoja por m2 respectivamente.

La generación del rendimiento se realizó de la misma forma en los dos híbridos y distancias evaluadas.

Uno de los componentes más relevantes en determinar el rendimiento indirectamente a través del rendimiento por panoja, fue el número de granos por panoja, el que disminuyó significativamente con el aumento de la población (plantas por m2) en ambos híbridos (2442 a 1213 MS3 y 1787 a 830 MS102) y distancias, por lo que fue determinante de la compensación entre los componentes panojas y rendimiento por panojas.

Las panojas por m2 aumentaron significativamente con la población. Al disminuir la distancia entre hilera (50 a 25cm) aumentan las panojas por m2 (13,9 a 23,4) solo para el híbrido MS3. Existieron diferencias significativas entre híbridos en cuestión. Éste componente se vio muy influenciado por las plantas por m2 el cual fue un factor manipulado en el experimento ya que se probaron distintas poblaciones.

Los resultados coinciden con los obtenidos como respuesta a la población de sorgo en ambientes con agua y nutrientes no limitantes. En estos ambientes, los resultados obtenidos muestran el mayor beneficio sembrando las mínimas densidades, por un ahorro de semilla e iguales rendimientos.

6. RESUMEN

El experimento fue realizado en el verano 2005-2006 en la Estación Experimental “Dr Mario Antonio Cassinoni” situada en el departamento de Paysandú. Se evaluaron dos híbridos (MS3 y MS102) a dos distancias entre hileras (50 y 25 cm) y diferente número de plantas en la hilera (3, 6 y 10 plantas.m⁻¹ logradas), sembrados sin laboreo sobre un verdeo de avena pastoreado. Se determinó IAF en V6, embuche y al momento de la cosecha, panojas/planta, panojas.m⁻² número de granos por panoja, peso de 1000 granos y rendimiento en grano. No hubo respuesta significativa en rendimiento a los tratamientos. La falta de respuesta fue explicada por la compensación entre componentes panojas.m⁻² y número de granos/panoja, compensación que ocurrió de manera similar en ambos híbridos y distancias evaluadas. La respuesta determinada se asocia a buena disponibilidad hídrica y nutrición.

Palabras clave: población; híbrido; distancia; sorgo granífero

7. SUMMARY

The experiment was realized in the summer 2005-2006 in the Experimental Station "Dr Mario Antonio Cassinoni" placed in Paysandú, Uruguay.

There were evaluated two hybrids (MS3 and MS102) by two row distances (50 and 25 cm) and different plants the row (3, 6 and 10 plantas.m-1 achieved). The experiment was seedling in No-till systems after a grazing oat crop.

Because there was compensation between yield components there were not significant response in yield to the treatments.

Number of cobs and number of grains for cob were the principal yield components in both hybrids and population management.

Key words: population; hybrid; distance; grained sorghum

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALCOZ, M.M.; SHABILCO, D.B.; SOBRAL, L.M. 1988. Factores de manejo que afectan la productividad potencial del sorgo granífero en Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 92 p.
2. ALDHUY, A.; LANGLET, A. 1971. Observations sur les composantes du rendement en grain du sorgho. C.R. Académie Agricola. 70: 1606-1615.
3. ATKINS, R.E.; REICH, V.H.; KERN, J.J. 1968. Performance of short stature grain sorghum hybrids and different row and plant spacings. Agronomy Journal. 60: 515-516.
4. BLUM, A. 1967. Effect of soil fertility and plant competition on grain sorghum panicle morphology and panicle weight components. Agronomy Journal. 59: 400-403.
5. _____ . 1970. Effect of plant density and growth duration on grain sorghum yield under limited water supply. Agronomy Journal. 62: 333-336.
6. BOND, J.J.; ARMY, T.J.; LEHMAN, O.R. 1964. Row spacings, plant population and moisture supply as factors in dryland grain sorghum production. Agronomy Journal. 56: 3-7.
7. DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plant. Advise of Agronomy. 12: 4-118.
8. ESCALADA, R.G.; PLUCKNETT, O.L. 1975. Ratoon cropping of sorghum. Effect of daylength and temperature on tillering and plant development. Agronomy Journal. 67 (4): 473-478.
9. _____ . _____ . 1977. Ratoon cropping of sorghum 3-Effect of nitrogen and cutting height on ratoon performance. Agronomy Journal. 69(3): 341-346.
10. FISCHER, K.S.; WILSON, G.L. 1975. Studies of grain production in sorghum bicolor (L) Moench effect of planting density on growth and yield. Australian Journal of Agricultural Research. 26: 31-41.
11. GHISELLINI, N.; HOLTZ, I. 1985 Alternativas de manejo en sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 109 p.
12. GOLDSWORTHY, P.R.; TAYLER, R.S. 1970. The effect of plant spacing on grain yields of tall and short sorghum in Nigeria. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 74: 1-10.

13. GRIMES, D.W.; MUSICK, J.T. 1960. Effect of plant spacing, fertility and irrigation management on grain sorghum production. *Agronomy Journal*. 52: 647-650.
14. HUME, D.J.; KEBEDE, Y. 1981. Responses to planting date and population density by early-maturing sorghum hybrids in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*. 61: 265-273.
15. KARCHI, Z.; RUDICH, Y. 1966. Effects of row width and seedling spacing on yield and its components in grain sorghum grown under dryland conditions. *Agronomy Journal*. 58: 602-605.
16. MYERS, R.J.K. 1978. Nitrogen and phosphorus nutrition in dryland grain sorghum at Katherine, Northern Territory; effect of rate of nitrogen fertilizer. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 18: 554-572.
17. _____; FOALE, M.A. 1980. Row spacing and population density in Australian grain sorghum productions. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*. 46(4): 214-220.
18. _____; _____. 1981. Row spacing and population density in grain sorghum, a simple analysis. *Field Crops Research*. 4(2): 147-154.
19. NEWTON, N.L.; BLACKMAN, G.E. 1970. The penetration of solar radiation through leaf canopies of different structure. *Annals of Botany (London)*. 34: 329-347.
20. PANZANI, C.R.; SADER, R.; SOUZA, E.A. 1976. Efeitos da adubação nitrogenada na produção de grãos e um outras características morfológicas do *Sorghum bicolor* (L) Moench. (Sorgo). *Científica*. 4(1): 18-23.
21. PHILLIPS, L.J.; NORMAN, M.J.T. 1962. The influence of intrarow spacing and interrow cultivation on the yield of grain sorghum at Katherine, Northern Territory. *Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 27: 204-208.
22. PLAUT, Z.; BLUM, A.; ARNON, I. 1960. Effect of soil moisture regime and row spacing on grain sorghum production. *Agronomy Journal*. 61: 344-434.

23. PORTER, K.B.; JENSEN, M.E.; SLETTEN, W.H. 1960. The effect of row spacing, fertilizer and planting rate on the yield and water use of irrigated grain sorghum. *Agronomy Journal*. 52(8): 431-434.
24. ROBINSON, R.G. 1964. Row spacing and plant population for grain sorghum in the Humid North. *Agronomy Journal*. 56: 189-191.
25. SANCHAEZ, H. 2005. Datos básicos de Sorgo. (en línea). México, SAGARPA. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consultado 2 nov. 2006. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/integra/Agricola/DatsBas/DBsorgo>
26. SILVEIRA, O. 1980. Acumulacao de materia seca e produçao de grãos em sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em função da adubação nitrogenada. *Revista Ceres*. 27(152): 403-412.
27. SIRI, G. 2004. Sorgo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 96 p
28. STICKLER, F.C.; LAUDE, H.H. 1960. Effect of row spacing and plant population on performance of corn, grain sorghum and forage sorghum. *Agronomy Journal*. 52: 275-277.
29. _____.; PAULI, A.W. 1961a. Leaf removal in grain sorghum. I-Effect of certain defoliation treatment on yield and components of yield. *Agronomy Journal*. 53: 99-102.
30. _____. 1961b. Row width and plant population studies with grain sorghum at Manhattan, Kansas. *Crop Science*. 1: 297-300.
31. _____.; ANDERSON, P. 1964. Comparative response to herbicides of grain sorghum grown at different row spacing. *Crop Science*. 4: 497-500.
32. _____.; WEARDEN, S. 1965. Yield and yield components of grain sorghum as affected by row width and stand density. *Agronomy Journal*. 57: 564-567.
33. _____.; YOUNIS, M.A. 1966. Plant height as a factor affecting responses of sorghum to row width and stand density. *Agronomy Journal*. 58(4): 371-373
34. TOMEU, A.; MEIR, T. 1969. Comparación en rendimiento de 6 híbridos y una variedad local de sorgo de grano sembrado a dos distancias entre surcos. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 3: 251-256.

9. APÉNDICES

ANAVA GENERAL

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values	Dist	2	25 50
Hibrido	2	a b			
trat	6	1 2 3 4 5 6			
rep	3	1 2 3			
promplm2	12	4.6 6 8.1 10.3 11 11.3 11.4 12 14.6 15.5 16.3 19.5			
Number of observations		35			

APENDICE 1

PANOJAS/ PLANTAS

Dependent Variable: panojaspl

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	3.58076190	0.32552381	5.04	0.0005
Error	23	1.48666667	0.06463768		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	panojaspl Mean
0.706623	16.41767	0.254239	1.548571

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	0.77760000	0.77760000	12.03	0.0021
trat	5	2.68459770	0.53691954	8.31	0.0001
Hibrido*trat	5	0.06114943	0.01222989	0.19	0.9637

APENDICE 2

PANOJAS / M²

Dependent Variable: panojasm2

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1408.867857	128.078896	6.41	<.0001
Error	23	459.500000	19.978261		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	panojasm2 Mean
0.754063	25.56204	4.469705	17.48571

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	15.681667	15.681667	0.78	0.3848
trat	5	1339.074713	267.814943	13.41	<.0001
Hibrido*trat	5	51.262931	10.252586	0.51	0.7635

APENDICE 3

PANOJAS/HA

Dependent Variable: Panojasha

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	140886785714	12807889610	6.41	<.0001
Error	23	45950000000	1997826087		
Corrected Total	34	186836785714			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Panojasha
0.754063	25.56204	44697.05	174857.1

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	1568166666.7	1568166666.7	0.78	0.3848
trat	5	133907471264	26781494253	13.41	<.0001
Hibrido*trat	5	5126293103.4	1025258620.7	0.51	0.7635

APENDICE 4

PESO PANOJA

Dependent Variable: pesopan

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	21057.70838	1914.33713	11.71	<.0001
Error	23	3758.49333	163.41275		
Corrected Total	34	24816.20171			

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	83.03040	83.03040	0.51	0.4831
trat	5	20358.14885	4071.62977	24.92	<.0001
Hibrido*trat	5	675.23207	135.04641	0.83	0.5439

APENDICE 5

RENDIMIENTO/PANOJA

Dependent Variable: rendpan

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	7307.436381	664.312398	6.96	<.0001
Error	23	2196.333333	95.492754		
Corrected Total	34	9503.769714			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	rendpan Mean
0.768899	21.42857	9.772039	45.60286

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	67.737600	67.737600	0.71	0.4083
trat	5	6982.046322	1396.409264	14.62	<.0001
Hibrido*trat	5	237.917586	47.583517	0.50	0.7743

APENDICE 6

PMG

Dependent Variable: PMG

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	535.3580476	48.6689134	14.65	<.0001
Error	23	76.4316667	3.3231159		
Corrected Total	34	611.7897143			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PMG Mean
0.875069	6.325893	1.822942	28.81714

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	392.04166	392.04166	117.97	<.0001
trat	5	92.86833	18.57366	5.59	0.0016
Hibrido*trat	5	28.53362	5.706724	1.72	0.1707

APENDICE 7

NGP

Dependent Variable: NGP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	6802900.	618445.54	3.31	0.0074
Error	23	4293901.	186691.38		
Corrected Total	34	11096802			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NGP Mean
0.613051	27.23442	432.0780	1586.514

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	640136.	640136	3.43	0.0769
trat	5	5815273	1163054	6.23	0.0009
Hibrido	5	358332	71666	0.38	0.8546
*trat					

APENDICE 8

NUMERO DE PANOJAS POR PLANTAS

Dependent Variable: NPPI

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	41887714	3807974.02	8.83	<.0001
Error	23	9920400	431321.74		
Corrected Total	34	51808114			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NPPI Mean
0.808516	26.69967	656.7509	2459.771

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	7136450	7136450.16	16.55	0.0005
trat	5	31046734	6209346.90	14.40	<.0001
Hibrido*trat	5	3512718	702543.74	1.63	0.192

APENDICE 9

APENDICE 9

RENDIMIENTO

Dependent Variable: rend

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	9132031	830184.7	0.18	0.9977
Error	23	108786556	4729850.3		
Corrected Total	34	117918587			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	rend Mean
0.077444	31.08639	2174.822	6996.057

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Hibrido	1	38528	38528	0.01	0.9289
trat	5	557405	111481	0.02	0.9997
Hibrido*trat	5	8634383	1726876	0.37	0.8671

ANAVA 50 VS 25

APENDICE 10

MS3 PANPL

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	0.32	0.32	2.13	0.1635

APENDICE 11

PANM2

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	325.125	325.125	7.8	0.013

APENDICE 12

RENDPAN

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	5033.39	5033.39	8.83	0.009

APENDICE 13

PMG

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	28.63	28.63	10.06	0.0059

APENDICE 14

NGP

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	880022.2	880022.2	2.27	0.1515

APENDICE 15

REND

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	1476907.56	1476907.56	0.24	0.6329

APENDICE 16

MS102

PANPL

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	0.39	0.39	5.38	0.034

APENDICE 17

PANM2

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	158.16	158.16	3.99	0.085

APENDICE 18

RENDPAN

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	2873.46	2873.46	5.56	0.032

APENDICE 19

PMG

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	1.28	1.28	0.16	0.69

APENDICE 20

NGP

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	966347.76	966347.76	5.88	0.028

APENDICE 21

REND

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Distancia	1	655617	655617	0.61	0.44

APENDICE 22

CORRELACION

MS3 25

PANM2

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	5.15	7.73	-0.67	0.526
plr	7.82	2.14	3.65	0.008

APENDICE 23

RENDPAN

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	108.17	27.15	3.98	0.0053
plr	-14.34	7.52	-1.91	0.098

APENDICE 24

PMG

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	28.23	3.48	8.11	<0,0001
plr	-1.14	0.96	-1.19	0.27

APENDICE 25

NGP

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	2933.64	1001.46	2.93	0.022
plr	-409.09	277.38	-1.47	0.18

APENDICE 26

REND

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	7139.7	5290.38	1.35	0.219
plr	46.19	1465.33	0.03	0.975

APENDICE 27

MS102 25

PANM2

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	5.15	7.73	-0.67	0.526
plr	7.82	2.14	3.65	0.008

APENDICE 28

RENDPAN

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	108.17	27.15	3.98	0.0053
plr	-14.34	7.52	-1.91	0.098

APENDICE 29

PMG

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	28.23	3.48	8.11	<0,0001
plr	-1.14	0.96	-1.19	0.27

APENDICE 30

NGP

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	2933.64	1001.46	2.93	0.022
plr	-409.09	277.38	-1.47	0.18

APENDICE 31

REND

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	7139.7	5290.38	1.35	0.219
plr	46.19	1465.33	0.03	0.975

APENDICE 32

MS3 50

PANM2

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	2.99	2.21	1.35	0.218
plr	2.72	0.51	5.26	0.001

APENDICE 33

RENDPAN

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	149.45	16.84	8.87	0.0001
plr	-14.56	3.95	-3.68	0.0078

APENDICE 34

PMG

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	27.93	0.56	49.23	0.0001
plr	-0.3	0.13	-2.27	0.05

APENDICE 35

NGP

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	3025.54	392.98	7.7	0.001
plr	-272.27	92.22	-2.95	0.021

APENDICE 36

REND

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	5717.34	1623.31	3.52	0.009
plr	252.23	380.95	0.66	0.529

APENDICE 37

MS102 50

PANM2

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	2.99	2.21	1.35	0.218
plr	2.72	0.51	5.26	0.001

APENDICE 38

RENDPAN

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	149.45	16.84	8.87	0.0001
plr	-14.56	3.95	-3.68	0.0078

APENDICE 39

PMG

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	27.93	0.56	49.23	0.0001
plr	-0.3	0.13	-2.27	0.05

APENDICE 40

NGP

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	3025.54	392.98	7.7	0.001
plr	-272.27	92.22	-2.95	0.021

APENDICE 41

REND

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	5717.34	1623.31	3.52	0.009
plr	252.23	380.95	0.66	0.529

APENDICE 42

MS3 25

IAFi

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	2.42	0.9	2.67	0.031
plr	-0.07	0.25	-0.29	0.78

APENDICE 43

IAFV6

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	3.01	1.25	2.4	0.047
plr	0.14	0.34	0.43	0.683

APENDICE 44

IAFemb

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	0.08	0.85	0.1	0.92
plr	0.57	0.23	2.42	0.046

APENDICE 45

IC

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	40.08	7.91	5.06	0.001
plr	0.21	2.19	0.1	0.925

APENDICE 46

MSHA

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	12187	7310	1.67	0.139
plr	548	2024	0.27	0.794

APENDICE 47

PESOTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	30.17	20.65	1.46	0.187
plr	5.22	5.72	0.91	0.392

APENDICE 48

MSTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	8424	4156	2.03	0.0823
plr	65.49	1151	0.06	0.956

APENDICE 49

MS102 25

IAFi

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	2.34	0.84	2.78	0.027
plr	-0.04	0.21	-0.19	0.85

APENDICE 50

IAF V6

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	0.27	1.07	0.25	0.807
plr	0.9	0.26	3.38	0.011

APENDICE 51

IAFemb

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	1.1	0.79	1.38	0.208
plr	0.11	0.2	0.56	0.592

APENDICE 52

IC

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	39.32	7.77	5.06	0.001
plr	0.53	1.95	0.27	0.793

APENDICE 53

MSHA

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr>I t
Intercept	13531	4119	3.28	0.013
plr	322	1034	0.31	0.764

APENDICE 54

PESOTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr>I t
Intercept	65.09	15.4	4.22	0.003
plr	-4.21	3.86	-1.09	0.312

APENDICE 55

MSTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr>I t
Intercept	8050	3487	2.31	0.054
plr	183	875	0.21	0.84

APENDICE 56

MS3 50

IAFi

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr>I t
Intercept	0.91	0.6	1.5	0.177
plr	0.29	0.14	2.04	0.08

APENDICE 57

IAF V6

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr>I t
Intercept	3.11	0.85	3.66	0.008
plr	0.21	0.19	1.09	0.312

APENDICE 58

IAF emb

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	1.24	0.75	1.63	0.146
plr	0.12	0.17	0.71	0.499

APENDICE 59

IC

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	41.45	5.64	7.35	0.002
plr	0.6	1.32	0.46	0.659

APENDICE 60

MSHA

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	11968	3725	3.21	0.014
plr	834	874	0.95	0.371

APENDICE 61

PESOTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	49.2	12.67	3.88	0.006
plr	0.5	2.97	0.17	0.87

APENDICE 62

MSTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	6983	2193	3.18	0.015
plr	396	514	0.77	0.466

APENDICE 63

MS102 50

IAFi

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> t
Intercept	2.11	1.2	1.75	0.13
plr	0.05	0.5	0.11	0.912

APENDICE 64

IAFV6

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	2.5	1.02	2.43	0.051
plr	0.26	0.43	0.62	0.557

APENDICE 65

IAFemb

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	2.8	1.78	1.57	0.167
plr	-0.12	0.75	-0.17	0.873

APENDICE 66

MSHA

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	10278	2162	4.75	0.003
Plr	1703	910	1.87	0.11

APENDICE 67

PESOTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	56.06	13.43	4.17	0.005
plr	-0.53	5.66	-0.09	0.927

APENDICE 68

MSTALLO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Pr> I t
Intercept	4663	1556	3	0.024
plr	1478	655	2.26	0.064