

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA A LA POBLACIÓN DE SORGO  
GRANÍFERO DE SEGUNDA EN LA ZONA  
CENTRO-OESTE

por

Juan Manuel GARCÍA ANANÍA  
José Manuel NARBAIZ PARENTELLI  
Ignacio RUBIO BERRIOLO

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2008

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. Oswaldo Ernst

---

Ing. Agr. Guillermo Siri-Prieto

---

Ing. Agr. Juan Diego Cano

Fecha:

Autores:

---

Juan Manuel GARCÍA ANANÍA

---

José Manuel NARBAIZ PARENTELLI

---

Ignacio RUBIO BERRIOLO

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer:

- Al Director de Tesis Ing. Agr. Oswaldo Ernst, por su permanente orientación en el desarrollo de la misma y en la colaboración en el análisis estadístico.
- A los Ings. Agrs. Guillermo Siri y Juan Diego Cano, por el apoyo brindado.
- Al Departamento de Documentación y Biblioteca y en especial a la Lic. Sully Toledo, por la corrección del documento.
- A todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.
- A nuestras familias y amigos.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....                                                                      | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....                                                                           | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....                                                          | VII    |
| <br>1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....                                                               | <br>1  |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....                                                         | 2      |
| 2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....                                                                 | 2      |
| 2.2. <u>CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO</u> .....                                                  | 2      |
| 2.2.1. <u>Ubicación taxonómica y características vegetativas</u> .....                         | 2      |
| 2.2.2. <u>Consumo de agua</u> .....                                                            | 3      |
| 2.3. <u>APTITUD CLIMÁTICA DEL URUGUAY</u> .....                                                | 4      |
| 2.3.1. <u>Temperatura</u> .....                                                                | 4      |
| 2.3.2. <u>Radiación</u> .....                                                                  | 5      |
| 2.3.3. <u>Agua</u> .....                                                                       | 5      |
| 2.4. <u>IMPLANTACIÓN Y POBLACIÓN</u> .....                                                     | 6      |
| 2.4.1. <u>Implantación</u> .....                                                               | 6      |
| 2.4.2. <u>Población</u> .....                                                                  | 6      |
| 2.4.2.1. Componentes del rendimiento (población).....                                          | 9      |
| 2.5. <u>HÍBRIDOS</u> .....                                                                     | 12     |
| 2.5.1. <u>Componentes del rendimiento (híbridos)</u> .....                                     | 13     |
| 2.6. <u>FACTORES QUE INCIDEN EN LA POBLACIÓN ÓPTIMA</u> .....                                  | 14     |
| 2.6.1. <u>Disponibilidad de agua</u> .....                                                     | 14     |
| 2.6.2. <u>Macollaje</u> .....                                                                  | 17     |
| 2.7. <u>CULTIVO DE SEGUNDA EN SIEMBRA DIRECTA</u> .....                                        | 18     |
| 2.7.1. <u>Almacenaje de agua en el suelo y reducción de las pérdidas por evaporación</u> ..... | 18     |
| 2.7.2. <u>Efecto sobre la temperatura del suelo</u> .....                                      | 19     |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....                               | 20 |
| 3.1. TRATAMIENTOS.....                                             | 20 |
| 3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....                                     | 22 |
| 3.3. DETERMINACIONES.....                                          | 22 |
| 3.3.1. <u>Parámetros de desarrollo</u> .....                       | 22 |
| 3.3.2. <u>Rendimiento y componentes</u> .....                      | 23 |
| 3.3.3. <u>Materia seca</u> .....                                   | 23 |
| 3.3.4. <u>Agua en suelo</u> .....                                  | 24 |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....                             | 25 |
| 4.1. CONDICIONES GENERALES DEL AÑO Y DEL CULTIVO.....              | 25 |
| 4.2. RESPUESTA A LA POBLACIÓN.....                                 | 27 |
| 4.2.1. <u>Rendimiento en grano</u> .....                           | 29 |
| 4.2.2. <u>Componentes de rendimiento</u> .....                     | 31 |
| 4.2.3. <u>Producción y distribución de Materia Seca (MS)</u> ..... | 33 |
| 4.2.4. <u>Parámetros de desarrollo</u> .....                       | 38 |
| 4.2.4.1. Parámetros foliares.....                                  | 38 |
| 4.3. RESPUESTA AL HÍBRIDO.....                                     | 41 |
| 4.3.1. <u>Rendimiento en grano</u> .....                           | 41 |
| 4.3.2. <u>Componentes del rendimiento</u> .....                    | 42 |
| 4.3.3. <u>Producción y distribución de materia seca</u> .....      | 43 |
| 4.3.4. <u>Parámetros de desarrollo</u> .....                       | 44 |
| 4.3.4.1. Parámetros foliares.....                                  | 45 |
| 4.4. RESPUESTA AL AGUA DISPONIBLE EN EL SUELO.....                 | 46 |
| 4.4.1. <u>Evolución del agua disponible (AD) en el suelo</u> ..... | 46 |
| 4.4.2. <u>Consumo de agua</u> .....                                | 49 |
| 5. <u>CONCLUSIONES</u> .....                                       | 52 |
| 6. <u>RESUMEN</u> .....                                            | 54 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 7. <u>SUMMARY</u> .....      | 55 |
| 8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> ..... | 56 |
| 9. <u>APÉNDICES</u> .....    | 60 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.                                                                                                                                             | Página |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Características vegetativas.....                                                                                                                    | 2      |
| 2. Reducción de rendimiento para diferentes condiciones<br>hídricas.....                                                                               | 4      |
| 3. Ensayos nacionales sobre población.....                                                                                                             | 8      |
| 4. Descripción de los tratamientos.....                                                                                                                | 20     |
| 5. Principales características de los híbridos MS 102 y MS 109,<br>evaluados en Estanzuela durante la zafra 2006/2007, para<br>siembra de segunda..... | 21     |
| 6. Diferencias en los híbridos evaluados en relación a algunos<br>componentes del rendimiento.....                                                     | 43     |
| 7. Producción de MS total, grano y proporción de grano de los<br>híbridos MS 102 y MS 109.....                                                         | 44     |
| 8. Altura de planta y exersión de la panoja, para los híbridos<br>MS 102 y MS 109.....                                                                 | 45     |
|                                                                                                                                                        |        |
| Figura No.                                                                                                                                             |        |
| 1. Relación entre las distintas etapas de crecimiento del cultivo<br>de sorgo y el consumo diario de agua (Keese, citado por<br>Carrasco 1989).....    | 3      |
| 2. Precipitaciones serie histórica (1931 a 1996) y zafra 07/08<br>para la localidad de Mercedes (Estación Meteorológica de<br>Mercedes).....           | 25     |
| 3. Temperaturas máxima y mínima para la serie histórica (1931 a<br>1996) y zafra 07/08 localidad de Mercedes.....                                      | 26     |

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. Evolución del número de tallos, panojas e implantación en los diferentes niveles de población, para los híbridos MS 102 (izq.) y MS 109 (der.)..... | 28 |
| 5. Evolución del no. de panojas por planta en respuesta al aumento de población.....                                                                   | 29 |
| 6. Rendimiento (kg grano/há) en respuesta al aumento de población, para los híbridos MS 102 y MS 109.....                                              | 30 |
| 7. Panojas/m <sup>2</sup> y rendimiento por panoja en respuesta a la población, para los híbridos MS 102 y MS 109.....                                 | 31 |
| 8. Número de granos por panoja y peso de mil granos en respuesta a la población, para los híbridos MS 102 y MS 109.....                                | 32 |
| 9. Producción de biomasa a la cosecha (kgMS/há) de ambos híbridos en respuesta al incremento del número de plantas/m <sup>2</sup> .....                | 33 |
| 10. Producción de MS/planta a la cosecha de ambos híbridos en respuesta al incremento del número de plantas/m <sup>2</sup> .....                       | 34 |
| 11. Índice de cosecha de ambos híbridos en respuesta al incremento del número de plantas/m <sup>2</sup> .....                                          | 35 |
| 12. Evolución de MS por planta (gramos/pl), para ambos híbridos, al incrementarse la población (pl/m <sup>2</sup> ).....                               | 36 |
| 13. Evolución de la MS/pl para (arriba) y de la MS/há (abajo) para ambos híbridos al aumentar la población.....                                        | 37 |
| 14. Altura de planta (izq.) y excursión de panoja (der.) en función de la población para los híbridos MS 102 y MS 109.....                             | 38 |
| 15. Evolución del AF (cm <sup>2</sup> /pl) para ambos híbridos, al incrementarse la población (pl/m <sup>2</sup> ).....                                | 39 |
| 16. Evolución del IAF para ambos híbridos, al incrementarse la población (pl/m <sup>2</sup> ).....                                                     | 40 |
| 17. Rendimiento en grano (kg/há) para los dos híbridos evaluados en su comportamiento promedio.....                                                    | 42 |



|                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 18. Evolución del agua disponible en el suelo (mm / 60 cm) para el híbrido MS 102 (izq.) y MS 109 (der.), para tres niveles de población (pl/m <sup>2</sup> ).....                                | 46 |
| 19. Evolución del agua disponible por profundidad (mm/0-20 cm, mm/20-40 cm, mm/40-60 cm) para los híbridos MS 102 (izq.) y MS 109 (der.), al incrementarse la población (pl/m <sup>2</sup> )..... | 48 |
| 20. Consumo de agua diario según períodos para los híbridos MS 102 (izq.) y MS 109 (der.), al incrementarse la población (pl/m <sup>2</sup> ).....                                                | 50 |

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cultivo de sorgo granífero tiene una proyección muy importante. Se utilizaba con dos destinos principales, producción animal a través del consumo directo del grano o elaboración de raciones, y el consumo humano directo, pero en los últimos años se ha generado una demanda muy importante por éste grano para la producción de biocombustibles.

Se producen unas 70 millones de toneladas de grano, que se encuentran relativizadas por la inclusión de especies afines como Mijo (Siri, 2004). A seguido una tendencia a aumentar su superficie, siendo EUA y Nigeria los principales productores de grano de sorgo con un 34% (Sánchez, citado por Algorta y Carcabelos , 2007).

Por su rusticidad, el cultivo de sorgo 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. La principal limitante para alcanzar el 100 % del potencial de rendimiento en el país es el déficit hídrico en el momento de mayor requerimiento del cultivo.

Por otra parte en Uruguay ha existido a lo largo de los años una tendencia a la baja en el área de producción de sorgo, llegando a un máximo a mediados de los setenta. Sin embargo el área de cultivos de verano en los últimos años ha aumentado debido principalmente al cultivo de soja, desplazando a los demás cultivos de verano.

En el mercado interno los principales destinos de la producción de sorgo son: para la elaboración de la producción avícola principalmente, y de manera secundaria para el consumo directo de animales. Es un producto que no se exporta directamente. En la actualidad hay una presión por la demanda de éste grano con destino a la producción de etanol.

El los últimos años el sorgo se siembra en su mayoría como cultivo de segunda, en siembra directa, y no existe información para los híbridos disponibles.

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar la respuesta a la población de dos cultivares de sorgo granífero sembrado sin laboreo sobre rastrojo de cebada.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

El sorgo es relativamente nuevo en el país como cultivo granífero, presentando buen potencial de desarrollo en nuestras condiciones dada su rusticidad y potencial de rendimiento en seco, 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, citado por Algorta y Carcabelos, 2007).

### 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

#### 2.2.1. Ubicación taxonómica y características vegetativas

Botánicamente el sorgo se ubica en la familia GRAMINEA, subfamilia PANICOIDEAE, tribu ANDROPOGONEAE y género SORGHUM, y su nombre científico es *Sorghum bicolor*.

Cuadro No.1: Características vegetativas

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Macollaje | Es muy variable y está afectado por factores genéticos o ambientales (población, humedad, fertilidad, fotoperíodo, etc.).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Altura    | Es función directa del número de nudos y éste es función del tiempo de crecimiento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Hoja      | 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.<br>El comportamiento estomático del sorgo es responsable de su rusticidad con respecto al déficit hídrico, ya que aun bajo condiciones de severo estrés, los estomas permanecen abiertos aunque sea levemente durante el día. También células motoras arrollan la hoja en condiciones de estrés hídrico. |
| Raíces    | Sistema radicular muy eficiente, debido a que provee el doble de raíces con relación al tamaño de la parte aérea y mayor concentración osmótica en sus raíces, corona y tallos con respecto a maíz. A su vez, su sistema radicular presenta alto grado de ramificación (Carrasco, 1989).                                                                                                                                                                                                                   |

Fuente: elaborado en base a Siri (2004).

Las características descriptas le permiten tolerar deficiencias hídricas de hasta 200 mm en la estación de crecimiento y es afectado por excesos de más de 100 mm en la maduración (Corsi, 1982).

El sorgo es una especie con metabolismo fotosintético 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 CO<sub>2</sub> y alto punto de compensación por luz.

### 2.2.2. Consumo de agua

Se puede sembrar en zonas con precipitaciones anuales tan bajas como 400 mm anuales, sin embargo no solo la precipitación total es importante, dado que la distribución de lluvia en la estación de crecimiento puede determinar el nivel de rendimiento en grano a esos niveles de precipitación. En la figura No.1 se observa que entorno a la floración del cultivo el consumo de agua diario se hace máximo. Otros autores coinciden en que el embuche constituye el período de máximo consumo (Herron et al. 1963, Stone et al. 1964).

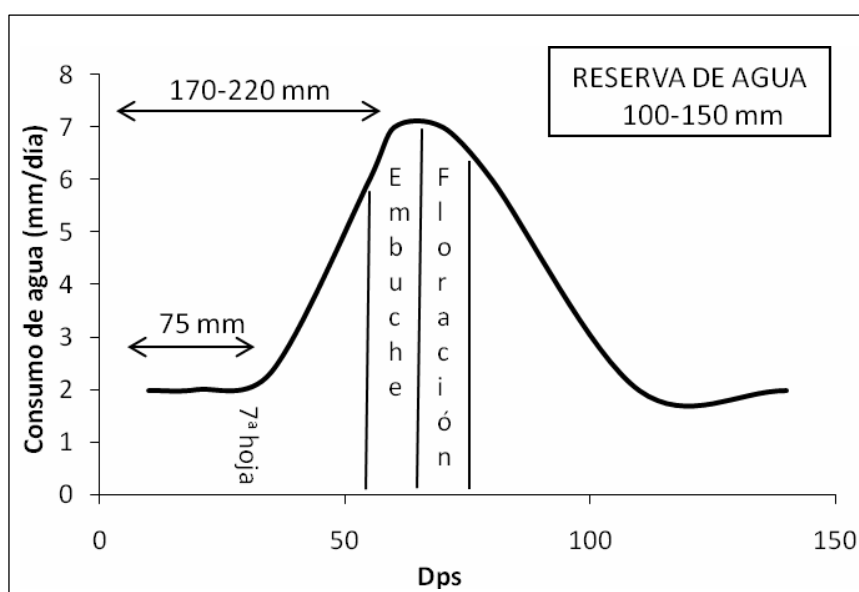


Figura No.1: Relación entre las distintas etapas de crecimiento del cultivo de sorgo y el consumo diario de agua (Keese, citado por Carrasco, 1989)

Lazo (1980) realizó estudios específicos para la determinación del momento crítico en la producción de grano (Cuadro No.2).

Cuadro No.2: Reducción de rendimiento para diferentes condiciones hídricas

| Tratamiento             | Reducción Porcentual |                 |              |
|-------------------------|----------------------|-----------------|--------------|
|                         | Total                | Por día déficit | Rend (kg/ha) |
| 1. Sin sequía           | ----                 | ----            | 8070         |
| 2. Sequía en vegetativo | 26,6                 | 3,9             |              |
| 3.<< floración          | 29,2                 | 5,8             |              |
| 4.<< maduración         | 32,3                 | 5,4             |              |
| 5.<< 2+3                | 31,2                 | 3,1             |              |
| 6.<< 2+4                | 40,7                 | 3,4             |              |
| 7.<< 3+4                | 44,4                 | 4,0             |              |
| 8.Pre-floración         | 36,0                 | 9,0             |              |
| 9.Post-floración        | 39,2                 | 8,7             |              |
| 10.2+3+4                | 42,7                 | 2,7             | 3446         |

Fuente: Lazo (1980)

El autor concluye que los déficit hídricos perjudican la mayoría de los atributos más directamente relacionados a la producción (grano, materia seca total, área foliar). En todos los períodos de sequía el cultivo se vio afectado, pero es en la etapa entre prefloración y comienzos de maduración donde se producirían las mayores pérdidas de rendimiento, asociado a las variaciones producidas en la duración del área foliar.

A partir de los 450 mm de agua consumidos por el cultivo, el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total, por lo que el problema pasa a ser la eficiencia de uso del agua, para 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, Blum (1972) determinó que la transpiración representa el 50% de la ETR cuando el IAF es 2 y el 95% cuando alcanza 4.

## 2.3. APTITUD CLIMÁTICA DEL URUGUAY

### 2.3.1. Temperatura

La temperatura mínima para la germinación es de 10 °C, citándose una óptima entre 18–21°C. Para los 35° de longitud, la temperatura mínima del suelo se alcanza entre el 10 y el 22 de setiembre, lográndose la óptima recién a principios de noviembre (Carrasco, 1989).

El rango de temperaturas predominantes en verano, se encuentra dentro de la zona de máxima respuesta biológica. Existe una diferencia de temperatura entre el norte y el sur observándose acortamiento del ciclo en el norte por altas temperaturas (7 a 10 días), se acorta desde iniciación floral hasta emergencia de la panoja. Si la temperatura fuera el único factor que afecta el rendimiento potencial de sorgo, el litoral norte presenta condiciones más favorables para la producción potencial (Carrasco, 1989).

### 2.3.2. Radiación

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 (Carrasco, 1989).

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 población (Ayala et al., 1988).

### 2.3.3. Agua

En Uruguay el promedio de precipitaciones es 100 mm. 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 100 mm., da para cubrir los requerimientos del cultivo. Esto esta sujeto a una gran variabilidad interanual (80% para la serie histórica 1915-1965) lo que dificulta establecer un manejo de acuerdo al valor histórico promedio (Carrasco, datos sin publicar, citado por Siri, 2004).

Las condiciones climáticas del país llevan a que el momento de llenado del grano, coincida en general con los periodos de mayor temperatura del aire y mayor probabilidad de ocurrencia de déficit hídricos. Para estas condiciones sería mas 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 (Algorta y Carcabelos , 2007).

## 2.4. IMPLANTACIÓN Y POBLACIÓN

### 2.4.1. Implantación

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. Según Hugo et al. (1991), el tamaño de la semilla afecta significativamente la velocidad de emergencia y número de plantas obtenidas.

La población obtenida es importante para determinar el rendimiento del cultivo, viéndose afectado por encima o debajo del óptimo, siendo el efecto más importante en años secos (Carrasco, 1989).

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.), (Ernst, citado por Siri, 2004).

### 2.4.2. Población

Cuando el cultivo se ubica en regímenes 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 (Ernst, citado por Siri, 2004).

Carrasco (1985) utilizando poblaciones de 300 y 450 mil pl/ha a distancia entre hileras constante de 70 cm., concluyó que la respuesta a la densidad de siembra por encima de las 300 mil pl/ha, sólo se produce en la medida que otros factores que interactúan con ésta así lo permitan.

Al aumentar el número de pl/m se aumenta el rendimiento/ha que es más importante que la reducción de la producción por planta individual (Carrasco, 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).

La respuesta en rendimiento en el relevamiento realizado por Antelo et al. (1988), fue importante al pasar de poblaciones menores de 125.000 pl/ha a poblaciones del orden de 210.000 pl/ha (23% de aumento del rendimiento). En el espectro de densidades manejados por Antelo et al. (1988), no hubo

reducciones de rendimiento con las altas poblaciones, por lo que en términos generales, el balance entre aumento del No. de panojas y la reducción en el rendimiento por panoja, arrojó siempre un balance positivo en Kg de grano/ha.

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).

Dentro del rango de respuesta, incrementar el número de plantas/m<sup>2</sup> es la forma más 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 Materia Seca/planta (Ernst, citado por Siri, 2004).

En el rango de las 25 a 35 planta/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).

Estos resultados no concuerdan con lo obtenido por Algorta y Carcabelos (2007), donde al aumentar la población en el rango donde se esperaría máxima respuesta, no se observó aumento del rendimiento para ninguno de los dos híbridos ni para la variación de población establecida por distancia y plantas/m<sup>2</sup>.



Cuadro No.3: Ensayos nacionales sobre población

| <b>Autor</b>            | <b>Año</b> | <b>Híbrido</b>   | <b>Localidad</b> | <b>Óptimo<br/>(plantas/m<sup>2</sup>)</b> |
|-------------------------|------------|------------------|------------------|-------------------------------------------|
| Capurro                 | 73/73      | Cont. 2201       | Estanzuela       | 34                                        |
| Capurro                 | 72/73      | Cont. 2201       | Estanzuela       | 48                                        |
| Capurro                 | 73/73      | Cont. 2201       | Estanzuela       | 36                                        |
| Capurro                 | 72/73      | Cont. 2201       | Estanzuela       | 42                                        |
| Capurro                 | 73/73      | Cont. 2201       | Estanzuela       | 49                                        |
| Capurro                 | 73/73      | Cont. 2201       | Estanzuela       | 38                                        |
| Capurro                 | 73/73      | Cont. 2201       | Estanzuela       | 49                                        |
| Labella                 | 73/74      | Morgan 103       | Tacuarembó       | 42                                        |
| Lazo                    | 75/76      | Br 64            | Paysandú         | 40                                        |
| Lazo                    | 69/70      | Br 64            | Paysandú         | 40                                        |
| Lazo                    | 70/71      | Br 64            | Paysandú         | 40                                        |
| Lazo                    | 70/71      | Br 64            | Paysandú         | 40                                        |
| Ghisellini-Holtz        | 82/83      | Br 64            | Paysandú-seco    | 30                                        |
| Ghisellini-Holtz        | 82/83      | Nk 180           | Paysandú-seco    | 50                                        |
| Carrasco-Schevzov       | 80/81      | Br 64            | Tarariras        | 45                                        |
| Carrasco-Schevzov       | 80/81      | Br 64            | Dolores          | 25                                        |
| Carrasco                | 83/84      | Br 64            | Paysandú         | 30                                        |
| Carrasco                | 83/84      | Nk 180           | Paysandú         | 50                                        |
| Fructos-Mazoni          | 83/84      | Varios           | Paysandú         | 35                                        |
| Alcoz et al.            | 87/88      | IPB 8016         | Paysandú         | 13-44<br>(sin respuesta)                  |
| Alcoz et al.            | 87/88      | Relámpago        | Paysandú         | 18-59<br>(sin respuesta)                  |
| Algorta y<br>Carcabelos | 05/06      | MS 102 y<br>MS 3 | Paysandú         | 5-20<br>(sin respuesta)                   |

El Índice de Cosecha (IC) no mostró variaciones significativas entre poblaciones, 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). Según Army et al. (1964), Ayala y Sawchik (1988), 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.

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.

En cuanto a la interacción entre la población y la época de siembra, ésta última 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, citado por Siri, 2004).

#### 2.4.2.1. Componentes del rendimiento (población)

Las diferentes poblaciones muestran diferencia estadísticamente significativa en: rendimiento, panojas/m, plantas/m, panoja/planta, granos/panoja, peso 1000 granos, materia seca total, peso panoja e índice de cosecha (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 número de plantas por ha.

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 y Aldhuy , 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 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, Antelo et al. 1988).

Para Antelo et al. (1988) hasta las 210.000 plantas/ha aumenta el NGP, no variando sustancialmente el peso de los 1000 granos. Mayor número 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 más 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 y Sawchik (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 la 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 y Sawchik (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 y Sawchik (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 más 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 plantas/ha hay un descenso del NGP y del peso de los granos, existiendo competencia interplanta. De 300 a 500 mil plantas/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).

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 compete 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 un gran área foliar, resulta más productiva que una en la cual la intercepción se hace por una menor cantidad de hojas a un nivel más alto. Como resultado, se obtiene un mayor tamaño de fosa metabólica, lo que equivale a un mayor rendimiento en grano (Alcoz et al., 1988).

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 disminuye significativamente con el aumento de la población (Algorta y Carcabelos, 2007).

## 2.5. HÍBRIDOS

En el caso de Ghisellini y Holtz (1985), año caracterizado como seco, hubo diferencias significativas entre híbridos para rendimiento, panojas/m, plantas/m, panojas/pl, granos/panoja, materia seca total, peso panoja e índice de cosecha.

En un año con buena condición hídrica, Alcoz et al. (1988) no encontraron diferencia significativa en rendimiento para los distintos ciclos.

Algorta y Carcabelos (2007) en un año que se caracterizó como seco hasta V6 y con precipitaciones adecuadas para un desarrollo normal del cultivo desde V6 en adelante, no encontraron diferencias entre híbridos para rendimiento.

El rendimiento en años con stress hídrico, como en el caso de Ghisellini y Holtz (1985), Ayala y Sawchik (1988), se vio afectado por el híbrido. El material de ciclo largo es quien se ve más afectado, debido a la cantidad de agua que necesita. El híbrido de ciclo corto a altas poblaciones necesita la misma cantidad de agua que el largo a baja densidad debido a la menor duración de la estación de crecimiento. Ayala y Sawchik (1988) encontraron que el rendimiento para el ciclo largo fue mayor para bajas poblaciones, y que el óptimo fue menor que para el ciclo corto, coincidiendo con Ghisellini y Holtz (1985).

Kamoshita et al. (1998) en condiciones de año seco, registraron diferencias entre híbridos, atribuidas a un efecto escape, ya que el ciclo largo se enfrentó a una extrema sequía en el momento que se define el tamaño de panoja, provocando la generación de una fosa limitante que no se recompuso con las lluvias posteriores.

#### 2.5.1. Componentes del rendimiento (híbridos)

Algorta y Carcabelos (2007) encontraron que los componentes de rendimiento panojas/planta y PMG fueron significativamente modificados por el híbrido, pero no existió efecto sobre panojas logradas, NGP ni rendimiento por panoja. El híbrido de ciclo corto presentó mayor o igual rendimiento por panoja comparando a igual o diferente distancia entre hileras y población.

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 más capacidad de producción de MS total estarían más adaptados a la producción de rendimiento en grano que los de porte bajo o ciclo corto.

Artola, citado por Algorta y Carcabelos (2007), reportó 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 serían más eficientes en la producción de grano con un menor índice de área foliar pero logrado más 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 más producción de MS y mayor 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 al híbrido, Alcoz et al. (1988), experimentó con dos híbridos, IPB 8016 (ciclo intermedio), en el rango de 130000- 440000 plantas/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 8016 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, recienten menos su tamaño potencial de panoja (Carrasco 1985, Ernst, citado por Siri 2004).

## 2.6. FACTORES QUE INCIDEN EN LA POBLACIÓN ÓPTIMA

### 2.6.1. Disponibilidad de 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.

Thomas et al. (1981) encontró que en condiciones hídricas poco propicias, el rendimiento disminuía a medida que se incrementaba la población. El componente de rendimiento que más incidía era el número de granos por panoja que se reducía muy significativamente al aumentar la densidad de plantas, mientras que el peso de mil granos fue poco sensible. Éste fenómeno indicaría que el sorgo responde a la competencia por agua, propia de las altas

densidades, con una reducción en el número de granos a llenar (Myers et al., 1981).

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.

Según Núñez et al. (1976), los resultados en rendimiento, en zonas semiáridas, son el reflejo de la variación en el índice de cosecha, lo que refleja el ahorro del agua para producción de grano y no de forraje. En estas zonas la población óptima puede ser de tan sólo 30 mil plantas por hectárea.

En 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.

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 permita 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.

En condiciones ambientales más propicias los rendimientos en grano aumentan a medida que se incrementa el número de plantas/ha (Fischer y Wilson 1975, Hume y Kebede 1981). En ambos trabajos el número de panojas/planta decreció al aumentar la densidad de siembra, mientras que el peso de mil granos no varió significativamente (Fischer y Wilson, 1975).

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 450 mm, el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total.

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.

El óptimo de disponibilidad hídrica ha sido fijado en un rango de 450-550 mm durante todo su desarrollo (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).

Hanks (1974), realizó un modelo que relaciona el rendimiento relativo de materia seca con respecto al potencial, con la evapotranspiración que se da durante el ciclo del cultivo. Según el modelo, la producción de materia seca/ha

responde hasta 400 mm de evapotranspiración, luego se independiza dejando de existir respuesta.

### 2.6.2. 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 y Aldhuy 1971, Fischer y Wilson 1975, 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 a la población (Stickler 1960, 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 dejo 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 y Aldhuy 1971, 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 (Karchi 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.

## 2.7. CULTIVO DE SEGUNDA EN SIEMBRA DIRECTA

### 2.7.1. Almacenaje de agua en el suelo y reducción de las pérdidas por evaporación

En los cultivos “de segunda”, el cultivo de invierno consume el agua y opera como cobertura del suelo. Las precipitaciones 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 (Ernst, 1999).

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

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.

### 2.7.2. 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.

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 MÉTODOS

El ensayo se realizó en el establecimiento “El Dacá”, cercano a Mercedes, Soriano, en el año agrícola 2007-2008 sobre un suelo Brunosol Éutrico Típico sobre la unidad de suelos Cuchilla de Corralito.

El cultivo se sembró sin laboreo sobre una cebada para grano, cosechada el 10/12/2007.

La siembra se realizó el 15/12/07 utilizando una sembradora de siembra directa SEMEATO, con tren de siembra doble disco, y sistema de dosificación de semilla mecánico a placa horizontal. La distancia entre hileras fue de 42 centímetros y la profundidad de siembra 3,0 centímetros.

A la siembra se efectuó un control de malezas con 1080 g. equivalente ácido de glifosato por hectárea, 1,8 kg principio activo de atrazina por hectárea y 0,1 litro ha<sup>-1</sup> de coadyuvante comercial Dusilán.

La fertilización se hizo con 100 kg de 18-46-0 el 15/12/2007 y se realizó una refertilización con 46 kg ha<sup>-1</sup> de N en forma de urea, aplicada al voleo al estadio V6. En etapas tempranas el ataque de *Spodoptera frugiperda* (lagarta cogollera) determinó la aplicación de insecticida (Alsystín).

#### 3.1. TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en un factorial de tres niveles de plantas por metro (9, 14 y 20), por dos híbridos de sorgo granífero de características agronómicas contrastantes (Cuadro No. 5), dispuesto en parcelas al azar, con tres repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 252 m<sup>2</sup> (12 hileras a 42cm entre ellas por 50m de largo).

Cuadro No.4: Descripción de los tratamientos

| Experimento | Híbrido | Población objetivo (plantas/ha) | Plantas/m lineal Objetivo | Plantas/m lineal Logradas | Población lograda (plantas/ha) |
|-------------|---------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1           | MS102   | 214286                          | 9                         | 8,7                       | 207000                         |
| 2           | MS102   | 333333                          | 14                        | 14,5                      | 345000                         |
| 3           | MS102   | 476190                          | 20                        | 16,7                      | 398000                         |
| 4           | MS109   | 214286                          | 9                         | 7,4                       | 176000                         |
| 5           | MS109   | 333333                          | 14                        | 9,9                       | 236000                         |
| 6           | MS109   | 476190                          | 20                        | 13,5                      | 321000                         |

En el siguiente cuadro se presentan las características principales de los dos híbridos utilizados.

Cuadro No.5: Principales características de los híbridos MS 102 y MS 109, evaluados en Estanzuela durante la zafra 2006/2007, para siembra de segunda

| Híbrido | Ciclo (días)* | Altura (cm) | Color grano | Excursión (cm) | Tipo de panoja | Rend (kg/ha) | Rend. Relativo (%) |
|---------|---------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------------|
| MS 102  | 61            | 135 b       | Rojo        | 16             | semicompacta   | 6286 a       | 111                |
| MS 109  | 64            | 160 a       | Marrón      | 16             | semicompacta   | 4524 b       | 93                 |

\* Ciclo en días desde emergencia a 50% floración, EELE 2ª fecha de siembra.

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de columnas difieren entre sí dentro de híbrido  $p \leq 0,05$ .

Las plantas/m determinan la población por hectárea objetivo ya que la distancia entre hileras fue constante.

La falta de humedad en el suelo determinó que la emergencia se produjera a los 13 días post-siembra, 5 días después de una lluvia de 21 mm, y como consecuencia no se lograron las poblaciones objetivo, que resultaron menores a las planteadas originalmente.

Como resultado, las variables que determinan los componentes del rendimiento en grano quedaron definidas como un factorial de dos híbridos por 18 tratamientos compuestos por diferentes poblaciones, que fueron analizados como regresión.

Las evoluciones de biomasa (MS/planta y MS/ha), área foliar (AF/planta), Índice de área foliar (IAF), Agua disponible en el suelo (AD) y Consumo de agua del cultivo fueron analizadas por análisis de varianza, en función de tres rangos de población (baja, media y alta) para cada híbrido. Dichos rangos fueron: 18,6 - 22,1 (baja), 26,2 - 38,3 (media) y 39,5 - 42,6 (alta) para el MS 102; 16,9 - 18,5 (baja), 21,7 - 24,8 (media) y 31,0 - 33,3 (alta) para el MS 109.

En un capítulo aparte los híbridos fueron comparados entre sí mediante análisis de varianza en los rangos de población comparables, entre 18,6 y 34,5 plantas/m<sup>2</sup> para el híbrido MS 102 y entre 18,5 y 33,3 plantas/m<sup>2</sup> para el MS 109. Las variables (Rendimiento y sus componentes, MS/planta, MS/ha, AF/planta, IAF) fueron analizadas solamente en función del híbrido, no se

estudió en este caso el efecto de la población la cual en promedio fue de 25 y 27 plantas/m<sup>2</sup> para el MS 102 y MS 109 respectivamente.

### 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 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.

### 3.3. DETERMINACIONES

#### 3.3.1. Parámetros de desarrollo

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron las siguientes medidas:

-Densidad de plantas: se estimó el número de plantas emergidas e implantadas por parcela y para ello se realizó un muestreo que constó de un conteo en 10 metros lineales por parcela. Las fechas en que se realizaron los muestreos fueron: a los 13 días de sembrado (emergencia) y a los 21 días pos- siembra (implantación).

-Altura de planta: a la cosecha se midió la altura de 20 plantas consecutivas por parcela, tomando la longitud entre la base del tallo y el ápice de la panoja.

-Excursión de panoja: en las mismas plantas, se midió la excursión de las panojas, tomando la distancia que medía entre la base de la hoja bandera y la base de la panoja.

-Área foliar (AF): como estimador del AF, se evaluó la superficie de la totalidad de las hojas de 10 plantas consecutivas por parcela, en los estadios de desarrollo: V3, V6, embuche, floración y medio grano. Para el cálculo, se registró el largo total de las hojas y el ancho máximo, utilizando el factor 0,75 para transformar el producto de largo por ancho en superficie foliar (Stickler et al., 1961). A partir de esta variable y del número de plantas por metro cuadrado se obtuvo la estimación del índice de área foliar (IAF).

### 3.3.2. Rendimiento y componentes

El rendimiento en grano, fue estimado a partir del grano trillado.

A los efectos de determinar los principales componentes del rendimiento se determinaron las panojas por parcela. Los valores de número de plantas por parcela que posee corresponden a la etapa de precosecha pero, al no presentarse macollos con panojas fértiles en el cultivo, fue posible la utilización del número de panojas totales cosechadas como sustituto de plantas cosechadas.

Se realizó cosecha manual de 10 metros lineales de panojas que estuvieran a una altura cosechable (base de panoja a más de 50 cms de altura desde el suelo). La trilla se realizó con una cosechadora estática experimental de Facultad de Agronomía, con sistema de trilla mediante cilindro de lastras girando a 1000 rpm. Luego se realizó una limpieza mediante zaranda y viento que permitió obtener el peso de grano limpio, y por último se corrigió llevando a una estándar de humedad del 14%.

El rendimiento por panoja se obtuvo relacionando el peso del grano limpio trillado con el número de panojas cosechadas; a su vez el número granos por panoja se calculó a partir del rendimiento de panoja y del peso de 1000 granos. Para obtener el peso promedio de 1000 granos de cada parcela, se realizó un promedio de tres muestras de 100 granos, se midió la humedad sacando una muestra del lote total y se corrigió a 14% de humedad.

### 3.3.3. Materia seca

Las determinaciones de materia seca (MS), fueron realizadas a partir de las 10 plantas consecutivas por parcela utilizadas en la determinación del área foliar, en los estadios de desarrollo: V3, V6, embuche, floración, medio grano.

A cosecha se realizó medición de peso fresco, correspondientes a 10 metros lineales de plantas cortadas a ras de suelo en cada parcela. Estas muestras fueron pesadas frescas y luego se estimó el contenido de humedad a partir de una sub-muestra de 6 plantas (sin panojas) de cada tratamiento pertenecientes al Bloque I. La MS del resto de los tratamientos se determinó a partir de las sub-muestras, calculándose también la MS de panojas por separado, a los efectos de obtener el índice de cosecha (IC).

El secado de las plantas se realizó en el laboratorio de Facultad de Agronomía en estufa a 40-60°C hasta obtener peso constante.



### 3.3.4. Agua en suelo

Se determinó humedad gravimétrica (HG) en el perfil del suelo: de 0-20, 20-40 y 40-60 centímetros de profundidad, para cada parcela en los estadios de desarrollo: V6, V8, embuche, floración y medio grano. Dada la poca humedad en suelo y al escaso consumo de agua en las etapas tempranas de desarrollo del cultivo, a la siembra y V3 sólo se realizó un muestreo representativo para todo el ensayo suponiendo que no existirían diferencias significativas entre tratamientos.

El método utilizado para obtener la HG consistió en pesar las muestras frescas de suelo, luego fueron secadas en estufa a 105°C hasta peso constante para obtener el peso seco. Por último se calculó la diferencia en peso, que relacionada con el peso fresco de la muestra se obtiene el porcentaje de humedad gravimétrica.

A partir de la HG se determinó el agua disponible en el perfil (AD) para estratos de 0,2 m. estimando el porcentaje de humedad del suelo correspondiente a capacidad de campo (CC) y coeficiente de marchitez permanente (CMP) utilizando las ecuaciones propuestas por Molfino y Califra (2001).

$$. CC(\%) = 2,62 + (0,48 * \%Arcilla) + (0,162 * \%Limo) + (0,023 * \%Arena)$$

$$. PMP(\%) = (0,302 * \%Arcilla) + (0,102 * \%Limo) + (0,0147 * \%Arena)$$

$$. AD(mm) = ((\%HG - \%PMP) * DAP * profundidad)$$

Por sumatoria del agua disponible en las diferentes profundidades se determinó para cada momento el agua total disponible de 0-60 cm de profundidad.

Por último se determinó el consumo de agua del cultivo para los diferentes periodos: V6 a V8, V8 a Embuche, Embuche a Floración, Floración a 1/2 Grano. Teniendo en cuenta los días transcurridos entre cada período se halló el consumo diario de agua mediante la siguiente fórmula:

$$. Consumo(mm/día) = (AD inicio - AD final + Lluvias) / días$$

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. CONDICIONES GENERALES DEL AÑO Y DEL CULTIVO

Las precipitaciones que ocurrieron desde un mes pre-siembra hasta la cosecha del cultivo de sorgo (15-nov-2007 a 19-abr-2008) representaron el 52% del promedio histórico, por lo que se lo caracteriza como un período seco. El promedio de precipitaciones de la serie histórica 1931-1996 para dicho período es de 495 mm, en tanto que en ésta zafra se registraron tan sólo 257 mm.

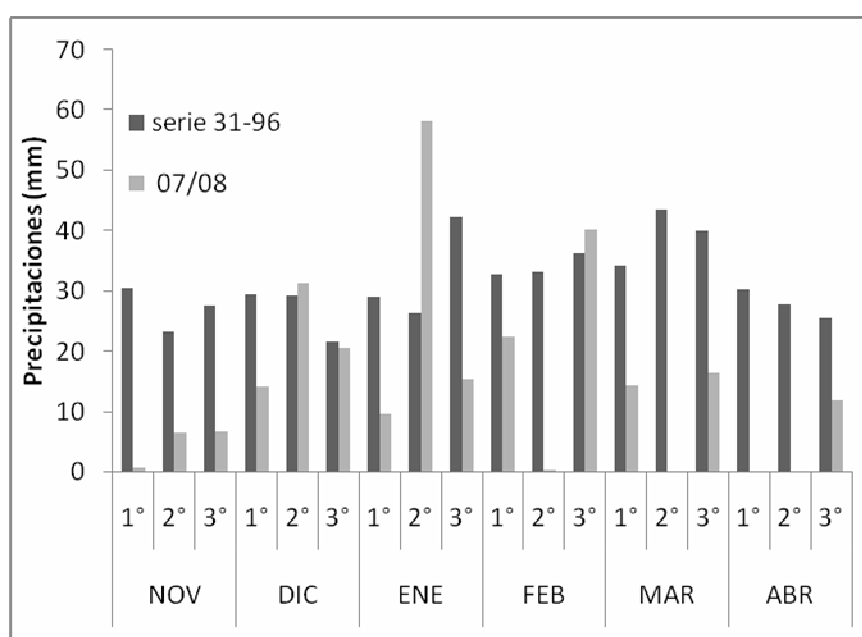


Figura No.2. Precipitaciones serie histórica (1931 a 1996) y zafra 07/08 para la localidad de Mercedes (Estación Meteorológica de Mercedes)

Las precipitaciones totales durante el ciclo del cultivo (199 mm) establecieron que las deficiencias hídricas en la estación de crecimiento se ubicaran en el máximo tolerable señalado por Corsi (1982) para el cultivo (200 mm). Desde siembra hasta el estadio V6 llovieron 87 mm (44% de las precipitaciones), de los cuales 53 mm se registraron 5 días previos a V6. Esto determinó que las poblaciones objetivo del ensayo no se lograron alcanzar, como consecuencia de la baja humedad en los primeros centímetros de suelo a la siembra y durante las primeras etapas de la implantación. Por otro lado implicó que en las etapas posteriores de generación y concreción de rendimiento ocurrieran en déficit hídrico severo.

La temperatura media presentó valores similares a los históricos (Apéndice No.1), adecuados para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En la Figura No.3 se destaca que en el mes de abril, el cual se corresponde con el final del ciclo del cultivo, la amplitud térmica fue mayor a la histórica, registrándose inclusive dos heladas tempranas los días 15 y 16 de abril.

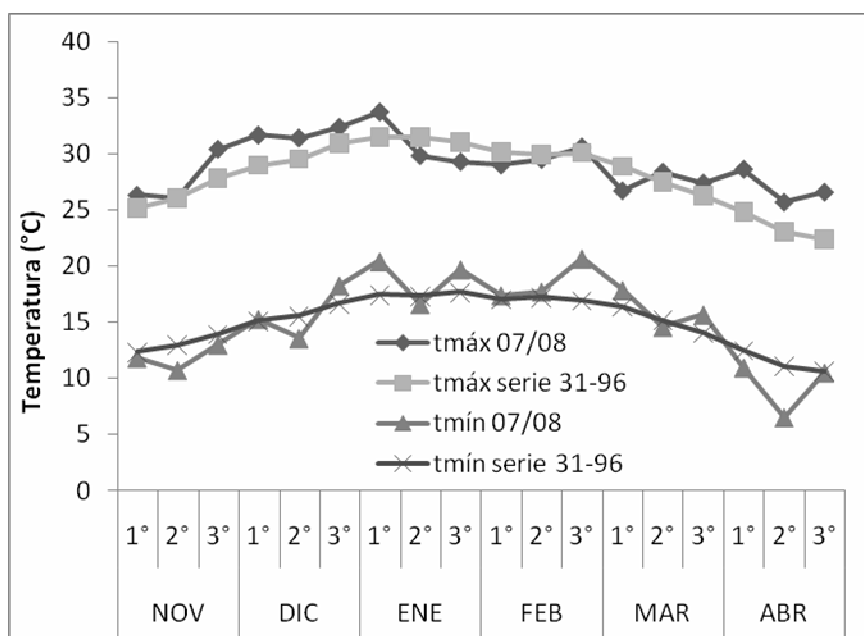


Figura No.3. Temperaturas máxima y mínima para la serie histórica (1931 a 1996) y zafra 07/08 localidad de Mercedes

El cultivo se desarrolló sin presencia de malezas y en buen estado sanitario.

Independientemente de las diferencias de largo de ciclo, ambos híbridos fueron cosechados el 19 de abril, con una humedad promedio de 16,1% para el ciclo corto MS 102 y 19,8% para el ciclo intermedio MS 109 (Apéndice No.2).

El rendimiento promedio del ensayo fue de 3958 kg/ha (Apéndice No.3).

## 4.2. RESPUESTA A LA POBLACIÓN

Las poblaciones logradas abarcaron el rango de 186.000 plantas/ha a 426.000 plantas/ha para el híbrido MS 102, y entre 169.000 plantas/ha a 333.000 plantas/ha en el híbrido MS 109. En el caso del MS 102 se obtuvo un rango de población más acorde al objetivo, pero para el MS 109 las poblaciones obtenidas fueron menores.

En todos los casos se sembró un 15% más de la población objetivo, obteniéndose en promedio un 82% de implantación en el MS 102 sin presentar diferencias en función de la población (Apéndice No.4). En cambio en el MS 109 la implantación se redujo significativamente con el aumento de la densidad de siembra (Apéndice No.5), obteniendo en promedio un 64% de implantación (Figura No.4). Las bajas implantaciones obtenidas en ambos híbridos se atribuyen a las malas condiciones de siembra (suelo seco), por lo cual la emergencia se produjo a los 13 días pos-siembra, 5 días después de una lluvia de 21 mm.

En segundo término se destaca el escaso macollaje en las diferentes poblaciones logradas, obteniéndose en promedio 1,3 y 1,2 tallos por planta para el MS 102 y MS 109 respectivamente, no existiendo respuesta a la población para dicho componente (Apéndices No.6, MS 102 y No.7, MS 109). Como consecuencia de lo anterior, al aumentar la población se incrementó en forma significativa el número de tallos por superficie (Apéndices No.8, MS 102 y No.9, MS 109). El macollaje no sólo es función de la densidad, sino también influyen factores como la temperatura, condición hídrica y el material genético. En éste caso las mayores temperaturas durante la fase inicial del cultivo, asociadas a la fecha de siembra de cultivos de segunda, presenta relación inversa con el macollaje (Fischer y Wilson 1975, Carrasco 1985, Alcoz et al. 1988). A su vez, es de destacar las limitantes hídricas que experimentó el cultivo en sus etapas de desarrollo.

Al incrementar la población existió respuesta positiva en el número de panojas fértiles a cosecha (Figura No.4) (Apéndices No.10, para MS 102 y No.11, para MS 109), siendo éste incremento menor al registrado en el número de tallos por lo que también existió un incremento significativo en el número de panojas estériles al aumentar la población (Apéndices No.12, para MS 102 y No.13, para MS 109). Esta situación es el reflejo de la creciente competencia interplanta que se establece al ir aumentando el número de plantas en el metro, lo cual podría llegar a determinar incrementos decrecientes de rendimiento y aún disminución del mismo.

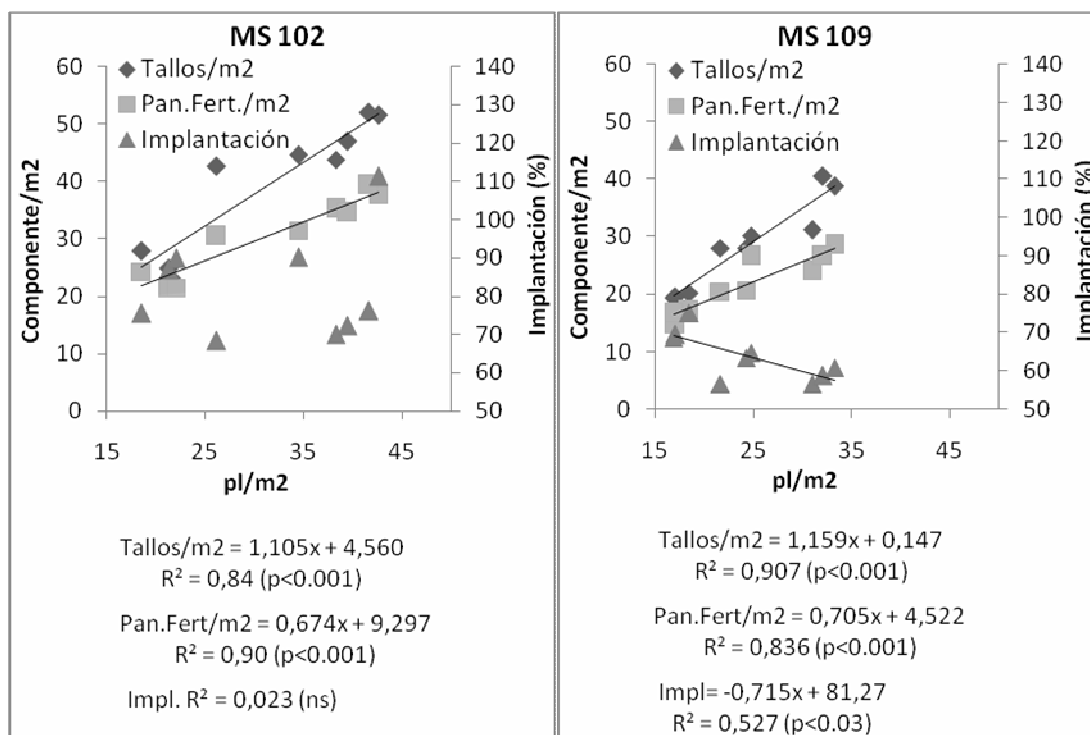


Figura No.4. Evolución del número de tallos, panojas e implantación en los diferentes niveles de población, para los híbridos MS 102 (izq.) y MS 109 (der.)

Como resultado del escaso macollaje se obtuvo en promedio 1,1 y 0,86 panojas fértiles por planta para el MS 102 y MS 109 respectivamente, registrándose una reducción en el número de panojas/planta al incrementarse la población, siendo dicha respuesta significativa en el híbrido MS 102 (Apéndices No.14, MS 102 y No.15, MS 109). El número de panojas cosechadas por planta se presenta en la Figura No.5.

El mecanismo de esterilidad constituye una forma de autorregulación de la población, y tal vez por ello la bibliografía nacional (Labella y Capurro, 1973) no registra respuesta negativa a este factor. Resulta claro que son mayores las posibilidades de reducir que de aumentar el número de panojas por plantas ya que el macollaje que se produce en la población menor resulta nulo frente al aumento de esterilidad, que acompaña al incremento del número de plantas.

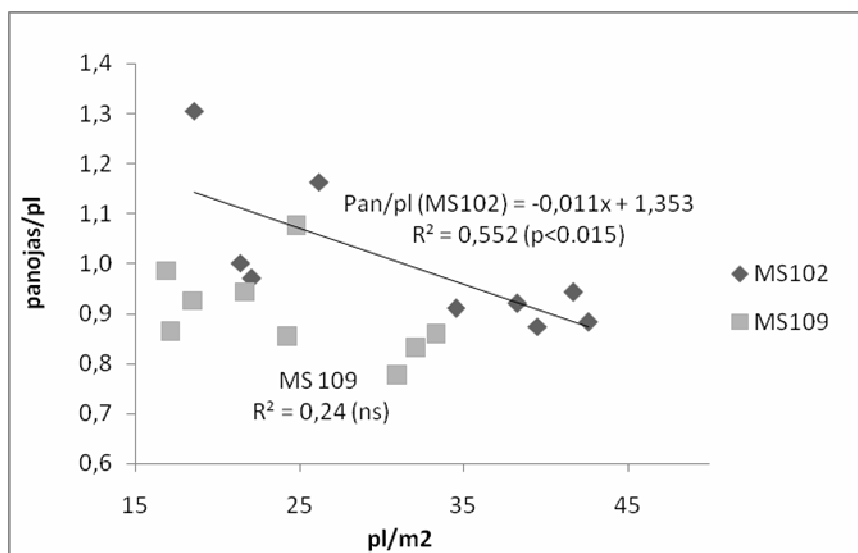


Figura No.5. Evolución del número de panojas por planta en respuesta al aumento de población

#### 4.2.1. Rendimiento en grano

En la Figura No.6 se presentan las respuestas en rendimiento promedio para los híbridos MS 102 y MS 109, no encontrándose diferencia significativa para los diferentes tratamientos (Apéndice No.16, MS 102 y No.17, MS 109).

Estos resultados concuerdan con la información generada por Alcoz et al. (1988), Algorta y Carcabelos (2007), no siendo así con los resultados obtenidos por Ghisellini y Holtz (1985), Antelo et al. (1988).

En los ensayos de la década del '80, la respuesta a la población estuvo influenciada por el tipo de año. En años buenos (Alcoz et al., 1988) no se presenció respuesta a la población con rendimiento promedio de 5900 kg/há y que varió entre 3800 y 6100 kg/há. Por otra parte en años secos (Ghisellini y Holtz, 1985) detectaron respuesta al aumento de población, con rendimientos medios de 1920 kg/há y que variaron entre 684 y 4043 kg/há. Se concluía entonces que la población óptima se situaba en torno a las 30 planta/m<sup>2</sup>, y que a mayores poblaciones se obtendrían mejores rendimientos una vez que se superaran las limitantes que condicionaban la falta de respuesta.

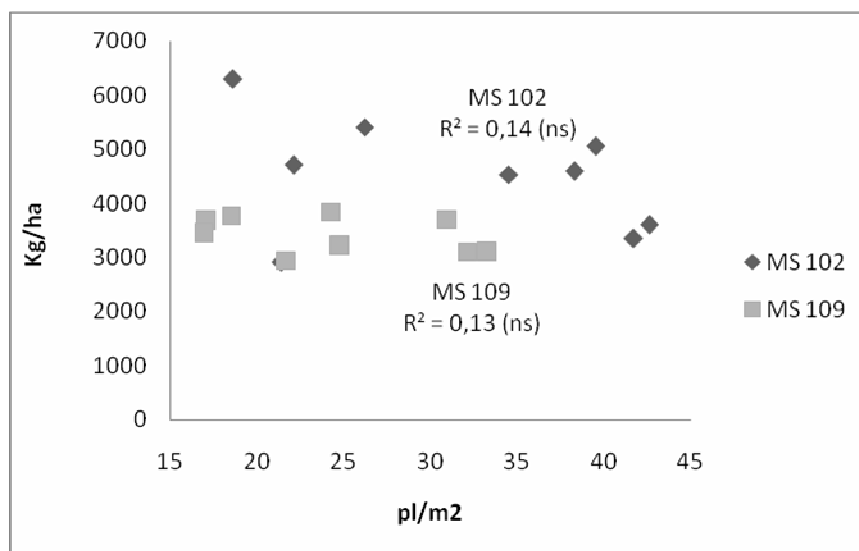


Figura No.6. Rendimiento (kg grano/ha) en respuesta al aumento de población, para los híbridos MS 102 y MS 109

Por otro lado, en los resultados experimentales más recientes (Algorta y Carcabelos , 2007, y el presente trabajo) el tipo de año no influyó en la respuesta a la población. En el año bueno (Algorta y Carcabelos , 2007) el rendimiento medio fue de 6983 kg/há y variaron entre 6150 y 8000 kg/há, con poblaciones bajas desde 5 a 20 plantas/m<sup>2</sup>. En el presente trabajo (año seco) con poblaciones entre las 17 y 43 plantas/m<sup>2</sup> el promedio fue 3958 kg/há, similar al máximo obtenido por Ghisellini y Holtz (1985) y al más bajo obtenido por Alcoz et al. (1988).

Como resultado se aprecia que en el correr de los años se lograron superar las limitantes que imponían las bajas poblaciones, mejorando notoriamente los rendimientos por debajo de las 30 plantas/m<sup>2</sup>, no siendo así para las mayores poblaciones, lo que se refleja en la ausencia de respuesta a la población.

Se puede deducir que los cambios ocurridos podrían estar debidos al tipo de material genético y factores de manejo como la siembra sin laboreo, el control de malezas, distancia entre hileras y fertilización nitrogenada, que podrían estar influyendo en la compensación del cultivo frente a las distintas poblaciones. En lo que respecta a material genético, más adelante se analizarán diferencias en el tamaño de panoja de los híbridos utilizados.

#### 4.2.2. Componentes de rendimiento

Descomponiendo el rendimiento en grano en los componentes panojas/m<sup>2</sup> y rendimiento por panoja (Figura No.7), se aprecia la compensación que existió entre dichos componentes al variar la población y, como resultado, el rendimiento no respondió al incremento de la población. Al aumentar el número de plantas/m<sup>2</sup> aumentaron significativamente las panojas/m<sup>2</sup> (Apéndices No.10, MS 102 y No.11, MS 109), pero a su vez disminuyó el rendimiento por panoja (Apéndices No.18, MS 102 y No.19, MS 109).

El rendimiento por panoja fue máximo en las menores poblaciones, lo que coincide con los resultados de Alcoz et al. (1988), Algorta y Carcabelos (2007), descendiendo el peso de las panojas al aumentar la densidad de plantas para los dos híbridos.

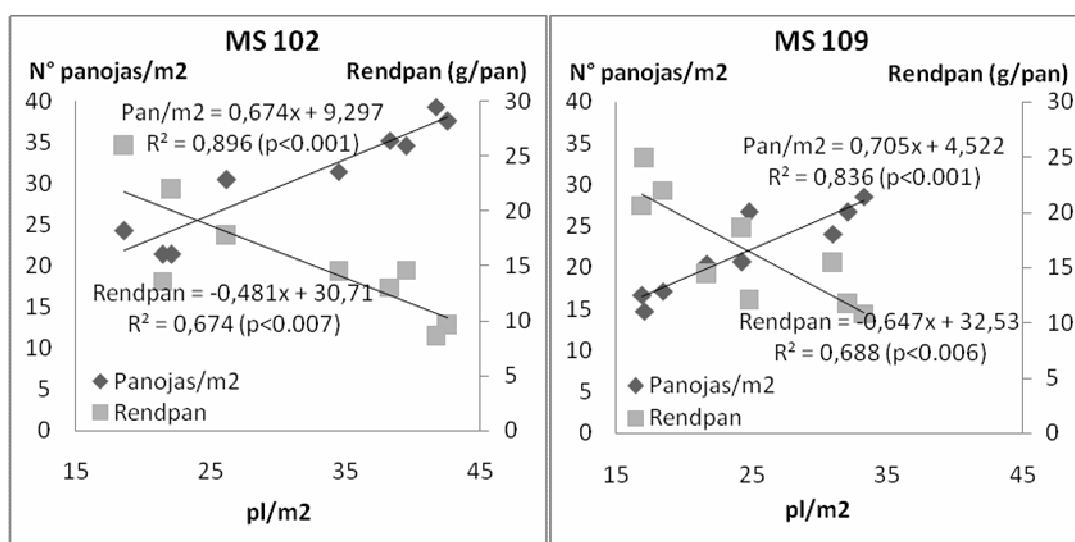


Figura No.7. Panojas/m<sup>2</sup> y rendimiento por panoja en respuesta a la población, para los híbridos MS 102 y MS 109

La respuesta del rendimiento por panoja al aumento de la población (Figura No.7) está explicado en forma directa por el número de granos por panoja (NGP) y peso de grano (PMG) (Figura No.8).



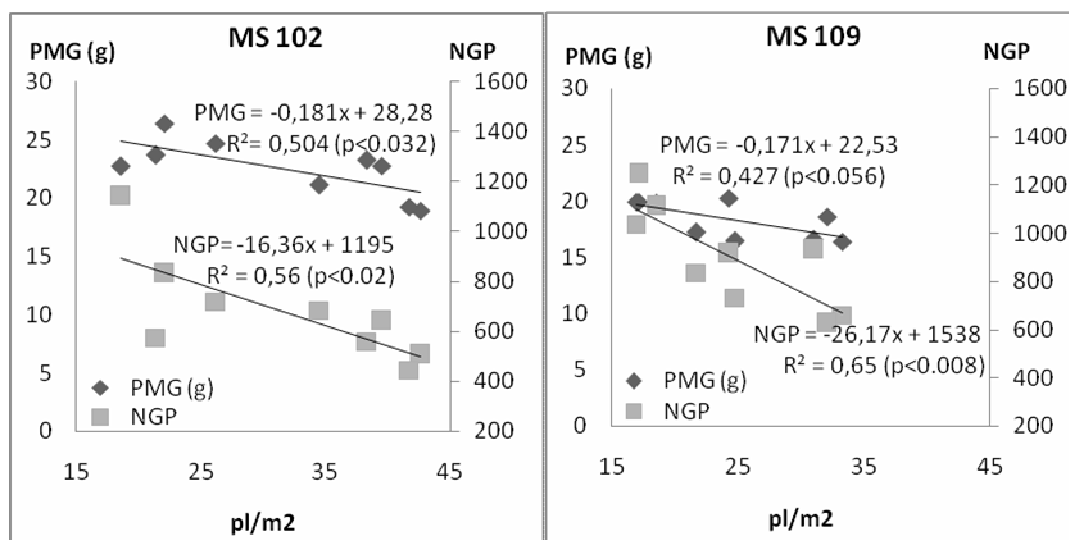


Figura No.8. Número de granos por panoja y peso de mil granos en respuesta a la población, para los híbridos MS 102 (izq.) y MS 109 (der.)

El aumento de la población determinó una reducción significativa en el PMG (Apéndices No.20, MS 102 y No.21, MS 109) y en el NGP (Apéndices No.22, MS 102 y No.23, MS 109) en ambos híbridos. En cuanto al NGP el resultado es coincidente con otros trabajos, pero en lo que respecta a PMG sólo coincide con resultados obtenidos por Ghisellini y Holtz (1985) en el rango de 10 a 30 plantas/m<sup>2</sup>.

La respuesta negativa al aumento de las plantas/m<sup>2</sup> en el número de granos por panoja determinó que el número de granos/m<sup>2</sup> no se vea modificado significativamente por la población. (Apéndices No.24, MS 102 y No.25, MS 109).

Se destaca el bajo NGP logrado comparado con antecedentes más recientes, Algorta y Carcabelos (2007) obtuvo un máximo de 2440 granos por panoja en un año que se caracterizó como normal (413 mm). Más precisamente el máximo NGP obtenido para el MS 102 en el presente trabajo fue un 58% del valor obtenido por Algorta y Carcabelos (2007) para el mismo híbrido. El máximo valor obtenido resultó ser intermedio a los reportados por Ghisellini y Holtz (1985), Alcoz et al. (1988). Ghisellini y Holtz (1985) alcanzaron un máximo de 800 granos por panoja, en un año que se caracterizó como seco en el período entorno a floración (38 mm), aunque en el total del ciclo del cultivo llovieron 300 mm. Por otra parte Alcoz et al. (1988) obtuvieron un máximo de 1434 granos por panoja, en un año que se caracterizó como normal (560 mm).

Si bien se aprecia la existencia del efecto año, es posible que exista una diferencia de material genético entre los utilizados en la década del '80 y los actuales, lo que incidió que el número de granos por panoja fuera similar al obtenido por Alcoz et al. (1988) en un año bueno, y 56% superior al obtenido por Ghisellini y Holtz (1985) en un año que si bien fue seco llovieron 100 mm más que en el presente ensayo. A su vez resultó ser 49% inferior al obtenido por Algorta y Carcabelos (2007) en un año bueno, donde se utilizaron materiales genéticos similares al del presente ensayo, lo que deja manifiesto que el potencial de producción de granos por panoja de estos materiales podría ser superior.

En cuanto al peso de granos el efecto parece ser principalmente ambiental, pues el máximo peso de mil granos (35,7 g) lo registró Algorta y Carcabelos (2007) y el mínimo (16,4 g) se obtuvo en este trabajo.

Probablemente las deficiencias hídricas registradas durante el desarrollo del cultivo hayan tenido efectos en los momentos de definición y concreción del rendimiento, así como en la etapa de llenado de granos, afectándose por ende el número de granos por panojas y el peso de mil granos obtenido.

#### 4.2.3. Producción y distribución de Materia Seca (MS)

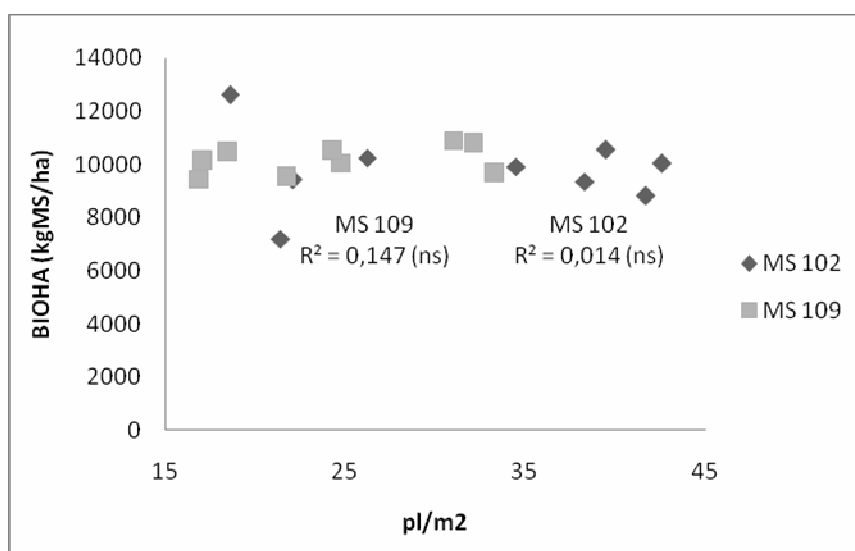


Figura No.9. Producción de biomasa a la cosecha (kg MS/ha) de ambos híbridos en respuesta al incremento del número de plantas/m<sup>2</sup>

No hubo respuesta para ninguno de los dos híbridos en producción total de biomasa al aumento de población (Apéndices No.26, MS 102 y No.27, MS 109), no coincidiendo esta respuesta con los trabajos realizados por Ghisellini y Holtz (1985), Alcoz et al. (1988), Ayala y Sawchik (1988).

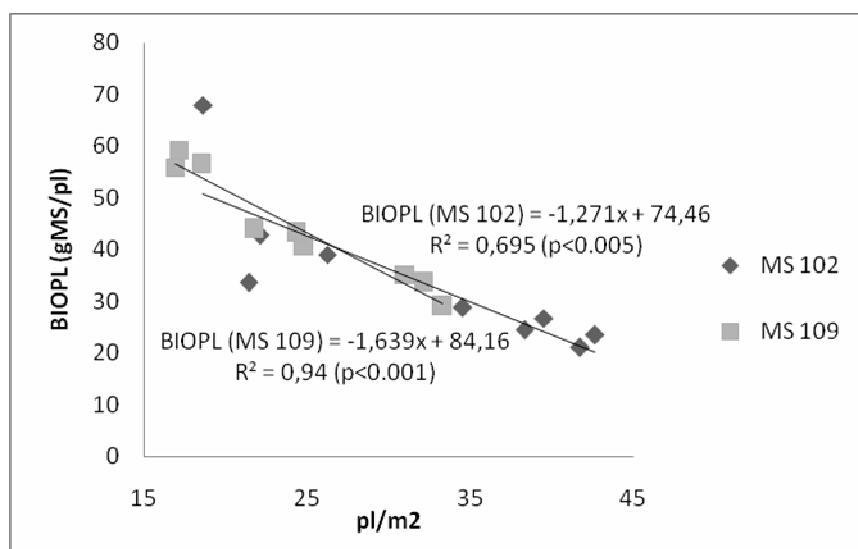


Figura No.10. Producción de materia seca por planta (BIOPL) a la cosecha de ambos híbridos en respuesta al incremento del número de plantas/m<sup>2</sup>

Como se observa en la Figura No.10 lo que explica que al aumentar el número de plantas en el metro cuadrado no aumente la biomasa total, es la disminución de la biomasa por planta (Apéndices No.28, MS 102 y No.29, MS 109).

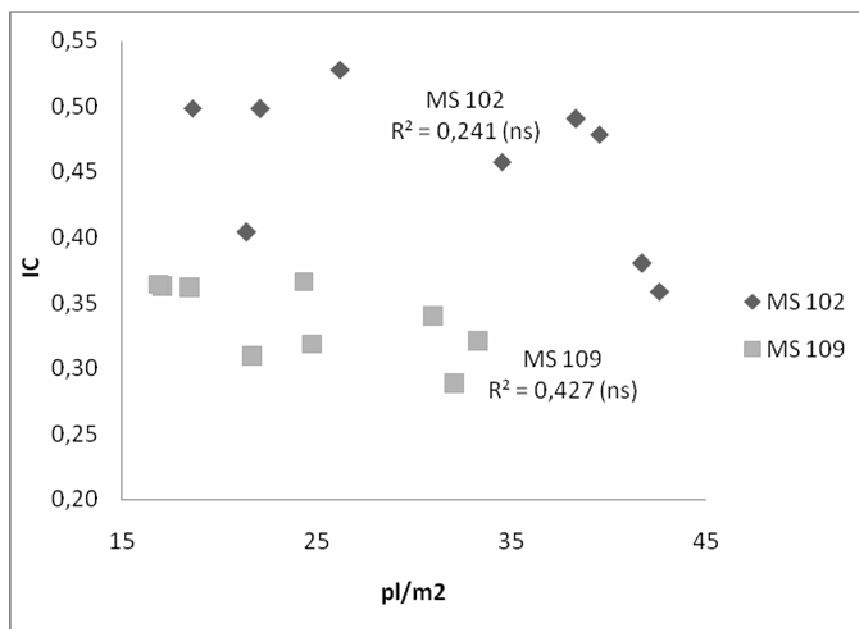


Figura No.11. Índice de cosecha de ambos híbridos en respuesta al incremento del número de plantas/m<sup>2</sup>

Existió una tendencia negativa en el índice de cosecha al aumentar las plantas/m<sup>2</sup>, pero en ninguno de los dos híbridos llegó a ser significativa (Apéndices No.30, MS 102 y No.31, MS 109), lo que concuerda con la bibliografía existente en el país. Para el caso del MS 102 por encima de las 40 plantas/m<sup>2</sup>, se aprecia una tendencia más marcada a reducirse el IC, correspondiéndose con una tendencia a menor rendimiento (ver Figura No.6).

La Figura No.12 muestra la diferente evolución que presentó la MS por planta en los dos híbridos.

En los estados de V3 y V6 no hubieron diferencias significativas entre tratamientos para ninguno de los híbridos (Apéndices No.32, MS 102 y No.33, MS 109), coincidiendo esta respuesta con los trabajos realizados por Alcoz et al. (1988). Esto estaría indicando que el desarrollo de las plantas en dicha etapa aún no estuvo afectado por la competencia creciente en la hilera que establece el aumento de la población.

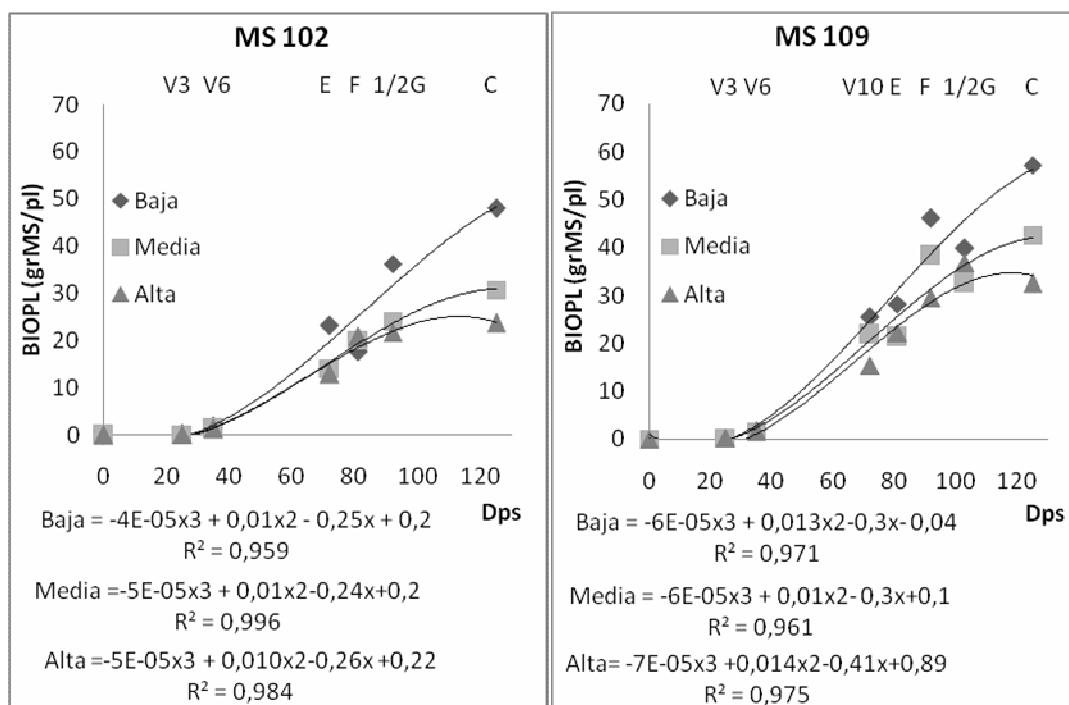


Figura No.12: Evolución de materia seca por planta (g/pl), para ambos híbridos, al incrementarse la población (plantas/m<sup>2</sup>)

Contrariamente, al estado de embuche se registró una disminución en la MS/pl acumulada en ambos híbridos, mostrando niveles de significación en el híbrido MS 102. Al estado de floración solamente se dio una disminución significativa en el híbrido MS 109 (Apéndices No.32, MS 102 y No.33, MS 109), demostrando que la competencia entre plantas disminuciones en la MS/planta en la medida que aumenta la población.

A cosecha nuevamente ambos híbridos presentaron disminuciones significativas en la MS/planta al aumentar la población, siendo las diferencias más marcadas para el híbrido MS 109 (Apéndices No.32, MS 102 y No.33, MS 109).

Tales disminuciones no operan de igual forma para ambos híbridos, esto es consecuencia de las diferencias en ciclo, como ya fuera comentado; el MS 109, al ser de ciclo más largo, ve resentida su producción individual de MS en mayor grado al aumentar la población. Por su parte, el MS 102, al presentar un tamaño menor de planta ve resentido en menor magnitud el peso individual de planta al aumentar la población.

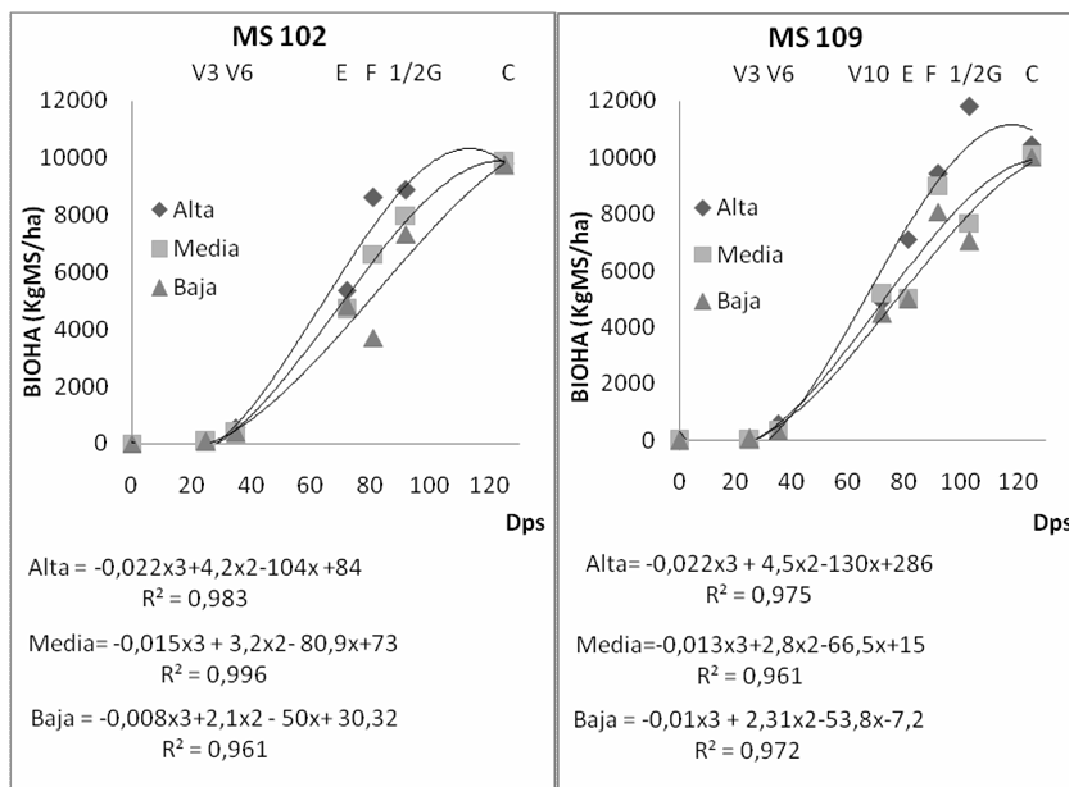


Figura No.13. Evolución de la materia seca por planta para el híbrido MS 102 (izq.) y MS 109 (der.) al aumentar la población

No obstante, la MS/ha (Figura No.13) evoluciona en forma creciente en los dos híbridos al aumentar la población, experimentando diferencias significativas sólo en el estado de floración para el MS 102 y en medio grano para el MS 109 (Apéndices No.34, MS 102 y No.35, MS 109).

En estadios tempranos (V3 y V6) se registró una tendencia a aumentar la MS/ha con la población.

En los siguientes estadios (Embucho en MS 102 y Floración en MS 109) las diferencias de peso individual por planta neutralizaron el efecto del aumento de la población, no existiendo respuesta en la producción de MS/ha.

A cosecha la MS/ha no varía con el aumento de la población en ninguno de los híbridos, lo que demuestra que la reducción de MS operada a nivel de planta individual tuvo el mismo efecto que el aumento en el número de plantas.

#### 4.2.4. Parámetros de desarrollo

En la Figura No.14 se presentan las relaciones de longitud de las plantas para las diferentes poblaciones.

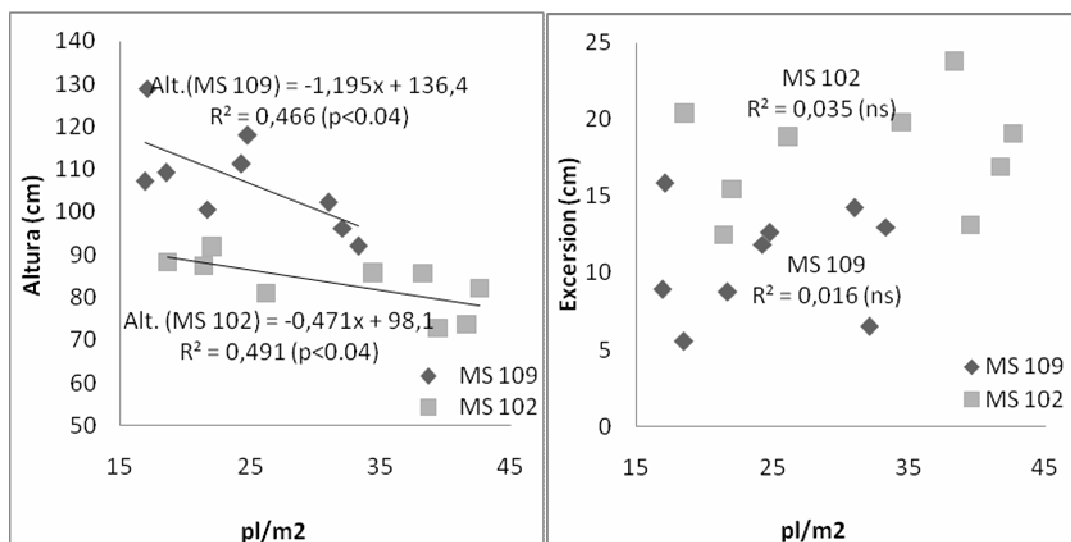


Figura No.14. Altura de planta (izq.) y excersión de panoja (der.) en función de la población para los híbridos MS 102 y MS 109

La altura de planta respondió de forma negativa al aumento de población, en el MS 102 tenemos un intercepto de 98 cm y la caída es de 0,47 cm por cada planta/m<sup>2</sup> más, y en el MS 109 el intercepto es 136 cm, y la caída de 1,2 cm (Apéndices No.36, MS 102 y No.37, MS 109).

En cuanto a excersión de la panoja no hubo respuesta frente a la población para ninguno de los dos híbridos (Apéndices No.38, MS 102 y No.39, MS 109).

##### 4.2.4.1. Parámetros foliares

Los parámetros foliares evaluados fueron el área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), medido en V3, V6, embuche (E), floración (F) y medio grano (1/2 G).

La Figura No.15 muestra la diferente evolución que presentó el AF en los dos híbridos. Mientras que en el MS 102 no se presentan respuestas, en el MS 109 se dan respuestas significativas en floración lo que responde a un efecto de

la competencia, y puede estar asociado a una estrategia de la planta frente al stress hídrico.

Si bien en la sección anterior se anotó que el MS 102 presentó un efecto de competencia en la etapa de embuche, el desarrollo del área foliar no se vio afectado al aumentar la población en ninguna de las fases de desarrollo (Apéndice No.40). Por el contrario en el MS 109 se detectó el efecto de la competencia en floración con un menor peso por planta, y en este mismo estadio se experimenta una disminución del área foliar al aumentar la población (Apéndice No.41).

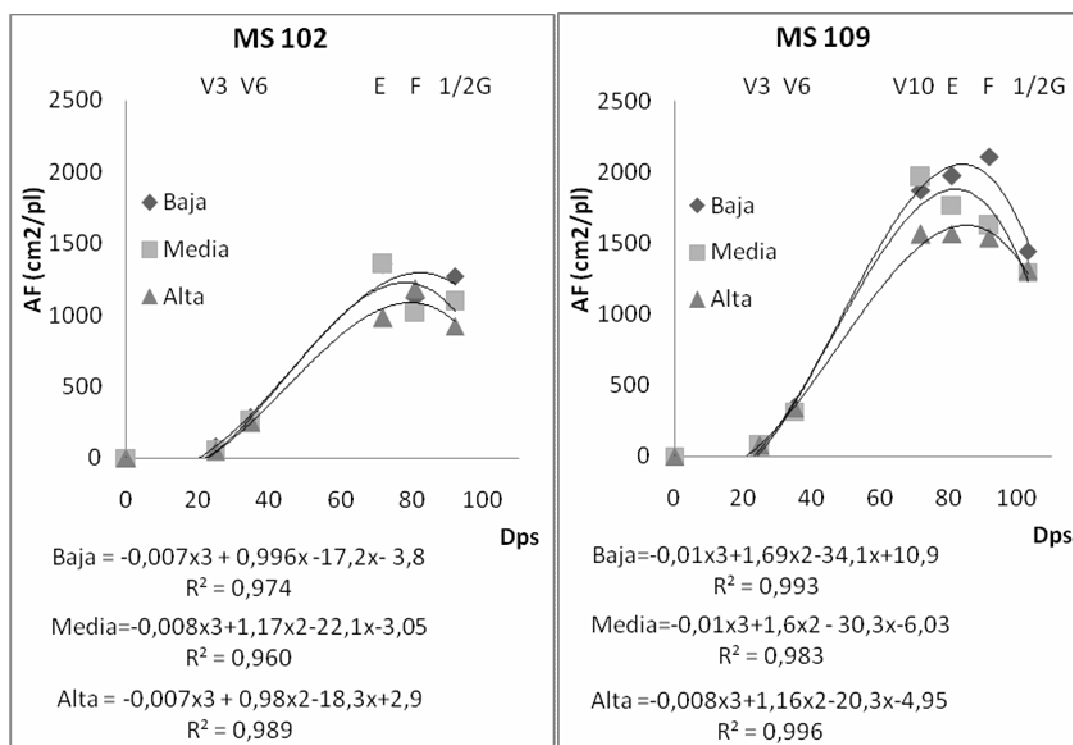


Figura No.15: Evolución del área foliar (cm<sup>2</sup>/planta) para ambos híbridos, al incrementarse la población (planta/m<sup>2</sup>)

La diferencia en el largo de ciclo entre híbridos tiene dos efectos sobre los resultados obtenidos para cada uno. Por un lado el mayor tamaño de planta del MS 109 a mismo estado fenológico (Apéndice No.42), determina mayores requerimientos por planta, lo que estaría explicando la disminución en el AF a floración ante aumentos de población. A lo que se le suma una menor disponibilidad hídrica en éste estadio de desarrollo en comparación al MS 102 como se verá más adelante (Apéndice No.49). Por lo tanto el MS 102 además



de tener plantas más chicas (con menos requerimientos), ubicó su floración en un momento de mejor disponibilidad hídrica al compararlo con el MS 109.

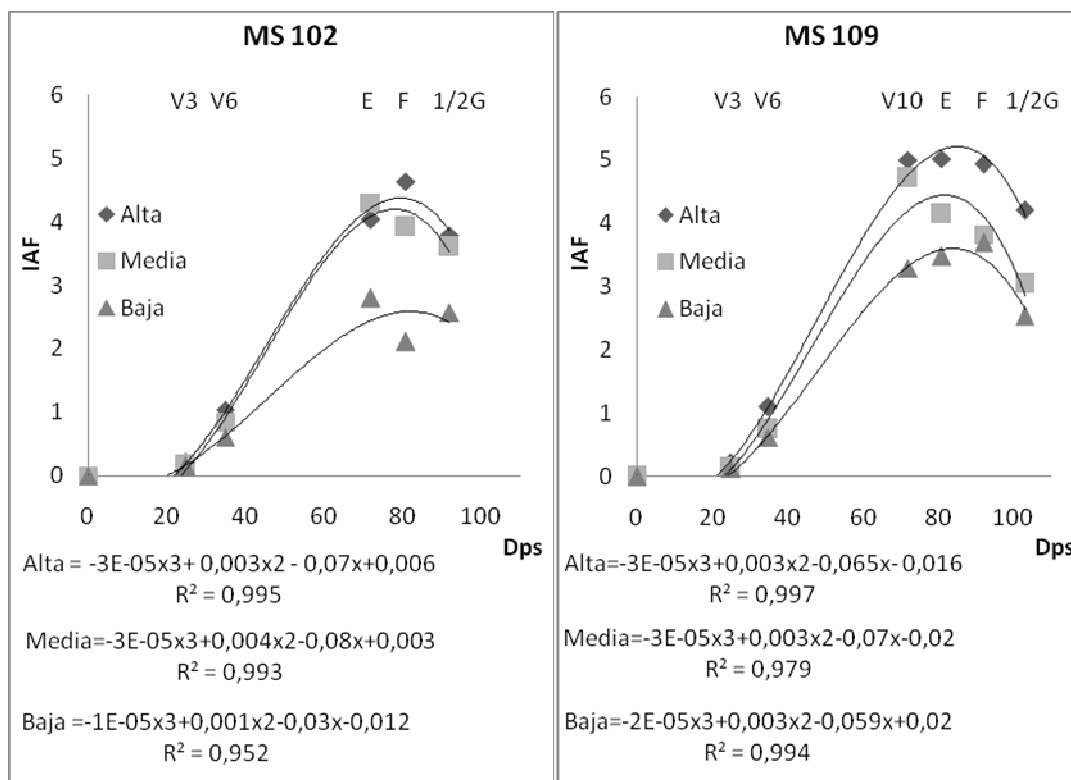


Figura No.16: Evolución del IAF para ambos híbridos, al incrementarse la población (plantas/m<sup>2</sup>)

El IAF evoluciona en forma creciente en los dos híbridos al aumentar la población, no llegando a ser significativo en el MS 102 salvo a floración (Apéndice No.43). Por el contrario para el MS 109 dicho aumento siempre es significativo, menos en embuche donde igualmente la tendencia se mantiene (Apéndice No.44). Esto indica que en estos casos (donde hubo significancia), tuvo mayor efecto la población que el AF desarrollada por planta en explicar el IAF.

Más allá de las diferencias encontradas en IAF para los distintos rangos de población, no existieron diferencias a nivel de rendimiento, lo cual estaría indicando que la luz no fue una limitante en el desarrollo del cultivo. Las poblaciones bajas de ambos híbridos confirman esto, ya que a pesar de alcanzar valores de IAF muy bajos (IAF máx: 2.8 para MS 102, y 3.6 para MS 109), lograron rendimientos iguales al resto de las poblaciones.

### 4.3. RESPUESTA AL HÍBRIDO

Los materiales genéticos, como fuera comentado en Materiales y Métodos, presentan diferencias de ciclo y de porte fundamentalmente. Tales diferencias determinaron comportamientos disímiles.

Es destacar que la implantación del MS 102 resultó ser significativamente superior a la del MS 109 (Apéndice No.45), diferencia que puede estar explicada por un mayor peso de grano, que como lo menciona Hugo et al. (1991) tiene gran incidencia en el número de plantas logradas. Si consideramos las condiciones de baja humedad en suelo a la siembra, que luego se prolongaron durante la implantación, probablemente el mayor tamaño de semilla del MS 102 le brindó mayor independencia en la instalación del cultivo.

#### 4.3.1. Rendimiento en grano

En la Figura No.17 se presenta el rendimiento en grano promedio para los híbridos evaluados.

El efecto híbrido es significativo al 7% (Apéndice No.46), siendo la diferencia de una magnitud considerable, 1450 kg/ha a favor del MS 102. En los ensayos de evaluación de cultivares de la zafra anterior (2006/2007) realizados en INIA La Estanzuela, para siembras de segunda época, las diferencias genéticas fueron muy similares. El híbrido MS 102 superó significativamente al MS 109 en 1762 kg/ha, y cabe destacar que los rendimientos fueron 6286 y 4524 kg/ha para el híbrido MS 102 y MS 109 respectivamente.

Los resultados de rendimiento a favor de los materiales de ciclo corto coinciden con los trabajos de Artola (1978), Ghisellini y Holtz (1985), Alcoz et al. (1988), Ayala y Sawchik (1988).

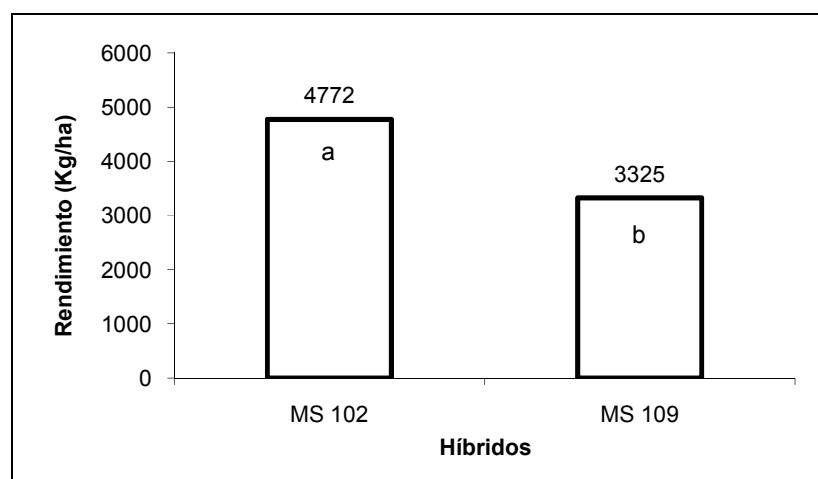


Figura No.17. Rendimiento en grano (kg/ha) para los dos híbridos evaluados en su comportamiento promedio

Para entender en forma más precisa que factores pueden haber influido en los rendimientos obtenidos para cada híbrido, es importante conocer de que manera y en que condiciones se generaron los diferentes componentes del rendimiento.

#### 4.3.2. Componentes del rendimiento

Como ya fuera mencionado en secciones anteriores, se destaca el escaso macollaje en ambos híbridos, en promedio 1,3 y 1,2 tallos por planta para el MS 102 y MS 109 respectivamente, diferencia que no es significativa, y como resultado ambos híbridos obtuvieron en promedio 32 tallos/m<sup>2</sup> al estado de floración (Apéndice No. 47). El escaso macollaje en ambos híbridos es atribuible a las temperaturas más elevadas en las etapas iniciales del cultivo en siembras de segunda, y a las limitantes hídricas que experimentó el cultivo.

En el Cuadro No.6 se puede apreciar que los híbridos presentaron diferencias en el número de panojas fértiles por planta y por ende en las panojas por superficie, a favor del híbrido de ciclo corto (Apéndice No. 48). Lo anterior es el resultado de la mejor disponibilidad hídrica que el MS 102 tuvo entorno a floración (Apéndice No. 49). Por el contrario el MS 109 consumió el agua en estadios anteriores llegando a floración con poca disponibilidad (Apéndice No.49), por lo cual se afectó con un mayor número de panojas estériles por superficie aunque la diferencia no llegó a ser significativa.

Cuadro No. 6. Diferencias en los híbridos evaluados en relación a algunos componentes del rendimiento

| Híbrido | Pan.Fert.<br>/planta | Pan.Fert.<br>/m <sup>2</sup> | Pan.Est.<br>/m <sup>2</sup> | Granos<br>/panoja | Granos<br>/m <sup>2</sup> | PMG<br>(g) | Rendpan<br>(g) |
|---------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|------------|----------------|
| MS 102  | 1,10 a               | 25,8 a                       | 6,6                         | 789,8             | 20247                     | 23,7 a     | 18,7           |
| MS 109  | 0,86 b               | 23,4 b                       | 8,4                         | 833,2             | 18831                     | 17,7 b     | 14,9           |
| Pr > F  | 0,0435               | 0,0954                       | ns                          | ns                | ns                        | 0,002      | ns             |

Valores seguidos por diferentes letras dentro de columnas difieren entre sí.

En el Cuadro No.6 también se observa que el número de granos/panoja tiende a ser mayor en el MS 109, pero al tener menos panojas por planta la tendencia se revierte en el número de granos/planta, resultando tener 852 y 722 granos/planta el híbrido MS 102 y MS 109 respectivamente. De lo anterior resulta que el número de granos/m<sup>2</sup> tiende a ser mayor en el MS 102. A su vez este híbrido tiene granos significativamente más pesados, de manera tal que compensa la tendencia en el menor número de granos/panoja y el rendimiento de la misma tiende a ser mayor (Apéndice No.50).

Por lo tanto de lo anterior se deduce que los componentes que explican las diferencias de rendimiento entre los híbridos son el número de panojas por planta y el peso de los granos. No existen datos de evaluaciones en peso de 1000 granos para los híbridos en cuestión, pero como resultado de las diferencias de ciclo el MS 102 ubicó su período de llenado de granos en una mejor condición ambiental (más agua disponible), por lo que si bien ambos híbridos tuvieron bajo PMG, se deduce que el MS 102 puede haber tenido una reducción de menor magnitud (PMG registrado por Algorta y Carcabelos (2007) para MS 102: 32,7 g.).

#### 4.3.3. Producción y distribución de materia seca

En el Cuadro No.7 se presentan los valores obtenidos de Materia Seca total a cosecha, grano y proporción de grano de ambos híbridos.

Cabe mencionar que a cosecha no existieron diferencias entre híbridos en el peso de las plantas, las cuales en promedio pesaron 41 g.MS/planta. Como resultado de lo anterior, en el Cuadro No.7 se aprecia que tampoco se registraron diferencias en la producción de MS/ha a cosecha (Apéndice No.50).

Cuadro No.7. Producción de MS total, grano y proporción de grano de los híbridos MS 102 y MS 109

| Híbrido | MS (kg/ha) | Grano (Kg/ha) | IC     |
|---------|------------|---------------|--------|
| MS 102  | 9887       | 4772 a        | 0,48 a |
| MS 109  | 10269      | 3325 b        | 0,32 b |
| Pr > F  | ns         | 0,0736        | 0,0015 |

Valores seguidos por diferentes letras dentro de columnas difieren entre sí.

Los dos componentes, la MS total y el Índice de Cosecha, varían en forma contraria. Es así que mientras el híbrido MS 102 tiende a tener una menor producción de materia seca total, su proporción de grano en la MS es significativamente superior a la del MS 109. Como resultado de lo comentado el MS 102 obtuvo mayor rendimiento en grano. Esto determina que la proporción de grano es un factor muy importante en determinar mejores rendimientos. La mayor eficiencia en la producción de grano por parte del MS 102 estuvo muy influenciada por las diferencias de ciclo, que como se comentó en párrafos anteriores le permitió al ciclo corto una utilización más eficiente del agua en los momentos de concreción del rendimiento (floración y llenado de granos). Desde este punto de vista, los híbridos de ciclo corto y porte más bajo, con mayor capacidad de producir granos en proporción a la MS total, estarían más adaptados a la producción de rendimiento en grano en situaciones de siembras de segunda, considerando que las limitantes hídricas en dicha estación de crecimiento suelen ser frecuentes en nuestras condiciones de clima y suelo.

Es de destacar como resultado para el sistema, que el híbrido de ciclo corto terminó aportando 1830 kg MS/ha menos de rastrojo que el de ciclo intermedio.

Artola (1978) registró 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.

#### 4.3.4. Parámetros de desarrollo

En el Cuadro No.8 se presentan los valores de altura de planta y excursión de la panoja para ambos híbridos.

Cuadro No.8. Altura de planta y excursión de la panoja, para los híbridos MS 102 y MS 109

| Híbrido | Altura (cm) | Excursión (cm) |
|---------|-------------|----------------|
| MS 102  | 87 b        | 17,4 a         |
| MS 109  | 100 a       | 9,6 b          |
| Pr > F  | 0,0027      | 0,012          |

Valores seguidos por diferentes letras dentro de columnas difieren entre sí.

Las diferencias de porte se confirmaron en el ensayo, existiendo entre ambos una diferencia altamente significativa de 13 cm a favor del MS 109 (Apéndice No.51).

Cabe destacar sin embargo, que las diferencias en altura registradas no tuvieron efecto sobre la masa vegetativa por planta que produjeron los híbridos.

La excursión presentó una diferencia muy significativa de 7,8 cm a favor del MS 102, lo cual no coincide con la evaluación de cultivares donde se registran 16 cm de excursión para ambos híbridos. Por lo tanto se puede concluir que la excursión de la panoja del MS 109 se vio afectada por las mayores deficiencias hídricas que presentó este híbrido entre embuche y floración. En éste sentido Carrasco, datos sin publicar, citado por Siri (2004) afirma que un déficit hídrico severo en la etapa de embuche puede dificultar la excursión de la panoja desde la vaina de la hoja bandera lo que, además de comprometer el rendimiento potencial, causa una infinidad de inconvenientes para la planta.

#### 4.3.4.1. Parámetros foliares

El AF desarrollado por planta en ambos híbridos alcanzó su máximo en el estado de embuche, llegando a 1420 cm<sup>2</sup>/planta en el MS 102 y 1816 cm<sup>2</sup>/planta en el MS 109, siendo estos valores significativamente distintos al 8,9 % (Apéndice No. 52). Como consecuencia del AF, el IAF alcanzó el máximo en dicho estadio, siendo de 3,5 para el MS 102 y de 4,8 para el MS 109, valores que difieren significativamente al 3,2 %. Durante el resto del ciclo las diferencias siguieron a favor del MS 109 (Apéndice No. 53). Ello estaría marcando que las diferencias en capacidad de fotosíntesis no se expresaron en el rendimiento obtenido, por lo que se puede confirmar diferencias en la eficiencia de la producción de granos entre uno y otro híbrido a favor del MS 102.

Artola (1978) reportó que los materiales de ciclo corto serían más eficientes en la producción de grano con un menor índice de área foliar pero logrado más tardíamente. Esto traería como consecuencia un mayor ahorro del agua del suelo para los momentos de floración y llenado del grano, lo que estaría acorde a lo que sucedió con el híbrido MS 102.

#### 4.4. RESPUESTA AL AGUA DISPONIBLE EN EL SUELO

En esta sección se presentan los resultados correspondientes a la evolución y uso de del agua del suelo por parte del cultivo.

##### 4.4.1. Evolución del Agua Disponible (AD) en el suelo

En la Figura No.18 se presentan las precipitaciones desde el día de la siembra, y la evolución del AD en los 60 cm de suelo desde V6 a medio grano, para ambos híbridos.

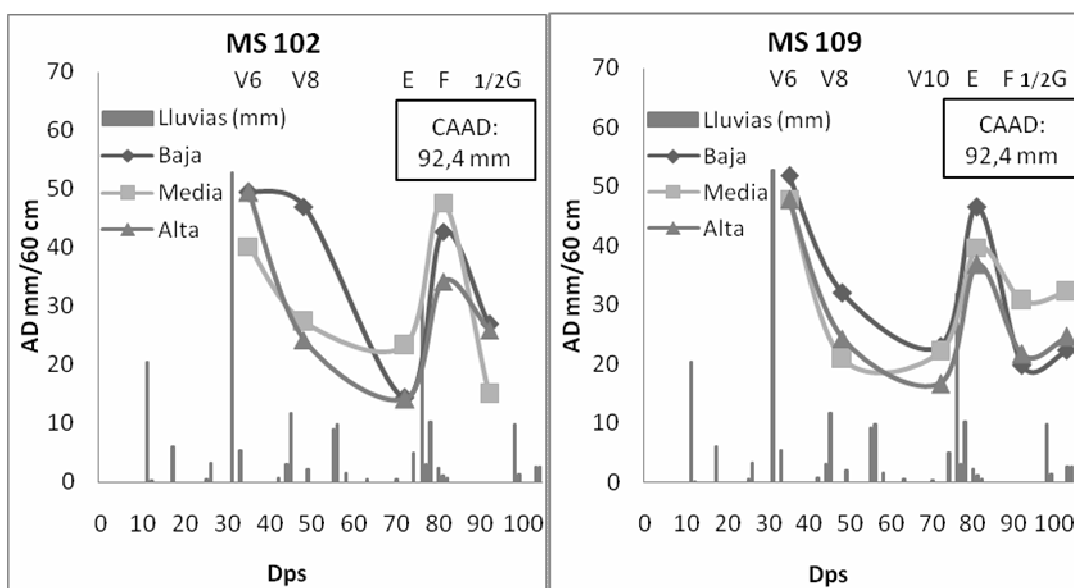


Figura No.18: Evolución del agua disponible en el suelo (mm / 60 cm) para el híbrido MS 102 (izq.) y MS 109 (der.), para tres niveles de población (planta/m<sup>2</sup>)

Para misma fecha, la disponibilidad de agua en el suelo no fue afectada en forma diferencial por la población del cultivo. (Apéndice No.55 para MS 102 y No.56 para MS 109), lo que se explica por el hecho de que el agua en el suelo

fue utilizada por el cultivo y las lluvias no lograron establecer diferencias entre tratamientos. Desde el estadio V6 en adelante el suelo tuvo una disponibilidad de agua por debajo del 50% de la CAAD (Capacidad de Almacenaje de Agua Disponible), lo que implica que el cultivo creció durante la mayor parte del ciclo entorno al nivel de agotamiento permisible. Se puede considerar que los tres niveles de población consumieron el agua que tenían disponible.

En el híbrido MS 102, la población estableció diferencias significativas en la tasa de cambio entre fechas de determinación (Apéndice No.55). En éste sentido, en la población alta la disponibilidad de agua descendió significativamente entre V6 y V8, mientras que las otras poblaciones lo hicieron a una tasa menor, lo que responde al consumo de agua diferencial entre poblaciones durante este período. La población baja consumió de manera más lenta el agua almacenada en el suelo. Las lluvias registradas entre Embuche y Floración permitieron recuperar la cantidad AD hasta los niveles de fechas anteriores. Luego, entre Floración y Medio grano, fue nuevamente consumida a igual tasa entre poblaciones, por lo que el AD volvió a descender nuevamente asociado a la ausencia de precipitaciones.

Para el híbrido MS 109 independientemente de la población el agua descendió significativamente hasta el estadio de V10. Las lluvias registradas entre V10 y Embuche permitieron reponer la cantidad de AD, la que descendió nuevamente entre Embuche y Floración por consumo de agua y ausencia de precipitaciones. Por último, las precipitaciones que se registraron entre Floración y Medio grano permitieron mantener los niveles de agua disponible en suelo.

Como resumen se destaca una mejor disponibilidad hídrica para híbrido MS 102 (Figura No.18 izquierda) entre los estadios de Embuche y Floración en comparación al híbrido MS 109 (Figura No.18 derecha). Como resultado el híbrido MS 102 concretó un mayor No. de panojas fértiles por planta a cosecha, que como ya se mencionó, fue el componente que le permitió obtener mayor No. de granos por planta, pues el número de granos por panoja tuvo una tendencia a ser mayor en el MS 109.

Por otro lado entre Floración y Medio grano, en el rango de poblaciones comparables, el MS 102 tuvo en promedio 48% más de agua disponible que el MS 109 (Apéndice No.49), a lo que se le suman las precipitaciones registradas desde Medio grano en adelante. Se puede concluir entonces, que el agua disponible en dichos momentos influyó en el mayor PMG obtenido por el MS 102.



En la Figura No.19 se presenta la evolución de AD por profundidad.

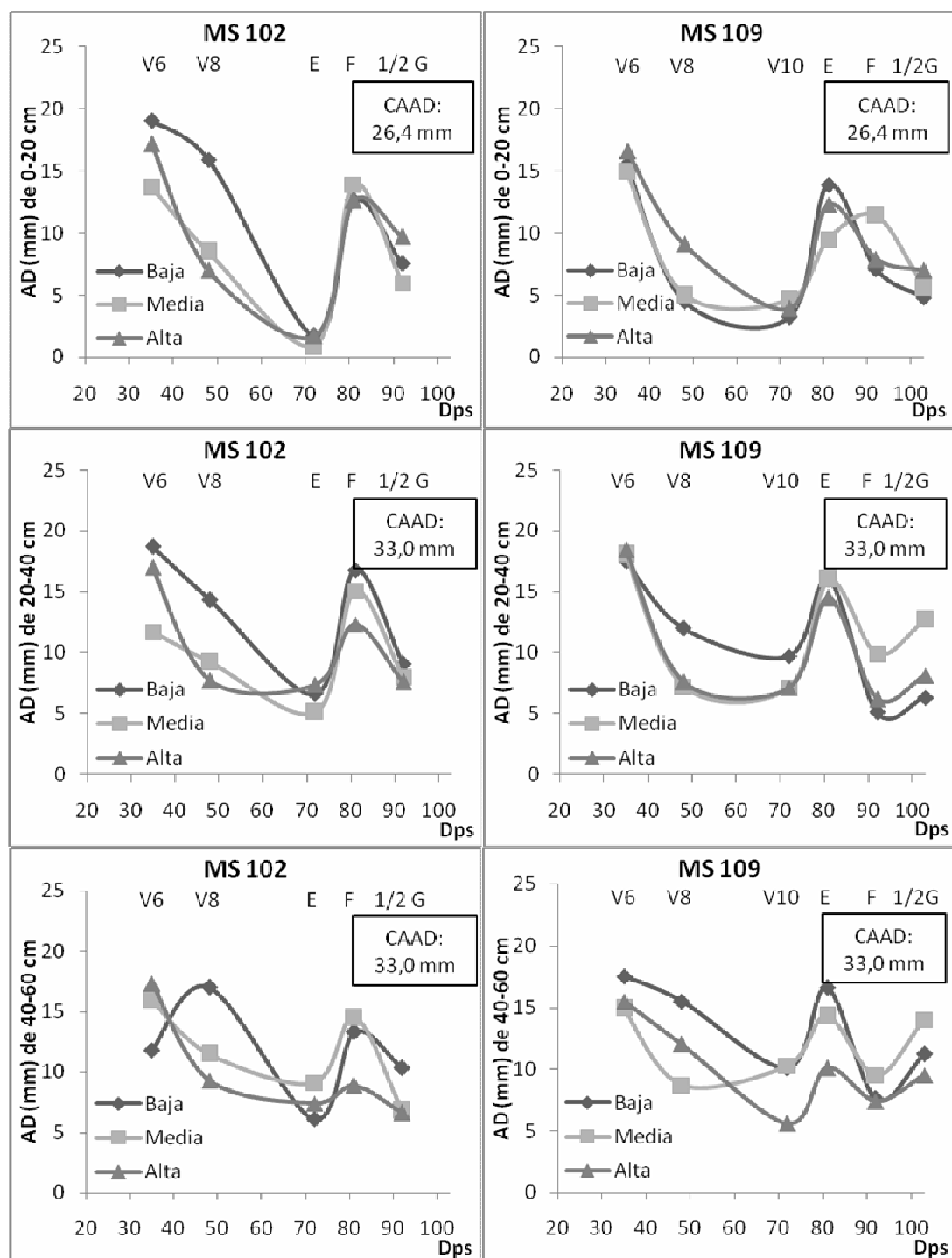


Figura No.19: Evolución del agua disponible por profundidad (mm/0-20 cm, mm/20-40 cm, mm/40-60 cm) para los híbridos MS 102 (izq.) y MS 109 (der.), al incrementarse la población (pl/m<sup>2</sup>)

Para ambos híbridos no se registraron diferencias entre poblaciones en AD de 0-20 cm de profundidad para una misma fecha (Apéndices No.57, MS 102 y No.60, MS 109), pero sí existieron diferencias entre fechas.

La única diferencia en AD se detectó en MS 102 a población baja, donde la reducción significativa en AD se produjo entre V8 y embuche. En las poblaciones media y alta el AD se redujo de manera significativa desde V6 a embuche.

Esta diferencia también se registró en el segundo estrato del suelo (20-40 cm) (Apéndices No.58, MS 102 y No.61, MS 109), en el que la población baja del híbrido MS 102 mantuvo mejor disponibilidad de agua hasta V8, llegando a un nivel mínimo en embuche. En el híbrido MS 109 el comportamiento fue similar, la población baja mantuvo los niveles de AD hasta el estado de embuche, mientras que las otras poblaciones descendieron significativamente el nivel de AD en V8.

En la profundidad de 40-60 cm no se detectaron diferencias en la evolución del agua disponible en las diferentes poblaciones, para ambos híbridos (Apéndices No.59, MS 102 y No.62, MS 109).

En todos los casos las lluvias ocurridas entre los 75 y 80 días recargaron las diferentes profundidades del perfil, llegando a ser dicha recarga significativa en los primeros 40 cm de profundidad. Esto se debe a que el nivel de agua en el suelo era tal que las precipitaciones ocurridas sólo alcanzaron para recargar los estratos superiores del suelo, no llegando a filtrar a la zona más profunda.

En resumen a misma fecha nunca existieron diferencias en AD para las distintas poblaciones en ambos híbridos, pero si existieron en la evolución dentro de cada población. La situación que se repite es que las poblaciones bajas mantuvieron los niveles de AD durante más tiempo, pero debido a que el suelo se secó progresivamente y no hubo lluvias de importancia, los niveles de agua se igualaron para todas las poblaciones. Luego de una lluvia que recargó los primeros 40 cm del perfil el agua se consumió de manera independiente de la población.

#### 4.4.2. Consumo de agua

Considerando el consumo desde siembra hasta el estadio de 1/2 G, no se registraron respuestas al aumento de la población (Apéndices No.63, MS 102 y No.64, MS 109). El híbrido MS 102 en promedio consumió 226 mm y el MS 109 243 mm, diferencias que se explican por el largo de ciclo de los

híbridos. Las precipitaciones recibidas por el MS 109 en ese período fueron 17 mm más de lluvia.

Según el modelo propuesto por Hanks (1974), con éstos consumos registrados, la biomasa producida por los híbridos estaría entorno al 45 % del rendimiento potencial de MS, lo que daría un potencial de 22 tt de MS total/ha, siendo éste un valor razonable.

En la Figura No.20 se visualiza el consumo diario de agua para los diferentes períodos.

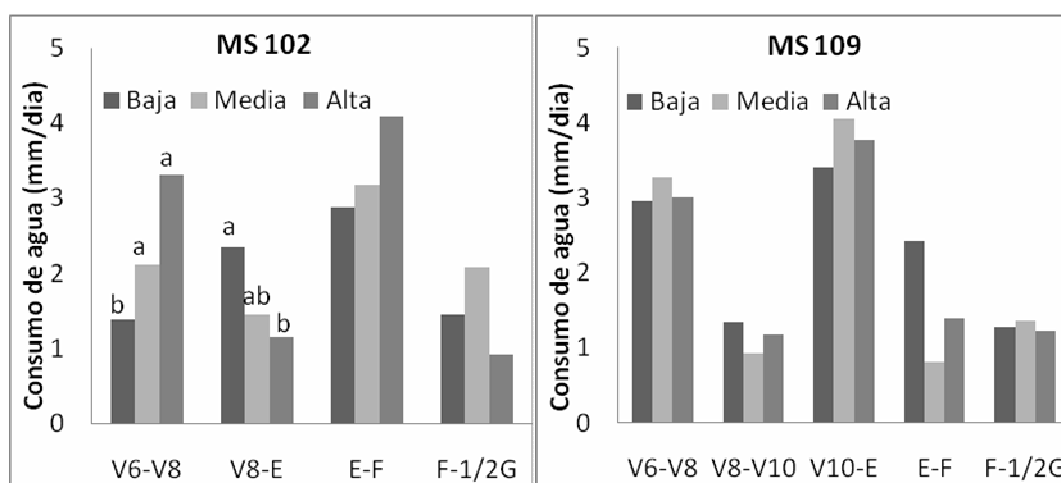


Figura No.20: Consumo de agua diario según períodos para los híbridos MS 102 (izq.) y MS 109 (der.), al incrementarse la población (planta/m<sup>2</sup>)

Las únicas diferencias significativas para el híbrido MS 102 se registraron en los períodos V6-V8 y V8-Embuche (Apéndice No.63), siendo el consumo total entre V6-Embuche similar para las diferentes poblaciones (69 mm), difiriendo por tanto en los momentos en que se consumió el agua. Entre V6-V8 la población alta consumió más agua que el resto (61% de lo que consumió entre V6-E), lo cual coincide con el descenso significativo en la evolución de AD del suelo para dicha población en ese período. Por el contrario entre V8-Embuche la población baja es quien más consume (76% de lo consumido entre V6-E), y también coincide con el descenso significativo que tuvo la evolución del AD para dicha población en ese período. Esto ocurre porque la población alta ya utilizó agua durante el período anterior, quedando una menor cantidad de agua disponible para ser utilizada en la etapa siguiente. La población menor

utilizó menos agua entre V6-V8 y dejó un residuo mayor que le permitió un mayor consumo entre V8-Embuche.

El menor desarrollo del IAF en la población baja del MS 102 (Figura No.16) estaría explicando las diferencias de consumo con el resto de las poblaciones en las primeras etapas de desarrollo.

En el caso del MS 109 no hubo diferencias significativas. Esto puede estar explicado porque los rangos de población quedaron más acotados en comparación al MS 102 donde se obtuvo un rango más amplio de poblaciones. Las poblaciones del híbrido MS 109 desarrollaron valores de IAF similares a las poblaciones altas y medias del MS 102 (Figura No.16), lo cual determinó que el AD se consumiera toda independientemente de la población.

Los mayores consumos de agua realizados por ambos híbridos coinciden con los momentos de mejor disponibilidad hídrica en el suelo. En el caso del MS 102 esto coincidió con el período Embuche-Floración, y en el MS 109 entre V10-Embuche (ver figuras No.19 y No.21).

Si comparamos los consumos potenciales citados por Keese (1971) con los máximos obtenidos en el experimento, éstos no llegaron al 60% del potencial, lo que se explica por la baja disponibilidad hídrica a lo largo del ciclo del cultivo que creció prácticamente siempre con AD por debajo del 50 % del agua potencialmente disponible total.

## 5. CONCLUSIONES

No hubo respuesta significativa en rendimiento al incremento de la población, lo que contrasta con la mayoría de los antecedentes nacionales, pero concuerda con los resultados más recientes de Algorta y Carcabelos (2007).

Los componentes de rendimiento que variaron significativamente con el aumento de la población fueron: plantas/m<sup>2</sup>, panojas/m<sup>2</sup>, número de granos por panoja, peso de mil granos, rendimiento por panoja.

La falta de respuesta fue explicada por la compensación entre componentes panojas/m<sup>2</sup> y número de granos/panoja, compensación que ocurrió de manera similar en ambos híbridos.

La biomasa total se vio afectada por las deficiencias hídricas llegando a un valor promedio de 10 toneladas/ha, no detectándose respuesta al aumento de la población resultado de la compensación existente entre el número de plantas/m<sup>2</sup> y el peso individual de las mismas. El IC tampoco tuvo respuesta coincidiendo con la bibliografía existente en el país.

Las diferencias de ciclo entre los híbridos determinaron condiciones hídricas diferentes para uno y otro híbrido, detectándose diferencia en rendimiento a favor del ciclo corto. Éste escapó a situaciones de severo estrés hídrico en momentos de concreción de rendimiento y llenado de granos, resultando tener una mayor eficiencia en la producción de granos. Los componentes que explicaron las diferencias entre los híbridos fueron el número de panojas por planta y el peso de los granos.

No se halló respuesta a la población en AD para misma fecha, siendo consecuencia de las deficiencias ocurridas, lo que causó que independientemente de la densidad de plantas el agua se consumiera totalmente.

Fue un año muy seco en el cual las poblaciones bajas lograron desarrollar mayor tamaño de planta y de panoja, explicando la falta de respuesta de la biomasa y del rendimiento a la población.

Los resultados coinciden con los obtenidos para respuesta a la población en ambientes con agua limitante. En estos ambientes, los resultados obtenidos muestran mejor beneficio sembrando a bajas densidades, lo que permite ahorro de semilla e iguales rendimientos. A su vez se destaca el mejor comportamiento de los materiales de ciclo corto por la mejor eficiencia en el uso del agua,

obteniéndose mejor rendimiento en grano como lo demuestran resultados nacionales e internacionales.

## 6. RESUMEN

El experimento fue realizado en el verano 2007-2008 en el establecimiento "El Dacá" situado en el departamento de Soriano, próximo a la ciudad de Mercedes. Se evaluaron dos híbridos de ciclos diferentes (MS102 de ciclo corto y MS 109 de ciclo intermedio) variando las poblaciones (desde 169.000 a 426.000 plantas/ha), a una distancia entre hileras constante a 42 cm, aumentando por ende las plantas por metro lineal. Fue un cultivo de segunda, sembrado sin laboreo sobre rastrojo de cebada, y se desarrolló en un verano particularmente seco. Se determinó IAF y biomasa en V3, V6, embuche, floración y medio grano; y al momento de la cosecha: panojas/planta, panojas.m<sup>-2</sup> número de granos por panoja, peso de 1000 granos y rendimiento en grano. También se hizo un monitoreo de agua en el suelo en V6, V8, embuche, floración y medio grano. No hubo respuesta significativa en rendimiento a los tratamientos. La falta de respuesta fue explicada por la compensación entre componentes panojas/m<sup>2</sup> y número de granos/panoja, compensación que ocurrió de manera similar en ambos híbridos. Se registró diferencias en rendimiento entre híbridos a favor del ciclo corto, atribuibles al escape de estrés hídrico en momentos de concreción y llenado de granos, lo que determinó una mayor eficiencia en el uso del agua para la producción de granos. No se encontró respuesta a la población en AD para misma fecha, siendo consecuencia de las deficiencias ocurridas, lo que causó que independientemente de la densidad de plantas el agua se consumiera toda.

Palabras clave: Población; Híbrido; Sorgo granífero.

## 7. SUMMARY

The experiment was realized in the summer 2007-2008 in the establishment "El Dacá" placed in the department of Soriano, next to Mercedes city. There were evaluated hybrids of different cycles (MS102 of short cycle and MS 109 of intermediate cycle) varying populations (from 169.000 to 426.000 plants per hectare), at a constant distance between row of 42 cm, increasing consequently the plants for lineal meter. It was a cultivation of second, seeding in No-till systems after barley stubble, and it was developed in a particularly dry summer. It was determined LAI and biomass in five stages, and to the moment of the crop: cob per plant, cobs/m<sup>2</sup>, number of grains for cob, weight of 1000 grains and yield in grain. Monitoring of water in the soil was also made at six stages. There was not significant answer in yield to the treatments. The lack of answer was explained by the compensation between components cobs/m<sup>2</sup> and grain per cob, compensation that happened in a similar way in both hybrids. Registered differences in yield between hybrids in favor of the short cycle, was attributable to the escape of water stress in concretion and filled of grains moments, which determined a better efficiency in the use of the water for the production of grains. There was not answer to the population in AD for same date, being consequence of the happened deficiencies, which caused that independently of the density of plants the water was consumed.

Key words: Population; Hybrid; Grained Sorghum.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

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. ALGORTA, E. J.; CARCABELOS, J. 2007. Efecto de distintas distancias entre hileras, población e híbrido de sorgo granífero en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 49 p.
3. ANTELO, J. F.; MERMOT, C.A. 1988. Efecto de la densidad y la distribución en el cultivo de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. s.p.
4. ARMY, T.J.; BOND, J.J.; LEHMAN, O.R. 1964. Row spacings, plant population and moisture supply as factors in dryland grain sorghum production. *Agronomy Journal*. 56: 3-7.
5. AYALA, W.; SAWCHIK, J. 1988. Densidad de siembra en cultivares de sorgo uranífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 110 p.
6. BLUM, A. 1970. Effect of plant density and growth duration on grain sorghum yield under limited water supply. *Agronomy Journal*. 62: 333-336.
7. \_\_\_\_\_. 1972. Effect of planting date on water use and its efficiency in dryland grain sorghum. *Agronomy Journal*. 64: 775-778.
8. CARRASCO, P. 1985. Bases ecofisiológicas para el manejo del sorgo en el Uruguay. In: Seminario Técnico (1º, 1985, Paysandú). Trabajos presentados. s.n.t. s.p.
9. \_\_\_\_\_. 1989. Potencial de producción de sorgo granífero en el litoral norte. Manejo de la densidad y distribución en sorgo granífero para la obtención de altos rendimientos. Facultad de Agronomía. Serie Documentos no.1. s.p.
10. CORSI, W. 1982. Regionalización agroclimática del Uruguay para cultivos. *Miscelánea CIAAB*. no. 40: 14-15.

11. DONALD, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plant. *Advise of Agronomy*. 12: 4-118.
12. 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.
13. 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.
14. GHISELLINI, N.; HOLTZ, I. 1985 Alternativas de manejo en sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 109 p.
15. 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.
16. GRIMES, D.W.; MUSICK, J.T. 1960. Effect of plant spacing, fertility and irrigation management on grain sorghum production. *Agronomy Journal*. 52: 647-650.
17. HANKS, R.J. 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. *Agronomy Journal*. 66: 660-665.
18. HERRON, G.M.; GRIMES, D.W.; MUSICK, J.T. 1963. Irrigation and water management nitrogen fertilization of grain sorghum. *Agronomy Journal*. 55: 295-298.
19. HUGO, W.; KLAASEN, N.; MERELLO, A. 1991. Factores que afectan la implantación en sorgo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 72 p.
20. HUME, D.J.; KEBEDE,. 1981. Responses to planting date and population density by early-maturing sorghum hybrids in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*. 61: 265-273.

21. KAMOSHITA, A.; FUKAI, S.; MUCHOW, R.C.; COOPER, M. 1998. Genotypic variation for grain yield and grain nitrogen concentration among sorghum hybrids under different levels of nitrogen fertilizer and water supply. *Australian Journal of Agricultural Research*. 49: 737-747
22. 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.
23. LANGLET, A.; ALDHUY, A. 1971. Observations sur les composantes du rendement en grain du sorgho. *C.R. Académie Agricola*. 70: 1606-1615.
24. 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.
25. \_\_\_\_\_; 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.
26. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1981. Row spacing and population density in grain sorghum, a simple analysis. *Field Crops Research*. 4(2): 147-154.
27. MOLFINO, J.H. y CALIFRA, A. 2001. Agua disponible de la tierras del Uruguay. Montevideo, MGAP. DSA. s.p.
28. 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.
29. 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.
30. PLAUT, Z.; BLUM, A.; ARNON, I. 1960. Effect of soil moisture regime and row spacing on grain sorghum production. *Agronomy Journal*. 61: 344-434.

31. 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.
32. ROBINSON, R.G. 1964. Row spacing and plant population for grain sorghum in the Humid North. *Agronomy Journal*. 56: 189-191.
33. SIRI, G. 2004. *Sorgo*. Montevideo, Facultad de Agronomía. 96 p.
34. 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.
35. THOMAS, G.A. 1981. Evaluation of row spacing and population density effects on grain sorghum over a range of northern Australian environments. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 21: 210-217

## 9. APÉNDICES

### Apéndice No.1. Condiciones ambientales en el año del ensayo

| Mes | Década | Zafra 2007/2008 |                                   |                  |      |       | Serie 1931-1996 |                  |      |       |
|-----|--------|-----------------|-----------------------------------|------------------|------|-------|-----------------|------------------|------|-------|
|     |        | pp<br>(mm)      | Evaporación<br>tanque "A"<br>(mm) | Temperatura (°C) |      |       | pp<br>(mm)      | Temperatura (°C) |      |       |
|     |        |                 |                                   | Tmax             | tmin | tprom |                 | tmax             | tmin | Tprom |
| NOV | 1°     | 0,9             | 65,0                              | 26,3             | 11,8 | 19,1  | 30,5            | 25,1             | 12,3 | 18,7  |
|     | 2°     | 6,7             | 62,0                              | 26,0             | 10,7 | 18,4  | 23,4            | 26,1             | 13,0 | 19,5  |
|     | 3°     | 6,9             | 88,4                              | 30,4             | 13,0 | 21,7  | 27,6            | 27,8             | 13,9 | 20,9  |
| DIC | 1°     | 14,2            | 103,5                             | 31,6             | 15,3 | 23,5  | 29,5            | 29,0             | 15,1 | 22,0  |
|     | 2°     | 31,4            | 98,0                              | 31,4             | 13,6 | 22,5  | 29,3            | 29,5             | 15,6 | 22,5  |
|     | 3°     | 20,6            | 101,8                             | 32,4             | 18,3 | 25,3  | 21,7            | 30,9             | 16,6 | 23,8  |
| ENE | 1°     | 9,8             | 106,4                             | 33,7             | 20,4 | 27,1  | 29,0            | 31,5             | 17,5 | 24,5  |
|     | 2°     | 58,2            | 74,4                              | 29,8             | 16,6 | 23,2  | 26,3            | 31,5             | 17,3 | 24,4  |
|     | 3°     | 15,5            | 85,6                              | 29,3             | 19,7 | 24,5  | 42,3            | 31,0             | 17,7 | 24,4  |
| FEB | 1°     | 22,6            | 101,9                             | 29,0             | 17,4 | 23,2  | 32,8            | 30,2             | 17,1 | 23,6  |
|     | 2°     | 0,5             | 84,4                              | 29,5             | 17,7 | 23,6  | 33,1            | 29,9             | 17,2 | 23,6  |
|     | 3°     | 40,2            | 84,5                              | 30,6             | 20,7 | 25,6  | 36,3            | 30,1             | 17,0 | 23,5  |
| MAR | 1°     | 14,4            | 59,3                              | 26,7             | 17,9 | 22,3  | 34,3            | 28,9             | 16,4 | 22,6  |
|     | 2°     | 0               | 69,5                              | 28,4             | 14,6 | 21,5  | 43,5            | 27,5             | 15,2 | 21,4  |
|     | 3°     | 16,5            | 58,6                              | 27,4             | 15,7 | 21,5  | 40,2            | 26,3             | 14,0 | 20,2  |
| ABR | 1°     | 0               | 44,6                              | 28,6             | 11,0 | 19,8  | 30,5            | 24,9             | 12,5 | 18,7  |
|     | 2°     | 0               | 47,0                              | 25,7             | 6,5  | 16,1  | 27,9            | 23,1             | 11,1 | 17,1  |
|     | 3°     | 12              | 32,9                              | 26,6             | 10,5 | 18,5  | 25,5            | 22,4             | 10,6 | 16,5  |

-----

Apéndice No.2. Humedad en grano a cosecha (19/04/08)

| Híbrido | Tratamiento | Hum. grano (%) | Hum. Promedio (%) |
|---------|-------------|----------------|-------------------|
| MS 102  | 14          | 15,1           | 16,1              |
|         | 12          | 15,4           |                   |
|         | 15          | 15,4           |                   |
|         | 18          | 15,6           |                   |
|         | 7           | 15,8           |                   |
|         | 11          | 16,0           |                   |
|         | 4           | 16,3           |                   |
|         | 3           | 17,4           |                   |
|         | 5           | 17,9           |                   |
| MS 109  | 2           | 17,0           | 19,8              |
|         | 1           | 17,1           |                   |
|         | 13          | 19,0           |                   |
|         | 17          | 19,5           |                   |
|         | 6           | 20,1           |                   |
|         | 10          | 20,8           |                   |
|         | 8           | 20,9           |                   |
|         | 16          | 22,0           |                   |
|         | 9           | 22,1           |                   |

-----

Apéndice No.3. Rendimiento en grano corregido a 14% de Humedad

| Híbrido | Pobl. 21 (pl/m2) | Rend. (kg/ha) | Media del ensayo (kg/ha) |
|---------|------------------|---------------|--------------------------|
| MS 102  | 42,6             | 3599          | 3958                     |
|         | 21,4             | 2910          |                          |
|         | 41,7             | 3353          |                          |
|         | 22,1             | 4704          |                          |
|         | 34,5             | 4540          |                          |
|         | 38,3             | 4586          |                          |
|         | 18,6             | 6297          |                          |
|         | 39,5             | 5050          |                          |
|         | 26,2             | 5409          |                          |
| MS 109  | 31               | 3704          |                          |
|         | 18,5             | 3773          |                          |
|         | 24,8             | 3205          |                          |
|         | 33,3             | 3097          |                          |
|         | 21,7             | 2944          |                          |
|         | 17,1             | 3675          |                          |
|         | 16,9             | 3445          |                          |
|         | 32,1             | 3107          |                          |
|         | 24,3             | 3849          |                          |

-----

#### Apéndice No.4. Relación entre Implantación y Población para MS 102

|                          |    |                    |                |         |         |
|--------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure        |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1            |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: IMPL |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance     |    |                    |                |         |         |
| Source                   | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                    | 1  | 30.23815           | 30.23815       | 0.14    | 0.7161  |
| Error                    | 7  | 1475.31741         | 210.75963      |         |         |
| Corrected Total          | 8  | 1505.55556         |                |         |         |
| Root MSE                 |    | 14.51756           | R-Square       | 0.0201  |         |
| Dependent Mean           |    | 82.22222           | Adj R-Sq       | -0.1199 |         |
| Coeff Var                |    | 17.65650           |                |         |         |
| Parameter Estimates      |    |                    |                |         |         |
| Variable                 | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                | 1  | 75.78458           | 17.67134       | 4.29    | 0.0036  |
| Pobl21                   | 1  | 0.20337            | 0.53690        | 0.38    | 0.7161  |

#### Apéndice No.5. Relación entre Implantación y Población para MS 109

|                          |    |                    |                |         |         |
|--------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure        |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1            |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: IMPL |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance     |    |                    |                |         |         |
| Source                   | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                    | 1  | 159.67250          | 159.67250      | 7.70    | 0.0275  |
| Error                    | 7  | 145.21639          | 20.74520       |         |         |
| Corrected Total          | 8  | 304.88889          |                |         |         |
| Root MSE                 |    | 4.55469            | R-Square       | 0.5237  |         |
| Dependent Mean           |    | 63.88889           | Adj R-Sq       | 0.4557  |         |
| Coeff Var                |    | 7.12908            |                |         |         |
| Parameter Estimates      |    |                    |                |         |         |
| Variable                 | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                | 1  | 80.77053           | 6.27151        | 12.88   | <.0001  |
| Pobl21                   | 1  | -0.69156           | 0.24927        | -2.77   | 0.0275  |



## Apéndice No.6. Relación entre Tallos/planta y Población para MS 102

|                              |    |                    |                |         |         |
|------------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure            |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1                |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: TALLOSPL |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance         |    |                    |                |         |         |
| Source                       | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                        | 1  | 0.02854            | 0.02854        | 0.79    | 0.4043  |
| Error                        | 7  | 0.25369            | 0.03624        |         |         |
| Corrected Total              | 8  | 0.28222            |                |         |         |
| Root MSE                     |    |                    |                |         |         |
|                              |    | 0.19037            | R-Square       | 0.1011  |         |
| Dependent Mean               |    | 1.25556            | Adj R-Sq       | -0.0273 |         |
| Coeff Var                    |    | 15.16221           |                |         |         |
| Parameter Estimates          |    |                    |                |         |         |
| Variable                     | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                    | 1  | 1.45332            | 0.23173        | 6.27    | 0.0004  |
| Pobl21                       | 1  | -0.00625           | 0.00704        | -0.89   | 0.4043  |

## Apéndice No.7. Relación entre Tallos/planta y Población para MS 109

|                              |    |                    |                |         |         |
|------------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure            |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1                |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: TALLOSPL |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance         |    |                    |                |         |         |
| Source                       | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                        | 1  | 0.00470            | 0.00470        | 0.44    | 0.5295  |
| Error                        | 7  | 0.07530            | 0.01076        |         |         |
| Corrected Total              | 8  | 0.08000            |                |         |         |
| Root MSE                     |    |                    |                |         |         |
|                              |    | 0.10371            | R-Square       | 0.0588  |         |
| Dependent Mean               |    | 1.16667            | Adj R-Sq       | -0.0756 |         |
| Coeff Var                    |    | 8.88970            |                |         |         |
| Parameter Estimates          |    |                    |                |         |         |
| Variable                     | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                    | 1  | 1.07503            | 0.14281        | 7.53    | 0.0001  |
| Pobl21                       | 1  | 0.00375            | 0.00568        | 0.66    | 0.5295  |

## Apéndice No.8. Relación entre Tallos/m2 y Población para MS 102

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: TALLOSM2

### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1  | 891.14277      | 891.14277   | 37.70   | 0.0005 |
| Error           | 7  | 165.47945      | 23.63992    |         |        |
| Corrected Total | 8  | 1056.62222     |             |         |        |

|                |          |          |        |
|----------------|----------|----------|--------|
| Root MSE       | 4.86209  | R-Square | 0.8434 |
| Dependent Mean | 39.54444 | Adj R-Sq | 0.8210 |
| Coeff Var      | 12.29525 |          |        |

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 4.59642            | 5.91833        | 0.78    | 0.4628  |
| Pobl21    | 1  | 1.10401            | 0.17981        | 6.14    | 0.0005  |

## Apéndice No.9. Relación entre Tallos/m2 y Población para MS 109

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: TALLOSM2

### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1  | 449.43671      | 449.43671   | 68.93   | <.0001 |
| Error           | 7  | 45.64329       | 6.52047     |         |        |
| Corrected Total | 8  | 495.08000      |             |         |        |

|                |          |          |        |
|----------------|----------|----------|--------|
| Root MSE       | 2.55352  | R-Square | 0.9078 |
| Dependent Mean | 28.43333 | Adj R-Sq | 0.8946 |
| Coeff Var      | 8.98073  |          |        |

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 0.11069            | 3.51603        | 0.03    | 0.9758  |
| Pobl21    | 1  | 1.16024            | 0.13975        | 8.30    | <.0001  |

**Apéndice No.10. Relación entre No. panojas cosechadas/m2 y Pobl. para MS**  
**102**

|                           |    |                    |                |         |         |
|---------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure         |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1             |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: PANM2 |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance      |    |                    |                |         |         |
| Source                    | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                     | 1  | 331.73478          | 331.73478      | 59.63   | 0.0001  |
| Error                     | 7  | 38.94077           | 5.56297        |         |         |
| Corrected Total           | 8  | 370.67556          |                |         |         |
| Root MSE                  |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean            |    | 30.62222           | R-Square       | 0.8949  |         |
| Coeff Var                 |    | 7.70223            | Adj R-Sq       | 0.8799  |         |
| Parameter Estimates       |    |                    |                |         |         |
| Variable                  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                 | 1  | 9.29941            | 2.87097        | 3.24    | 0.0143  |
| Pobl21                    | 1  | 0.67359            | 0.08723        | 7.72    | 0.0001  |

**Apéndice No.11. Relación entre No. panojas cosechadas/m2 y Pobl. para MS**  
**109**

|                           |    |                    |                |         |         |
|---------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure         |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1             |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: PANM2 |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance      |    |                    |                |         |         |
| Source                    | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                     | 1  | 166.02139          | 166.02139      | 35.15   | 0.0006  |
| Error                     | 7  | 33.06083           | 4.72298        |         |         |
| Corrected Total           | 8  | 199.08222          |                |         |         |
| Root MSE                  |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean            |    | 21.75556           | R-Square       | 0.8339  |         |
| Coeff Var                 |    | 9.98936            | Adj R-Sq       | 0.8102  |         |
| Parameter Estimates       |    |                    |                |         |         |
| Variable                  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                 | 1  | 4.54156            | 2.99241        | 1.52    | 0.1729  |
| Pobl21                    | 1  | 0.70517            | 0.11894        | 5.93    | 0.0006  |

## Apéndice No.12. Relación entre Panojas estériles/m2 y Población para MS 102

|                            |    |                    |                |         |         |
|----------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure          |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1              |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: PANEST |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance       |    |                    |                |         |         |
| Source                     | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                      | 1  | 136.33726          | 136.33726      | 13.98   | 0.0073  |
| Error                      | 7  | 68.27163           | 9.75309        |         |         |
| Corrected Total            | 8  | 204.60889          |                |         |         |
| Root MSE                   |    |                    |                |         |         |
|                            |    | 3.12299            | R-Square       | 0.6663  |         |
| Dependent Mean             |    | 8.91111            | Adj R-Sq       | 0.6187  |         |
| Coeff Var                  |    | 35.04607           |                |         |         |
| Parameter Estimates        |    |                    |                |         |         |
| Variable                   | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                  | 1  | -4.75850           | 3.80143        | -1.25   | 0.2509  |
| Pobl21                     | 1  | 0.43182            | 0.11550        | 3.74    | 0.0073  |

## Apéndice No.13. Relación entre Panojas estériles/m2 y Población para MS 109

|                            |    |                    |                |         |         |
|----------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure          |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1              |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: PANEST |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance       |    |                    |                |         |         |
| Source                     | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                      | 1  | 67.91490           | 67.91490       | 12.13   | 0.0102  |
| Error                      | 7  | 39.19399           | 5.59914        |         |         |
| Corrected Total            | 8  | 107.10889          |                |         |         |
| Root MSE                   |    |                    |                |         |         |
|                            |    | 2.36625            | R-Square       | 0.6341  |         |
| Dependent Mean             |    | 6.68889            | Adj R-Sq       | 0.5818  |         |
| Coeff Var                  |    | 35.37584           |                |         |         |
| Parameter Estimates        |    |                    |                |         |         |
| Variable                   | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                  | 1  | -4.32098           | 3.25817        | -1.33   | 0.2264  |
| Pobl21                     | 1  | 0.45102            | 0.12950        | 3.48    | 0.0102  |

#### Apéndice No.14. Relación entre Panojas/planta y Población para MS 102

|                           |    |                    |                |         |         |
|---------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure         |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1             |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: PANPL |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance      |    |                    |                |         |         |
| Source                    | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                     | 1  | 0.10688            | 0.10688        | 10.23   | 0.0151  |
| Error                     | 7  | 0.07312            | 0.01045        |         |         |
| Corrected Total           | 8  | 0.18000            |                |         |         |
| Root MSE                  |    |                    |                |         |         |
|                           |    | 0.10220            | R-Square       | 0.5938  |         |
| Dependent Mean            |    | 1.00000            | Adj R-Sq       | 0.5358  |         |
| Coeff Var                 |    | 10.22032           |                |         |         |
| Parameter Estimates       |    |                    |                |         |         |
| Variable                  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                 | 1  | 1.38274            | 0.12441        | 11.11   | <.0001  |
| Pobl21                    | 1  | -0.01209           | 0.00378        | -3.20   | 0.0151  |

#### Apéndice No.15. Relación entre Panojas/planta y Población para MS 109

|                           |    |                    |                |         |         |
|---------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure         |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1             |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: PANPL |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance      |    |                    |                |         |         |
| Source                    | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                     | 1  | 0.01322            | 0.01322        | 1.66    | 0.2382  |
| Error                     | 7  | 0.05567            | 0.00795        |         |         |
| Corrected Total           | 8  | 0.06889            |                |         |         |
| Root MSE                  |    |                    |                |         |         |
|                           |    | 0.08918            | R-Square       | 0.1919  |         |
| Dependent Mean            |    | 0.91111            | Adj R-Sq       | 0.0765  |         |
| Coeff Var                 |    | 9.78758            |                |         |         |
| Parameter Estimates       |    |                    |                |         |         |
| Variable                  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                 | 1  | 1.06474            | 0.12279        | 8.67    | <.0001  |
| Pobl21                    | 1  | -0.00629           | 0.00488        | -1.29   | 0.2382  |

## Apéndice No.16. Relación entre Rendimiento y Población para MS 102

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: REND

### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1  | 1267757        | 1267757     | 1.14    | 0.3214 |
| Error           | 7  | 7796054        | 1113722     |         |        |
| Corrected Total | 8  | 9063812        |             |         |        |

|                |            |          |        |
|----------------|------------|----------|--------|
| Root MSE       | 1055.33030 | R-Square | 0.1399 |
| Dependent Mean | 4494.22222 | Adj R-Sq | 0.0170 |
| Coeff Var      | 23.48193   |          |        |

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 5812.37899         | 1284.58929     | 4.52    | 0.0027  |
| Pobl21    | 1  | -41.64061          | 39.02900       | -1.07   | 0.3214  |

---

## Apéndice No.17. Relación entre Rendimiento y Población para MS 109

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: REND

### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1  | 122147         | 122147      | 1.06    | 0.3378 |
| Error           | 7  | 807868         | 115410      |         |        |
| Corrected Total | 8  | 930015         |             |         |        |

|                |            |          |        |
|----------------|------------|----------|--------|
| Root MSE       | 339.71999  | R-Square | 0.1313 |
| Dependent Mean | 3422.11111 | Adj R-Sq | 0.0072 |
| Coeff Var      | 9.92721    |          |        |

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 3889.02981         | 467.77241      | 8.31    | <.0001  |
| Pobl21    | 1  | -19.12730          | 18.59230       | -1.03   | 0.3378  |

---

## Apéndice No.18. Relación entre el Rend./panoja y Población para MS 102

|                             |    |                    |                |         |         |
|-----------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure           |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1               |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: RENDPAN |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance        |    |                    |                |         |         |
| Source                      | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                       | 1  | 169.55194          | 169.55194      | 14.58   | 0.0066  |
| Error                       | 7  | 81.38361           | 11.62623       |         |         |
| Corrected Total             | 8  | 250.93556          |                |         |         |
| Root MSE                    |    |                    |                |         |         |
|                             |    | 3.40973            | R-Square       | 0.6757  |         |
| Dependent Mean              |    | 15.47778           | Adj R-Sq       | 0.6293  |         |
| Coeff Var                   |    | 22.02982           |                |         |         |
| Parameter Estimates         |    |                    |                |         |         |
| Variable                    | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                   | 1  | 30.72183           | 4.15045        | 7.40    | 0.0001  |
| Pobl21                      | 1  | -0.48156           | 0.12610        | -3.82   | 0.0066  |

## Apéndice No.19. Relación entre el Rend./panoja y Población para MS 109

|                             |    |                    |                |         |         |
|-----------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure           |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1               |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: RENDPAN |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance        |    |                    |                |         |         |
| Source                      | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                       | 1  | 140.49784          | 140.49784      | 15.53   | 0.0056  |
| Error                       | 7  | 63.31771           | 9.04539        |         |         |
| Corrected Total             | 8  | 203.81556          |                |         |         |
| Root MSE                    |    |                    |                |         |         |
|                             |    | 3.00756            | R-Square       | 0.6893  |         |
| Dependent Mean              |    | 16.72222           | Adj R-Sq       | 0.6450  |         |
| Coeff Var                   |    | 17.98538           |                |         |         |
| Parameter Estimates         |    |                    |                |         |         |
| Variable                    | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                   | 1  | 32.55782           | 4.14121        | 7.86    | 0.0001  |
| Pobl21                      | 1  | -0.64870           | 0.16460        | -3.94   | 0.0056  |

## Apéndice No.20. Relación entre PMG y Población para MS 102

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: PMG

### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1  | 23.84645       | 23.84645    | 7.09    | 0.0324 |
| Error           | 7  | 23.55577       | 3.36511     |         |        |
| Corrected Total | 8  | 47.40222       |             |         |        |

|                |          |          |        |
|----------------|----------|----------|--------|
| Root MSE       | 1.83442  | R-Square | 0.5031 |
| Dependent Mean | 22.54444 | Adj R-Sq | 0.4321 |
| Coeff Var      | 8.13692  |          |        |

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 28.26135           | 2.23293        | 12.66   | <.0001  |
| Pobl21    | 1  | -0.18060           | 0.06784        | -2.66   | 0.0324  |

## Apéndice No.21. Relación entre el PMG y Población para MS 109

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: PMG

### Analysis of Variance

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 1  | 9.98376        | 9.98376     | 5.19    | 0.0567 |
| Error           | 7  | 13.45846       | 1.92264     |         |        |
| Corrected Total | 8  | 23.44222       |             |         |        |

|                |          |          |        |
|----------------|----------|----------|--------|
| Root MSE       | 1.38659  | R-Square | 0.4259 |
| Dependent Mean | 18.34444 | Adj R-Sq | 0.3439 |
| Coeff Var      | 7.55865  |          |        |

### Parameter Estimates

| Variable  | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 1  | 22.56575           | 1.90925        | 11.82   | <.0001  |
| Pobl21    | 1  | -0.17293           | 0.07589        | -2.28   | 0.0567  |



## Apéndice No.22. Relación entre el NGP y Población para MS 102

|                         |    |                    |                |         |         |
|-------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure       |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1           |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: NGP |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance    |    |                    |                |         |         |
| Source                  | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                   | 1  | 195724             | 195724         | 8.81    | 0.0209  |
| Error                   | 7  | 155589             | 22227          |         |         |
| Corrected Total         | 8  | 351313             |                |         |         |
| Root MSE                |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean          |    | 149.08741          | R-Square       | 0.5571  |         |
| Coeff Var               |    | 677.65556          | Adj R-Sq       | 0.4939  |         |
|                         |    | 22.00047           |                |         |         |
| Parameter Estimates     |    |                    |                |         |         |
| Variable                | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept               | 1  | 1195.58552         | 181.47503      | 6.59    | 0.0003  |
| Pobl21                  | 1  | -16.36142          | 5.51366        | -2.97   | 0.0209  |

## Apéndice No.23. Relación entre el NGP y Población para MS 109

|                         |    |                    |                |         |         |
|-------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure       |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1           |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: NGP |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance    |    |                    |                |         |         |
| Source                  | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                   | 1  | 228847             | 228847         | 13.21   | 0.0084  |
| Error                   | 7  | 121293             | 17328          |         |         |
| Corrected Total         | 8  | 350140             |                |         |         |
| Root MSE                |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean          |    | 131.63417          | R-Square       | 0.6536  |         |
| Coeff Var               |    | 899.88889          | Adj R-Sq       | 0.6041  |         |
|                         |    | 14.62783           |                |         |         |
| Parameter Estimates     |    |                    |                |         |         |
| Variable                | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept               | 1  | 1538.99381         | 181.25173      | 8.49    | <.0001  |
| Pobl21                  | 1  | -26.18090          | 7.20412        | -3.63   | 0.0084  |

## Apéndice No.24. Relación entre No. de granos/m2 y Población para MS 102

|                          |    |                    |                |         |         |
|--------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure        |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1            |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: NGM2 |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance     |    |                    |                |         |         |
| Source                   | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                    | 1  | 1119557            | 1119557        | 0.06    | 0.8205  |
| Error                    | 7  | 141269414          | 20181345       |         |         |
| Corrected Total          | 8  | 142388972          |                |         |         |
| Root MSE                 |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean           |    | 4492.36518         | R-Square       | 0.0079  |         |
| Coeff Var                |    | 19948              | Adj R-Sq       | -0.1339 |         |
|                          |    | 22.52055           |                |         |         |
| Parameter Estimates      |    |                    |                |         |         |
| Variable                 | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                | 1  | 21187              | 5468.28249     | 3.87    | 0.0061  |
| Pobl21                   | 1  | -39.13112          | 166.13997      | -0.24   | 0.8205  |

## Apéndice No.25. Relación entre No. de granos/m2 y Población para MS 109

|                          |    |                    |                |         |         |
|--------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure        |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1            |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: NGM2 |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance     |    |                    |                |         |         |
| Source                   | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                    | 1  | 1988061            | 1988061        | 0.66    | 0.4437  |
| Error                    | 7  | 21121212           | 3017316        |         |         |
| Corrected Total          | 8  | 23109273           |                |         |         |
| Root MSE                 |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean           |    | 1737.04233         | R-Square       | 0.0860  |         |
| Coeff Var                |    | 18706              | Adj R-Sq       | -0.0445 |         |
|                          |    | 9.28596            |                |         |         |
| Parameter Estimates      |    |                    |                |         |         |
| Variable                 | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                | 1  | 16822              | 2391.79470     | 7.03    | 0.0002  |
| Pobl21                   | 1  | 77.16616           | 95.06539       | 0.81    | 0.4437  |

## Apéndice No.26. Relación entre MS/ha a cosecha y Población para MS 102

| The GLM Procedure                                                                              |             |                |             |         |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-------------|---------|--------|
| Dependent Variable: BIOMASA125                                                                 |             |                |             |         |        |
| Source                                                                                         | DF          | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Model                                                                                          | 1           | 2436.9530      | 2436.9530   | 0.10    | 0.7581 |
| Error                                                                                          | 7           | 166335.3158    | 23762.1880  |         |        |
| Corrected Total                                                                                | 8           | 168772.2689    |             |         |        |
| R-Square 0.014439      Coeff Var 15.73101      Root MSE 154.1499      BIOMASA125 Mean 979.9111 |             |                |             |         |        |
| Source                                                                                         | DF          | Type I SS      | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Pobl21                                                                                         | 1           | 2436.953044    | 2436.953044 | 0.10    | 0.7581 |
| Source                                                                                         | DF          | Type III SS    | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Pobl21                                                                                         | 1           | 2436.953044    | 2436.953044 | 0.10    | 0.7581 |
| Parameter                                                                                      | Estimate    | Standard Error | t Value     | Pr >  t |        |
| Intercept                                                                                      | 1037.703758 | 187.6372688    | 5.53        | 0.0009  |        |
| Pobl21                                                                                         | -1.825672   | 5.7008850      | -0.32       | 0.7581  |        |

## Apéndice No.27. Relación entre MS/ha a cosecha y Población para MS 109

| The GLM Procedure                                                                              |             |                |             |         |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-------------|---------|--------|
| Dependent Variable: BIOMASA125                                                                 |             |                |             |         |        |
| Source                                                                                         | DF          | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Model                                                                                          | 1           | 3437.37124     | 3437.37124  | 1.21    | 0.3073 |
| Error                                                                                          | 7           | 19847.61098    | 2835.37300  |         |        |
| Corrected Total                                                                                | 8           | 23284.98222    |             |         |        |
| R-Square 0.147622      Coeff Var 5.237644      Root MSE 53.24822      BIOMASA125 Mean 1016.644 |             |                |             |         |        |
| Source                                                                                         | DF          | Type I SS      | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Pobl21                                                                                         | 1           | 3437.371238    | 3437.371238 | 1.21    | 0.3073 |
| Source                                                                                         | DF          | Type III SS    | Mean Square | F Value | Pr > F |
| Pobl21                                                                                         | 1           | 3437.371238    | 3437.371238 | 1.21    | 0.3073 |
| Parameter                                                                                      | Estimate    | Standard Error | t Value     | Pr >  t |        |
| Intercept                                                                                      | 938.3172103 | 73.31934854    | 12.80       | <.0001  |        |
| Pobl21                                                                                         | 3.2086714   | 2.91418503     | 1.10        | 0.3073  |        |

## Apéndice No.28. Relación entre MS/pl a cosecha y Población para MS 102

|                              |    |                    |                |         |             |
|------------------------------|----|--------------------|----------------|---------|-------------|
| The REG Procedure            |    |                    |                |         |             |
| Model: MODEL1                |    |                    |                |         |             |
| Dependent Variable: BIOPL125 |    |                    |                |         |             |
| Analysis of Variance         |    |                    |                |         |             |
| Source                       | DF | Squares            | Sum of Square  | F Value | Mean Pr > F |
| Model                        | 1  | 1181.22675         | 1181.22675     | 16.02   | 0.0052      |
| Error                        | 7  | 516.28081          | 73.75440       |         |             |
| Corrected Total              | 8  | 1697.50756         |                |         |             |
| Root MSE                     |    |                    |                |         |             |
| Dependent Mean               |    |                    |                |         |             |
| Coeff Var                    |    |                    |                |         |             |
|                              |    | 8.58804            | R-Square       | 0.6959  |             |
|                              |    | 34.21778           | Adj R-Sq       | 0.6524  |             |
|                              |    | 25.09818           |                |         |             |
| Parameter Estimates          |    |                    |                |         |             |
| Variable                     | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t     |
| Intercept                    | 1  | 74.45386           | 10.45370       | 7.12    | 0.0002      |
| Pobl21                       | 1  | -1.27106           | 0.31761        | -4.00   | 0.0052      |

## Apéndice No.29. Relación entre MS/pl a cosecha y Pobl. para MS 109

|                              |    |                    |                |         |         |
|------------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure            |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1                |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: BIOPL125 |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance         |    |                    |                |         |         |
| Source                       | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                        | 1  | 897.93448          | 897.93448      | 109.73  | <.0001  |
| Error                        | 7  | 57.28212           | 8.18316        |         |         |
| Corrected Total              | 8  | 955.21660          |                |         |         |
| Root MSE                     |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean               |    |                    |                |         |         |
| Coeff Var                    |    |                    |                |         |         |
|                              |    | 2.86062            | R-Square       | 0.9400  |         |
|                              |    | 44.14000           | Adj R-Sq       | 0.9315  |         |
|                              |    | 6.48079            |                |         |         |
| Parameter Estimates          |    |                    |                |         |         |
| Variable                     | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                    | 1  | 84.17335           | 3.93889        | 21.37   | <.0001  |
| Pobl21                       | 1  | -1.63996           | 0.15656        | -10.48  | <.0001  |

### Apéndice No.30. Relación entre IC y Pobl. para MS 102

|                        |    |                    |                |         |         |
|------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure      |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1          |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: IC |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance   |    |                    |                |         |         |
| Source                 | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                  | 1  | 0.00670            | 0.00670        | 2.08    | 0.1923  |
| Error                  | 7  | 0.02253            | 0.00322        |         |         |
| Corrected Total        | 8  | 0.02922            |                |         |         |
| Root MSE               |    |                    |                |         |         |
|                        |    | 0.05673            | R-Square       | 0.2292  |         |
| Dependent Mean         |    | 0.45556            | Adj R-Sq       | 0.1191  |         |
| Coeff Var              |    | 12.45217           |                |         |         |
| Parameter Estimates    |    |                    |                |         |         |
| Variable               | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept              | 1  | 0.55136            | 0.06905        | 7.98    | <.0001  |
| Pobl21                 | 1  | -0.00303           | 0.00210        | -1.44   | 0.1923  |

### Apéndice No.31. Relación entre IC y Pobl. para MS 109

|                        |    |                    |                |         |         |
|------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure      |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1          |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: IC |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance   |    |                    |                |         |         |
| Source                 | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                  | 1  | 0.00246            | 0.00246        | 4.61    | 0.0689  |
| Error                  | 7  | 0.00374            | 0.00053397     |         |         |
| Corrected Total        | 8  | 0.00620            |                |         |         |
| Root MSE               |    |                    |                |         |         |
|                        |    | 0.02311            | R-Square       | 0.3971  |         |
| Dependent Mean         |    | 0.33667            | Adj R-Sq       | 0.3110  |         |
| Coeff Var              |    | 6.86373            |                |         |         |
| Parameter Estimates    |    |                    |                |         |         |
| Variable               | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept              | 1  | 0.40296            | 0.03182        | 12.66   | <.0001  |
| Pobl21                 | 1  | -0.00272           | 0.00126        | -2.15   | 0.0689  |

**Apéndice No.32. A. de Varianza entre g.MS/planta y Población para MS 102**

| Plantas/m2 | Estratos | V3   | V6   | E       | F     | 1/2 G | C        |
|------------|----------|------|------|---------|-------|-------|----------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 0,33 | 1,86 | 23,27 a | 17,78 | 36,35 | 48,09 a  |
| 26,2-38,3  | Media    | 0,22 | 1,36 | 14,15 b | 20,24 | 24,15 | 30,75 ab |
| 39,5-42,6  | Alta     | 0,22 | 1,38 | 12,97 b | 20,91 | 21,84 | 23,81 b  |
| MDS (5%)   |          | ns   | ns   | 7,1     | ns    | ns    | 22,5     |
| Pr > F     |          | ns   | ns   | 0,023   | ns    | ns    | 0,089    |

**Apéndice No.33. A. de Varianza entre g.MS/planta y Población para MS 109**

| Plantas/m2 | Estratos | V3   | V6   | V10  | E     | F        | 1/2 G | C       |
|------------|----------|------|------|------|-------|----------|-------|---------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 0,28 | 1,82 | 25,5 | 28,27 | 46,20 a  | 39,92 | 57,24 a |
| 21,7-24,8  | Media    | 0,29 | 1,57 | 21,8 | 21,39 | 38,30 ab | 32,56 | 42,57 b |
| 31,0-33,3  | Alta     | 0,30 | 1,77 | 15,4 | 22,21 | 29,50 b  | 36,85 | 32,61 c |
| MDS (5%)   |          | ns   | ns   | ns   | ns    | 14,01    | ns    | 4,73    |
| Pr > F     |          | ns   | ns   | ns   | ns    | 0,071    | ns    | <0,0001 |

**Apéndice No.34. A. de Varianza entre kg MS/ha y Población para MS 102**

| Plantas/m2 | Estratos | V3 | V6  | E    | F      | 1/2 G | C    |
|------------|----------|----|-----|------|--------|-------|------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 69 | 385 | 4820 | 3707 b | 7329  | 9758 |
| 26,2-38,3  | Media    | 71 | 445 | 4694 | 6642 a | 7985  | 9838 |
| 39,5-42,6  | Alta     | 89 | 570 | 5337 | 8613 a | 8889  | 9801 |
| MDS (5%)   |          | ns | ns  | ns   | 2096   | Ns    | ns   |
| Pr > F     |          | ns | ns  | ns   | 0,0036 | Ns    | ns   |

**Apéndice No.35. A. de Varianza entre kg MS/ha y Población para MS 109**

| Plantas/m2 | Estratos | V3    | V6  | V10  | E    | F    | 1/2 G   | C     |
|------------|----------|-------|-----|------|------|------|---------|-------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 48 b  | 321 | 4484 | 5002 | 8087 | 7036 b  | 10014 |
| 21,7-24,8  | Media    | 68 ab | 373 | 5214 | 5033 | 8998 | 7682 b  | 10031 |
| 31,0-33,3  | Alta     | 95 a  | 565 | 4933 | 7114 | 9436 | 11815 a | 10454 |
| MDS (5%)   |          | 41    | ns  | ns   | ns   | ns   | 2927    | ns    |
| Pr > F     |          | 0,080 | ns  | ns   | ns   | ns   | 0,014   | ns    |

### Apéndice No.36. Relación entre Altura de planta a cosecha y Pobl. para MS 102

|                            |    |                    |                |         |         |
|----------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure          |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1              |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: ALTURA |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance       |    |                    |                |         |         |
| Source                     | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                      | 1  | 163.08801          | 163.08801      | 6.78    | 0.0352  |
| Error                      | 7  | 168.35421          | 24.05060       |         |         |
| Corrected Total            | 8  | 331.44222          |                |         |         |
| Root MSE                   |    |                    |                |         |         |
|                            |    | 4.90414            | R-Square       | 0.4921  |         |
| Dependent Mean             |    | 83.24444           | Adj R-Sq       | 0.4195  |         |
| Coeff Var                  |    | 5.89125            |                |         |         |
| Parameter Estimates        |    |                    |                |         |         |
| Variable                   | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                  | 1  | 98.19509           | 5.96951        | 16.45   | <.0001  |
| Pobl21                     | 1  | -0.47229           | 0.18137        | -2.60   | 0.0352  |

### Apéndice No.37. Relación entre Altura de planta a cosecha y Pobl. para MS 109

|                            |    |                    |                |         |         |
|----------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure          |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1              |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: ALTURA |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance       |    |                    |                |         |         |
| Source                     | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                      | 1  | 476.98030          | 476.98030      | 6.11    | 0.0427  |
| Error                      | 7  | 546.65970          | 78.09424       |         |         |
| Corrected Total            | 8  | 1023.64000         |                |         |         |
| Root MSE                   |    |                    |                |         |         |
|                            |    | 8.83709            | R-Square       | 0.4660  |         |
| Dependent Mean             |    | 107.30000          | Adj R-Sq       | 0.3897  |         |
| Coeff Var                  |    | 8.23588            |                |         |         |
| Parameter Estimates        |    |                    |                |         |         |
| Variable                   | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                  | 1  | 136.47762          | 12.16811       | 11.22   | <.0001  |
| Pobl21                     | 1  | -1.19526           | 0.48364        | -2.47   | 0.0427  |

**Apéndice No.38. Relación entre Excursión de panoja a cosecha y Pob. para MS**  
**102**

|                               |    |                    |                |         |         |
|-------------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure             |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1                 |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: EXCERSION |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance          |    |                    |                |         |         |
| Source                        | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                         | 1  | 3.65153            | 3.65153        | 0.25    | 0.6294  |
| Error                         | 7  | 100.40847          | 14.34407       |         |         |
| Corrected Total               | 8  | 104.06000          |                |         |         |
| Root MSE                      |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean                |    | 3.78736            | R-Square       | 0.0351  |         |
| Coeff Var                     |    | 17.80000           | Adj R-Sq       | -0.1028 |         |
| Parameter Estimates           |    |                    |                |         |         |
| Variable                      | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                     | 1  | 15.56289           | 4.61012        | 3.38    | 0.0118  |
| Pobl21                        | 1  | 0.07067            | 0.14007        | 0.50    | 0.6294  |

**Apéndice No.39. Relación entre Excursión de panoja a cosecha y Pob. para MS**  
**109**

|                               |    |                    |                |         |         |
|-------------------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|
| The REG Procedure             |    |                    |                |         |         |
| Model: MODEL1                 |    |                    |                |         |         |
| Dependent Variable: EXCERSION |    |                    |                |         |         |
| Analysis of Variance          |    |                    |                |         |         |
| Source                        | DF | Sum of Squares     | Mean Square    | F Value | Pr > F  |
| Model                         | 1  | 1.62823            | 1.62823        | 0.11    | 0.7448  |
| Error                         | 7  | 99.41399           | 14.20200       |         |         |
| Corrected Total               | 8  | 101.04222          |                |         |         |
| Root MSE                      |    |                    |                |         |         |
| Dependent Mean                |    | 3.76855            | R-Square       | 0.0161  |         |
| Coeff Var                     |    | 10.84444           | Adj R-Sq       | -0.1244 |         |
| Parameter Estimates           |    |                    |                |         |         |
| Variable                      | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Intercept                     | 1  | 9.13971            | 5.18905        | 1.76    | 0.1216  |
| Pobl21                        | 1  | 0.06983            | 0.20625        | 0.34    | 0.7448  |



**Apéndice No.40. A. de Varianza entre AF/planta y Población para MS 102**

| Plantas/m2 | Estratos | V3    | V6     | E       | F       | 1/2 G   |
|------------|----------|-------|--------|---------|---------|---------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 72,67 | 288,67 | 1355,30 | 1123,30 | 1271,20 |
| 26,2-38,3  | Media    | 48,20 | 255,73 | 1356,70 | 1018,40 | 1091,80 |
| 39,5-42,6  | Alta     | 50,73 | 250,67 | 979,90  | 1181,60 | 925,40  |
| MDS (5%)   |          | ns    | ns     | ns      | ns      | ns      |
| Pr > F     |          | ns    | ns     | ns      | ns      | ns      |

**Apéndice No.41. A. de Varianza entre AF/planta y Población para MS 109**

| Plantas/m2 | Estratos | V3    | V6     | V10    | E       | F        | 1/2 G   |
|------------|----------|-------|--------|--------|---------|----------|---------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 72,83 | 349,40 | 1874,3 | 1974,70 | 2108,1 a | 1442,90 |
| 21,7-24,8  | Media    | 72,30 | 314,40 | 1963,4 | 1769,70 | 1622,3 b | 1296,70 |
| 31,0-33,3  | Alta     | 73,37 | 342,50 | 1562,7 | 1566,20 | 1536,1 b | 1309,70 |
| MDS (5%)   |          | ns    | ns     | ns     | ns      | 206,70   | ns      |
| Pr > F     |          | ns    | ns     | ns     | ns      | 0,001    | ns      |

**Apéndice No.42. Interacción entre Híbrido y peso por planta (g.MS/pl)**

| Híbrido  | V3    | V6     | E      | F        | 1/2 G  | C      |
|----------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|
| MS 102   | 0,294 | 1,682  | 19,67  | 19,174 B | 31,406 | 42,424 |
| MS 109   | 0,318 | 1,794  | 25,526 | 35,778 A | 38,696 | 39,65  |
| MDS (5%) | 0,12  | 0,7879 | 7,5668 | 8,3016   | 18,257 | 19,286 |
| Pr>F     | ns    | ns     | 0,1    | 0,0036   | ns     | ns     |

Apéndice No.43. A. de Varianza entre IAF y Población para MS 102

| Plantas/m2 | Estratos | V3   | V6   | E    | F      | 1/2 G |
|------------|----------|------|------|------|--------|-------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 0,15 | 0,61 | 2,80 | 2,11 b | 2,57  |
| 26,2-38,3  | Media    | 0,16 | 0,84 | 4,30 | 3,92 a | 3,60  |
| 39,5-42,6  | Alta     | 0,21 | 1,04 | 4,03 | 4,63 a | 3,79  |
| MDS (5%)   |          | ns   | ns   | ns   | 1,44   | ns    |
| Pr > F     |          | ns   | ns   | ns   | 0,0132 | ns    |

Apéndice No.44. A. de Varianza entre IAF y Población para MS 109

| Plantas/m2 | Estratos | V3      | V6      | V10  | E    | F      | 1/2 G  |
|------------|----------|---------|---------|------|------|--------|--------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 0,13 b  | 0,62 b  | 3,29 | 3,48 | 3,69 b | 2,54 b |
| 21,7-24,8  | Media    | 0,17 ab | 0,75 ab | 4,72 | 4,15 | 3,82 b | 3,05 b |
| 31,0-33,3  | Alta     | 0,23 a  | 1,10 a  | 5,00 | 5,02 | 4,93 a | 4,21 a |
| MDS (5%)   |          | 0,08    | 0,38    | ns   | ns   | 0,49   | 0,76   |
| Pr > F     |          | 0,0450  | 0,0480  | ns   | ns   | 0,0015 | 0,0046 |

**Apéndice No.45. Interacción entre Híbrido e Implantación (%)**

| Híbrido  | Implantación (%) |
|----------|------------------|
| MS 102   | 82,2 a           |
| MS 109   | 61,8 b           |
| MDS (5%) | 14,4             |
| Pr>F     | 0,0134           |

**Apéndice No.46. Interacción entre Híbrido y Rendimiento en grano**

| Híbrido  | Rendimiento (Kg/ha) |
|----------|---------------------|
| MS 102   | 4772 a              |
| MS 109   | 3325 b              |
| MDS (5%) | 1636                |
| Pr>F     | 0,0736              |

**Apéndice No.47. Interacción entre Híbrido y Tallos logrados a floración**

| Híbrido  | Tallos/m <sup>2</sup> | Tallos/planta |
|----------|-----------------------|---------------|
| MS 102   | 32,4                  | 1,3           |
| MS 109   | 31,8                  | 1,2           |
| MDS (5%) | ns                    | ns            |
| Pr>F     | ns                    | ns            |

**Apéndice No.48. Interacción entre Híbrido y Componentes de rendimiento**

| Híbrido  | Pan./planta | Pan.Est/m <sup>2</sup> | Pan.Fert/m <sup>2</sup> | Rendpan (g) | Granos/panoja | Granos/m <sup>2</sup> | PMG (g) |
|----------|-------------|------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------------------|---------|
| MS 102   | 1,1 a       | 6,6                    | 25,8 a                  | 18,72       | 789,8         | 20247                 | 23,7 a  |
| MS 109   | 0,86 b      | 8,4                    | 23,4 b                  | 14,86       | 833,2         | 18831                 | 17,7 b  |
| MDS (5%) | 0,2         | ns                     | 3,0                     | ns          | ns            | ns                    | 2,84    |
| Pr>F     | 0,0435      | ns                     | 0,0954                  | ns          | ns            | ns                    | 0,002   |

**Apéndice No.49. Interacción del Híbrido con el Agua Disponible (mm) en suelo**

| HIBRIDO  | AD-V6 | AD-V8  | AD-E    | AD-F    | AD-1/2 G |
|----------|-------|--------|---------|---------|----------|
| MS 102   | 45,82 | 39,18  | 17,98 b | 44,7 a  | 22,12    |
| MS 109   | 44,7  | 24,325 | 40,36 a | 22,18 b | 23,02    |
| MDS (5%) | 11,25 | 21,693 | 6,216   | 12,518  | 7,565    |
| Pr>F     | ns    | ns     | 0,0002  | 0,0057  | ns       |

**Apéndice No.50. Interacción del Híbrido con MS, Rend. e Índice de Cosecha**

| HIBRIDO  | Kg MS/planta | Kg MS/ha | Rendimiento | IC      |
|----------|--------------|----------|-------------|---------|
| MS 102   | 42,42        | 9887     | 4772 a      | 0,478 a |
| MS 109   | 39,65        | 10269    | 3325 b      | 0,324 b |
| MDS (5%) | 17,68        | 2551,2   | 1636        | 0,068   |
| Pr>F     | ns           | ns       | 0,0736      | 0,0015  |

**Apéndice No.51. Interacción del Híbrido con la Altura de planta y Excursión de la panoja.**

| Híbrido  | Altura (cm) | Excursión (cm) |
|----------|-------------|----------------|
| MS 102   | 86,9 b      | 17,4 a         |
| MS 109   | 100,1 a     | 9,6 b          |
| MDS (5%) | 6,58        | 5,37           |
| Pr>F     | 0,0027      | 0,0121         |

Apéndice No.52. Interacción del Híbrido con el AF/pl (cm<sup>2</sup>/pl)

| HIBRIDO  | V3     | V6     | E      | F        | 1/2 G  |
|----------|--------|--------|--------|----------|--------|
| MS 102   | 63,08  | 279,14 | 1420   | 1094,1 b | 1206,7 |
| MS 109   | 78,36  | 344,94 | 1816,4 | 1701,2 a | 1418,7 |
| MDS (5%) | 23,465 | 141,03 | 484,32 | 196,76   | 525,39 |
| Pr>F     | ns     | ns     | 0,089  | 0,0005   | ns     |

Apéndice No.53. Interacción del Híbrido con el IAF

| HIBRIDO  | V3     | V6      | E      | F      | 1/2 G  |
|----------|--------|---------|--------|--------|--------|
| MS 102   | 0,148  | 0,69    | 3,47 b | 2,75 b | 2,89   |
| MS 109   | 0,208  | 0,94    | 4,76 a | 4,51 a | 3,78   |
| MDS (5%) | 0,0731 | 0,40406 | 1,1263 | 0,9849 | 0,9928 |
| Pr>F     | 0,0887 | ns      | 0,0316 | 0,0059 | 0,0694 |

Apéndice No.54. Estadios de desarrollo para ambos híbridos.

| Dps      |        | 0       | 13     | 25 | 35 | 72  | 81 | 92    | 103   | 125 |
|----------|--------|---------|--------|----|----|-----|----|-------|-------|-----|
| Híbridos | MS 102 | Siembra | Emerg. | V3 | V6 | E   | F  | 1/2 G |       | C   |
|          | MS 109 | Siembra | Emerg. | V3 | V6 | V10 | E  | F     | 1/2 G | C   |

Apéndice No.55. A. de Varianza entre AD total (mm) y Población para MS 102

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 5      | 3.19    | 0.1279 |
| Fecha        | 4      | 24     | 21.35   | <.0001 |
| Pobl21*Fecha | 8      | 24     | 2.71    | 0.0278 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6       | V8       | E        | F       | 1/2 G    |
|------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 49,54 A  | 47,05 A  | 14,41 B  | 42,75 A | 26,89 AB |
| 26,2-38,3  | Media    | 40,19 AB | 27,35 AB | 23,37 AB | 47,68 A | 14,96 B  |
| 39,5-42,6  | Alta     | 49,53 A  | 24,27 B  | 14,21 B  | 34,3 AB | 25,97 B  |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

Apéndice No.56. A. de Varianza entre AD total (mm) y Población para MS 109

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 6      | 0.64    | 0.561  |
| Fecha        | 5      | 27     | 20.14   | <.0001 |
| Pobl21*Fecha | 10     | 27     | 1.31    | 0.2769 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6      | V8       | V10     | E        | F        | 1/2 G    |
|------------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 51,82 A | 31,98 AB | 22,99 B | 46,48 A  | 19,79 B  | 22,29 B  |
| 21,7-24,8  | Media    | 47,88 A | 20,86 B  | 22,07 B | 39,72 AB | 30,75 AB | 32,19 AB |
| 31,0-33,3  | Alta     | 47,80 A | 24,26 AB | 16,67 B | 36,87 AB | 21,61 B  | 24,62 AB |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

**Apéndice No.57. A. de Varianza entre AD (mm) de 0-20 cm de profundidad y Población para MS 102**

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 4      | 1.61    | 0.3076 |
| Fecha        | 4      | 25     | 20.9    | <.0001 |
| Pobl21*Fecha | 8      | 25     | 1.17    | 0.3526 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6     | V8      | E     | F        | 1/2 G  |
|------------|----------|--------|---------|-------|----------|--------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 19,0 A | 15,9 AB | 1,7 C | 12,6 ABC | 7,5 BC |
| 26,2-38,3  | Media    | 13,7 A | 8,5 AB  | 0,9 B | 13,9 A   | 6,0 AB |
| 39,5-42,6  | Alta     | 17,2 A | 7,0 AB  | 1,7 B | 12,6 AB  | 9,7 AB |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

**Apéndice No.58. A. de Varianza entre AD (mm) de 20-40 cm de profundidad y Población para MS 102**

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 4      | 4.12    | 0.1069 |
| Fecha        | 4      | 26     | 13.69   | <.0001 |
| Pobl21*Fecha | 8      | 26     | 1.17    | 0.3541 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6     | V8      | E     | F      | 1/2 G  |
|------------|----------|--------|---------|-------|--------|--------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 18,7 A | 14,3 AB | 6,6 B | 16,8 A | 9,1 AB |
| 26,2-38,3  | Media    | 11,7   | 9,2     | 5,1   | 15,1   | 8      |
| 39,5-42,6  | Alta     | 17     | 7,7     | 7,4   | 12,3   | 7,6    |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

**Apéndice No.59. A. de Varianza entre AD (mm) de 40-60 cm de profundidad y Población para MS 102**

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 4      | 1.11    | 0.4128 |
| Fecha        | 4      | 26     | 6.99    | 0.0006 |
| Pobl21*Fecha | 8      | 26     | 1.88    | 0.1074 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6   | V8   | E   | F    | 1/2 G |
|------------|----------|------|------|-----|------|-------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 11,8 | 17   | 6,1 | 13,3 | 10,3  |
| 26,2-38,3  | Media    | 15,9 | 11,5 | 9,1 | 14,5 | 6,8   |
| 39,5-42,6  | Alta     | 17,3 | 9,3  | 7,4 | 8,9  | 6,6   |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

**Apéndice No.60. A. de Varianza entre AD (mm) de 0-20 cm de profundidad y Población para MS 109**

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 6      | 0.40    | 0.6872 |
| Fecha        | 5      | 30     | 19.81   | <.0001 |
| Pobl21*Fecha | 10     | 30     | 1.11    | 0.3837 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6     | V8     | V10   | E       | F       | 1/2 G  |
|------------|----------|--------|--------|-------|---------|---------|--------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 15,5 A | 4,5 C  | 3,2 C | 13,9 AB | 7,1 ABC | 4,8 BC |
| 21,7-24,8  | Media    | 14,9 A | 5,0 B  | 4,6 B | 9,5 AB  | 11,4 AB | 5,6 B  |
| 31,0-33,3  | Alta     | 16,6 A | 9,1 AB | 3,9 B | 12,3 AB | 7,9 AB  | 7,0 B  |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----



**Apéndice No.61. A. de Varianza entre AD (mm) de 20-40 cm de profundidad y Población para MS 109**

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 6      | 0.26    | 0.7812 |
| Fecha        | 5      | 28     | 24.93   | <.0001 |
| Pobl21*Fecha | 10     | 28     | 2.11    | 0.0586 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6     | V8      | V10    | E       | F      | 1/2 G    |
|------------|----------|--------|---------|--------|---------|--------|----------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 17,5 A | 12,0 AB | 9,7 AB | 16,0 A  | 5,1 B  | 6,3 B    |
| 21,7-24,8  | Media    | 18,1 A | 7,2 C   | 7,1 C  | 16 AB   | 9,9 BC | 12,7 ABC |
| 31,0-33,3  | Alta     | 18,5 A | 7,6 BC  | 7,1 BC | 14,5 AB | 6,2 C  | 8,1 BC   |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

**Apéndice No.62. A. de Varianza entre AD (mm) de 40-60 cm de profundidad y Población para MS 109**

| Effect       | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Pobl21       | 2      | 6      | 1.18    | 0.3703 |
| Fecha        | 5      | 29     | 3.09    | 0.0236 |
| Pobl21*Fecha | 10     | 29     | 0.59    | 0.8056 |

| Plantas/m2 | Estratos | V6   | V8   | V10  | E    | F   | 1/2 G |
|------------|----------|------|------|------|------|-----|-------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 17,5 | 15,5 | 10,1 | 16,6 | 7,6 | 11,2  |
| 21,7-24,8  | Media    | 14,9 | 8,7  | 10,3 | 14,3 | 9,5 | 14    |
| 31,0-33,3  | Alta     | 15,5 | 12   | 5,6  | 10,1 | 7,4 | 9,5   |

Nota: Valores seguidos por diferentes letras dentro de filas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

**Apéndice No.63. A. de Varianza entre Consumo de agua y Pobl. para MS 102**

| Plantas/m2 | Estratos | S-V6   | V6-V8   | V8-E     | E-F   | F-1/2 G | S-1/2G |
|------------|----------|--------|---------|----------|-------|---------|--------|
| 18,6-22,1  | Baja     | 108,98 | 17,99 b | 56,14 a  | 25,86 | 15,86   | 224,83 |
| 26,2-38,3  | Media    | 117,30 | 27,51 b | 34,78 ab | 28,58 | 22,86   | 231,03 |
| 39,5-42,6  | Alta     | 106,90 | 42,91 a | 27,61 b  | 36,83 | 10,06   | 220,83 |
| Pr > F     |          | ns     | 0.019   | 0.071    | ns    | ns      | ns     |

Valores seguidos por diferentes letras dentro de columnas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----

**Apéndice No.64. A. de Varianza entre Consumo de agua y Pobl. para MS 109**

| Plantas/m2 | Estratos | S-V6   | V6-V8 | V8-V10 | V10-E | E-F   | F-1/2 G | S-1/2G |
|------------|----------|--------|-------|--------|-------|-------|---------|--------|
| 16,9-18,5  | Baja     | 107,63 | 38,35 | 32,49  | 30,71 | 26,70 | 14,00   | 247,87 |
| 21,7-24,8  | Media    | 110,64 | 42,52 | 22,30  | 36,54 | 8,98  | 15,06   | 239,07 |
| 31,0-33,3  | Alta     | 109,87 | 39,03 | 28,29  | 34,00 | 15,26 | 13,49   | 243,49 |
| Pr > F     |          | ns     | ns    | ns     | ns    | ns    | ns      | ns     |

Valores seguidos por diferentes letras dentro de columnas difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ )

-----