

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA A LA POBLACION EN SORGO EN AMBIENTES CON DIFERENTE
POTENCIAL DE PRODUCCIÓN

por

Gonzalo MEDINA SENA
Bruno OLIVERA GONÇALVES

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2012

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Oswaldo Ernst

Ing. Agr. Dra. Mónica Cadenazzi

Ing. Agr. Javier Coitiño

Fecha:

3 de febrero de 2012

Autores:

Gonzalo Medina Sena

Bruno Olivera Gonçalves

AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos, por su apoyo constante durante toda la carrera,

Al Ing. Agr. Oswaldo Ernst, nuestro tutor, por la oportunidad de realizar nuestro trabajo final, por la orientación y apoyo durante este trabajo.

A la empresa La Hectárea, que nos brindaron la chacra donde realizamos el experimento y a los Ing. Agr. Carlos Otaño y Daniel Melo.

A Darío Fros y a los Ing. Agr. Javier Coitiño y Gonzalo Ferreira por la colaboración en las tareas de campo y de análisis de datos.

A la Lic. Sully Toledo, por su buena disposición y aportes en la corrección del documento.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	2
2.2. <u>CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO</u>	2
2.2.1. <u>Ubicación taxonómica</u>	2
2.2.2. <u>Características vegetativas</u>	2
2.2.2.1. <u>Macollaje</u>	2
2.2.2.2. <u>Altura</u>	3
2.2.2.3. <u>Tallos</u>	3
2.2.2.4. <u>Hojas</u>	3
2.2.2.5. <u>Raíces</u>	3
2.3. <u>APTITUD CLIMÁTICA</u>	4
2.3.1. <u>Temperatura</u>	4
2.3.2. <u>Radiación</u>	4
2.3.3. <u>Agua</u>	4
2.4. <u>CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE SORGO</u>	5
2.4.1. <u>Características fotosintéticas</u>	6
2.4.2. <u>Respuesta a la temperatura</u>	7
2.4.3. <u>Respuesta a la humedad del ambiente</u>	7
2.5. <u>POBLACIÓN</u>	8
2.5.1. <u>Componentes del rendimiento</u>	14
2.5.1.1. <u>Macollaje</u>	14
2.5.1.2. <u>Crecimiento de panoja</u>	15
2.5.1.3. <u>Llenado de grano</u>	16
2.6. <u>CULTIVOS DE SEGUNDA EN SIEMBRA DIRECTA</u>	17
2.6.1. <u>Almacenaje de agua en el suelo y reducción de las pérdidas por evaporación</u>	18
2.6.2. <u>Efecto de la siembra directa sobre la temperatura del suelo</u>	18
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	19
3.1. <u>MANEJO EXPERIMENTAL</u>	19
3.2. <u>TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	19
3.3. <u>DETERMINACIONES</u>	20
3.3.1. <u>Datos climáticos</u>	20

3.3.2. <u>Mediciones a campo y en el laboratorio</u>	20
3.4. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	21
3.4.1. <u>Estadística descriptiva</u>	21
3.4.2. <u>Análisis de conglomerados</u>	22
3.4.3. <u>Modelo estadístico</u>	22
3.4.4. <u>Análisis de resultados obtenido con monitor de rendimiento</u>	22
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	24
4.1. <u>CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA</u>	24
4.2. <u>ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS POR EL MONITOR DE RENDIMIENTO</u>	25
4.3. <u>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA</u>	26
4.3.1. <u>Relación entre población lograda, componentes del rendimiento y rendimiento en grano</u>	26
4.3.2. <u>Árbol de clasificación y regresión</u>	29
4.3.3. <u>Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento en grano y sus componentes</u>	32
4.3.4. <u>Análisis de componentes por grupo</u>	37
4.3.5. <u>Procesamiento de datos obtenidos a partir del monitor de rendimiento</u>	40
4.3.6. <u>Relevamiento de tipos de suelo dentro de zonas homogéneas de rendimiento</u>	43
4.3.7. <u>Análisis del rendimiento en función del número de plantas/m² para los diferentes ambientes de producción</u>	44
4.3.8. <u>Análisis de los componentes del rendimiento por población para los diferentes ambientes de producción</u>	46
5. <u>CONCLUSIONES</u>	48
6. <u>RESUMEN</u>	49
7. <u>SUMMARY</u>	50
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	51
9. <u>APÉNDICES</u>	55

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Ensayos nacionales sobre densidad de siembra (elaborado por Carrasco 1989).	10
2. Ensayos nacionales más recientes sobre densidad de siembra.....	11
3. Descripción de los tratamientos	19
4. Valores promedio de las características para las densidades objetivo	32
5. Distancia mínima, mediana y máxima entre plantas para los dos grupos.....	37
6. Profundidad del suelo por horizonte (cm) y capacidad de almacenar agua útil (mm) de perfiles de suelo por zonas de producción	44
7. Valores promedio para las diferentes características según el ambiente de producción para las tres densidades objetivo	46
8. Rendimiento por población para las diferentes zonas.....	47
Figura No.	
1. Croquis con la disposición de los tratamientos	20
2. Registro promedio de precipitaciones para la serie histórica 1961-1990 de la estación de Mercedes y 2010-2011 de la estación del establecimiento.	24
3. Mapa de rendimiento de la chara obtenido con el monitor de rendimiento de la cosechadora (izquierda). En el recuadro negro se ubicó el experimento. Mapa de altimetría de la chacra (derecha).	25
4. Mapa de rendimiento del ensayo obtenido con el monitor de rendimiento de la cosechadora	26
5. Número de panojas/m ² (izquierda) y número de panojas chicas/m ² (derecha) en función del número de plantas/m ² logradas.....	26
6. Número de panojas medianas/m ² (izq.) y grandes/m ² (der.) en función del número de plantas/m ² logradas	27

7. Rendimiento de panojas chicas (izq.) y medianas (der.) en función del número de plantas/m ² logradas.....	27
8. Rendimiento de panojas grandes (izq.) y peso de mil granos (der.) en función del número de plantas/m ² logradas	28
9. Rendimiento obtenido manualmente (izq.) y con cosechadora equipada con monitor de rendimiento en función del número de plantas/m ² logrado.....	28
10. Árbol de clasificación y regresión.....	31
11. Número de panojas por planta en función del número de plantas/m ² logradas promedio por tratamiento	34
12. Número (izq.) y peso (der.) de panojas chicas, medianas y grandes, por población .	35
13. Análisis del rendimiento obtenido en forma manual (izq.) y con el monitor de la cosechadora (der.) por densidad objetivo	36
14. Número de plantas/m ² por grupo	37
15. No. de tallos/planta (izq.) y No. tallos/m ² (der.) por grupos.....	38
16. Altura de panojas por grupo.....	38
17. Número de panojas/m ² (izq.) y número de panojas chicas/m ² (der.) por grupo	39
18. Número de panojas medianas/m ² (izq.) y grandes/m ² (der.) por grupo.....	39
19. Rendimiento de panojas chicas (izq.) y medianas (der.) por grupo	40
20. Rendimiento de panojas grandes (izq.) y PMG (der.) por grupo	40
21. Mapa de rendimiento interpolado a partir de las grillas de rendimiento obtenidos con el monitor de la cosechadora.....	41
22. Semivariograma del rendimiento sin corregir (arriba), corregido por los residuos normalizados 1 vez (centro) y dos veces (abajo)	42
23. Mapa de rendimiento sin el efecto densidad de siembra.....	43
24. Rendimiento en función del número de panojas/m ² para la zona de alto rendimiento A.....	44

25. Rendimiento en función del número de panojas/m ² para la zona de producción intermedia (izquierda) y de bajo rendimiento (derecha)	45
---	----

1. INTRODUCCION

Sorgo granífero (*sorghum bicolor*) es el cuarto cereal en importancia después de trigo, arroz y maíz (Ezzat et al., 2010). Se utiliza con dos destinos principales; la producción animal a través del consumo directo del grano o elaboración de raciones, y el consumo humano directo (Siri, 2004). Este último se da principalmente como alimento básico de las personas con bajos recursos e inseguridad alimentaria, que viven principalmente en zonas áridas y semiáridas (Ali et al., Bibi et al., citados por Ali et al., 2011).

El cultivo de sorgo es relativamente nuevo en Uruguay, el área de siembra presento un buen crecimiento en la década de 60' y 70' alcanzando un pico máximo a mediados de los 70' que luego decrece hasta principio de la primera década del 2000. En la última década se observa una tendencia creciente alcanzando en la zafra 2008/2009, 68 mil hectáreas (Methol, 2009).

Con el reciente crecimiento de la agricultura donde se utilizan rotaciones más intensivas con alta presencia de soja como cultivo de verano, genera la necesidad de incluir en la rotación cultivos C4 como el sorgo para un correcto uso del suelo.

Debido a la mejor estabilidad en el rendimiento del cultivo de sorgo comparado con otros cultivos de verano sembrados en el país y al presente aumento de precios de este cereal (Cámara Mercantil, 2011), resulta un cultivo atractivo en la actualidad.

La información nacional sobre población y distribución de plantas se generó durante la década de los 80, con laboreo convencional y con los híbridos disponibles en ese momento. En la actualidad, el sorgo se siembra sin laboreo, mayoritariamente como cultivo de segunda, con un mejor control de malezas y nuevos híbridos.

La mayoría de los suelos agrícolas presentan variación en sus propiedades químicas, físicas y biológicas, siendo una parte variabilidad natural y otra resultante de las prácticas agrícolas (Bocchi y Castrignanó, 2007). En consecuencia el rendimiento de los cultivos varía espacialmente, consistiendo el desafío actual el predecir la forma y magnitud en que lo hacen y sus causas.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la respuesta a la población en sorgo frente a cambios en el potencial productivo del suelo. La hipótesis planteada en éste estudio fue que la población óptima de sorgo depende del potencial de producción del recurso suelo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUCCIÓN

La agronomía del sorgo gira en torno a factores limitantes de humedad, temperatura adversa en germinación y antesis, incidencia de insectos plaga y competencia por malezas. Comparado a otros cereales, el sorgo es más tolerante a muchos tipos de estrés como el calor, la sequía, la salinidad y las inundaciones (Ejeta y Knoll, citados por Ali et al., 2009). Sin embargo, este cultivo por lo general cultivado en las regiones áridas y semiáridas se ve afectado por la sequía en la etapa reproductiva, especialmente durante y después de la etapa de floración (Tuinstra et al., Kebede et al., citados por Ali, 2009).

Otros factores controlables como fecha de siembra, nutrición, densidad de siembra, espaciamento entre hileras, preparación de suelo y riego, son manipulados acorde a las expectativas de las principales limitantes. De todas estas limitantes la que afecta en mayor medida el rendimiento es la disponibilidad hídrica.

La población óptima de sorgo depende en gran medida de la humedad del suelo y su fertilidad. En ambientes menos favorables la obtención de altos rendimientos depende mayormente del correcto ajuste de la población.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

2.2.1. Ubicación taxonómica

A pesar de su amplia diversidad morfológica, el sorgo cultivado es correctamente clasificado como *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Doggett, Quimby, citados por Lovett y Lazemby, 1979). El sorgo pertenece a la familia Gramineae, dentro de la subfamilia Panicoideae, tribu Andropogoneae, género Sorghum, nombre científico *Sorghum bicolor*.

2.2.2. Características vegetativas

2.2.2.1. Macollaje

El número de macollos producidos dependen de la variedad (Doggett, citado por Lovett y Lazemby, 1979), de la población (Anderson, 1973), la temperatura (Downes, citado por Lovett y Lazemby, 1979), humedad, fertilidad del suelo, fotoperiodo y vigor de la plántula (Siri, 2004).

2.2.2.2. Altura

La altura de la planta puede presentar gran variación habiendo variedades con 45 cm. hasta algunas de 4 mts. ó más. La altura es función directa del número de nudos, los que a su vez llevan al número final de hojas. El número de nudos producidos, es por su parte, función del tiempo de crecimiento. Según Vallati (2007) sorgos de menor porte responden mucho más que los sorgos de gran estructura al aumento de densidad.

2.2.2.3. Tallos

En cada nudo del tallo existen yemas capaces de desarrollarse o de no hacerlo nunca. Las ubicadas próximas al suelo desarrollan raíces muchas veces que ayudan al anclaje de la planta y las yemas basales desarrollan macollas (Siri, 2004).

2.2.2.4. Hojas

El número de hojas varía con el cultivar, de igual forma su largo y ancho son variables. Estas presentan estomas en ambos lados de la superficie y su respuesta al estímulo de estrés ambiental es conocida por ser rápida (Lovett y Lazemby, 1979). El comportamiento estomático en sorgo es responsable de su rusticidad con respecto al déficit hídrico, ya que aun bajo condiciones de estrés severo, los estomas permanecen abiertos aunque sea levemente durante el día. Las células motoras de la superficie de la hoja llevan a que las hojas muestren respuesta laminar por estrés por sequía en lugar de marchitarse como ocurre en otras especies.

El arreglo de las hojas sobre el tallo puede ser variable pero normalmente se ubican en forma opuesta, situándose la hoja bandera en una orientación independiente y determinada por la orientación acimutal de las hileras (Lugg et al., citados por Siri, 2004). Este tipo arreglo de hojas en un plano, da a la planta una proyección rectangular si la observamos desde arriba, lo que le permite al cultivo adaptarse a altas densidades de siembra y a escasas distancia entre hileras. De esta manera la luz recibida es aprovechada por un mayor número de hojas debido a la baja superposición de estas.

2.2.2.5. Raíces

Sorgo posee un sistema radicular muy ramificado el cual puede propagarse hasta 2 metros en profundidad (Lovett y Lazemby, 1979). El 90 % de la actividad radicular se desarrolla en un radio de 40 cm. de la hilera y a una profundidad de 90 cm. no habiendo absorción de agua ni nutrientes fuera de estos límites (Nakayama y Van Bavel, citados por Siri, 2004). De esta forma, la exploración de suelo es intensa, siendo una de las especies de mayor superficie radicular por volumen de suelo. Esto le permite ser más resistente a un estrés hídrico y a su vez tener una alta eficiencia en la utilización de nutrientes.

2.3. APTITUD CLIMÁTICA

2.3.1. Temperatura

Considerando una temperatura base de crecimiento de 15°C, no es posible realizar este cultivo con menos de 600 UT15 en la estación de crecimiento. Con valores más altos este cultivo puede realizarse sin restricciones. No existen limitantes en este sentido en el país (Corsi, 1982).

Con respecto a los efectos de la temperatura sobre el rendimiento puede indicarse que para temperaturas medias de 24°C en los 4 meses de crecimiento del cultivo se obtienen los mejores resultados. En relación a la temperatura del mes más cálido como índice para la producción de sorgo, varios trabajos coinciden en que el óptimo debe andar entre 27 y 29°C y que por debajo de 24°C no se deben esperar excelentes rendimientos en este cultivo. En este sentido se ha encontrado un rango de variación bastante grande en enero que va desde los 22°C en la zona sur este a 27 °C en el litoral norte (Artigas).

Como ya se vio el sorgo responde muy bien a altas amplitudes térmicas, a medida que nos movemos del sureste al noroeste la continentalidad va aumentando, por lo que de esta última región se espera mayores potenciales de rendimiento teniendo en cuenta la temperatura. Si las temperaturas nocturnas exceden los 18°C el rendimiento resulta bastante perjudicado, esto indicaría que la zona norte (Artigas) la cual normalmente supera este límite, presentaría menores potenciales de rendimiento.

Las condiciones de producción en relación a la temperatura resultan excelentes para nuestra zona con amplias ventajas sobre otras regiones productoras (Carrasco, 1989).

2.3.2. Radiación

La radiación que tiene el Uruguay, la máxima compatible con una agricultura de secano, permite un muy buen potencial de producción para el sorgo, mientras que existen internamente diferencias muy interesantes con ventajas para el litoral norte (Carrasco, 1989).

2.3.3. Agua

El sorgo es un cultivo que tolera deficiencias hídricas de hasta 200 mm en la estación de crecimiento, debido a las características de la planta. En cambio es afectado por excesos de agua mayores de 100 mm en la maduración.

Las precipitaciones en Uruguay varían entre 1100 y 1400 mm anuales según la zona del país mostrando una distribución homogénea a lo largo del año. La media mensual de precipitaciones oscila en los 100 mm por lo que pueden esperarse aproximadamente 400 mm de agua durante el periodo de crecimiento del cultivo.

También hay que tener en cuenta la alta variabilidad anual de las precipitaciones, la cual presenta un coeficiente de variación de 80% para la serie histórica 1915-1965, lo que dificulta establecer un manejo de acuerdo al valor histórico promedio (Siri, 2004).

El país presenta un periodo de deficiencia de agua entre los meses de noviembre a febrero inclusive, y un periodo de exceso de agua en invierno y comienzo de primavera. Los menores valores de deficiencia están en la región central norte del país con menos de 40 mm anuales, con tendencia a aumentar las deficiencias hacia el sur, presentando las mayores deficiencias en el este y sur oeste (70 mm) (Corsi, 1982).

2.4. CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE SORGO

Las plantas de sorgo tienen un relativamente lento crecimiento inicial, comparado con otras especies para la producción de grano, solo el 10-15 % del peso seco final es producido en la primera mitad del periodo de crecimiento (Batel y Martin, citados por Lovett y Lazemby, 1979). Este bajo crecimiento inicial puede deberse a una alta partición de fotosintatos a las raíces comparado con otras plántulas (Lovett y Lazemby, 1979).

El tiempo requerido para la emergencia del cultivo depende de la temperatura del suelo, de la humedad, profundidad de siembra y vigor de la semilla. Las siembras demasiado tempranas retardan la emergencia y con ello prolongan el periodo en el cual la planta es susceptible al ataque de hongos del suelo, por lo que se podría esperar que en siembras tardías, de segunda no haya este problema.

A partir de 5 hojas la planta empieza a tener un crecimiento más vigoroso, en este momento se determina el potencial de desarrollo de la planta, por lo tanto es importante tener en cuenta condiciones de estrés, como deficiencias de agua y nutrientes, que al no ser controlados pueden reducir seriamente el rendimiento. Durante el periodo de diferenciación del ápice de crecimiento, la absorción de nutrientes y el crecimiento de la planta continúan siendo muy activos.

Bajo condiciones templadas el sorgo tiende a alcanzar floración (50 % de antesis), alrededor de dos tercios del periodo de crecimiento, aproximadamente 60 días en un periodo de crecimiento de 90-95 días (Pauli et al., Vanderlip et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979). En este estadio se ha acumulado aproximadamente 50 % de la materia seca, en tanto se ha absorbido la mayor parte de los nutrientes requeridos. A

partir de este momento comienza la formación de granos, por lo que la planta no puede compensar vegetativamente. En cambio si las condiciones ambientales son favorables la planta por medio de un mayor número de granos o un mayor peso de granos puede compensar un número deficiente de plantas.

El llenado de grano es función directa de la tasa de acumulación de materia seca en el grano y de la duración del periodo de llenado. Dado que no hay variaciones en la tasa de llenado es importante la correcta elección del largo del ciclo del cultivo. También es importante que en la etapa de masa dura no haya deficiencias hídricas, ya que provoca la producción de granos livianos o chuzos.

La temperatura parece ser que juega el papel de mayor importancia en el largo destinado al crecimiento de cada etapa, altas temperaturas tienden a acortar el periodo de crecimiento (Pauli et al., Anderson, citados por Lovett y Lazemby, 1979).

2.4.1. Características fotosintéticas

El sorgo forma parte del grupo de las gramíneas tropicales, las cuales poseen la vía fotosintética C4, dentro de éstas también se incluye maíz (Hatch et al., Hatch et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979). Como tal posee las características típicas de plantas C4 (Lovett y Lazemby, 1979):

- a) Alto punto de saturación de luz (Downes, citado por Lovett y Lazemby, 1979)
- b) Alta temperatura optima para fotosíntesis (Downes, citado por Lovett y Lazemby, 1979).
- c) Alta velocidad de fotosíntesis (El Sharkawy et al., El Sharkawy, citados por Lovett y Lazemby, 1979)
- d) Alta eficiencia en el uso de agua (El Sharkawy et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979) como resultado de una elevada velocidad fotosintética, teniendo una alta resistencia estomática y una alta eficiencia de utilización del carbono absorbido.
- e) Una aparente ausencia de fotorrespiración (El Sharkawy et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979).

Parece ser que el sorgo re asimila el CO₂ endógeno (El Sharkawy et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979). Las células de la hoja de sorgo presentan un pequeño diámetro medio y una alta proporción de células internas expuestas a la superficie, en comparación al volumen celular de otras especies. Por estas razones este cultivo presenta una alta eficiencia fotosintética y pertenece a un grupo de plantas las cuales se adaptan a condiciones ecológicas de alta temperatura, alta intensidad de radiación solar y condiciones de baja disponibilidad de agua.

La importante contribución de las hojas superiores y la alta eficiencia fotosintética de la panoja durante el llenado de grano permiten que el cultivo de sorgo tolere altas poblaciones sin verse resentido el rendimiento por planta.

Por la posición que presenta la panoja del sorgo genera que la fotosíntesis de la zona superior resulta lo más importante. La contribución de las 4 hojas superiores es de un 75 % en promedio (Fischer y Wilson, citados por Fischer y Wilson, 1975).

La contribución de la panoja en el llenado de grano puede ser variable, Fischer y Wilson (1975) estimaron que la importancia relativa de ésta es de un 17 % en promedio. Estos mismos autores demostraron que la función de fotosíntesis de la panoja es de mayor eficiencia que la de las hojas y ello puede tener que ver con la escasa distancia entre fuente y fosa.

Otra fuente de energía para el grano que se da en ciertas situaciones es la translocación de carbohidratos desde el tallo. Voss, citado por Siri (2004) ha demostrado que aunque temporariamente, los carbohidratos son depositados en el tallo como un "pool" para desde allí dirigirse al grano. Este mecanismo ingenioso de la naturaleza es el que explica la constancia en el crecimiento del grano frente a condiciones adversas. Goldsworthy y Tayler, citados por Fischer y Wilson (1975) midieron un decrecimiento en el peso del tallo luego de anthesis debido a la transferencia de carbohidratos hacia el grano. Esto se debe a que en este periodo la tasa de crecimiento del grano es mayor a la velocidad de crecimiento del cultivo.

2.4.2. Respuesta a la temperatura

El sorgo tiene un óptimo de temperaturas diurnas para el crecimiento entre 24 y 36⁰C (Dawnes, citado por Siri, 2004) y un óptimo de temperaturas nocturnas entre 14 y 19⁰C (Cooper, citado por Siri, 2004). Una mayor amplitud térmica durante el llenado de grano permite alargar este periodo y tener mayor rendimiento.

La velocidad de emergencia de las hojas aumenta a medida que aumenta la temperatura diaria, pero las bajas temperaturas (20⁰C diurnas y 15⁰C nocturnas) son necesarios para la producción de macollos bajo condiciones controladas (Dawnes, citado por Lovett y Lazemby, 1979). A campo la producción de macollos puede ocurrir a mayores temperaturas que estas y está más influenciada por la población de plantas que por la temperatura (Anderson, citado por Lovett y Lazemby, 1979).

2.4.3. Respuesta a la humedad del ambiente

La germinación de la semilla de sorgo es pobre bajo altas tensiones de humedad, pero difiere entre cultivares y los diferentes recursos de la semilla en su

habilidad para germinar (Evans et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979). Al incrementar la tensión osmótica el tiempo para alcanzar la germinación se prolonga.

El sorgo es más tolerante al estrés hídrico y es más productivo bajo estas condiciones que otras especies. Este es menos susceptible al cambio estomático debido a que se prolonga la marchitez en mayor medida que maíz (Glover, citado por Lovett y Lazemby, 1979).

El rendimiento final y la relación entre el rendimiento en grano y agua utilizada puede ser influenciada por la distribución de la lluvia bajo condiciones de secano. El rendimiento en grano final no depende necesariamente del total de agua utilizada ya que la distribución de las lluvias en relación a las etapas de crecimiento es muy importante en condiciones de secano (Olson, citado por Lovett y Lazemby, 1979). Además este autor demostró que a bajas densidades de plantas (175 000 plantas/hectárea, 102 cm entre hileras) el sorgo granífero utilizó ligeramente menos agua que maíz o sorgo forrajero; a altas densidades en condiciones favorables el sorgo granífero puede incrementar su rendimiento mientras maíz no.

En términos de potencial de adaptación a las condiciones de secano, el sorgo tiene considerables ventajas debida a su habilidad para utilizar escaso suministro de agua que está dado por su lento crecimiento inicial, esto hace que hasta floración, casi la mitad del crecimiento, el consumo de agua no pase de los 150- 200 mm. Teniendo en cuenta el consumo de agua del cultivo en las distintas etapas de desarrollo, alrededor de la floración el consumo diario de agua se hace máximo. Otros autores coinciden que el embuche constituye el periodo de máximo consumo (Herron et al., Muisick et al., citados por Siri, 2004). A partir de los 450 mm el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total, por lo que el problema pasa a ser la eficiencia de uso del agua.

Su comportamiento estomático, eficiencia fotosintética y sistema radicular vigoroso combinados permiten a la planta de sorgo explorar la humedad disponible. Su amplia adaptación se debe a ventajas que este cultivo posee sobre otros, como alta velocidad fotosintética, tolerancia a sequia y adaptación a un amplio rango de temperaturas.

2.5. POBLACIÓN

La información agronómica en el cultivo de sorgo es incompleta y no está actualizada. Así, prácticas de manejo como la densidad de plantas ha sido escasamente analizada durante la última década y requieren ser reexaminadas como consecuencia de los avances en el mejoramiento genético, en la adopción de la siembra directa y en el uso de fertilizantes y herbicidas.

Según Lovett et al. (1979), la población y el espaciamiento entre hileras óptimos bajo cualquier ambiente va a depender de la humedad del suelo, fertilidad, y de la habilidad de las plantas a tener macollos fértiles. Cuando la humedad del suelo a la siembra es buena y su fertilidad es alta, o puede ser aumentada artificialmente, la población de plantas utilizada puede ser más alta (Olson, citado por Lovett et al., 1979).

La densidad tiene influencia durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo ya que determina la cantidad de área foliar disponible para el máximo de interceptación de radiación (Watson, Donald, Iwaki, citados por Fischer y Wilson, 1975). El total de materia seca representa la velocidad de crecimiento del cultivo a lo largo de todo el periodo de crecimiento y está relacionada con el rendimiento en grano por el índice de cosecha.

Altas poblaciones pueden ser muy determinantes en años secos debido a la excesiva absorción de agua del suelo temprano en la estación de crecimiento. Como la producción del cultivo depende fuertemente del agua almacenada en el suelo, el momento de evapotranspiración (ET) afecta la producción de materia seca. La evapotranspiración durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo tiene un componente muy fuerte de ET desde la superficie del suelo. A su vez la ET durante el periodo vegetativo estuvo negativamente correlacionado con el índice de cosecha, tanto para años secos como favorables para la producción (Steiner, 1987).

Analizando el cúmulo de información nacional referente a respuesta a la población se encontró una contradicción entre los resultados obtenidos hasta los 80' y los obtenidos más recientemente.

En el cuadro 1 se resume la información generada en el país en respuesta a la población para diferentes años, híbridos y localidades, si bien son variables las poblaciones óptimas, existe coincidencia que ésta se encuentra por encima de 300.000 plantas por hectárea.

Cuadro No. 1: Ensayos nacionales sobre densidad de siembra (elaborado por Carrasco, 1989).

Autor	Año	Híbrido	Localidad	Óptimo
Capurro	73/74	Cont. 2201	Estanzuela	340.000
Capurro	72/73	Cont. 2201	Estanzuela	480.000
Capurro	73/74	Cont. 2201	Estanzuela	360.000
Capurro	72/73	Cont. 2201	Estanzuela	420.000
Capurro	73/74	Cont. 2201	Estanzuela	490.000
Capurro	73/74	Cont. 2201	Estanzuela	380.000
Capurro	73/74	Cont. 2201	Estanzuela	490.000
Labella	73/74	Morgan 103	Tacuarembó	420.000
Lazo	75/76	BR64	Paysandú	400.000
Lazo	69/70	BR64	Paysandú	400.000
Lazo	70/71	BR64	Paysandú	400.000
Lazo	70/71	BR64	Paysandú	400.000
Holtz – Ghisellini	82/83	BR64	Paysandú	300.000
Holtz – Ghisellini	82/83	NK 180	Paysandú	500.000
Carrasco - Schevozov	80/81	BR64	Tarariras	450.000
Carrasco – Schevozov	80/81	BR64	Dolores	250.000
Carrasco	83/84	BR64	Paysandú	300.000
Carrasco	83/84	NK 180	Paysandú	500.000
Carrasco	83/84	BR64	Paysandú	300.000
Carrasco	83/84	NK 180	Paysandú	500.000
Fructos – Mazoni	83/84	Varios	Paysandú	350.000

Para Holtz y Ghisellini (1985) se encontró diferencias significativas entre poblaciones en el rango manejado de 100 a 500 mil plantas por hectárea. Siendo mayor la diferencia encontrada entre 100 y 300 mil plantas/ha, que entre 300 y 500 mil plantas/ha.

Carrasco (1985), encontró que para dos años contrastantes (año seco y año húmedo) en el rango de 100.000 a 500.000 plantas por hectárea la población óptima se encontraba cercana a 300.000 plantas por hectárea.

A medida que el año resulta más seco, el error cometido por utilizar una densidad de siembra baja se hace más importante. Una planta en un año seco no rinde lo que puede en un año húmedo, pero ello no implica que no pueda soportar otra planta a su lado. En años lluviosos pasa exactamente lo contrario, el potencial de producción por planta es elevadísimo y una omisión en densidad de siembra puede en general no tener demasiadas consecuencias (Carrasco, 1989).

Por el contrario para los resultados más recientes se ha encontrado que no existe respuesta en rendimiento a la población tanto para años secos (García et al. 2008, Schaffner y Sprunck 2009, Bentancor y Bentancor 2010), como para años normales (Alcoz et al. 1988, Algorta y Carcabelos 2007).

Estos experimentos se caracterizan por realizarse en siembra directa, como cultivos de segunda, siembras tardías (diciembre), con un mejor control de malezas y con diferentes materiales genéticos. Por otro lado los experimentos realizados hasta la década del 80' fueron sobre laboreo convencional, en siembras tempranas de primera y con materiales genéticos más viejos.

Todas estas prácticas de manejo han llevado a aumentos en el rendimiento y pueden ser la causa de la falta de respuesta de rendimiento frente a la población. Cabe destacar que en la mayoría de los experimentos recientes no se logro alcanzar 30 plantas/m² a partir de la cual se consideraba como población óptima.

Cuadro No. 2: Ensayos nacionales más recientes sobre densidad de siembra

Autor	Año	Híbrido	Localidad	Optimo
Alcoz et al. (1988)	87/88	IPB 8016	Paysandú	13-44
Alcoz et al. (1988)	87/88	Relámpago	Paysandú	18-59
Algorta y Carcabelos (2007)	05/06	MS 102 Y MS 3	Paysandú	5-20
García et al.(2008)	07/08	MS 102	Mercedes	18-43
García et al. (2008)	07/08	MS109	Mercedes	17-33
Schaffner y Sprunck (2009)	07/08	MS 102	Colonia	10-25
Schaffner y Sprunck (2009)	07/08	MS 109	Colonia	7-15
Bentancor y Bentancor (2010)	07/08	MS 102	Flores	4-27
Bentancor y Bentancor (2010)	07/08	MS 109	Flores	2-20

Según Alcoz et al. (1988) el aumento en el número de plantas no muestra respuestas de gran magnitud en el rendimiento, dado que las condiciones del año en que se realizó el experimento permitieron lograr buenos tamaños de panojas con bajas

poblaciones. Estos autores afirman que esto no hubiera ocurrido en un año seco donde las respuestas sí hubieran sido marcadas.

Algorta y Carcabelos (2007) para un año bueno observaron que al aumentar el número de plantas/m² el único componente que interacciona positivamente es el número de panojas/m². A esta variable se le resta la relación negativa de rendimiento por panoja, que está dado solamente por el número de granos por panojas. Debido a la compensación que opera entre estas variables no se observaría una modificación del rendimiento, siendo este en promedio de 6983 Kg/ha y una variación entre 6150 y 8000 Kg/ha con poblaciones bajas desde 5 a 20 plantas/m².

En cambio García et al. (2008) para un año seco con poblaciones entre 17 y 43 plantas/m² el rendimiento promedio fue menor con valores de 3958 Kg/ha. no encontrando respuesta a la población. Este comportamiento le atribuyen 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 en las poblaciones menores a 10 plantas/m².

Bentancor y Bentancor (2010) para un año seco, con poblaciones entre 3,2 y 27,4 plantas/m² con un rendimiento promedio de 4950 Kg/ha, no encontraron respuesta a la población, explicando esta respuesta por los mismas causas que García et al. (2008).

Estos autores señalan que 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 superior al obtenido por Alcoz et al. (1988) en un año bueno, y también superior al obtenido por Ghisellini y Holtz (1985). Pero sin mucha diferencia con lo obtenido por Algorta y Carcabelos (2007) en un año bueno, donde se utilizaron materiales genéticos similares, lo que deja de manifiesto que el potencial de producción de granos por panoja de estos materiales es muy bueno.

Al analizar los resultados más recientes encontrados para densidad de siembra en la región (Argentina), se observa concordancia en los valores obtenidos por Díaz et al. (2007), INTA (2007), Chessa (2010) quienes recomiendan densidades que rondan las 150.000 plantas/hectárea. Este número de plantas es bastante menor a los resultados obtenidos hasta los 80' en Uruguay (300.000 plantas/hectárea). En cambio Zamora et al. (2010) encontró que no existe respuesta en rendimiento frente a cambios en la población lo que coincide con los últimos trabajos realizados en Uruguay.

Díaz et al. (2007) para la provincia de Entre Ríos, Argentina, realizó un ensayo en siembra de primera sin laboreo, donde observó que en años donde las lluvias fueron limitantes en el período crítico del cultivo (2005/2006) los mayores rendimientos se obtuvieron con densidades bajas (14-15 plantas/m²). Al aumentar la disponibilidad

hídrica del cultivo en ese período un incremento del número de plantas (19-21 plantas/m²) permitió lograr mayores rendimientos (2006/2007).

Para INTA (2007) la densidad de siembra depende de la calidad de la semilla, tamaño y peso de la misma, sistema de siembra, ciclo del híbrido elegido, disponibilidad de riego y tipo de suelo. Siendo aconsejable en general sembrar de 85.000 hasta más de 150.000 plantas útiles a cosecha por hectárea, correspondiendo las menores densidades a los ciclos largos y zonas de baja disponibilidad hídrica y sistemas convencionales de siembra a 0,70 m. Las mayores densidades se pueden utilizar en caso de ciclos cortos a intermedios en siembras directas e incluso con menor espaciamiento entre hileras para lograr una rápida cobertura y menor competencia de malezas.

Chessa (2010) de la universidad de Córdoba al realizar una puesta en común de la información para esa zona establece que, dada las características propias del híbrido, el componente principal del rendimiento del cultivo, es el número de panojas por hectárea. Siendo que lo que se busca es la uniformidad del cultivo, lo cual permitirá una cosecha de igual condición, el macollaje no es deseado, por lo tanto el número de panojas se corresponde con el número de plantas.

En este sentido, con todas las variables ambientales presentes, el autor concluye que no es posible dar un número total de plantas por hectárea único para todas las zonas agrícolas y épocas de siembra. Lo que se debe a que definitivamente, el agua disponible (tanto la acumulada en el suelo, como la que cae normalmente durante el ciclo del cultivo) y la fertilidad del suelo son determinantes sobre el número de plantas objetivo. Así mismo, asegura que con surcos a 70 cm, el tener 10 plantas logradas por metro (alrededor de 140.000 plantas en la hectárea) es una densidad que puede funcionar en todas las áreas y para todos los híbridos, siendo recomendable en algunos casos aumentarla y en otras disminuirla.

Por otro lado, Zamora et al. (2010) en Chillar, centro de la provincia de Buenos Aires, en un experimento en sorgo de primera con laboreo convencional, evaluaron 3 densidades de siembra: baja, media y alta (con poblaciones logradas de 17,19, y 29 plantas/m², respectivamente). Estas diferentes poblaciones evaluadas permitieron modificar el número de panojas/m² y el diámetro del tallo, pero no así el rendimiento, por lo que se deduce que el sorgo realiza una buena compensación ante la falta de plantas.

En lotes de producción, donde el logro de plantas por m² muchas veces se ve afectado en la siembra por condiciones de bajas temperaturas y/o falta de humedad, este autor afirma que el cultivo de sorgo compensaría el rendimiento de grano bajo condiciones ambientales buenas, con un rango de plantas logradas entre 150 a 200 mil por hectárea.

Por otro lado en Brasil Chartuni (2010) recomienda una densidad entre 140 y 170 mil plantas a cosecha, donde la densidad óptima varía básicamente con el cultivar, y con la disponibilidad de agua y nutrientes. Además este autor señala que en siembra directa por causa de problemas como mala sementera, déficit hídrico, insectos, enfermedades, etc., conviene aumentar la cantidad de semillas de 5 a 10% comparado con la siembra convencional.

2.5.1. Componentes de rendimiento

El rendimiento en grano está definido por el número de grano/m² y por el peso de grano. El primero refleja las condiciones de crecimiento anteriores a la floración mientras que el segundo será el resultado de las condiciones predominantes durante el llenado de grano. Por lo tanto el rendimiento tiene una secuencia temporal lo que lleva a que se esté definiendo a lo largo del ciclo del cultivo.

2.5.1.1. Macollaje

El macollaje es un proceso con respuesta positiva a las bajas temperaturas, a la elevación de la disponibilidad de nitrógeno, luz y agua, y resulta variable para diferentes genotipos.

El número de macollos totales por planta se define cuando la sexta hoja se encuentra totalmente expandida, al mismo momento que se define el número de panojas totales que tendrá la planta y el cultivo.

Cuanto mayor es la temperatura durante los primeros 30 días de crecimiento del cultivo, menos intenso resulta el macollaje. El umbral crítico de temperatura para el macollaje estaría alrededor de los 18 °C.

Los niveles altos de población (130- 590.000 plantas/ha) no permiten la manifestación de macollamiento, por lo que el número de panojas a cosecha es similar al número de plantas (Alcoz et al., 1988).

Steiner (1987) determino que la siembra de bajas poblaciones de sorgo en condiciones de secano en años favorables, no ve limitado su rendimiento gracias a la respuesta en macollaje.

García et al. (2008) obtuvieron un escaso macollaje en las diferentes poblaciones logradas, al cual lo atribuyeron a las altas temperaturas predominantes durante la fase inicial del cultivo asociadas a la fecha de siembra de cultivos de segunda y las limitantes hídricas que experimento el cultivo en sus etapas de desarrollo.

Schaffner y Sprunck (2009) observaron que a medida que aumento la población, el número de tallos/planta disminuyo en el híbridos MS 109 y no fue tan claro en el híbrido MS 102.

Bentancor y Bentancor (2010) para el híbrido MS 109 obtuvieron diferencias significativas en el número de tallos/planta frente a un aumento en la población, en cambio no hubo respuesta para el híbrido MS 102.

2.5.1.2. Crecimiento de panoja

Luego de la transformación del ápice vegetativo a reproductivo, los componentes estructurales de la panoja son fijados (número de nudos, ramificaciones primarias, secundarias, etc.). De éste proceso de formación y crecimiento de la panoja depende el número de granos obtenidos de una planta y en última instancia, el rendimiento. Ya que como definieron Fischer y Wilson (1975) la respuesta de este cultivo a la casi totalidad de los recursos de producción (agua, luz, nutrientes, temperatura, genotipo) tiene como base la respuesta en crecimiento de la panoja.

Partiendo de la base que el número de panojas/m² es un componente directo del rendimiento, Holz y Ghisellini (1985), Algorta y Carcabelos (2007), García et al. (2008), Bentancor y Bentancor (2010), encontraron que el número de panojas/m² aumenta con la población. En cambio Schaffner y Sprunck (2009) no encontraron interacción entre estos componentes.

En este sentido Schaffner y Sprunck (2009) obtuvieron que el número de panojas/m² no mostro relación significativa con incremento en la población en ambos híbridos debido a que disminuyo la prolificidad, lo que le atribuyen a mecanismos compensatorios como lo son la esterilidad y el macollaje que fue provocado por una distancia entre hileras a 70 cm. Esto provoco una mayor competencia entre plantas dentro de la hilera causando esa mayor reducción.

Bentancor y Bentancor (2010) determinaron que al incrementarse la población, el número de tallos/m² se incrementó en un 12% en promedio. Sin embargo, el número de panojas /m² se redujo en un 43% con relación a las plantas logradas, indicando la existencia de una alta esterilidad de tallos.

Alcoz et al. (1988) encontraron que existe una respuesta diferencial entre población y rendimiento por panojas, según el material genético que se utilice. El rendimiento por panoja del híbrido IPB 8016 decae en forma más acentuada que el de Relámpago.

El aumento de la densidad provoca una caída en el peso de panoja que termina explicando la falta de respuesta en rendimiento por encima de 30 plantas/m², explicado

por una disminución en el número de granos (Carrasco, 1989) lo que concuerda con lo encontrado por Holz y Ghisellini (1985), Algorta y Carcabelos (2007), García et al. (2008). Por el contrario para Schaffner y Sprunck (2009), Bentancor y Bentancor (2010) no existió variación en el rendimiento por panoja al aumentar la población.

Goldsworthy y Tayler, citados por Siri (2004) señalan que el número de granos por panoja es función directa de la duración del área foliar por planta entre la iniciación floral y la emergencia de la panoja. Desde el punto de vista práctico el número de hojas con que el sorgo llega a floración es un resumen del estrés sufrido (anaerobiosis, salinidad, frío, etc.) y un predictor del tamaño de panojas que se tendrá.

Un incremento en el número de plantas genera una mayor competencia a iniciación floral, momento en que se determina el número de granos, existiendo así una mayor cantidad relativa de fotosintatos disponibles para el llenado de grano. Como consecuencia de esto se produce un descenso en el número de granos y estos presentan cierta tendencia a ser más pesados (Alcoz et al., 1988).

Algorta y Carcabelos (2007) el aumento de población en un rango entre 5 y 20 plantas/m² provocó una reducción lineal en el número de granos por panoja. Estos destacan el alto número de granos por panoja sobre todo en bajas poblaciones (2000 granos aproximadamente), atribuyendo estos resultados a las condiciones hídricas favorables. En cambio para un año seco García et al. (2008) lograron un menor número de granos por panoja (800 granos aproximadamente), pero encontraron la misma respuesta a la población.

2.5.1.3. Llenado de grano

Durante esta etapa es cuando se concreta el potencial de rendimiento que fue fijado en etapas anteriores. Según Carrasco (1989) el peso de grano tiene poca relación con el peso de panoja, ya que este componente se fija genéticamente o es ajustado por la planta de acuerdo a las condiciones, pero en todo los casos podemos decir que su variación es muy poca. Lo que concuerda con lo hallado por Algorta y Carcabelos (2007), Schaffner y Sprunck (2009), Bentancor y Bentancor (2010). En cambio Holz y Ghisellini (1985), García et al. (2008), obtuvieron variación en el peso de granos frente a cambios en la población.

El peso de mil granos normalmente se encuentra entre 20 y 30 gramos, un cultivo de baja población puede obtener un peso de mil grano de 27,4 gramos y uno de alta población 18,9 gramos (Vallatti, 2007). Algunos de los resultados más recientes en Uruguay como los de Algorta y Carcabelos (2007) lograron valores entre 22 y 27 g. para el híbrido MS 3 y entre 29 y 35 g. para el híbrido MS 10; y García et al. (2008) 23,7 g. para el híbrido MS 102 y 17,7 g. para el híbrido MS 109.

Holz y Ghisellini (1985), encontraron que para un rango entre 100 y 300 mil plantas/ha. se produce un descenso lineal en el número de granos por panoja y peso de granos explicado por los efectos de la competencia entre plantas. En cambio al aumentar la población de 300 a 500 mil plantas/ha. el peso de granos aumenta y el número de granos continua descendiendo, explicado por una competencia intraplanta.

El logro de altos rendimientos en grano depende de altas tasas de crecimiento o alcanzar un largo periodo de acumulación de materia seca después de floración Thorne, Alison y Watson, Fischer y Wilson, citados por Fischer y Wilson (1975). Fischer y Wilson (1975) determinaron que solo un 12 % del llenado de grano se debe a fotosintatos incorporados al tejido antes de anthesis, por lo que este depende mayormente de la fotosíntesis durante este periodo.

2.6. CULTIVO DE SEGUNDA EN SIEMBRA DIRECTA

En los cultivos “de segunda” en siembra directa, el cultivo de invierno consume el agua y opera como cobertura de suelo. Las lluvias posteriores a la madurez fisiológica recargan el suelo, pero si estas no se producen, solo se dispondrá del residuo hídrico del crecimiento anterior. Además los suelos sin laborear y con rastrojo en superficie presentan menor temperatura que los laboreados.

Está ampliamente aceptado que las potenciales ventajas del doble cultivo son: (i) mejor utilización del clima, tierra y otros recursos; (ii) reducción de pérdidas de agua y suelo debido a que el suelo está cubierto durante la mayor parte de la estación de crecimiento por el canopeo; (iii) mejora la utilización del suelo y del agua y la conservación de la energía de los métodos de labranza (Caviness y Collins, citados por Daniels y Scott, 1991).

El doble cultivo retrasa la siembra de verano, y debido a que se siembra después de la fecha óptima, reduce el rendimiento (Tanner y Hume, citados por Pfeiffer, 2000). El cultivo de verano de segunda puede ser considerado como un cultivo que crece en un ambiente de bajo potencial de rendimiento.

En los cultivos de verano que se siembran inmediatamente después de uno de invierno (de segunda), el “barbecho” está ocupado por el cultivo anterior, por lo que no deben esperarse diferencias importantes en el aporte de N-NO₃ a la siembra cuando esta se realiza en forma inmediata a la cosecha.

Chartuni (2010) señala que en siembra directa con exceso de rastrojo, rastrojo mal distribuido, micro relieve irregular, ocurre una emergencia desinforme y atraso en el crecimiento inicial. Pero en el sorgo este problema es menor ya que ocurre una compensación debido al macollaje, y se puede lograr un rendimiento similar al de una siembra adecuada.

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

La cobertura del suelo sustituye el efecto buscado con la generación de rugosidad en el laboreo primario. La adopción de sistemas que mantenga rastrojo en superficie, resulta en un incremento en el almacenaje de agua en el suelo durante periodos previos al cultivo (Unger, citado por Steiner, 1987) y además incrementa la eficiencia en la utilización del agua de las precipitaciones durante el periodo de crecimiento (Unger et al., citados por Steiner, 1987).

El efecto de la cobertura de rastrojo es eliminado si el agua se pierde desde el suelo por transpiración. Estas situaciones se producen cuando existe crecimiento vegetal, ya sea este un cultivo previo o malezas (Ernst, 1999).

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

Daniels y Scott (1991) demostraron que las precipitaciones durante la estación de crecimiento para el doble cultivo (trigo y soja) afecta la eficiencia de uso del agua. El agotamiento del agua del suelo causado por el cultivo antecesor (trigo) y la variabilidad de la precipitación afectan el comportamiento de la soja (Daniels y Scott, 1991).

2.6.2. Efecto de la siembra directa sobre la temperatura del suelo

Suelos con cobertura de rastrojo presentan una amplitud térmica menor que los laboreados, por lo que ganan y pierden calor más lentamente. Al inicio de la estación de siembra el suelo se está calentando, por lo que la cobertura determina un retraso en la fecha en que se alcanza la temperatura mínima de siembra. Esto es particularmente más importante en los cultivos más sensibles (como sorgo granífero), que requieren una temperatura mínima de 15° centígrados y 18° C óptima.

El efecto de la temperatura del suelo sin laboreo se manifiesta en una menor tasa de crecimiento y desarrollo diferencial como consecuencia de la menor acumulación térmica diferencial. En siembras tardías y de segunda, el efecto sobre la temperatura del suelo a la siembra no es relevante porque está por encima del mínimo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. MANEJO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en el año agrícola 2010/2011 en el establecimiento “La Esperanza”, a 22 Km aproximadamente de la ciudad de Dolores, Departamento de Soriano. El área experimental está ubicada sobre la Unidad de suelos Cañada Nieto. (Carta de suelo 1:1.000.000). Esta Unidad tiene como suelos dominantes Brunosol Eutrítico Típico Fr, Brunosol Subéutrítico Típico ArFr y Brunosol Eutrítico Lúvico Fr y como suelos asociados Brunosol Subéutrítico Típico Fr.

Los tratamientos se instalaron atravesando la variación topográfica natural, en la cual se diferencia una loma, ladera y un bajo.

La siembra se realizó el día 03/11/2010 sobre rastrojo de cebada y trébol alejandrino, con una sembradora de siembra directa. La distancia entre hileras fue de 52 cm y a una profundidad de siembra de 5 cm.

3.2. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento incluyó tres poblaciones objetivo de sorgo granífero; 10, 20, y 30 plantas/m², los que fueron ubicados en un diseño experimental de parcelas completamente al azar, con tres repeticiones. Las parcelas consistieron en nueve fajas ubicadas en sentido norte-sur, cortando la pendiente mayor. Cada faja fue de 12m de ancho y 500m de largo

Se georeferenciaron 10 sitios cada 50 metros dentro de cada faja, los que fueron mantenidos como la unidad de muestro de todas las variables de respuesta cuantificada hasta la cosecha.

Cuadro No. 3: Descripción de los tratamientos

Fajas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Densidad objetivo	10	20	30	20	30	20	10	30	10
Densidad logradas	6,5	12	17,6	12,9	18,3	12,4	6,1	18,8	6,8

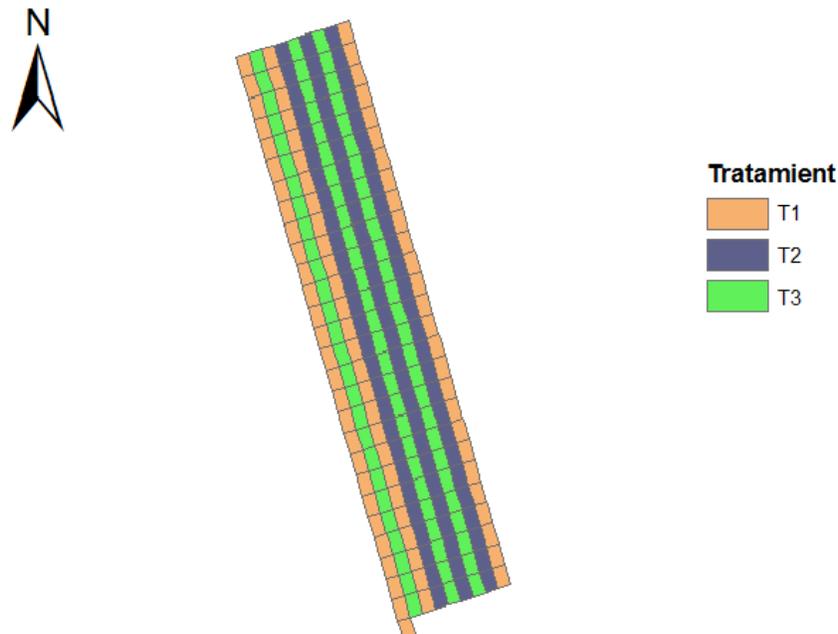


Figura No. 1. Croquis con la disposición de los tratamientos

3.3. DETERMINACIONES

3.3.1. Datos climáticos

Los datos de precipitaciones fueron obtenidos de la estación meteorológica ubicada un predio muy cercano al establecimiento (Media Agua) donde se realizó el experimento.

3.3.2. Mediciones a campo y en el laboratorio

Implantación: se estimó el número de plantas emergidas e implantadas por sitio georeferenciados. Se contó el número de plantas en 3 metros consecutivos en 2 surcos (6m lineales) en cada sitio. El muestreo se realizó 55 días pos-siembra, cuando el cultivo se encontraba en promedio en el estadio fenológico V4.

Fenología: la determinación se realizó en 10 plantas por sitio, distribuidas cada 5 plantas en dos surcos. En la etapa vegetativa se utilizó la escala de Ritchie y Hanway (1982) y durante la etapa reproductiva la escala de Vanderlip, citado por Siri (2004).

Al igual que para implantación, para la distancia entre plantas, número de tallos/m², altura de panojas, número de panojas y la cosecha manual, se midió en 3 metros consecutivos en 2 surcos por sitio.

Nitrógeno en suelo: en V6 se tomaron muestras de suelo de los primeros 20cm del perfil en 10 puntos al azar por sitio georeferenciado, para determinar la disponibilidad de N-NO₃. Esta medición no fue posible realizar en los 90 sitios por lluvias que se produjeron al momento de la determinación, determinándose así bloques administrativos para poder realizar la medición de la misma cantidad de repeticiones por tratamientos. De esta manera fue posible medir el total de los sitios del primer bloque (fajas 1, 2, y 3) y parte del segundo bloque.

Peso fresco de plantas: se determino en 5 plantas consecutivas cortadas al ras del suelo en 2 surcos, al mismo tiempo que se conto el número de tallos por planta.

Cosecha manual: se realizó el día 17/05/2011, se cortaron todas las panojas de 3 metros consecutivos en 2 surcos por sitio. En el laboratorio se las clasificó en tres categorías por sus tamaños relativos dentro de tratamientos (chicas, medianas y grandes). Las panojas fueron trilladas en una cosechadora estacionaria, separadas por categoría de tamaño, estimando así rendimiento y sus componentes: número de panojas/m², peso de panojas y peso de mil granos (PMG).

En la misma fecha se realizo la cosecha mecánica con una cosechadora comercial Case IH 2399 de 35 pies, equipada con monitor de rendimiento y GPS.

Los datos del monitor de rendimiento se promediaron en grillas de 5m por 10,7m (ancho de la cosechadora) utilizando el programa ARCGIS 10 (2011), por lo que el rendimiento de cada grilla corresponde a la media de 3 a 5 datos.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de datos se realizo integrando 3 enfoques complementarios: estadística descriptiva uni y multivariada, análisis de modelos lineales y técnicas geoestadísticas.

3.4.1. Estadística descriptiva

Se describió la información obtenida mediante estadística descriptiva utilizando el programa JMP 9. Para ello se estimó la media, desvío estándar, coeficiente de variación, mínimo y máximo. Fueron realizados gráficos de dispersión y se ajustaron regresiones entre la población lograda y el rendimiento y sus componentes para determinar la relación entre estos.

De modo de describir el peso relativo de las diferentes variables sobre la conformación del rendimiento en grano, se realizó el análisis de árbol de clasificación y regresión, utilizando el programa JMP 9.

3.4.2. Análisis de conglomerados

También fue realizado un análisis de conglomerados utilizando todas las variables estandarizadas. Como medida de distancia fue elegida la distancia euclidiana media. Se formaron dos grupos similares construidos con todas las variables de respuesta cuantificadas pero sin el rendimiento en grano. Los grupos fueron tomados como categorías y se procedió a analizar los resultados utilizando un modelo lineal general anidado en cada sitio definido (modelo 1).

3.4.3. Modelo estadístico

Se estudió la correlación espacial de los datos georeferenciados obtenidos con el muestreo discreto. No se ajustó ningún un semivariograma de los testados, por lo que se trabajó con los datos no interpolados.

Para cada variable se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + M(T)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

T: Población lograda

M: Sitios de muestreo

Las medias se compararon utilizando el Test de Tukey, fijándose un alfa de 0,05 y 0,10 como niveles de significancia.

3.4.4. Análisis de resultados obtenido con monitor de rendimiento

Se estudió la estructura espacial de los datos obtenidos con el monitor de rendimiento utilizando el programa ARCGIS 10 (2011). Para ello se calcularon los semivariogramas estándar, esférico y exponencial. Se analizó la relación pepita/umbral, clasificando la correlación espacial como fuerte (menor a 0,25) o moderada (entre 0,25 y 0,75) (Cambardella et al., citados por Pravia, 2009). Luego se procedió a realizar la validación cruzada de los puntos muestreados con los procedimientos kriging ordinario, removiendo consecutivamente un valor de los datos, el que es estimado a partir de los datos restantes. Se graficó la relación entre valores observados y estimados, lo que fue utilizado para la selección del mejor estimador semivariograma en base a comparación de los coeficientes de determinación y el residuo de los errores de los modelos.

Como existió autocorrelación espacial fuerte se confeccionó un mapa de rendimiento por interpolación de datos. Para analizar el efecto densidad de plantas logradas se siguió la metodología descrita por Pravia et al. (2009). Se estimaron los residuos normalizado restando el promedio de rendimiento de tratamiento al valor medio de cada celda según método propuesto por Hernández y Mulla (2002). Se determinó la estructura espacial de los residuales y se realizó kriging para estimar un nuevo residual para cada celda por medio de validación cruzada de vecinos observados más cercanos. Estos nuevos residuos se utilizaron para calcular el “rendimiento limpio” o corregido del efecto espacial de la superficie.

Fue necesario realizar el procedimiento dos veces para lograr que perdieran la estructura espacial conferida por el sitio y no por el tratamiento.

A partir de estos rendimientos corregidos, se determinaron diferentes ambientes de producción definidos por las zonas de rendimiento homogéneo. Estos se agruparon utilizando como criterio tres rangos de rendimiento, en potenciales bajo (B), medio (M) y alto (A).

Los datos del muestreo discreto se superpusieron sobre estos ambientes y se seleccionaron sitios georeferenciados en los que se realizaron calicatas para describir visualmente los horizontes del suelo, medir la profundidad de los mismos y la profundidad del perfil. En los ambientes de rendimiento medio y bajo se realizaron 3 calicatas, en cambio en el ambiente de alta producción se realizaron 6 calicatas (3 en la zona de alta producción ubicada en la zona topográficamente más alta y 3 en la zona topográficamente más baja). Se estimó la capacidad de almacenar agua útil (CAAD) del suelo por perfil utilizando las ecuaciones de pedotransferencias establecidas por Molino (2009).

Cada zona se tomó como un experimento de densidad de siembra independiente y se analizó la respuesta a la población de sorgo en cada uno de ellos siguiendo los mismos pasos ya descritos en el punto 3.4.3

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

En la figura 2 se compara las precipitaciones ocurridas desde un mes antes de la siembra hasta la cosecha, con la serie histórica de 1961-1990 de la estación meteorológica de Mercedes. Si se consideran las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (304 mm), las cuales fueron 47% menos que la media histórica, no superaron el consumo de agua a partir del cual el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total que es de 450 mm. (Siri, 2004).

Hasta el mes de marzo las lluvias estuvieron por debajo de la media histórica, fundamentalmente en Octubre (mes previo a la siembra), noviembre y diciembre lo que fue determinante de la diferencia entre población objetivo y población lograda (Cuadro No. 4). Si bien el promedio de implantación fue de 63% y se mantuvieron las diferencias entre los tratamientos establecidos, no se logró establecer poblaciones de sorgo definidas como superiores al óptimo en los antecedentes nacionales que estudiaron el tema en el período 1974-1984 (Capurro 1974, Labella 1974, Lazo 1976, Carrasco y Schevozov 1981, Holtz y Ghisellini 1983, Carrasco 1984, Fructos y Mazoni 1984).

Sin embargo a partir de enero, cuando el cultivo ingresó en etapa reproductiva, el régimen hídrico mejoró, no obstante se mantuvo por debajo de la media histórica hasta abril.

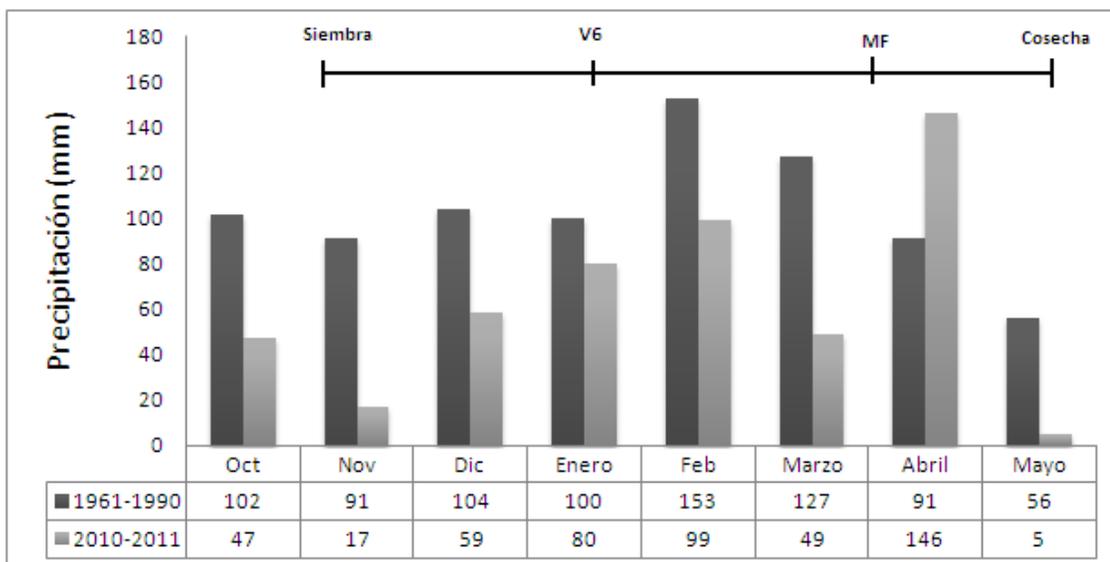


Figura No. 2. Registro promedio de precipitaciones para la serie histórica 1961-1990 de la estación de Mercedes y 2010-2011 de la estación del establecimiento.

4.2. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS CON EL MONITOR DE RENDIMIENTO

En la Figura 3 se presenta el mapa de rendimiento de la chacra en la cual se instaló el experimento y el mapa altimétrico interpolado. Para la misma se distinguen diferentes zonas con rendimientos similares, hacia el norte se diferencia una primer zona de rendimientos intermedios (3989-5220 Kg/ha) que abarca casi la totalidad del ancho de la chacra, la cual coincide con la zona topográficamente más alta. Inmediatamente por debajo de ésta zona se encuentra una segunda con tonalidades de verde claro que indica rendimientos superiores (5220-6156 Kg/ha) y en menor proporción tonalidades de amarillo donde se alcanzo los rendimientos más altos obtenidos en la chacra (6156-7832 Kg/ha).

En el centro de la chacra se diferencia nuevamente una zona de rendimientos inferiores. A ésta la atraviesa una línea de color azul que indica los rendimientos más bajos encontrados en la chacra, la cual coincide con un camino que cruza en sentido sur oeste. Más hacia el sur se diferencia un área de tonalidades verde claro y amarillo, que representa rendimientos superiores entre 5220 y 7832 Kg/ha, la que coincide con la zona más baja de la chacra. Una última zona hacia el sur de la chacra, presenta color azul que indica los más bajos rendimientos (0-3989 Kg/ha).

Como se puede observar el experimento incluyó toda la variabilidad registrada en la chacra.

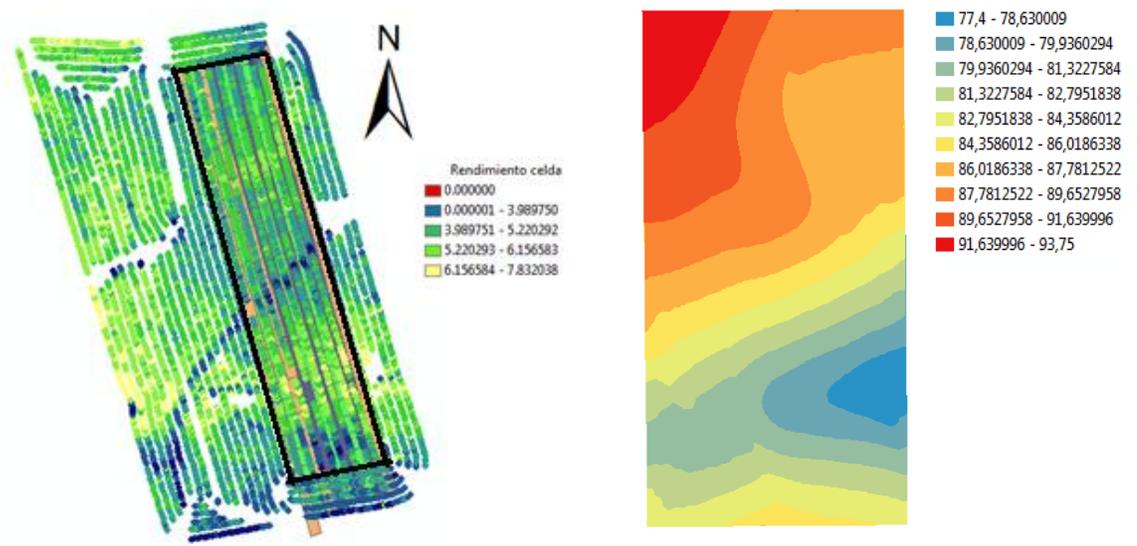


Figura No. 3. Mapa de rendimiento de la chara obtenido con el monitor de rendimiento de la cosechadora (izquierda). En el recuadro en negro se ubico el experimento. Mapa de altimetria de la chacra. (derecha).

En el mapa de rendimiento por celda (Figura No. 4), no se distinguen diferencias de rendimiento entre las 9 fajas de los tratamientos dentro de cada zona de rendimiento.

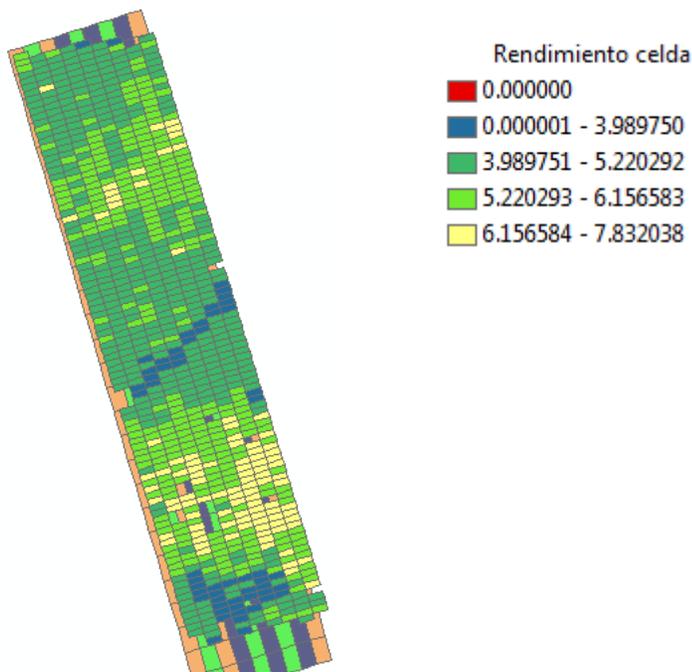


Figura No. 4. Mapa de rendimiento del ensayo obtenido con el monitor de rendimiento de la cosechadora.

4.3. ESTADISTICA DESCRIPTIVA

4.3.1 Relación entre población lograda, componentes del rendimiento y rendimiento en grano

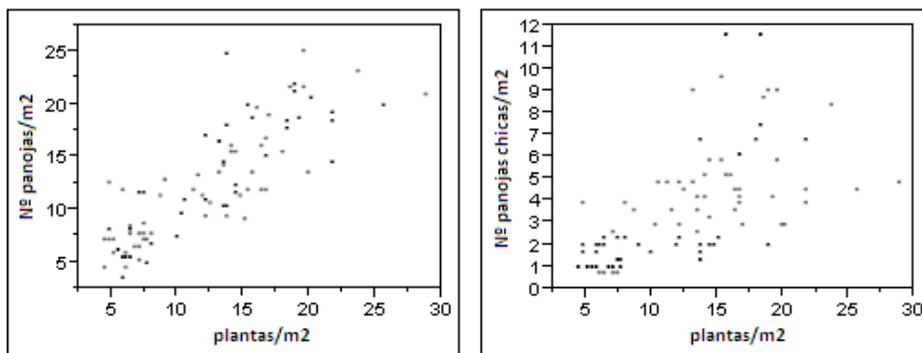


Figura No. 5. Número de panojas/m² (izquierda) y número de panojas chicas/m² (derecha) en función del número plantas/m² logradas.

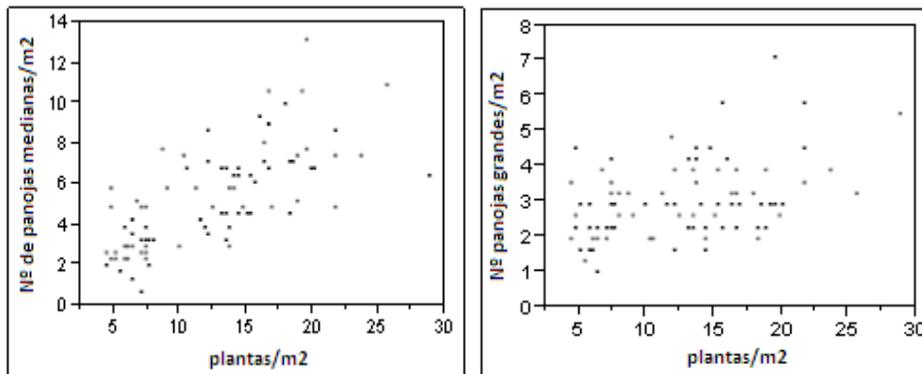


Figura No. 6. Número de panojas medianas/m² (izq.) y grandes/m² (der.) en función del número de plantas/m² logradas.

El número de panojas promedio obtenido para todas las poblaciones fue de 12,3 panojas/m². Al aumentar la población, el número de panojas totales aumentó linealmente ($r^2= 0,69$), lo que concuerda con los resultados de Holz y Ghisellini (1985), Algorta y Carcabelos (2007), García et al. (2008), Bentancor y Bentancor (2010). El aumento se explica en mayor medida por el aumento en el número de panojas chicas y medianas/m², ya que la relación lineal con el número de panojas grandes no fue significativo ($r^2= 0,19$).

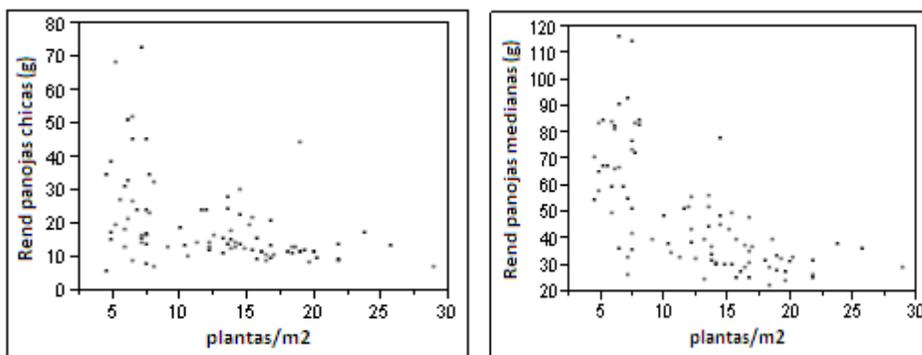


Figura No. 7. Rendimiento de panojas chicas (izq.) y medianas (der.) en función del número de plantas/m² logradas

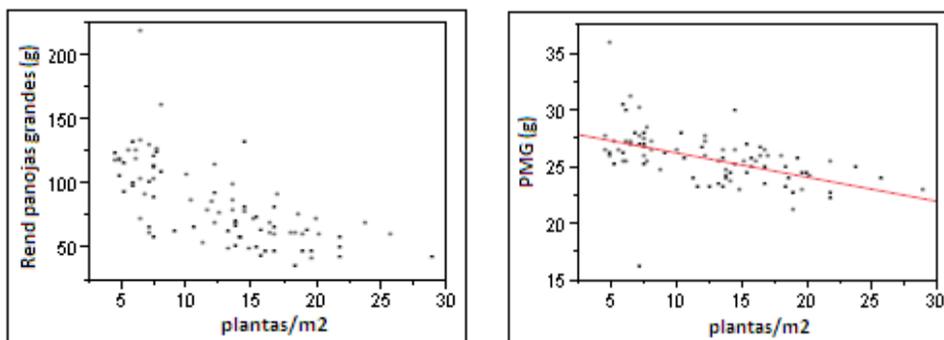


Figura No. 8. Rendimiento de panojas grandes (izq.) y peso de mil granos (der.) en función del número de plantas/m² logradas.

El rendimiento promedio por panoja fue de 51,2 g., similar al encontrado por Schaffner y Sprunck (2009) (38 g. para el híbrido MS 102 y 48 g. para el híbrido MS 109), pero mayor que los encontrados por García et al. (2009) (21 g. para el híbrido MS102 y 23 g. para el híbrido MS109).

Se registró una tendencia que a mayor número de plantas/m² menor rendimiento/panojas. Este comportamiento se aplica tanto a las panojas chicas, como medianas y grandes.

La misma tendencia se observó para el peso de mil granos (PMG), donde a mayor número de plantas menor peso de granos. Teniendo en cuenta la tendencia en los componentes del rendimiento analizados en relación al total de plantas, existió compensación entre los componentes del mismo, ya que a medida que aumentó el número de plantas/m² también lo hizo el número de panojas/m², pero al mismo tiempo disminuyó el peso de panojas y el PMG.

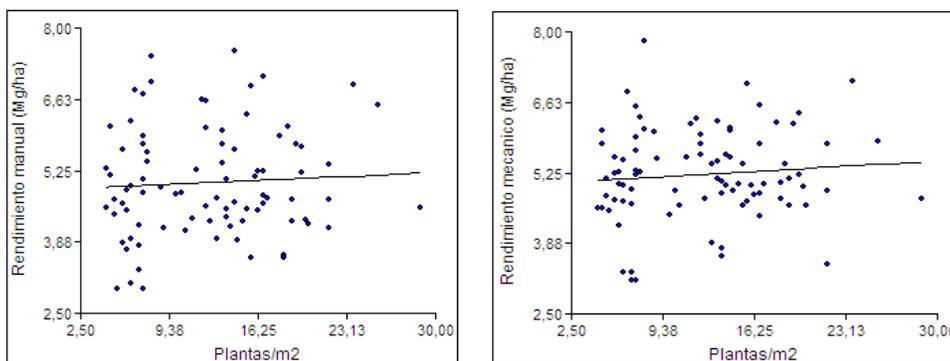


Figura No. 9. Rendimiento obtenido manualmente (izq.) y con cosechadora equipada con monitor de rendimiento en función del número de plantas/m² logrado.

El rendimiento promedio obtenido con el muestreo discreto y el obtenido con la cosechadora, fueron similares entorno a 5 Mg/ha con poblaciones desde 4,8 a 28,8 plantas/m². Teniendo en cuenta que el cultivo experimento déficit hídrico durante la etapa vegetativa, el rendimiento promedio concuerda con el obtenido por Bentancor y Bentancor (2010) en un año seco que fue 4,95 Mg/ha con poblaciones entre 3,2 y 27,4 plantas/m². En un año bueno Algorta y Carcabelos (2007) con poblaciones de 5 a 20 plantas/m² obtuvieron un rendimiento promedio superior de 6,98 Mg/ha. En estos 2 trabajos al igual que en el presente se encontraron rendimientos promedio muy por encima del obtenido por Ghisellini y Holtz (1985) que fue 1,9 Mg/ha.

Por otro lado no se encontró respuesta a la población dentro del rango de población obtenido, coincidiendo con los resultados más recientes (Alcoz 1988, Algorta y Carcabelos 2007, García et al. 2008, Schaffner y Sprunck 2009, Bentancor y Bentancor 2010). Pero no concuerdan con los trabajos realizados hasta la década del 80' como el de Ghisellini y Holtz (1985) quienes propusieron un óptimo de 30 plantas/m².

Estos mayores rendimientos y la falta de respuesta a la población puede deberse a que los cultivos se realizan en siembra directa, como cultivos de segunda, siembras tardías, con un mejor control de malezas y con diferentes materiales genéticos. Por otro lado los experimentos realizados anteriormente fueron sobre laboreo convencional, en siembras tempranas de primera y con materiales genéticos más viejos. Cabe destacar que en la mayoría de los experimentos recientes no se logro alcanzar 30 plantas/m² a partir de la cual se consideraba como población óptima, pero teniendo en cuenta la tendencia observada dentro del rango de poblaciones obtenidas, no se esperarían rendimientos superiores con 30 plantas/m².

4.3.2. Árbol de clasificación y regresión

El rendimiento estuvo asociado en primer lugar al peso de las panojas de tamaño mediano donde los 55 sitios que presentaron un rendimiento superior, mostraron un peso de panoja superior a 36,3 gramos (Figura No. 10). De estos 55 sitios, 20 tuvieron un número de plantas/m² menor a 7,3 obteniendo los menores rendimientos de éste grupo (4,9+-1,35 Mg/ha). Dentro del grupo que presentó mayor número de plantas/m² se vuelven a diferenciar por la característica peso de panojas medianas, pero esta vez el peso crítico es de 78g./panoja. Los 5 sitios con peso superior a este obtuvieron los rendimientos más altos (6,9 Mg/ha+-0,78). El grupo con un menor peso se divide nuevamente por el número de plantas, los 8 sitios con más de 15 plantas/m² obtuvieron rendimientos superiores, los que pertenecen mayoritariamente a la población más alta, ya que existen solo 3 sitios en la población intermedia con más de 15 plantas/m². En última instancia el peso de panojas mediana vuelve a mostrarse como la característica diferencial para el grupo con menos de 15 plantas/m².

Teniendo en cuenta la rama que presentó menor peso de panojas medianas, esta se divide en segundo lugar por el número de plantas/m², donde los 5 sitios que presentaron un número menor a 11,2 fueron los que obtuvieron los rendimientos inferiores del ensayo (3,1Mg/ha) los cuales se corresponden con la menor población estudiada. Por otro lado el grupo con mayor número de plantas se diferencian a través del número de tallos por planta, teniendo mayor rendimiento con valores menores a 1,1 que se corresponde con poblaciones intermedias y principalmente altas (cuadro No. 4). Dentro de este último grupo los sitios que poseen un peso de mil granos mayor a 25,5 g muestran los mayores rendimientos para esta rama con un peso de panojas medianas menor a 36 g.

En síntesis el rendimiento de panojas medianas y el número de plantas/m² fueron los factores determinantes para la obtención de los mejores rendimientos. Un peso promedio de panojas medianas menor a 36 g. y un número de plantas menor a 7,4 no permitió alcanzar rendimientos mayores a 5,2 Mg/ha y 5 Mg/ha respectivamente.

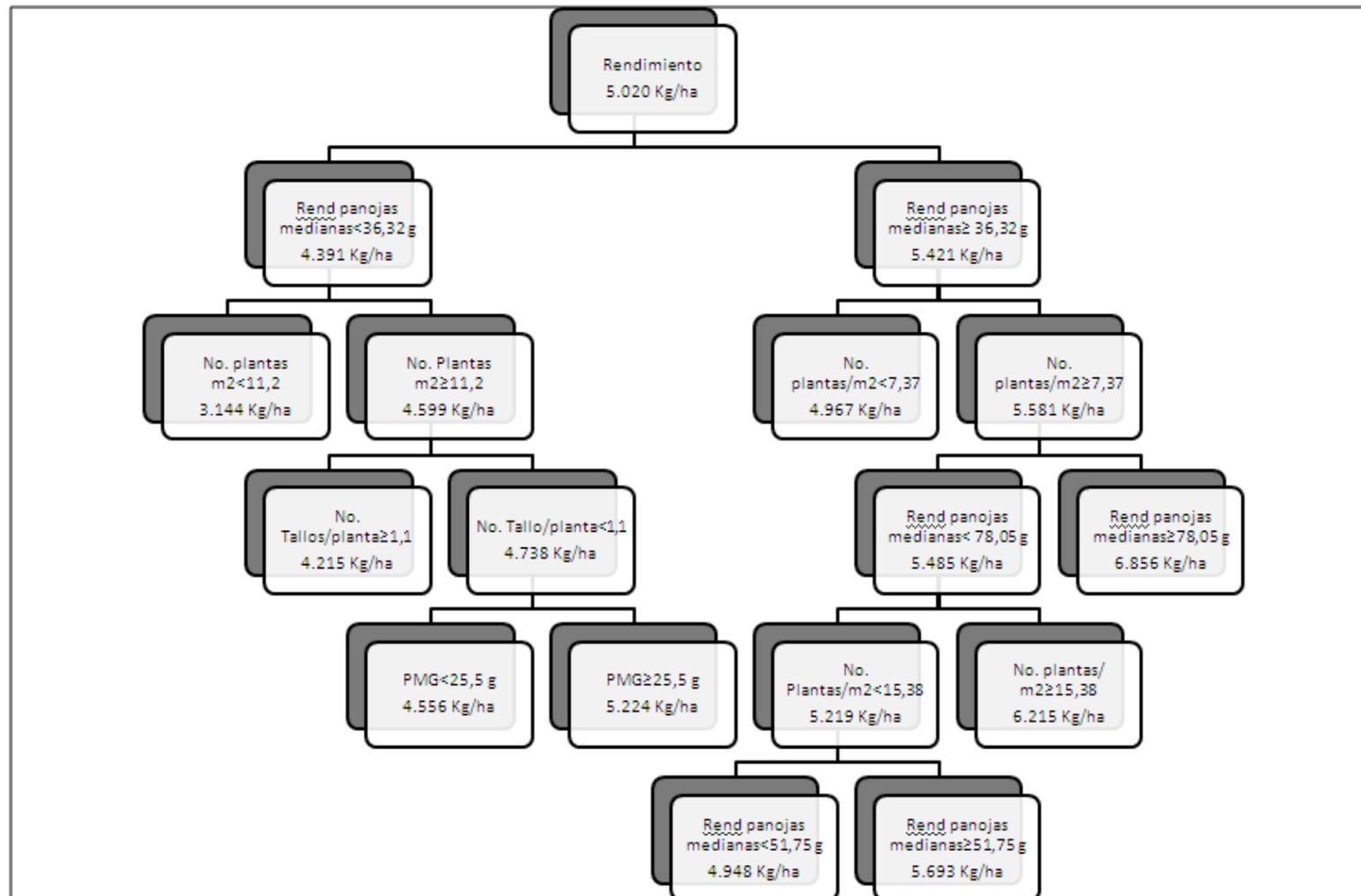


Figura No. 10. Árbol de clasificación y regresión.

4.3.3. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento en grano y sus componentes

Cuadro No. 4. Valores promedio de las características para las densidades objetivo.

Densidad objetivo (plantas/m ²)	10	20	30
Plantas logradas/m ²	6,5 c	12,4 b	18,2 a
Fenología (No. hojas/planta)	4,2 a	4,0 ab	3,9 b
Distancia entre plantas (cm)	30,4 a	16,1 b	11,2 c
Número de tallos/planta	1,2 a	1,1b	1,0 b
Número tallos/m ²	10,7 c	16,5 b	20,2 a
Nitrógeno suelo (N-NO ₃ en ppm)	13,8 a	11,8 a	11,4 a
Peso fresco de plantas (Kg) en estadio V8	0,26 a	0,14 b	0,10 c
Fenología (escala Vanderlip)	8,0 a	8,0 a	7,9 a
Altura de panojas (m) en estadio 8	1,3 a	1,2 a	1,1 a
No. panojas/m ²	6,7 c	12,2 b	18,2 a
No. panojas chicas/m ²	1,3 c	3,3 b	5,8 a
No. panojas medianas/m ²	2,9 c	5,4 b	7,3 a
No. panojas grandes/m ²	2,5 b	2,8 b	3,5 a
Rendimiento de panojas chicas (g/panoja)	28,7 a	16,6 b	12,6 b
Rendimiento de panojas medianas (g/panoja)	71,4	39,7	30,8
Rendimiento de panojas grandes (g/panoja)	118,2 a	77,0 b	57,6 c
PMG (g)	27,5 a	25,5 b	24,2 c
Rendimiento mecánico Mg/ha	5,27 a	5,34 a	5,04 a
Rendimiento manual Mg/ha	5,21 a	4,95 a	4,90 a

Letras distintas en la fila indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0.05$).

Si bien no se alcanzó la población objetivo en los diferentes tratamientos de 10, 20 y 30 plantas por metro cuadrado, lo que está explicado por las bajas precipitaciones ocurridas durante la siembra e implantación, la población promedio obtenida en cada tratamiento mostró diferencias significativas 6,4; 13,3; y 18,3 plantas/m². Esta diferencia observada permite el análisis de los distintos componentes frente a las diferentes poblaciones. Por otro lado los valores máximos obtenidos en cada tratamiento se asemejan a la población objetivo. Si bien el mes previo a la siembra las precipitaciones fueron en torno a 50mm, al ser el sorgo sembrado como cultivo de segunda, seguramente el agua disponible residual fue muy baja (Ernst, 1999). Durante el mes posterior a la siembra las precipitaciones no alcanzaron los 20mm lo cual condicionó la obtención de las poblaciones objetivo.

El promedio del estado fenológico (número de hojas en estado vegetativo) 55 días pos siembra fue V4, mostrando la densidad menor, un estado más avanzado que la

mayor (0,3 hojas). No hubieron diferencias significativas entre el tratamiento de 6 y de 12 plantas/m², así como tampoco entre el tratamiento de 12 y 18 plantas/m².

La distancia media entre plantas fue muy variable en todos los tratamientos, con máximos de 20 cm. Esta variabilidad en la distancia entre planta refleja la desuniformidad espacial de la población lograda, la que se redujo al aumentar la población objetivo (10,6; 14,2; y 29,7 cm para 18; 12; y 6 plantas /m² respectivamente).

El número de tallos/m² para los tres tratamientos mostró diferencias significativas, donde la diferencia observada entre 6 y 12 plantas/m² fue mayor a la encontrada entre 12 y 18 plantas/m². Esto se puede explicar por un mayor macollaje en las poblaciones bajas e intermedias, lo que mantiene la relación existente entre plantas/m² para estos dos tratamientos y el menor macollaje en las poblaciones altas lleva a que disminuya la diferencia con estas. Se observa una mayor variación para las poblaciones de 12 y 18 plantas/m² (16 tallos entre el mínimo y el máximo) que para la población de 6 plantas/m².

Si bien no existen diferencias significativas entre tratamientos para valores de nitratos en el suelo, el tratamiento que presenta mayor valor absoluto promedio (13,1 ppm) es el de menor población lo que puede estar explicado por una menor absorción. En cambio el tratamiento de mayor población es el que presenta mayor variación mostrando un mínimo de 5,1 ppm y un máximo de 27,5 ppm.

En cuanto al número de tallos por planta, existe diferencia en el tratamiento de menor población comparado con los de mayores poblaciones, lo que demuestra un mayor macollaje de la población baja. Si bien no existen diferencias significativas entre las poblaciones más altas, se observa una pequeña tendencia a un mayor número de tallos por planta en la población intermedia (1,06 tallos/planta) con respecto al tratamiento de mayor población (1,02 tallos/planta), lo que reafirma la menor diferencia observada en términos de valor absoluto para la característica tallos/m² entre los tratamientos de 12 y 18 plantas/m².

Para los tres tratamientos existieron diferencias significativas en el peso fresco de planta, siendo la menor población la que presentó un peso superior, explicado por un mayor número de tallos/planta y más pesados. Nuevamente se observa una tendencia a mayor diferencia en términos absolutos entre los tratamientos de 6 y 12 plantas/m² (0,112 gramos) en relación a la diferencia observada entre 12 y 18 plantas/m² (0,043 gramos).

Más avanzado en las etapas del cultivo, en llenado de grano ya no existieron diferencias significativas en cuanto a la fenología entre los tratamientos de menor y mayor densidad, encontrándose el promedio en grano lechoso. El tratamiento de menor población fue el que presentó mayor variación. Esta dispersión puede deberse a que en el

tratamiento de menor densidad la variación en la distancia entre plantas es mayor, lo que lleva a tener plantas creciendo muy juntas, con alta competencia entre sí, o muy separadas.

Tampoco hubo diferencias significativas para la altura de panojas, observándose una pequeña tendencia que a menor población mayor altura de panojas 1,2; 1,1 y 1,1 metros para los tratamientos de 6, 12 y 18 plantas/m² respectivamente.

En todos los tratamientos existen diferencias significativas en el número de panojas/m², presentando mayor número de panojas la población más alta. En términos absolutos la diferencia entre las tres poblaciones evaluadas fue la misma (aproximadamente 6 panojas/m²). Como se observa en la Figura 11, para las tres poblaciones ésta característica es muy similar al número de plantas/m², lo que estaría indicando el bajo macollaje y la presencia de macollos infértiles sobre todo en la menor población.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Alcoz et al. (1988) donde no se dio macollaje explicado en parte por la falta de agua en etapa vegetativa pero principalmente debido a la competencia causada por las altas poblaciones utilizadas. Estos resultados también son coincidentes con los de García et al. (2008) quienes obtuvieron un escaso macollaje en las 3 poblaciones logradas, al cual lo atribuyeron a las altas temperaturas predominantes durante la fase inicial del cultivo asociadas a la fecha de siembra de cultivos de segunda y las limitantes hídricas que experimento el cultivo en sus etapas de desarrollo. La presencia de macollos infértiles en el presente trabajo puede deberse a que durante la etapa vegetativa la baja disponibilidad de agua (76mm entre siembra y V6) afecto el crecimiento de los macollos, siendo estos más chicos y con menor capacidad de competencia que el macollo principal.

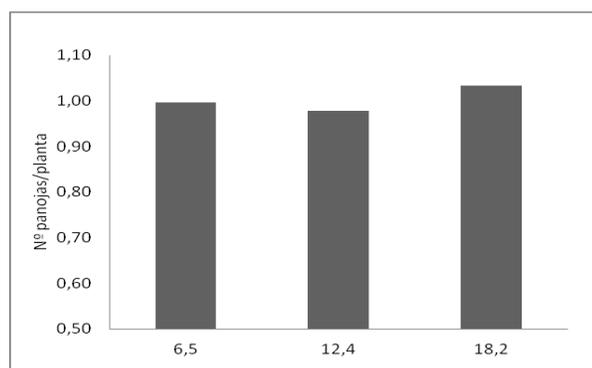


Figura No.11. Número de panojas por planta en función del número de plantas/m² logradas promedio por tratamiento.

El tratamiento de mayor población tuvo significativamente mayor número de panojas chicas que el de población intermedia y éste mayor que el de menor población.

Para el número de panojas medianas se vuelve a obtener diferencias significativas entre los tratamientos, teniendo mayor número de panojas el tratamiento de mayor población. En valores absolutos las diferencias son menores que para el número de panojas chicas.

Teniendo en cuenta el número de panojas grandes el tratamiento de mayor población presentó nuevamente mayor número para esta característica y se volvió a acortar las diferencias entre tratamientos. A su vez no existieron diferencias significativas entre los tratamientos de poblaciones menores e intermedias.

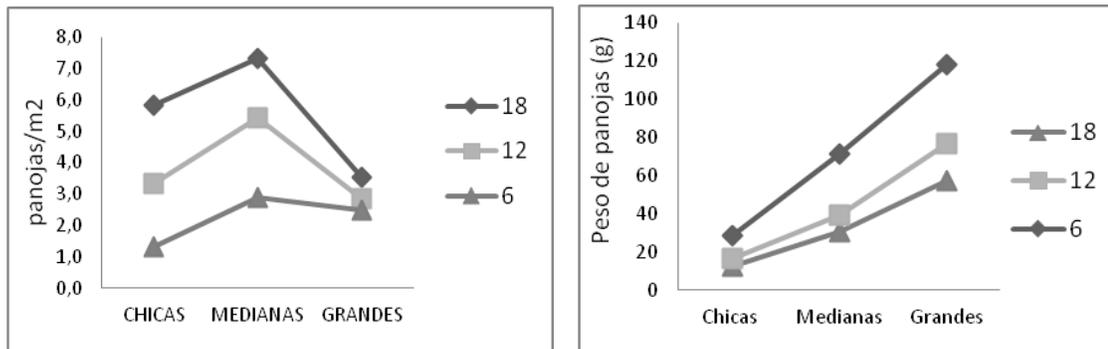


Figura No.12. Número (izq.) y peso (der.) de panojas chicas, medianas y grandes, por población.

En todos los tratamientos el número promedio de panojas medianas/m² fue el más alto, esta diferencia se ve más marcada para los tratamientos de 12 y 18 plantas/m² (Figura 12 izq.). En la menor población, el número de panojas grandes fue similar al número de panojas medianas, siendo estas muy superiores al número de panojas chicas. En cambio en el tratamiento de mayor población el número de panojas chicas fue mayor que el de panojas grandes, ubicándose de manera intermedia la población de 12 plantas logradas/m².

A diferencia del número de panojas, el rendimiento de las panojas chicas para el grupo de menor población muestra superioridad con respecto a los otros tratamientos (figura 12 der.). No obstante no se observan diferencias significativas entre los tratamientos de las dos poblaciones más altas. Si se comparan los valores absolutos de estos tratamientos se observa que la población intermedia presenta mayor peso promedio de panojas chicas (16,6 g) que la población de mayor densidad (12,6 g).

El tratamiento de menor densidad al igual que para peso de panojas chicas, es el que presenta mayor peso de panojas medianas.

Para el carácter peso de panojas grandes todos los tratamientos mostraron diferencias significativas, presentando nuevamente mayor valor el tratamiento de 6 plantas/m².

Si tenemos en cuenta los caracteres peso fresco de planta y peso de panojas (chicas, medianas y grandes), el tratamiento de menor población fue el que presentó mayores valores, lo que demuestra alta correlación entre estos caracteres.

Comparando dentro del mismo tratamiento, en las diferentes categorías (chicas, medianas y grandes) la población de 6 plantas/m² es la que muestra mayores diferencias de peso de panojas, con un peso promedio desde 28,7 g. para panojas chicas hasta 118,2 g. para panojas grandes. El que mostró menor variación en peso de panojas entre categorías fue el tratamiento de 18 plantas/m² con valores de peso promedio de panoja que oscilan entre 12,6 g. para panojas chicas y 57,6 g. para panojas grandes.

Para el carácter peso de mil granos (PMG), también se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos, con valores de 27,5; 25,5 y 24,2 gramos para 6, 12 y 18 plantas/m² respectivamente.

Si se analiza este carácter y el peso de panojas, podemos decir que las menores poblaciones mostraron cierta compensación frente a menores valores de número de panojas con respecto a poblaciones de alta densidad. También podemos señalar que esta compensación se da en mayor magnitud en el tratamiento de 6 plantas/m². El rendimiento superior de panojas de las menores poblaciones, se explica en mayor medida por la buena disponibilidad de agua para el cultivo durante la etapa reproductiva. Cuando comenzó el crecimiento de la panoja las precipitaciones se hacen más abundantes, manteniéndose en niveles aceptables hasta madurez fisiológica.

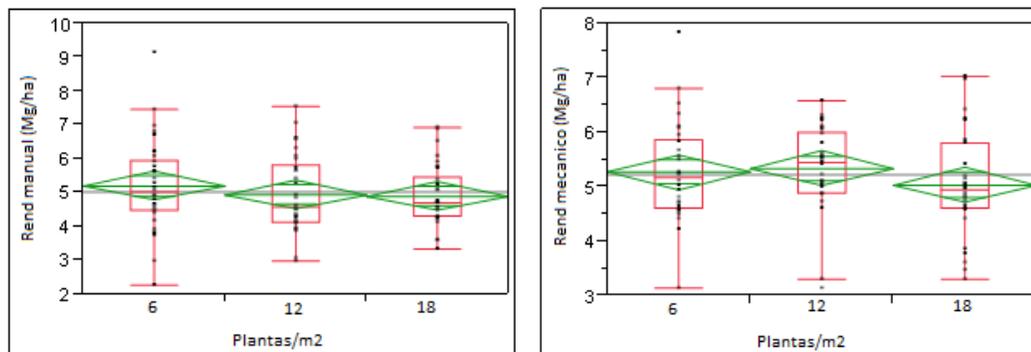


Figura No. 13. Análisis del rendimiento obtenido en forma manual (izq.) y con el monitor de la coehadora (der.) por densidad objetivo

El rendimiento promedio estimado en forma manual y mecánica fueron similares, 5,02 y 5,22 Mg/ha respectivamente. Para ambas estimaciones no hubo diferencias significativas entre las distintas poblaciones. El rango de variación fue mayor para el tratamiento de menor densidad, con un mínimo de 3,15 y un máximo de 7,83 Mg/ha para la cosecha mecánica y un mínimo de 2,25 y un máximo de 9,13 Mg/ha para la cosecha manual.

4.3.4. Análisis de componentes por grupo

Al agrupar los diferentes sitios de muestreo por características similares, número de plantas/m² y los componentes del rendimiento, se obtuvieron dos grupos (1 y 2), los cuales no se diferenciaron en el rendimiento promedio.

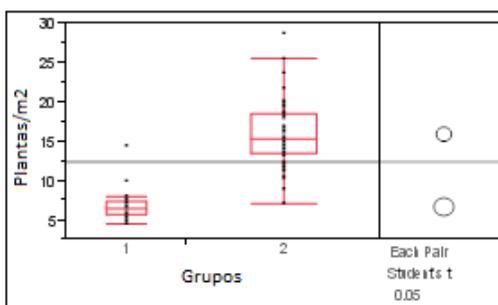


Figura No. 14. Número de plantas/m² por grupo.

El grupo 2 presenta un número de plantas significativamente mayor que el grupo 1, por otra parte también muestra mayor variación que este último, entre 7,1 y 28,8 plantas/m².

Cuadro No. 5. Distancia mínima, mediana y máxima entre plantas para los dos grupos.

	mínima	mediana	Máxima
Grupo 1	13	29,7	42,8
Grupo 2	7,4	12,2	27,9

En cuanto a la distancia entre plantas el grupo 1 tiene mayores valores promedio que el grupo 2, esto concuerda con lo señalado que el grupo 1 tiene menor número de plantas/m² y además presenta una mayor dispersión de los datos.

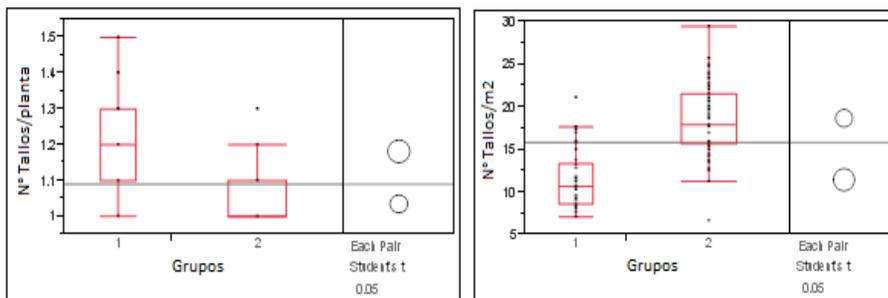


Figura No. 15. No. de tallos/planta (izq.) y No. tallos/m² (der.) por grupos.

El grupo 1 tiene un número de tallos por planta superior que el grupo 2, con un valor promedio aproximado de 1,2 y 1,05 respectivamente. Lo que indica una compensación del grupo 1, al tener un menor número de plantas/m² alcanza un mayor macollaje, cubriendo así parte de los espacios vacíos existentes.

Para el número de tallos/m² se encontraron diferencias significativas entre grupos, teniendo el grupo 2 mayores valores. Sin embargo esta diferencia es menor que para el número de plantas/m², esto se debe a la compensación existente en el grupo 1.

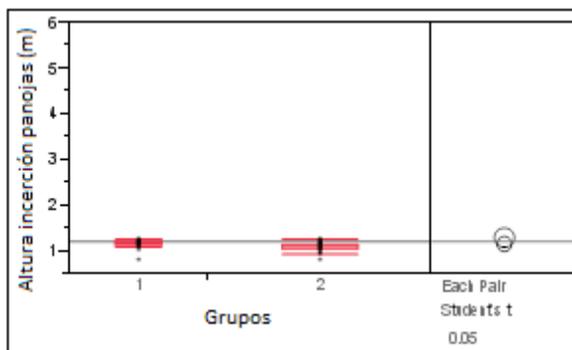


Figura No. 16. Altura de panojas por grupo.

Al igual que para el análisis de altura de panojas por plantas/m² y por densidad objetivo, no hubo diferencia entre los grupos para esta característica.

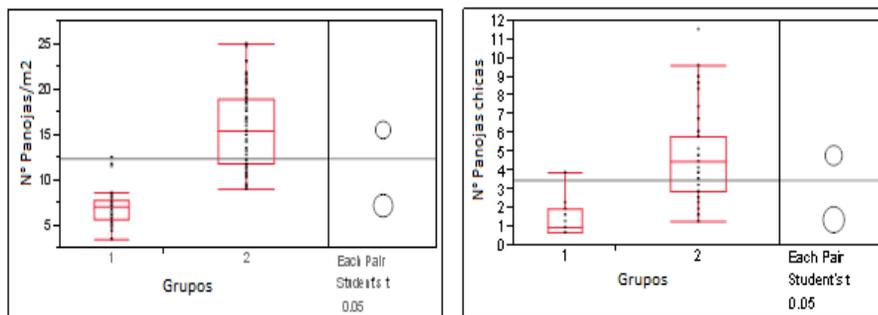


Figura No. 17. Número de panojas/m² (izq.) y número de panojas chicas/m² (der.) por grupo.

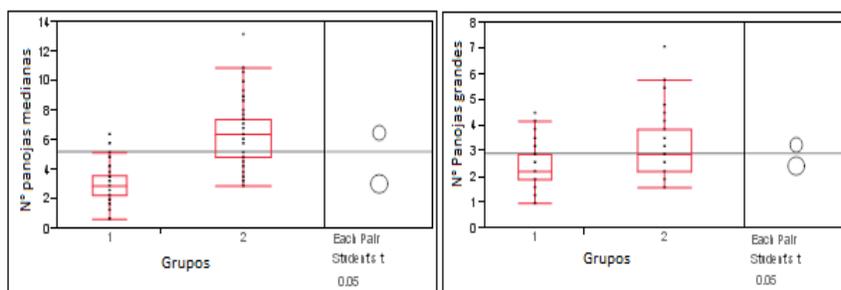


Figura No. 18: Número de panojas medianas/m² (izq.) y grandes/m² (der.) por grupo.

El grupo 2 presenta significativamente mayor número de panojas que el grupo 1. Las diferencias son similares a la de plantas/m², lo que demuestra la presencia de macollos infértiles como ya fue explicado anteriormente y que el número de panojas/m² es similar al número de plantas/m² para los dos grupos.

Para los tres tamaños de panojas el grupo 2 presento mayor número. La diferencia entre grupos para el número de panojas chicas es mayor que para el número de panojas medianas y a su vez esta es mayor al de panojas grandes. Teniendo en cuenta el grupo 1 el tamaño de panojas aumento al aumentar el numero de panojas/m², en cambio el grupo 2 muestra un menor número en las panojas de mayor tamaño.

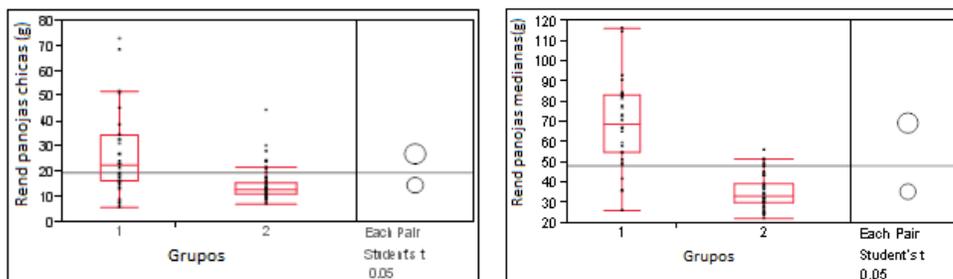


Figura No. 19. Rendimiento de panojas chicas (izq.) y medianas (der.) por grupo

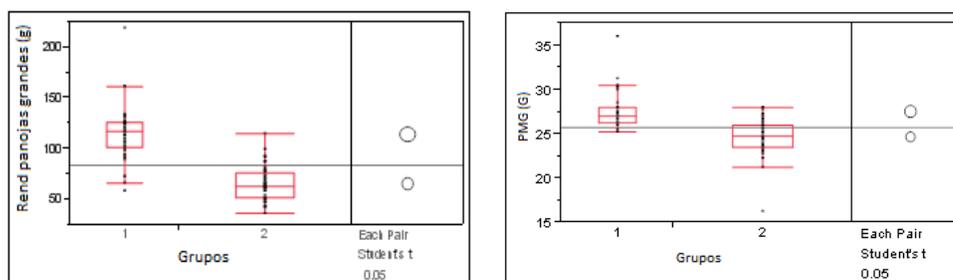


Figura No. 20. Rendimiento de panojas grandes (izq.) y PMG (der.) por grupo

En cuanto al peso de panojas, para chicas, medianas y grandes, este fue mayor en el grupo 1, así como también el peso de mil granos. A través de esta característica las plantas del grupo 1 presentaron una compensación frente al mayor número de plantas que presentó el grupo 2. La mayor diferencia entre grupos se aprecia en el peso de las panojas medianas y como ya se menciona el mayor número de panojas se encontró en la categoría mediana, lo que lleva a que la compensación del grupo 1 sea alta obteniéndose rendimientos similares.

Teniendo en cuenta las características analizadas en ambos grupos podría concluirse que en el grupo 1 se encuentran los sitios de los tratamientos de menor población y parte de la población intermedia, ocurriendo lo contrario para el grupo 2.

4.3.5. Procesamiento de datos obtenidos a partir del monitor de rendimiento

En la Figura 21 se muestra el mapa de rendimientos interpolados a partir del rendimiento estimado en las celdas georeferenciadas. Es posible visualizar que las áreas de igual rendimiento no las establecen los tratamientos de población lograda sino zonas de la chacra que cruzan las densidades.

Se identificaron dos zonas de rendimiento mayor a 5,7 Mg/ha (en tonos de rojo), una de las cuales coincide con la zona topográficamente más baja (hacia el sur). Entre estas dos zonas se encuentra una zona de bajo rendimiento (< 4,5 Mg/ha) (en tonos de azul), la cual corresponde a las proximidades del camino. También se puede

apreciar otras dos zonas de bajos rendimientos en ambo extremos del ensayo, sin embargo hacia el sur se encuentra la de mayor tamaño. Por último las zonas de rendimientos intermedios se encuentran en una transición entre los rendimientos extremos.

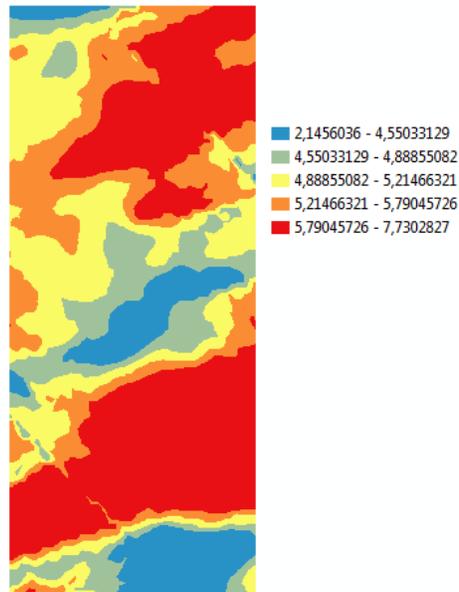


Figura No. 21. Mapa de rendimiento interpolado a partir de las grillas de rendimiento obtenidos con el monitor de la cosechadora.

En la Figura 22 se presentan los semivariogramas ajustados para el rendimiento tal cual se obtuvo con el monitor de la cosechadora y luego de 1° y 2° normalización de datos para retirar el efecto de los tratamientos

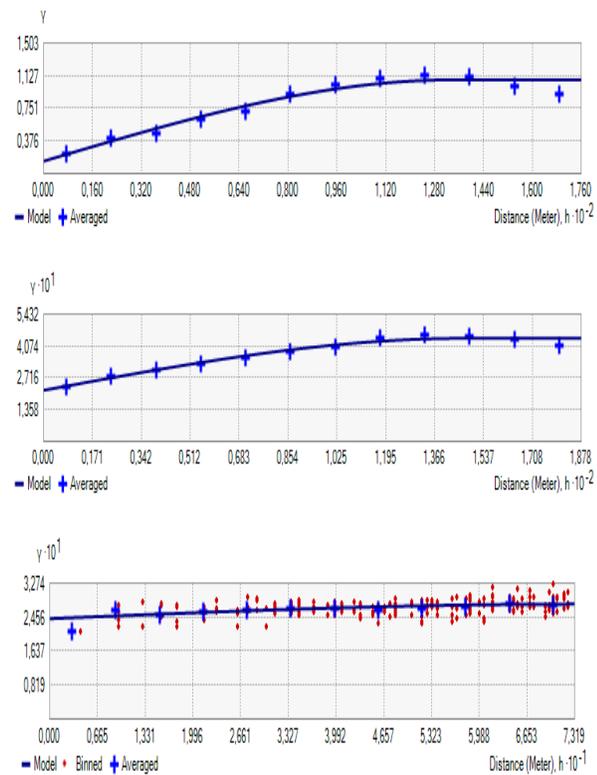


Figura No. 22. Semivariograma del rendimiento sin corregir (arriba), corregido por los residuos normalizados 1 vez (centro) y dos veces (abajo).

Como se puede apreciar se logró remover la asociación espacial del rendimiento lográndose un mapa interpolado de rendimiento libre del efecto tratamiento y sin correlación espacial de los datos (Figura No. 23).

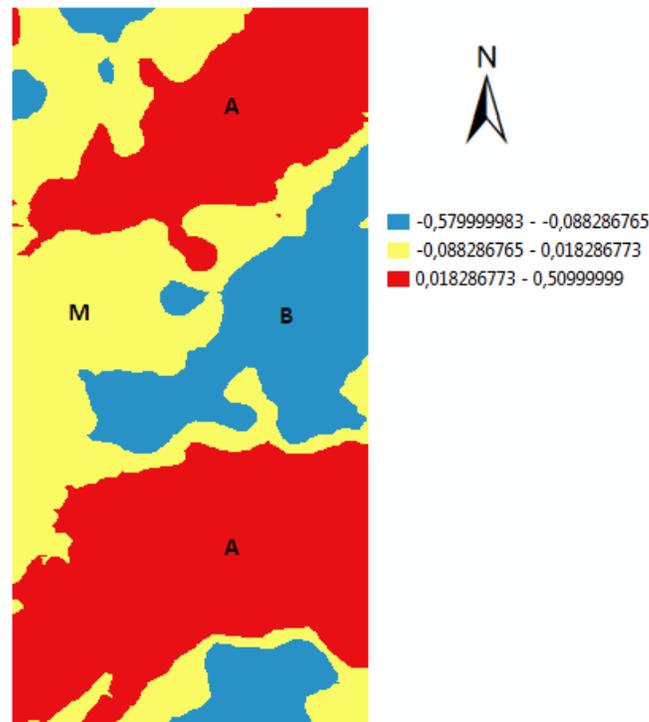


Figura No. 23. Mapa de rendimiento sin el efecto densidad de siembra.

Las zonas en rojo son las que presentaron rendimientos superiores al promedio de la chacra (A). Las zonas de color azul son las que presentan rendimientos por debajo de la media (B). En color amarillo se encuentran las áreas de producción media del área experimental (M).

4.3.6. Relevamiento de tipos de suelo dentro de zonas homogéneas de rendimiento

En el Cuadro 6 se presenta información de profundidad del suelo y su capacidad máxima de almacenar agua disponible (CAAD) para las plantas de los ambientes definidos a partir de rendimientos homogéneos.

El suelo de las dos zonas de alta producción (A1: ambiente de alta producción en la zona topográficamente más alta, A2: ambiente de alta producción en la zona topográficamente más baja del experimento) poseen aproximadamente 10 cm más de profundidad en el horizonte A y además presentan casi del doble de profundidad del perfil que los de media y baja producción que lleva a que sean suelos con mayor CAAD. Dentro de estas dos últimas clases se cuantificó una diferencia menor en profundidad que se refleja en sólo 9 mm de diferencia en CAAD.

Teniendo en cuenta los rendimientos obtenidos para todo el experimento, podría decirse que estos atributos del suelo explicarían las diferencias en rendimiento logrado entre los diferentes ambientes de producción.

Cuadro No.6. Profundidad del suelo por horizonte (cm) y capacidad de almacenar agua útil (mm) de perfiles de suelo por zonas de producción.

	A1	A2	M	B
A (cm)	24	25	15	16
Bt1 (cm)	33	37	29	21
Bt2 (cm)	27	45		15
BC (cm)	24		12	
TOTAL (cm)	108	108	57	52
CAAD (mm)	165	162	87	78

4.3.7. Análisis del rendimiento en función del número de plantas/m² para los diferentes ambientes de producción

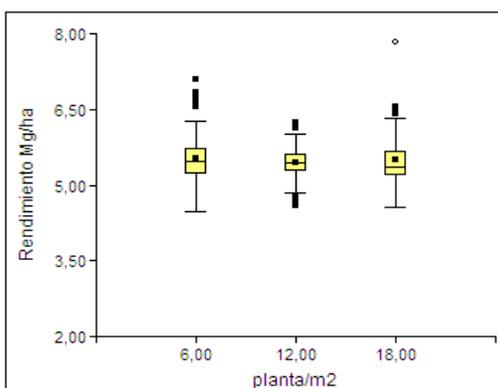


Figura No. 24. Rendimiento en función del número de panojas/m² para la zona de alto rendimiento A.

Al analizar el rendimiento en función del número de plantas/m² para la zona A, no se encontró diferencias significativas para las 3 poblaciones. Esto determina que no existió ningún beneficio de utilizar una de las poblaciones en particular en el ambiente de alto potencial. El rendimiento promedio encontrado para las 3 poblaciones fue de 5,5 Mg/ha encontrándose una diferencia no mayor a 100 Kg/ha entre poblaciones. También se puede observar que la dispersión del rendimiento es similar para las 3 poblaciones, siendo esta de aproximadamente 1,5 Mg/ha (entre 4,5 y 6 Mg/ha).

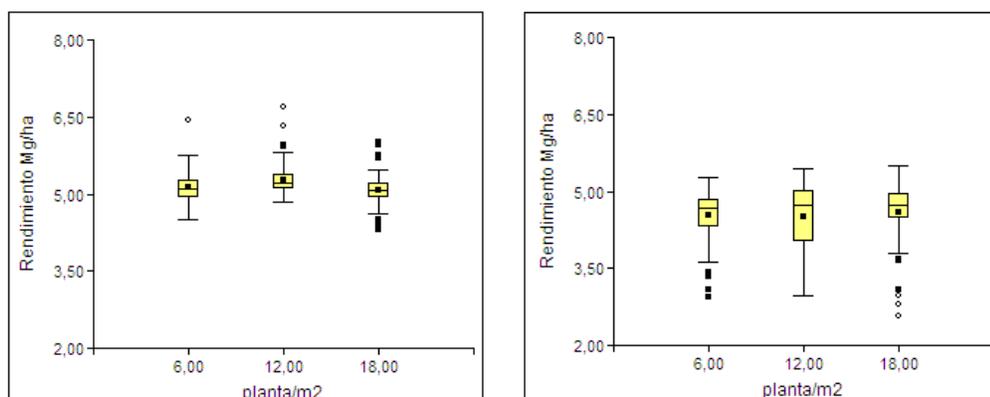


Figura No. 25. Rendimiento en función del número de panojas/m² para la zona de producción intermedia (izquierda) y de bajo rendimiento (derecha).

En cambio al analizar la zona de producción intermedia se observan diferencias significativas a favor de la población intermedia, no se encontró diferencias entre la población alta y baja. El rendimiento promedio de la población intermedia fue 153 Kg/ha mayor que el de la población baja.

Los resultados obtenidos indican que con la población de 12 plantas/m² se obtuvieron mejores rendimientos en el ambiente de producción intermedia. Estas diferencias se debieron a que el valor mínimo de rendimiento encontrado para 12 plantas/m² (4,8 Mg/ha) es mayor que para 6 y 18 plantas/m² (4,5 y 4,3 Mg/ha respectivamente). En cambio esta diferencia no pudo ser explicada por los componentes del rendimiento, ya que se observa una compensación por parte de estos (Cuadro No. 7).

Para el ambiente de bajo potencial de rendimiento al igual que para el ambiente de alto potencial, no se encontraron diferencias significativas entre las 3 poblaciones logradas. Para este ambiente el rendimiento promedio fue 4,5 Mg/ha, 1 Mg/ha menos que para el ambiente de alto potencial.

4.3.8. Análisis de los componentes del rendimiento por población para los diferentes ambientes de producción

Cuadro No. 7. Valores promedio para las diferentes características según el ambiente de producción para las tres densidades objetivo.

	densidad	A	M	B
No. de Panojas chicas	6	1,8 c	1,0 b	1,2 b
	12	3,6 b	3,1 a	3,4 a
	18	6,8 a	5,7 a	4,8 a
No. de Panojas medianas	6	3,1 c	2,8 c	3,0 b
	12	5,7 b	4,8 b	5,5 a
	18	8,1 a	7,0 a	6,5 a
No. de Panojas grandes	6	3,1 a	2,4 a	2,1 b
	12	2,8 a	3,1 a	2,4 b
	18	2,9 a	3,2 a	3,5 a
Peso de panojas chicas (g)	6	25,9 a	31,6 a	24,6 a
	12	19,9 ab	13,5 b	12,9 b
	18	12,3 b	10,2 b	12,4 b
Peso de panojas medianas (g)	6	78,3 a	70,1 a	59,8 a
	12	49,3 b	37,3 b	35,2 b
	18	31,8 c	29,6 b	29,8 b
Peso de panojas grandes (g)	6	116,4 a	115,9 a	110,2 a
	12	84,9 b	68,1 b	70,2 b
	18	57,6 c	56,4 b	59,6 b
PMG (g)	6	27,9 a	27,1a	27,3a
	12	26,3 a	24,1b	25,8ab
	18	24,4 b	24,7b	23,1b

Letras distintas en la columna indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0.05$).

Teniendo en cuenta la característica número de panojas chicas y medianas/m², para la mayoría de los ambientes de producción la población más alta fue significativamente superior. Para el ambiente de baja producción no se observaron diferencias entre la población media y alta.

Tanto para los ambientes de producción media y alta, todas las poblaciones obtuvieron el mismo número de panojas grandes. En cambio para el ambiente de bajo

potencial la población más alta obtuvo un número significativamente mayor para esta característica.

En general para el rendimiento de panojas tanto chicas, medianas y grandes, la población más baja fue significativamente mayor, a excepción del ambiente A para el peso de panojas chicas, donde la población baja no presenta diferencia con la población intermedia.

Para los tres ambientes el peso de mil granos en la población baja fue significativamente mayor que la población alta. El mayor PMG junto con el mayor rendimiento de panojas de la población baja le permitió compensar el menor número de panojas chicas y medianas obteniendo así iguales rendimientos en todos los ambientes.

Cuadro No. 8. Rendimiento por población para las diferentes zonas

Densidad	A	M	B
6	5,5 Aa	5,1 Bb	4,5 Ac
12	5,4 Aa	5,3 Ab	4,5 Ac
18	5,5 Aa	5,1 Bb	4,6 Ac
Promedio	5,5 a	5,2 b	4,5 c

Letras distintas en la columna (mayúscula) y en la fila (minúscula) indican diferencias significativas según Test de Tukey ($p < 0.05$).

La variación encontrada para el rendimiento dentro de los ambientes de alto y bajo potencial no mostró diferencias significativas entre poblaciones. Sin embargo en el ambiente de producción intermedio el mayor rendimiento promedio se obtuvo con 12 plantas/m² y no hubieron diferencias entre 6 y 18 plantas/m².

Comparando el rendimiento entre los diferentes ambientes, el ambiente A siempre rindió más sin importar la población utilizada, seguido por el ambiente M y el ambiente B fue el que presentó los menores rendimientos para las 3 poblaciones. Esto demuestra que el rendimiento estuvo más influenciado por el recurso suelo que por la población utilizada.

5. CONCLUSIONES

En el promedio de los ambientes no se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre las tres poblaciones logradas (6, 12 y 18 plantas/m²) lo que concuerda con los resultados nacionales más recientes.

Se identificaron zonas homogéneas de rendimientos estadísticamente distintos, las que estarían determinadas por la capacidad de almacenar agua del suelo. Los tratamientos de densidad de plantas de sorgo no lograron levantar la limitante impuesta por este “ambiente”

Teniendo en cuenta éstas zonas de rendimiento existió respuesta a la población en el ambiente M obteniendo mayor rendimiento con 12 plantas/m². En cambio no existió variación en el rendimiento entre las poblaciones logradas dentro de las zonas A y B

Esta estabilidad en el rendimiento, se debe a la compensación de los diferentes componentes del rendimiento; el menor número de panojas/m² obtenido en poblaciones bajas fue compensado por un mayor peso de panojas y un mayor PMG.

La compensación no se vio explicada por un aumento en el número de panojas por planta en las poblaciones más bajas, ya que el cultivo en sus primeras etapas experimentó deficiencias hídricas que provocaron un bajo macollaje y la presencia de macollos estériles.

Los factores determinantes para obtener rendimientos superiores fueron alcanzar un rendimiento de panojas medianas mayor a 36,3 g. y más de 7,3 plantas/m².

6. RESUMEN

La creciente intensificación de la agricultura genera la necesidad de incluir en la rotación cultivos C4 como el sorgo, para un correcto uso del suelo. Esto sumado a la buena estabilidad en rendimiento y al aumento de los precios de este cereal, llevan a que sea un cultivo atractivo en la actualidad. La variación espacial en el rendimiento de los cultivos y la falta de respuesta a la población encontrada en los estudios más recientes, lleva a trazarnos el objetivo de estudiar la respuesta a la población en sorgo frente a cambios en el potencial productivo del suelo. En una chacra comercial se instaló el experimento donde los tratamientos fueron tres poblaciones logradas, 6, 12 y 18 plantas/m², las cuales se instalaron atravesando la variación topográfica natural, en la cual se diferencia una loma, ladera y un bajo. Se midió tanto el rendimiento como sus componentes: número de panojas/m², rendimiento por panoja, PMG y número de panojas por planta. A excepción de este último, el resto de los componentes llevaron a que existiese una compensación del rendimiento en grano, lo que provocó que no se hallasen diferencias significativas entre tratamientos. La zona con mayor profundidad de suelo, correspondiente a la zona A, fue la que mostró los mayores rendimientos del experimento independientemente de la población lograda. Por otro lado no se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre las poblaciones logradas dentro de las zonas A y B, que permitan afirmar que la población óptima depende del potencial de producción del recurso suelo. Sin embargo en la zona M el mayor rendimiento promedio se obtuvo con 12 plantas/m².

Palabras claves: Sorgo; Población; Potencial productivo del suelo; Variación topográfica; Compensación del rendimiento.

7. SUMMARY

The steady increase of the agriculture generates the necessity to include C4 crops such as Sorghum in the rotation, for an appropriate use of the soil. In addition to this, the fact of the suitable stability in the crop yield and the improvement in the crop profits make this crop more attractive at the moment. The special variation in the crop yield and the lack of results of the changes in the density, led us to set the goal to study the results of the Sorghum density considering changes in the soil productivity. The experiment was set in a cash crop farm and three treatments were established, 6.12 and 18 plants/m² across the topographic variation, where it is possible to differentiate a knoll, a slope and low areas. The yield was measured as well as its components; the number of panicles/m², panicle yield, thousand grain weight and the number of panicles per plant. With the exception of the latter, the rest of the components made possible compensation in the yield of the crop, as a result of this meaningful differences were not found. The deepest soil, corresponding to the zone A, was the one which developed the highest yields no matter which density was. On the other hand there were no significant differences in performance between populations achieved within zone A and B, to support the conclusion that the optimum population depends on the production potential of soil resources. However, in the zone M the largest yield was obtained with 12 plants/m².

Key words: Sorghum; Density; Soil productivity; Topographic variation; Compensation in the yields.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALCOZ, M.M.; SHABILCO, D. B.; SOBRAL, L. M. 1988. Factores de manejo que afectan la productividad potencial del sorgo granífero en Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 92 p.
2. 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. 48 p.
3. ALI, M. A.; NIAZ, S.; ABBAS, A.; SABIR, W.; JABRAN, K. 2009. Genetic diversity and assessment of drought tolerant sorghum landraces based on morph-physiological traits at different growth stages. *Plant Omics Journal*. 2(5):214-227.
4. _____.; JABRAN, K.; AWAN, S.; ABBAS, I. A.; EHSANULLAH ZULKIFFAL, M. ACET, T.; FAROOQ, J.; REHMAN, A. 2011. Morpho-physiological diversity and its implications for improving drought tolerance in grain sorghum at different growth stages. *Australian Journal of Crop Science*. 5(3):308-317
5. BENTANCOR, E.; BENTANCOR, P. 2010. Respuesta a la población de dos híbridos de sorgo granífero. Zona centro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 56 p.
6. BOCCHI, S.; CASTRIGNANÓ, A. 2007. Identification of potential production areas for corn in Italy through multitemporal yield map analysis. *Field Crops Research*. 102 (3): 185–197.
7. CAMARA MERCANTIL DE PRODUCTOS DEL PAIS. 2011. Cereales y Oleaginosas. (en línea). Montevideo. pp. 1. Consultado 20 dic. 2011. Disponible en <http://www.camaramercantil.com.uy/softis/documentos/dl/ceroleag/>
8. CARRASCO, P. 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 (Montevideo). Serie Documentos no.1. 80 p.

9. CHARTUNI, E. 2010. Cultivo do Sorgo. (en línea). EMBRAPA Milho e Sorgo. 6: 1-2. Consultado 5 nov. 2011. Disponible en http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivoDoSorgo_6ed/
10. CHESSA, A. 2002. Pensando la siembra del sorgo granífero. (en línea). Aplicando Tecnología; una manera diferente de mirar al sorgo granífero. 9: 1-5. Consultado 1 nov. 2011. Disponible en <http://agro.uncor.edu/~ceryol/documentos/sorgo/gacetilla%2010.pdf>.
11. COITIÑO, J.; MAZZONI, P. 2011. Respuesta a la fertilización con fósforo, potasio y azufre en trigo en ambientes con diferente potencial de producción dentro de una misma chacra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.
12. CORSI, W. C. 1982. Regionalización agroclimática de Uruguay para cultivos; sorgo. Miscelánea CIAAB. no. 40: 5 -15.
13. DANIELS, M.B.; SCOTT, H.D. 1991. Water use efficiency of double-cropped wheats and soybean. Agronomy Journal. 83: 564-570.
14. DÍAZ, M.G.; LOPEZ, R.; BLANZACO, E.; VALENTINUZ, O.; ISHIGAKI, A.; PICOTTI, R. 2007. Manejo del cultivo de sorgo granífero; prácticas para mejorar el rendimiento de cultivares comerciales. (en línea). Actualización Técnica en Maíz, Girasol y Sorgo. 44: 24-31 Consultado 20 oct. 2011. Disponible en http://www.inta.gov.ar/parana/info/biblioteca/publicaciones/Serie_Ext_44.htm.
15. ECHEVERRIA, H.E.; SAIZ ROZAS, H. 2006. Maíz. *In*: Echeverria, H.E.; Garcia, F.O. eds. Fertilidad de suelos y fertilizacion de cultivos. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 255-282.
16. ERNST, O. 1999. Siembra sin laboreo de cultivos de verano. (en línea). *In*: Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Montevideo, Facultad de Agronomía/INIA/PROCISUR. s.p. Consultado 7 oct. 2011. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/index.php/component/docman/cat_view/98-cursos-eemac/99-cereales-y-cultivos-industriales-a/101-cultivos-de-verano/106-siembra-directa/110-siembra-sin-laboreo-de-cultivos-y-pasturas

17. EZZAT, E. M.; ALI, M.A.; MAHMOUND, A. M. 2010. Agronomic performance, genotype x environment interactions and stability analysis of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Asian Journal of Crop Science*. 2 (4): 250-260.
18. FISCHER, K. S.; WILSON, G. L. 1975. A journal for the publication of original research into all aspects of agriculture in the Australasian region. *Studies of grain production in Sorghum bicolor* (L. Moench). Effect of planting density on growth and yield. *Australian Journal of Agricultural Research*. 26 (1): 31-41.
19. GARCIA, J. M.; NARBIZ, J. M.; RUBIO, I. 2008. Respuesta a la población de sorgo granífero de segunda en la zona centro-oeste. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.
20. GHISELLINI, N. L. P.; HOLTZ, I. W. 1985. Alternativas de manejo en el cultivo de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
21. HERNANDEZ, J. A.; Mulla, D. J. 2002. Comparing classical and spatial statistical analysis methods for landscape scale experimental designs. In: *International Conference on Precision Agriculture* (6th, 2002, Minnesota). Proceedings. Madison, WI, American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America. pp. 763-773.
22. INTA 2007. Consideraciones para el cultivo de Sorgo granífero. (en línea). La Pampa. pp.1-20. Consultado 1 nov. 2011. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/consideraciones-cultivo-sorgo-granifero-t1688/089-p0>.
23. LOVETT, J. V.; LAZEMBY, A. 1979. Australian field crops; tropical cereals, oilseeds, grain legumes and other crops. *Sorghum*. Sydney, Angus and Robertson. v.2, 328 p.
24. METHOL, M. 2009. Maíz y sorgo; situación y perspectivas. (en línea). Anuario OPYPA 2009: 143-154. Consultado 6 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario2009/material/pdf/12.pdf>.

25. MOLFINO, J.H. 2009. Estimación del agua disponible en los grupos Coneat. (en línea). s.n.t. 15 p. Consultado 20 oct. 2011. Disponible en <http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2009/12/Memoria-Explicativa-AD1.pdf>
26. PFEIFFER, T.W. 2000. Selecting soybean for adaptation to double cropping on the basis of full season plant height. *Crop Science*. 40: 387-390.
27. PRAVIA, V. 2009. Uso de los elementos de agricultura de precisión y modelos de simulación para la incorporación de la dimensión espaciotemporal en la investigación de cultivos agrícolas, A) Impacto de prácticas de manejo de suelos y atributos del terreno en la productividad de sorgo a escala de chacra, B) Simulación de la producción de arroz en Uruguay utilizando el modelo DSSATv4 CERES-Rice. Tesis M.Sc. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
28. SCHAFFNER, V.; SPRUNCK, M. 2009. Respuesta a la población en sorgo granífero de segunda zona sur. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 69 p.
29. SIRI, G. 2004. Sorgo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 96 p.
30. STEINER, J. L. 1987. Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to planting geometry. *Agronomy Journal*. 78 (4): 720-726.
31. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA; URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE SUELOS Y FERTILIZANTES. 1976. Carta de reconocimiento de Suelos del Uruguay, escala 1:1.000.000. Montevideo.
32. VALLATTI, A. 2007. Fisiología del sorgo. (en línea). Bahía Blanca, INTA. Bordenave 1 p. Consultado 5 nov. 2011. Disponible en http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/.../fisiologia_sorgo.pdf.
33. ZAMORA, M.; MELIN, A.; BALDA, S.; 2010. Manejo del cultivo de sorgo; efecto de la densidad de siembra y la fertilización (en línea). Sorgo en el Sur Producción de Forraje y Grano. INTA. 1: 8-10. Consultado 20 oct. 2011. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/cuenca/info/documentos/agricultura/densidad%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20en%20sorgo.pdf>

9. APÉNDICES

Apéndice No. 1. Relación entre plantas logradas/m² y densidad objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	4.487179	4.807692	5.36859	6.410256	7.371795	7.980769	9.935897
20	5.769231	7.5	11.05769	13.30128	14.42308	15.35256	16.66667
30	7.051282	13.78205	15.94551	18.26923	19.95192	23.52564	28.84615

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

T Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	30	20	10
30	-1.50675	4.283844	10.2347
20	4.283844	-1.50675	4.444101
10	10.2347	4.444101	-1.50675

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
30 A	18.215812
20 B	12.425214
10 C	6.474359

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level-	Level	Difference	Std ErrDif	LowerCL	UpperCL	p-Value	Difference
30	10	11.74145	0.7580738	10.23470	13.24821	<.0001*	=====
20	10	5.95085	0.7580738	4.44410	7.45761	<.0001*	=====
30	20	5.79060	0.7580738	4.28384	7.29735	<.0001*	=====

Apéndice No. 2. Relación entre fenología y densidad objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	3.25	3.525	4	4.25	4.5	4.975	5.5
20	3.25	3.5	3.75	4	4.25	4.5	5
30	3	3.275	3.5	4	4.25	4.5	4.75

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-0.23067	-0.02234	0.060993
20	-0.02234	-0.23067	-0.14734
30	0.060993	-0.14734	-0.23067

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level Mean

10 A 4.241667

20 A B 4.033333

30 B 3.950000

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std ErrDif	LowerCL	UpperCL	p-Value	Difference
10	30	0.291667	0.1160561	0.060993	0.522341	0.0138*	
10	20	0.208333	0.1160561	-0.022341	0.439008	0.0761	
20	30	0.083333	0.1160561	-0.147341	0.314008	0.4747	

Apéndice No. 3. Relación entre distancia entre plantas y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	18.81481	23.92818	26.15	29.66082	34.18029	38.93077	42.83333
20	11.56863	12.27178	12.80854	14.22132	17.082	22.224	32.58824
30	7.455696	8.803123	9.76067	10.64704	11.91388	13.10361	27.89474

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-2.51004	11.82289	16.71006
20	11.82289	-2.51004	2.377131
30	16.71006	2.377131	-2.51004

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
10 A	30.434527
20 B	16.101597
30 C	11.214421

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	LowerCL	UpperCL	p-Value	Difference
10	30	19.22011	1.262847	16.71006	21.73015	<.0001*	
10	20	14.33293	1.262847	11.82289	16.84298	<.0001*	
20	30	4.88718	1.262847	2.37713	7.39722	0.0002*	

Apéndice No. 4. Relación entre tallos por planta y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	1	1	1.1	1.2	1.3	1.39	1.5
20	1	1	1	1	1.1	1.19	1.3
30	1	1	1	1	1.025	1.1	1.2

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	30	0.1600000	0.0251737	0.109964	0.2100355	<.0001*	
10	20	0.1300000	0.0251737	0.079964	0.1800355	<.0001*	
20	30	0.0300000	0.0251737	-0.020036	0.0800355	0.2366	

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha
1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-0.05004	0.079964	0.109964
20	0.079964	-0.05004	-0.02004
30	0.109964	-0.02004	-0.05004

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
10 A	1.1866667
20 B	1.0566667
30 B	1.0266667

Levels not connected by same letter are significantly different.

Apéndice No. 5. Relación entre número de tallos /m² y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	7.051282	7.724359	8.573718	9.935897	12.09936	15.64103	17.62821
20	6.730769	11.34615	13.78205	17.14744	18.75	21.44231	22.75641
30	12.82051	14.48718	17.86859	20.19231	22.91667	24.96795	29.48718

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 30 20 10

30 -1.7959 1.82589 7.637856

20 1.82589 -1.7959 4.016061

10 7.637856 4.016061 -1.7959

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level Mean

30 A 20.181624

20 B 16.559829

10 C 10.747863

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std ErrDif	Lower CL	UpperCL	p-Value	Difference
30	10	9.433761	0.9035508	7.637856	11.22967	<.0001*	
20	10	5.811966	0.9035508	4.016061	7.60787	<.0001*	
30	20	3.621795	0.9035508	1.825890	5.41770	0.0001*	

Apéndice No. 6. Relación entre nitrógeno como nitrato en el suelo y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	7	7.16	9.65	12.015	18.375	23.82	24.3
20	7.6	8.655	9.785	12.115	13.45	14.73	17.1
30	5.1	6.28	7.3	9.25	13.4	18.83	27.5

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's

t Alpha

2.00575 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-3.87076	-1.22305	-0.96667
20	-1.22305	-2.40054	-2.18641
30	-0.96667	-2.18641	-2.73704

Positive values show pairs of means that are significantly different.

10 A 13.793000
 20 A 11.795385
 30 A 11.407500

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std ErrDif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	30	2.385500	1.671286	-0.96667	5.737674	0.1593	
10	20	1.997615	1.605719	-1.22305	5.218280	0.2190	
20	30	0.387885	1.283460	-2.18641	2.962179	0.7637	

Apéndice No. 7. Relación entre peso fresco por planta y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	0.1358	0.15221	0.209225	0.26295	0.301925	0.33233	0.369
20	0.0544	0.08577	0.1178	0.1383	0.178775	0.20612	0.2099
30	0.056	0.07019	0.08865	0.10095	0.115	0.11999	0.1542

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-0.02274	0.090042	0.133049
20	0.090042	-0.02274	0.020269
30	0.133049	0.020269	-0.02274

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
10 A	0.25654333
20 B	0.14376333
30 C	0.10075667

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std ErrDif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	30	0.1557867	0.0114396	0.1330491	0.1785242	<.0001*	
10	20	0.1127800	0.0114396	0.0900425	0.1355175	<.0001*	
20	30	0.0430067	0.0114396	0.0202691	0.0657442	0.0003*	

Apéndice No. 8. Relación entre fenología y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	7	7.5	7.75	8	8.25	8.5	8.75
20	6	7.025	8	8	8.0625	8.475	8.75
30	6	7.5	8	8	8.25	8.475	8.75

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	30	20
10	-0.24324	-0.21824	-0.1599
30	-0.21824	-0.24324	-0.1849
20	-0.1599	-0.1849	-0.24324

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level Mean

10 A 8.0166667

30 A 7.9916667

20 A 7.9333333

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	20	0.0833333	0.1223767	-0.159904	0.3265703	0.4977	
30	20	0.0583333	0.1223767	-0.184904	0.3015703	0.6348	
10	30	0.0250000	0.1223767	-0.218237	0.2682369	0.8386	

Apéndice No. 9. Relación entre altura de plantas y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	1.1025	1.112467	1.15	1.172927	1.22175	1.261884	1.2675
20	0.791538	1.029172	1.084849	1.112694	1.155118	1.246017	1.2615
30	0.8155	0.984426	1.024908	1.074653	1.132662	1.169015	1.2309

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-0.30232	-0.18495	-0.04414
20	-0.18495	-0.30232	-0.16151
30	-0.04414	-0.16151	-0.30232

Positive values show pairs of means that are significantly different.

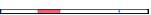
Level Mean

10 A 1,178

20 A 1,108

30 A 1.073

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	30	0.2581877	0.1521043	-0.044136	0.5605114	0.0932	
20	30	0.1408178	0.1521043	-0.161506	0.4431414	0.3571	
10	20	0.1173699	0.1521043	-0.184954	0.4196936	0.4424	

Apéndice No.10. Relación entre número de panojas/m² y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	3.525641	4.519231	5.448718	7.051282	7.692308	8.012821	12.5
20	8.333333	9.294872	10.49679	11.69872	14.18269	15.96154	16.98718
30	11.53846	12.01923	15.14423	18.58974	20.91346	22.94872	25

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	30	20	10
30	-1.38888	4.626073	10.08547
20	4.626073	-1.38888	4.070518
10	10.08547	4.070518	-1.38888

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level Mean

30 A 18.162393

20 B 12.147436

10 C 6.688034

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
30	10	11.47436	0.6987715	10.08547	12.86324	<.0001*	
30	20	6.01496	0.6987715	4.62607	7.40384	<.0001*	
20	10	5.45940	0.6987715	4.07052	6.84829	<.0001*	

Apéndice No. 11. Relación entre número de panojas chicas y población objetivo.

Quantiles

Means Comparisons

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	0.641026	0.641026	0.641026	0.961538	1.682692	2.24359	3.846154
20	1.282051	1.634615	1.923077	3.365385	4.567308	5.096154	5.769231
30	1.923077	2.596154	3.766026	5.128205	8.413462	9.551282	11.53846

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	30	20	10
30	-0.94244	1.546879	3.587477
20	1.546879	-0.94244	1.098161
10	3.587477	1.098161	-0.94244

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
30 A	5.8333333
20 B	3.3440171
10 C	1.3034188

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
30	10	4.529915	0.4741566	3.587477	5.472352	<.0001*	
30	20	2.489316	0.4741566	1.546879	3.431754	<.0001*	
20	10	2.040598	0.4741566	1.098161	2.983036	<.0001*	

Apéndice No. 12. Relación entre número de panojas medianas y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum	Means Comparisons
10	0.641026	1.634615	2.24359	2.724359	3.205128	4.807692	5.769231	Comparisons
20	2.884615	3.237179	4.086538	5.288462	6.730769	7.660256	8.974359	
30	3.846154	4.807692	6.009615	7.051282	8.733974	10.57692	13.14103	

Means for each pair using Student's t
t Alpha
1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	30	20	10
30	-0.8775	1.034889	3.545573
20	1.034889	-0.8775	1.63318
10	3.545573	1.63318	-0.8775

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
30 A	7.3290598
20 B	5.4166667
10 C	2.9059829

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
30	10	4.423077	0.4414875	3.545573	5.300581	<.0001*	
20	10	2.510684	0.4414875	1.633180	3.388188	<.0001*	
30	20	1.912393	0.4414875	1.034889	2.789897	<.0001*	

Apéndice No. 13. Relación entre número de panojas grandes y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	0.961538	1.602564	1.923077	2.24359	2.964744	3.814103	4.487179
20	1.602564	1.923077	2.24359	2.564103	3.605769	4.423077	4.807692
30	1.923077	2.24359	2.804487	3.205128	4.166667	5.737179	7.051282

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	30	20	10
30	-0.51729	0.145099	0.497663
20	0.145099	-0.51729	-0.16473
10	0.497663	-0.16473	-0.51729

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level Mean

30 A 3.5149573

20 B 2.8525641

10 B 2.5000000

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
30	10	1.014957	0.2602599	0.497663	1.532252	0.0002*	
30	20	0.662393	0.2602599	0.145099	1.179688	0.0127*	
20	10	0.352564	0.2602599	-0.164731	0.869859	0.1790	

Apéndice No. 14. Relación entre rendimiento de panojas chicas y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	5.666667	8.733333	16.875	24	35.7	51.9	72.66667
20	9	12	12.9	14.125	21.32937	24.53846	30.4
30	7.066667	8.503571	9.583333	11.49405	12.99146	17.07644	44.66667

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

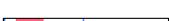
1.98793 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-5.58726	6.46313	10.49295
20	6.46313	-5.68278	-1.65336
30	10.49295	-1.65336	-5.58726

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
10 A	28.704603
20 B	16.606252
30 B	12.624397

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	30	16.08021	2.810586	10.4929	21.66747	<.0001*	
10	20	12.09835	2.834712	6.4631	17.73357	<.0001*	
20	30	3.98186	2.834712	-1.6534	9.61708	0.1637	

Apéndice No. 15. Relación entre rendimiento de panojas medianas y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	26.125	48.8	59.12857	71.4375	83.47917	92.77778	116
20	29.93333	30.75	34.66667	39.66667	49.44048	55.59091	78.05
30	22.45455	24.4594	26.99745	30.875	33.59058	37.93458	39.63158

Level	Mean
10 A	71.9333
20 B	42.7034
30 C	30.6567

Apéndice No. 16. Relación entre rendimiento de panojas grandes y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	65.71429	91.51389	103.8417	118.1193	125.975	133.58	219.6667
20	49.42857	58	62.82143	73.91667	86.68333	99.14286	132.6
30	36.16667	42.56218	47.28846	60.60317	64.5119	72.90481	92.11111

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

T Alpha

1.98793 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-10.114	30.9698	50.41328
20	30.9698	-10.2869	9.155854
30	50.41328	9.155854	-10.114

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level Mean

10 A 118.17240

20 B 77.00179

30 C 57.64513

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	30	60.52727	5.087689	50.41328	70.64126	<.0001*	
10	20	41.17060	5.131361	30.96980	51.37141	<.0001*	
20	30	19.35666	5.131361	9.15585	29.55747	0.0003*	

Apéndice No. 17. Relación entre peso de mil granos y población objetivo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	25.25	25.5	26.1875	27	28	30.475	36
20	23	23.25	23.9375	25.75	26.8125	27.725	30
30	16.25	22.3	23.1875	24.5	25.5	26	26.75

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD	10	20	30
10	-1.0253	0.958031	2.324698
20	0.958031	-1.0253	0.341364
30	2.324698	0.341364	-1.0253

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level		Mean
10	A	27.533333
20	B	25.550000
30	C	24.183333

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
10	30	3.350000	0.5158472	2.324698	4.375302	<.0001*	
10	20	1.983333	0.5158472	0.958031	3.008636	0.0002*	
20	30	1.366667	0.5158472	0.341364	2.391969	0.0096*	

Apéndice No. 18. Relación entre rendimiento y población objetivo.

Quantiles mecanico

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	3.151088	4.426766	4.620986	5.164675	5.854707	6.510615	7.832038
20	3.151088	4.630912	4.897415	5.450982	6.001457	6.249787	6.571719
30	3.310487	3.626004	4.613182	4.934717	5.806697	6.398333	7.037532

Quantiles manual

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
10	2.25	3.737821	4.467949	5.004808	5.961538	6.945513	9.137821
20	2.983974	3.863141	4.155449	4.599359	5.819712	6.6125	7.560897
30	3.333333	3.587179	4.300481	4.703526	5.445513	6.471795	6.913462

Oneway Anova

Summary of Fit

Rsquare	0.021523
Adj Rsquare	-0.00097
Root Mean Square Error	0.884275
Mean of Response	5.217854
Observations (or Sum Wgts)	90

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
DENSIDAD	2	1.496363	0.748182	0.9568	0.3881
Error	87	68.028983	0.781942		
C. Total	89	69.525346			

Means for Oneway Anova

Level	Number	Mean	Std Error	Lower 95%	Upper 95%
10	30	5.27077	0.16145	4.9499	5.5917
20	30	5.34252	0.16145	5.0216	5.6634
30	30	5.04027	0.16145	4.7194	5.3612

Std Error uses a pooled estimate of error variance

Apéndice No. 19. Número de plantas/m² por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	4.487179	4.807692	5.689103	6.410256	7.371795	8.012821	14.42308
2	7.051282	11.41026	13.46154	15.38462	18.58974	21.79487	28.84615

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 2 1

2 -1.29489 7.744905

1 7.744905 -1.64693

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 20. Distancia entre plantas por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	13	22.7803	25.9	29.66082	32.84502	38.65385	42.83333
2	7.455696	9.140248	10.31481	12.2381	13.97436	16.57837	27.89474

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 1 2

1 -2.30266 14.94416

2 14.94416 -1.81046

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 21. Número de tallos/m² por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	7.051282	7.852564	8.653846	10.73718	13.30128	17.14744	21.15385
2	6.730769	13.65385	15.70513	17.94872	21.47436	23.84615	29.48718

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

T Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 2 1

2 -1.47759 5.521981

1 5.521981 -1.87929

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 22. Número de tallos por planta por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	1	1	1.1	1.2	1.3	1.35	1.5
2	1	1	1	1	1.1	1.1	1.3

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

T Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 1 2

1 -0.04605 0.106389

2 0.106389 -0.0362

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 23. Altura de panojas por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	0.791538	1.092872	1.14151	1.16933	1.22175	1.262158	1.2675
2	0.8155	1.0057	1.058462	1.101569	1.145526	1.174836	1.2538

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

T Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 1 2

1 -0.28657 -0.11352

2 -0.11352 -0.22532

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 24. Número de panojas/m² por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
-------	---------	-----	-----	--------	-----	-----	---------

1	3.525641	4.647436	5.689103	7.051282	7.772436	11.53846	12.5
---	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------

2	8.974359	10.25641	11.85897	15.38462	18.91026	21.47436	25
---	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

T Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 2 1

2 -1.37266 6.797749

1 6.797749 -1.74584

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 25. Número de panojas chicas por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
-------	---------	-----	-----	--------	-----	-----	---------

1	0.641026	0.641026	0.641026	0.961538	1.923077	2.24359	3.846154
---	----------	----------	----------	----------	----------	---------	----------

2	1.282051	1.923077	2.884615	4.487179	5.769231	8.974359	11.53846
---	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 2 1

2 -0.76633 2.548833

1 2.548833 -0.97467

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 26. Número de panojas medianas por grupo

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	0.641026	1.762821	2.24359	2.884615	3.605769	4.967949	6.410256
2	2.884615	4.038462	4.807692	6.410256	7.371795	9.551282	13.14103

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 2 1

2 -0.69508 2.659824

1 2.659824 -0.88405

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 27. Número de panojas grandes por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	0.961538	1.602564	1.923077	2.24359	2.884615	3.685897	4.487179
2	1.602564	2.115385	2.24359	2.884615	3.846154	4.615385	7.051282

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 2 1

2 -0.38635 0.370426

1 0.370426 -0.49138

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 28. Rendimiento de panojas chicas por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	5.666667	8.5	16.29167	22.75	34.66667	51.5	72.66667
2	7.066667	9.166667	11.17857	12.8	15.6875	24.01212	44.66667

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 1 2

1 -5.45093 7.566674

2 7.566674 -4.28577

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 29. Rendimiento de panojas medianas por grupo.

Quantiles

Level Minimum 10% 25% Median 75% 90% Maximum

1 26.125 38.89091 54.8 68.6875 83.29762 91.88889 116

2 22.45455 25.26798 29.8 33.56522 39.63158 49.99011 55.85714

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 1 2

1 -6.87126 27.55093

2 27.55093 -5.4025

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 30. Rendimiento de panojas grandes por grupo.

Quantiles

Level Minimum 10% 25% Median 75% 90% Maximum

1 58 80.71978 101.4563 117.2375 125.975 133.2333 219.6667

2 36.16667 45.8381 51.14286 63.14286 76.66667 87.1 114.6

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 1 2

1 -10.2466 40.2259

2 40.2259 -8.05633

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 31. Peso de mil granos por grupo.

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
1	25.25	25.5	26.25	27	28	30.375	36
2	16.25	22.9	23.5	24.75	26	26.75	28

Means Comparisons

Comparisons for each pair using Student's t

t Alpha

1.98761 0.05

Abs(Dif)-LSD 1 2

1 -0.95474 2.029055

2 2.029055 -0.75066

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Apéndice No. 32. Semivariograma de la estimación del rendimiento sin corregir.

General Variable SemivariogramOptimize model

Model Nugget

Enable True

Calculate Nugget False

Nugget 0,1443358488829098

Measurement Error 100

Model #1

Type Spherical

Major Range 134,03195015613355

Anisotropy False

Calculate Partial Sill False

Partial Sill 0,9359506917608059

Model #2

Type <none>

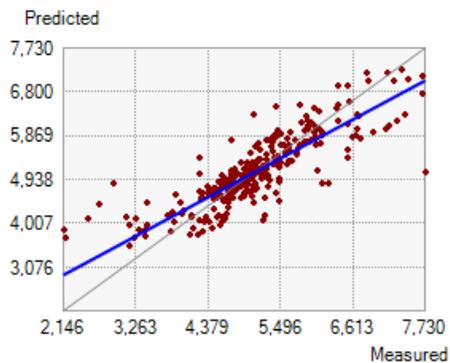
Model #3

Type <none>

Lag

Lag Size 14,665236118865707

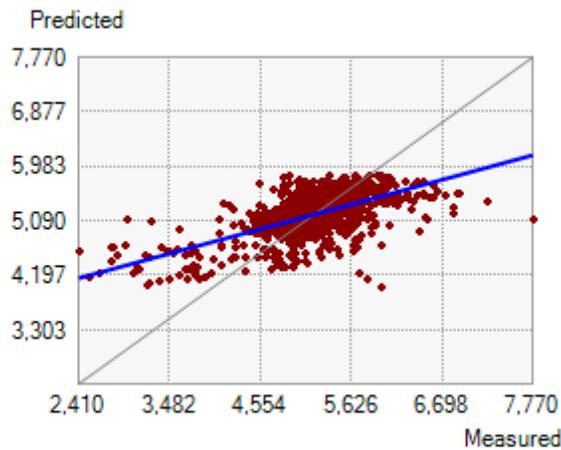
Number of Lags 12



Regression function $0,739829474352001 * x + 1,32126807944105$
 Prediction Errors
 Samples 289 of 289
 Mean 0,0036326634554627924
 Root-Mean-Square 0,4906968597702822
 Mean Standardized 0,004411450474455117
 Root-Mean-Square Standardized 0,9917278658121962
 Average Standard Error 0,48868041317335076

Apéndice No. 33. Semivariograma de rendimiento corregido por residuos normalizados de 1 vez.

General Variable Semivariogram Optimize model
 Model Nugget
 Enable True
 Calculate Nugget False
 Nugget 0,2188629680155003
 Measurement Error 100
 Model #1
 Type Spherical
 Major Range 147,23163970035378
 Anisotropy False
 Calculate Partial Sill False
 Partial Sill 0,22170087631269408
 Model #2
 Type <none>
 Model #3
 Type <none>
 Lag
 Lag Size 15,653931519254488
 Number of Lags 12



Regression function $0,376635829280043 * x + 3,23831347193867$

Prediction Errors

Samples 853 of 853

Mean $-5,588442301930076e-005$

Root-Mean-Square 0,498248993858284

Mean Standardized $-0,0003564333680997204$

Root-Mean-Square Standardized 0,99014485540631

Average Standard Error 0,502094154078164

Export Result Table

Apéndice No. 34. Semivariograma de rendimiento corregido por residuos normalizados de 2 veces.

General Variable Semivariogram Optimize model

Model Nugget

Enable True

Calculate Nugget False

Nugget 0,24220521644158277

Measurement Error 100

Model #1

Type Spherical

Major Range 73,18741574945413

Anisotropy False

Calculate Partial Sill False

Partial Sill 0,03491732760432197

Model #2

Type <none>

Model #3

Type <none>

Lag

Lag Size 6,098951312454511

Number of Lags 12

Apéndice No. 35. Profundidad de los perfiles de la zona A1

HORIZONTES	SITIOS GEOREFERENCIADOS			PROMEDIO
	138	183	207	
A	33	23	17	24
Bt1	24	45	29	33
Bt2	26	27		27
BC	13	33	26	24
TOTAL	96	128	72	107,5

Apéndice No. 36. Profundidad de los perfiles de la zona A2

HORIZONTES	SITIOS GEOREFERENCIADOS			PROMEDIO
	133	149	188	
A	15	30	30	25
Bt1	27	49	36	37
Bt2	29	45	62	45
TOTAL	71	124	128	108

Apéndice No. 37. Profundidad de los perfiles de la zona M

HORIZONTES	SITIOS GEOREFERENCIADOS			PROMEDIO
	165	208	209	
A	13	13	13	13
B	27	27	27	27
BC	15	15	15	15
TOTAL	55	55	55	55

Apéndice No. 38. Profundidad de los perfiles de la zona B

HORIZONTES	SITIOS GEOREFERENCIADOS			PROMEDIO
	124	177	210	
A	20	20	20	20
Bt1	24	24	24	24
Bt2	0	0	0	0
TOTAL	44	44	44	44

Apéndice No. 39. Test de Tukey para número de panojas chicas según el ambiente para las tres densidades objetivo.

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=1

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Standard Estimate	Letter	Error	Group
1	A1	30	7.0618	0.6126	A	
2	A1	20	3.4431	0.6126	B	
3	A1	10	1.6000	0.6802	B	

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=2

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Standard Estimate	Letter	Error	Group
4	A2	30	6.6098	0.6254	A	
5	A2	20	3.7821	0.5737	B	
6	A2	10	1.8606	0.6599	C	

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=3

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Standard Estimate	Letter	Error	Group
7	B	30	4.7500	0.6866	A	
8	B	20	3.4167	0.6866	A	
9	B	10	1.2286	0.6357	B	

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=4

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Standard Estimate	Letter	Error	Group
10	M	30	5.7273	0.6705	A	
11	M	20	3.1143	0.8405	B	
12	M	10	0.9917	0.6419	B	

Apéndice No. 40. Test de Tukey para número de panojas medianas según el ambiente para las tres densidades objetivo.

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=1
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
1	A1	30	6.9750	0.8938	A
2	A1	20	5.0750	0.8938	AB
3	A1	10	2.3333	1.0320	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=2
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
4	A2	30	8.7397	0.7919	A
5	A2	20	5.7382	0.7097	B
6	A2	10	3.4675	0.8457	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=3
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
7	B	30	6.4667	0.6714	A
8	B	20	5.4833	0.6714	A
9	B	10	2.9857	0.6216	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=4
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
10	M	30	6.9627	0.4011	A
11	M	20	4.8173	0.4836	B
12	M	10	2.7917	0.3847	C

Apéndice No. 41. Test de Tukey para número de panojas grandes según el ambiente para las tres densidades objetivo.

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=1
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
1	A1	30	4.0750	0.6792	A
2	A1	20	2.6500	0.6792	A
3	A1	10	2.4333	0.7843	A

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=2

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
4	A2	30	3.8125	0.3737	A
5	A2	10	3.3429	0.3995	A
6	A2	20	2.8900	0.3342	A

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=3

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
7	B	30	3.4667	0.3192	A
8	B	20	2.4333	0.3192	B
9	B	10	2.0571	0.2956	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=4

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
10	M	30	3.2364	0.2895	A
11	M	20	3.1143	0.3628	A
12	M	10	2.3917	0.2771	A

Apéndice No. 42. Test de Tukey para rendimiento de panojas chicas según el ambiente para las tres densidades objetivo.

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=1

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
1	A1	10	27.0000	4.3031	A
2	A1	20	20.3500	3.7266	AB
3	A1	30	10.6250	3.7266	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=2

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
4	A2	10	25.3170	3.1691	A
5	A2	20	19.5881	2.7373	AB
6	A2	30	12.9398	2.9967	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=3
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
7	B	10	24.5791	2.0807	A
8	B	20	12.8830	2.2426	B
9	B	30	12.4061	2.2424	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=4
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
10	M	10	31.5833	4.1737	A
11	M	20	13.4857	5.4647	B
12	M	30	10.2091	4.3593	B

Apéndice No. 43. Test de Tukey para rendimiento de panojas medianas según el ambiente para las tres densidades objetivo.

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=1
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
1	A1	10	73.2667	4.6772	A
2	A1	20	43.0000	4.0506	B
3	A1	30	26.4500	4.0506	C

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=2
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
4	A2	10	80.4286	4.4942	A
5	A2	20	51.6800	3.7601	B
6	A2	30	34.5375	4.2040	C

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=3
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
7	B	10	59.7857	4.2888	A
8	B	20	35.1667	4.6324	B
9	B	30	29.7833	4.6324	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=4
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
10	M	10	70.0583	3.3867	A
11	M	20	37.3286	4.4342	B
12	M	30	29.5727	3.5373	B

Apéndice No. 44. Test de Tukey para rendimiento de panojas grandes según el ambiente para las tres densidades objetivo.

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=1
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
1	A1	10	111.10	5.9116	A
2	A1	20	68.6500	5.1196	B
3	A1	30	49.2750	5.1196	C

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=2
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
4	A2	10	118.66	6.7016	A
5	A2	20	92.0200	5.6070	B
6	A2	30	61.7125	6.2688	C

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=3
Standard Letter

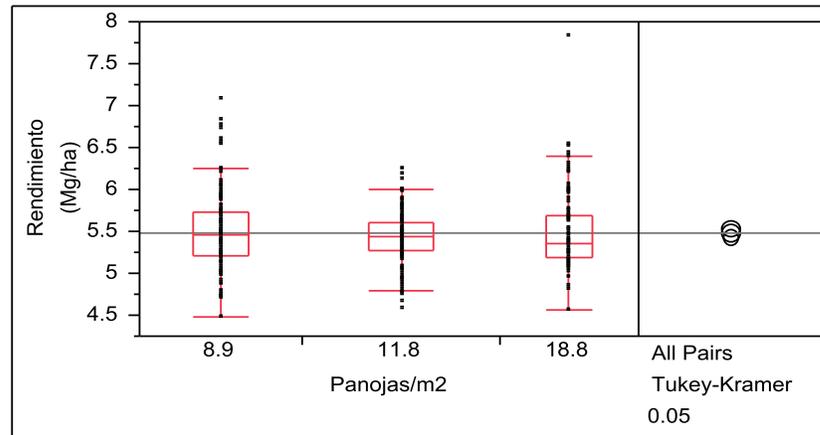
Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
7	B	10	110.17	5.7628	A
8	B	20	70.2333	6.2245	B
9	B	30	59.5667	6.2245	B

Effect=DENSIDAD Method=Tukey-Kramer(P<0.1) Set=4
Standard Letter

Obs	Ambiente	DENSIDAD	Estimate	Error	Group
10	M	10	115.88	4.6490	A
11	M	20	68.1286	6.0870	B
12	M	30	56.4182	4.8557	B

Apéndice No. 45. Análisis del rendimiento por población y por zona.

Análisis del Rendimiento (Mg/ha) por población para la zona de potencial alto



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
8.9	4.48	4.999	5.2025	5.465	5.735	6.1	7.09
11.8	4.59	5.003	5.2775	5.44	5.6	5.817	6.25
18.8	4.57	5.039	5.19	5.36	5.685	6.214	7.84

Means Comparisons

Comparisons for all pairs using Tukey-Kramer HSD

q* Alpha
2.35444 0.05

Abs(Dif)-LSD	8.9	18.8	11.8
8.9		-0.13416	-0.09361
18.8	-0.09361		-0.07937
11.8	-0.02716	-0.07937	

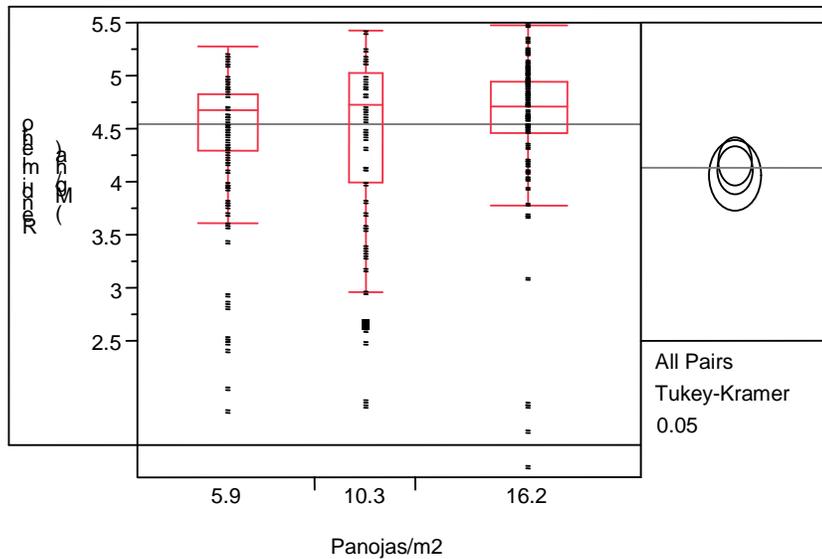
Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level	Mean
8.9	A 5.5302778
18.8	A 5.4840217
11.8	A 5.4290769

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
8.9	11.8	0.1012009	0.0545172	-0.027156	0.2295581	0.1532	
18.8	11.8	0.0549448	0.0570479	-0.079371	0.1892603	0.6007	
8.9	18.8	0.0462560	0.0594070	-0.093614	0.1861260	0.7164	

Análisis del Rendimiento (Mg/ha) por población para la zona de potencial bajo



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
5.9	2.94	3.56	4.295	4.685	4.84	5.106	5.28
10.3	2.96	3.446	4	4.74	5.04	5.244	5.44
16.2	2.57	3.78	4.4725	4.725	4.9575	5.21	5.49

Means Comparisons

Comparisons for all pairs using Tukey-Kramer HSD

q* Alpha
2.36288 0.05

Abs(Dif)-LSD	16.2	5.9	10.3
16.2		-0.21617	-0.19181
5.9			-0.25734
10.3			

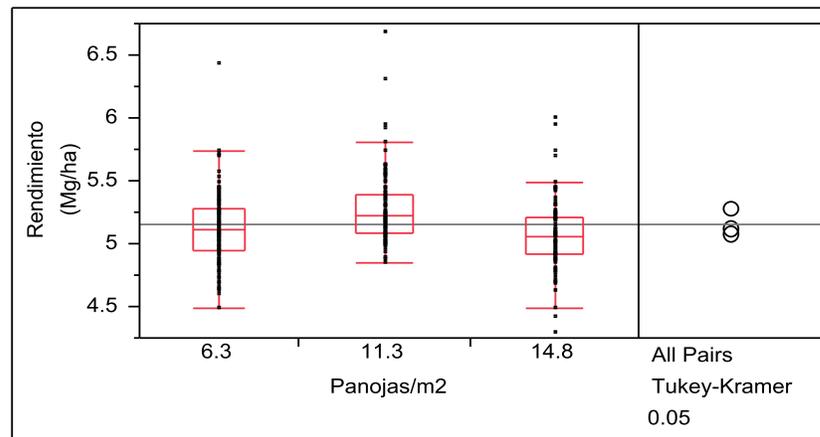
Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level		Mean
16.2	A	4.5889286
5.9	A	4.5346970
10.3	A	4.5043243

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
16.2	10.3	0.0846042	0.1169828	-0.191813	0.3610212	0.7501	
16.2	5.9	0.0542316	0.0975223	-0.176202	0.2846656	0.8435	
5.9	10.3	0.0303726	0.1217631	-0.257340	0.3180848	0.9663	

Análisis del Rendimiento (Mg/ha) por población para la zona de potencial medio



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
6.3	4.49	4.77	4.94	5.11	5.28	5.442	6.43
11.3	4.85	5.007	5.09	5.22	5.39	5.566	6.68
14.8	4.29	4.794	4.915	5.06	5.205	5.348	6

Means Comparisons

Comparisons for all pairs using Tukey-Kramer HSD

q* Alpha
2.35424 0.05

Abs(Dif)-LSD	11.3	6.3	14.8
11.3	-0.08346	0.067293	0.1176
6.3	0.067293	-0.0869	-0.03662
14.8	0.1176	-0.03662	-0.08456

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Level		Mean
11.3	A	5.2759483
6.3	B	5.1234579
14.8	B	5.0743363

Levels not connected by same letter are significantly different.

Level	Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	Difference
11.3	14.8	0.2016120	0.0356856	0.117600	0.2856245	<.0001*	
11.3	6.3	0.1524903	0.0361888	0.067293	0.2376876	<.0001*	
6.3	14.8	0.0491217	0.0364186	-0.036617	0.1348599	0.3693	