

**Efecto de seis densidades poblacionales en el
rendimiento de biomasa del Sorgo de la
variedad Sureño en Zamorano, Honduras**

Marco David Páez Tapia

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARREARA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de seis densidades poblacionales en el rendimiento de biomasa del Sorgo de la variedad Sureño en Zamorano, Honduras

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Marco David Páez Tapia

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2013

Efecto de seis densidades poblacionales en el rendimiento de biomasa del Sorgo de la variedad Sureño en Zamorano, Honduras

Presentado por:

Marco David Páez Tapia

Aprobado:

Renán Pineda, Ph.D.
Asesor principal

Renán Pineda, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Celia Trejo, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto de seis densidades poblacionales en el rendimiento de biomasa en Sorgo de la variedad Sureño en Zamorano, Honduras

Marco David Páez Tapia

Resumen: El sorgo es un cultivo de poca importancia para el consumo humano directo. Sin embargo, en los últimos años se ha utilizado en una forma significativa para el consumo animal. El sorgo sureño es una variedad considerado de doble propósito por su capacidad de obtener buenos rendimientos de biomasa y grano. Otra característica favorable es por su capacidad de ser menos susceptible a climas secos y calientes, suelos pobres, condiciones de sequía y exceso de humedad. Por esta razón ha resultado ser una buena alternativa para el uso como sorgo forrajero. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la alta densidad en la producción de materia seca en sorgo (*Sorghum bicolor*) de la variedad sureño, bajo las condiciones climáticas de Zamorano. El ensayo se realizó en los meses de mayo - agosto del 2013. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cinco repeticiones. Se sembró seis tratamientos en cada bloque, 150,000, 177,000, 204,000, 243,000, 264,000 y 327,000 plantas/ha con una separación de 0.60 m entre hileras. El rendimiento en materia seca del sorgo sureño aumenta a medida que se aumenta la densidad poblacional hasta llegar a densidades intermedias ($P < 0.05$). Sin embargo, si continuamos incrementando la densidad más allá de 243,000 plantas/ha se obtiene una reducción gradual en el rendimiento de materia seca. El efecto de la densidad también nos demuestra que a medida que aumenta el número de plantas por hectárea, los parámetros de productividad como el peso de la planta, peso de la panoja, altura de la planta, tamaño de la panoja y el diámetro del tallo disminuye.

Palabras clave: Forraje, materia seca, productividad, *Sorghum bicolor*.

Abstract: Sorghum is a crop of little importance for human consumption; however over the last years a significant part of this crop is being used for animal consumption. The southern sorghum is a plant considered having a dual purpose for biomass and grain production. Other favourable characteristics of this variety of sorghum are: its capacity to tolerate hot and dry climatic conditions, poor depleted soils, and also for being flood tolerant. Due to its characteristics it has resulted to be a great alternative for forage production. The objective of this study was to evaluate the effect of plant density on the production of dry matter in sorghum (*Sorghum bicolor*), southern sorghum variety, under the climatic conditions of Zamorano. The experiment was realized during the months of May 2013-August 2013. A complete randomized block design with five replicates was used for the study. Six treatments were planted in each block 150,000, 177,000, 204,000, 243,000, 264,000 and 327,000 plants/ha with a distance of 0.6 m between rows. It was determined that dry matter yield of the southern sorghum increased as plant density increased until reaching intermediate plant densities ($P < 0.05$). However, if plant density continued to increase above 243,000 plants/ha a gradual decrease in yield of dry matter is obtained. The effect of plant density also shows that as the number of plants/ha increases the parameters plant weight, panicle weight, plant height, panicle size and stem diameter decrease.

Key words: Forage, dry matter, productivity, *Sorghum bicolor*

CONTENIDO

Portadilla	i
Paginas de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4 CONCLUSIONES.....	10
5 RECOMENDACIONES.....	11
6 LITERATURA CITADA.....	12
7 ANEXOS	14

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Probabilidades de las variables agronómicas y de rendimiento evaluadas en el sorgo sureño.....	5
2. Cuadro de las correlaciones por Pearson.....	6
3. Efecto de la densidad en el rendimiento en kg/ha en sorgo sureño.	9
Figuras	Página
4. Efecto de la densidad sobre la altura de la planta, a los 87 días en sorgo sureño. ...	6
5. Efecto de la densidad sobre el tamaño de la panoja, a los 87 días en sorgo sureño..	7
6. Efecto de la densidad poblacional en el peso de la planta y de la panoja en materia seca en sorgo sureño.	8
7. Efecto de la densidad poblacional en el diámetro del tallo a los 87 días, en sorgo sureño.	8
Anexos	Página
8. Medidas de las variables agronómicas evaluadas en sorgo sureño a diferentes densidades poblacionales.....	14
9. Efecto de la densidad en el tamaño de la panoja	14

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo es un cultivo de poca importancia para el consumo humano directo. Sin embargo, en los últimos años se ha utilizado en una forma significativa para la elaboración de alimento animal. La planta de sorgo es menos susceptible a la sequía que otros cultivos como maíz y caña, por eso el sorgo ha resultado ser una buena alternativa en la producción de forrajes cultivados en zonas de alta temperatura y poca precipitación ya que se disminuye el riesgo de pérdida del cultivo por estrés hídrico (Monge Villalobos 1994).

El sorgo es una planta que por lo general posee un solo tallo. En ocasiones varía mucho por su capacidad de producir tallos secundarios, hijos o macollas. Sin embargo, si el tallo principal usa todas sus reservas energéticas, se detiene la producción de tallos secundarios o mueren dichos hijos ya que no pueden producir su propia energía (Krieg 1983).

El sorgo es sureño una planta en la que se distinguen bien las tres fases fisiológicas, las cuales son: vegetativa, reproductiva y maduración del grano. La fase vegetativa empieza con la emergencia seguido del crecimiento de las hojas, anclaje del sistema radicular y el macollamiento. La fase reproductiva es la fase de diferenciación del meristemo apical floral y desarrollo de la inflorescencia. La tercera fase es la maduración del grano y la senescencia de las hojas (Compton 1990).

El Sorgo Sureño ingresó a la estación experimental La Lujosa, en Choluteca - Honduras en el año de 1982 y fue liberado por la Secretaría de Recursos Naturales (SRN) y el Programa Internacional de Sorgo y Mijo (INTSORMIL) en 1985, también es conocido como sorgo de doble propósito (grano y forraje). Este se selecciono por su capacidad de ser menos susceptible a climas secos y calientes, suelos pobres, condiciones de sequia y exceso de humedad (Morán Araujo 2012).

En el 2009 el Sorgo Sureño con el gen BMR fue aceptado por la Secretaría de Agricultura y Ganadería a través de la Dirección de Ciencia Tecnología Agropecuaria (DICTA), a esta variedad fue incorporada los genes BMR por métodos de mejoramiento genético realizados por el Programa Internacional de Sorgo y Mijo (INTSORMIL) con sede en la Estación Experimental de San Andrés, del Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA), El Salvador. Esta variedad fue desarrollada para tener un alto valor nutricional para forraje y un bajo contenido de lignina (Morán Araujo 2012).

El gen BMR se le conoce como “vena café”, este gen tiene la característica de disminuir la lignina de la fibra en las paredes celulares, por esta razón aumenta la digestibilidad de los nutrientes en los animales especialmente en rumiantes, asemejándose mas al maíz y puede competir con este en el valor nutritivo (Clará 2010).

La producción de materia seca es un factor importante del cultivo de sorgo, principalmente para la producción de alimento de consumo animal. El aumento de la densidad de siembra permite incrementos en la producción de materia seca, acompañado por una tendencia a disminuir la calidad nutritiva (Romero *et al.* 2001).

El sorgo granífero es una fuente importante de carbohidratos por lo que es necesario saber la densidad óptima de siembra en el terreno. Comúnmente se usa una densidad de 230,000-250,000 plantas por hectárea, para la producción de grano es necesario conocer los efectos secundarios de un incremento o disminución en dicha densidad poblacional (Irigoyen y Perrachon 2007).

Se conoce que la densidad de siembra no tiene efecto alguno en el diámetro de los tallos entre 125,000 y 230,000 plantas por hectárea. Las diferencias se presentan en densidades bajas de entre 50,000-125,000 plantas por hectárea (Ponce 2006). Sin embargo se desconoce el efecto a una densidad mayor a las 230,000 plantas por hectárea (Álvarez Córdova 2011).

Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la densidad en la producción de biomasa en sorgo de la variedad sureño, sembrado a seis diferentes densidades 150,000, 177,000, 204,000, 243,000, 264,000 y 327,000 plantas por hectárea.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio fue realizado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el valle del Río Yeguaré a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. Esta zona está situada a 740 msnm, con una temperatura promedio anual de 24 °C y precipitación promedio anual de 1,100 mm.

Preparación del suelo y siembra. Se realizó una labranza convencional con un pase de rastra pesada y dos pases de rastra liviana. La siembra se realizó de forma manual. Después de 10 días de la siembra se realizó un raleo, las distancias entre según el tratamiento son: 11.11cm, 9.41cm, 8.16cm, 6.85cm, 6.31cm y 5.09cm.

Se realizó un conteo de plantas. Los tratamientos que no cumplían con el número de plantas se realizaba una resiembra el mismo día del raleo.

Fertilización. Se fertilizó de acuerdo a los requerimientos de 135-22.5-103.5 kilogramos de (NPK), para obtener un rendimiento de 4.5 tonelada por hectárea, fraccionando en tres partes. A la siembra se aplicó 47.25gr de (18-46-0), a los 23 días después de la siembra se aplicó 532gr de urea al 46% y a los 42 días después de la siembra se aplicó 532gr de urea al 46% a cada parcela de 36m².

Malezas. El control de malezas se realizó manualmente a los 23, 42 y 63 días después de la siembra utilizando azadón entre hileras y manualmente entre plantas.

Control de plagas. Se realizaron dos aplicaciones de Karate Zeon con su ingrediente activo Lambda cihalotrin a una dosis de 1.5ml/L de agua para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) a los 43 y 57 días después de la siembra.

Cosecha. Se cosechó a los 87 días después de la siembra cuando el grano estaba lechoso-masoso. En la cosecha se midieron las variables de altura de la planta, tamaño de la panoja, diámetro del tallo, peso de la panoja y peso de la planta.

Secado. Se tomó una muestra de 300g para determinar la biomasa y 100g para determinar el peso de la panoja por tratamiento. Estas muestras se llevaron a un proceso de

deshidratación a 65° centígrados por 76 horas realizando dos muestreos de pesos por día. Este proceso se realizó en un horno Termolyne 9000.

Tratamientos. Se utilizaron seis densidades poblacionales del Sorgo sureño, 150,000, 177,000, 204,000, 243,000, 264,000 y 327,000 plantas/ha, a un distanciamiento entre surcos de 0.60m, en parcelas con un área de 36m² (5m de ancho x 7.2m de largo), con cinco repeticiones por tratamiento.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se uso un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), con seis tratamientos y cinco repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), separación de medias por Duncan y un análisis de correlaciones por Pearson, utilizando el programa estadístico Statistical Analysis System versión 9.3 (SAS[®]) con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró un efecto altamente significativo de la densidad poblacional en las variables agronómicas, peso de la planta, peso de la panoja, altura de la planta, tamaño de la panoja y diámetro del tallo, así como también en las variables de rendimiento, biomasa, expresada en materia fresca y materia seca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Probabilidades de las variables agronómicas y de rendimiento evaluadas en el sorgo sureño.

Fuente	Probabilidades					Variables de rendimiento	
	Variables agronómicas					BMF	BMS
	PPL (g)	PPN (g)	APL (m)	TPN (m)	DT (mm)		
Bloque	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Densidad	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005	0.0003

Los valores son altamente significativos a $P < 0.05$.

PPL=Peso de la planta en materia seca; PPN=Peso de la panoja en materia seca; APL=Altura de la planta; TPN=Tamaño de la panoja; DT=Diámetro del tallo; BMF=Rendimiento de biomasa en materia fresca; BMS=Rendimientos de biomasa en materia seca.

Efecto de la densidad poblacional en la altura de la planta y el tamaño de la panoja.

En la Figura 1 se observa una disminución de la altura de la planta a medida que se incrementa la densidad poblacional de 150,000 plantas/ha (1.77m) a 327,000 plantas/ha (1.47m). Es inexplicable porque no se observó una reducción en la altura de la planta cuando el cultivo se sembró a una densidad de 243,000 plantas/ha, es posible que la manguera de riego distribuyó una mayor cantidad de agua en estos tratamientos, en algunas de las repeticiones, lo que pudo haber causado una mayor altura en las plantas de este tratamiento. La reducción de la altura de la planta bajo densidades intermedias y altas pudo haberse debido a la disminución en la disponibilidad de nutrientes por planta existentes en la misma área que en tratamientos con densidades bajas (Figura1).

Meza (2004) encontró que la altura promedio de planta fue de 1.7m a una densidad de 245,313 plantas/ha lo que coincide con nuestro estudio cuando se tuvo una densidad poblacional similar.

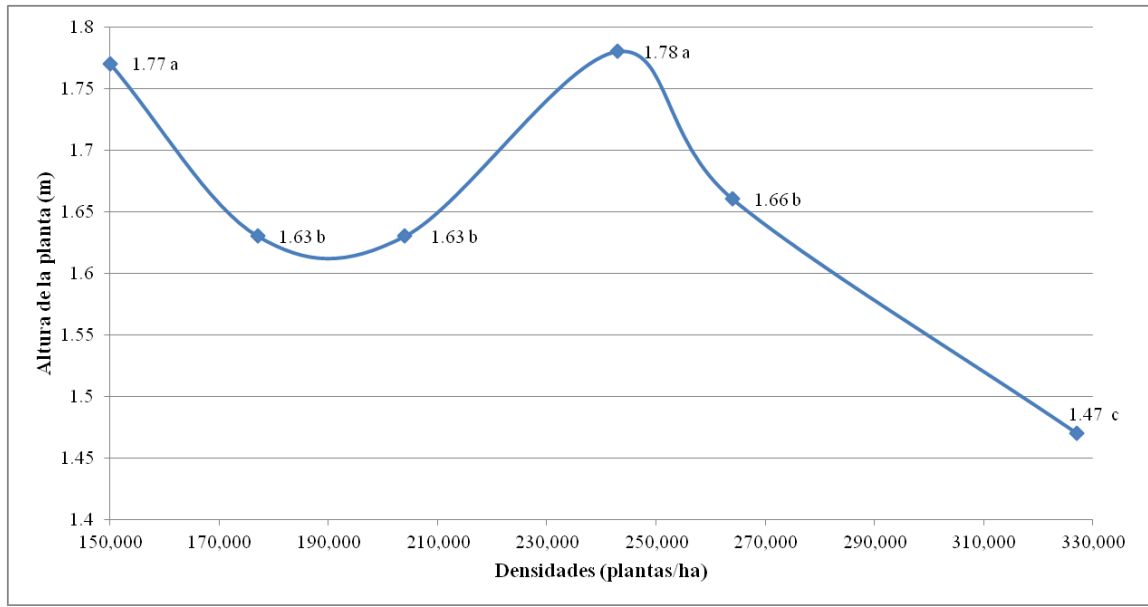


Figura 1. Efecto de la densidad sobre la altura de la planta, a los 87 días en sorgo sureño.

La competencia entre plantas a densidades altas también influyo en el tamaño de la panoja causando una reducción significativa (Figura 2). Sin embargo, todas las densidades intermedias influyeron en la misma proporción en el tamaño de la panoja, causando que tanto la planta como también la panoja de plantas bajo altas densidades fueran significativamente más pequeñas.

Se encontró una alta correlación ($r=0.86$) entre la altura de la planta y el tamaño de la panoja. Similarmente, el diámetro del tallo correlaciono tanto con el peso de la planta y también con el tamaño de la panoja (Cuadro 2), consecuentemente, cualquier densidad poblacional que cause una reducción en el diámetro del tallo, causara también una reducción en el tamaño de la planta y peso de la panoja.

Cuadro 2. Cuadro de las correlaciones por Pearson.

	Peso de la panoja	Tamaño de la panoja	Peso de la planta	Diámetro del tallo	Altura de la planta
Peso de la panoja	1.00	0.82	<u>0.98</u>	0.81	0.82
Tamaño de la panoja	0.82	1.00	0.83	0.85	<u>0.86</u>
Peso de la planta	0.98	0.83	1.00	<u>0.84</u>	0.79
Diámetro del tallo	0.81	<u>0.85</u>	0.84	1.00	0.74
Altura de la planta	0.82	0.86	0.79	0.74	1.00

$P \leq 0.0001$

En un estudio realizado por Diaz Diaz (2011) obtuvo un tamaño de la panoja de 0.178 m a una densidad de 220,000 plantas/ha lo que contrasta con nuestros resultados cuando se aplico una densidad similar.

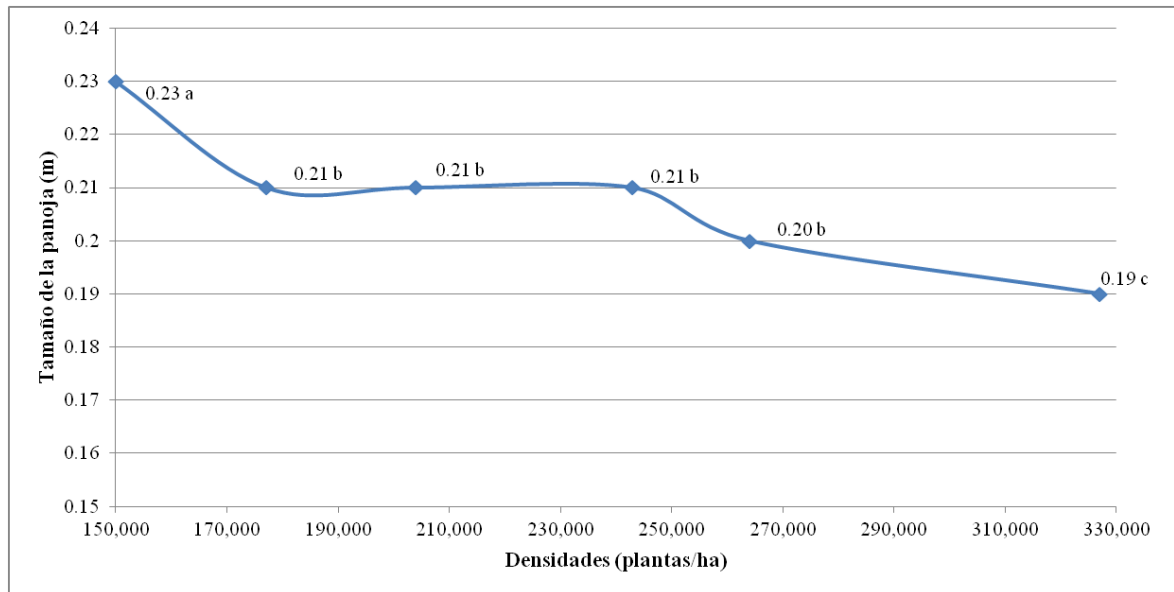


Figura 2. Efecto de la densidad sobre el tamaño de la panoja, a los 87 días en sorgo sureño.

Efecto de la densidad poblacional en el peso de la planta y la panoja.

Las variables peso de la planta y el peso de la panoja tienen una alta correlación ($r=0.98$). Debido a esta alta correlación, las variables peso de la planta o peso de la panoja podrían tomarse como descriptores del rendimiento de biomasa en el sorgo sureño. A densidades intermedias se obtuvo en el sorgo sureño altos pesos tanto de la panoja como de la planta, específicamente en siembras con densidades entre 240,000 y 250,000 plantas/ha, por lo que se podría considerar esta densidad como óptima para la siembra del sorgo sureño. A densidades altas se obtuvieron similares resultados que las variables antes discutidas (Figura 3).

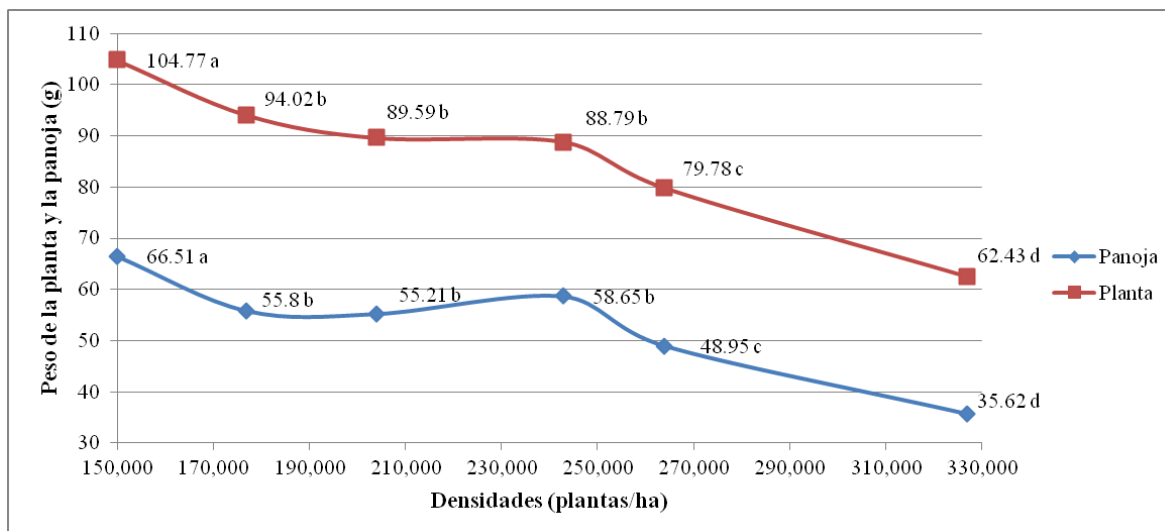


Figura 3. Efecto de la densidad poblacional en el peso de la planta y de la panoja en materia seca en sorgo sureño.

Efecto de la densidad en el diámetro del tallo.

El tratamiento 150,000 plantas/ha fue el que tuvo el mayor diámetro con un promedio de 17.9mm. Entre densidades intermedias no se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Altas densidades causaron una disminución en el diámetro del tallo del 30% con relación a bajas densidades (Figura 4).

En un estudio similar Ponce Isaula (2006) no encontró diferencia en el diámetro del tallo en densidades entre 150,000 a 270,000 plantas/ha.

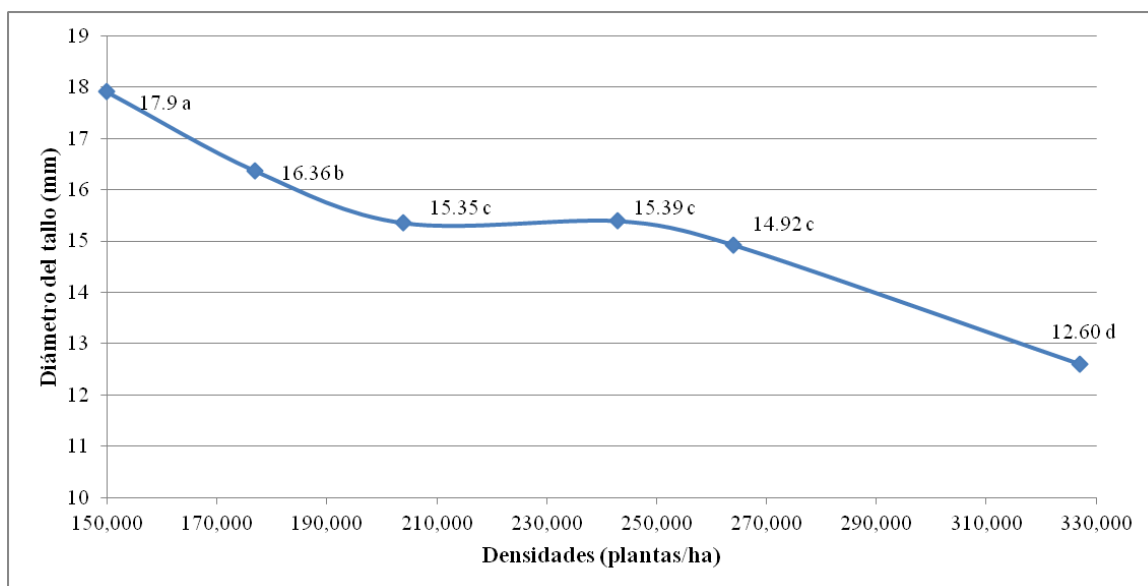


Figura 4. Efecto de la densidad poblacional en el diámetro del tallo a los 87 días, en sorgo sureño.

Rendimientos.

En las densidades intermedias superiores (243,000 y 264,000 plantas/ha), así como también en las densidades altas se obtuvieron los mejores rendimientos tanto en materia seca y materia fresca en sorgo sureño, a pesar de que no existe diferencia significativa entre estas densidades, se observo una tendencia a disminuir el rendimiento de materia fresca y materia seca a medida que se aumenta gradualmente la densidad poblacional (Cuadro 3). La alta densidad evaluada en este experimento (327,000 plantas/ha) resulto en rendimientos de biomasa muy superiores a las densidades bajas (150,000 y 177,000 plantas/ha), a pesar de que las densidades bajas tuvieron plantas mas altas, tallos mas gruesos, panojas más grandes y pesadas. Sin embargo, el incremento en el número de plantas por hectárea de las densidades altas compenso las diferencias en tamaño, peso y altura de la planta y panoja, aunque bajo estas densidades las panojas y las plantas hayan tenido pesos, tamaños y alturas inferiores.

En un estudio similar Ponce Isaula (2006) obtuvo un rendimiento promedio de 22,971kg/ha a una densidad de 240,000 plantas /ha.

Cuadro 3. Efecto de la densidad en el rendimiento en kg/ha en sorgo sureño.

Plantas/ha	Rendimientos kg/ha	
	Materia Fresca	Materia Seca
150,000	33593 c ^m	15716 c
177,000	35875 c	16643 c
204,000	39521 bc	18276 bc
243,000	46931 a	21577 a
264,000	46785 a	21064 ba
327,000	43888 ba	20416 ba

^mabc Los promedios de la misma columna seguidos con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al (P<0.05).

4. CONCLUSIONES

- El rendimiento de biomasa del sorgo sureño aumenta a medida que se aumenta la densidad poblacional hasta llegar a densidades intermedias. Si continuamos incrementando la densidad más allá de 243,000 plantas/ha se obtiene una reducción gradual en el rendimiento de materia seca.
- La densidad poblacional tiene un efecto significativo en todas las variables estudiadas en este experimento.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio ajustando la fertilización de acuerdo al número de plantas por hectárea y no al requerimiento total por hectárea.
- Determinar el efecto de las densidades poblacionales estudiadas en la capacidad de rebrote del sorgo sureño.
- Utilizar las densidades de 243,000 y 264,000 plantas/ha para la producción de materia seca y materia fresca.

6. LITERATURA CITADA

Álvarez Córdova, E. 2011. Sorgo CENTA S-2 bmr variedad forrajera (en línea). Consultado 27 de julio de 2013. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/BOLETIN%20SORGO%20CENTA%20S2.pdf>

Clará, R. 2010. INTSORMIL-CENTA Generan nuevas variedades de sorgo para grano y forraje tipo BMR (en línea). Consultado 08 de octubre de 2013. Disponible en http://intsormil.org/smnewsarticles/bmr%20article%20correct%20Versi%C3%83%C2%B3n%20de%20prensa%20corregina%20_18-09-2010_1.pdf

Compton, P. 1990. Agronomía del sorgo. Trad. por María Guadalupe López Abdelraque. El Salvador, Centro de Tecnología Agropecuaria. 301 p.

Diaz Diaz, L.A. 2011. Evaluación comparativa de sorgo nervadura café (Pampa Centurión) y sorgo nervadura blanca (Sureño) para la producción de ensilaje, Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 16p.

Irigoyen y Perrachon. 2007. Sorgo granífero (en línea). Consultado 27 de julio de 2013. Disponible en http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R123/R123_52.pdf

Krieg, D.R. 1983. Sorghum. In: Teare, I.D.; Peet, M.M. (eds.) 1983. Crop–water relations: John Wiley and Sons. 547 p.

Mesa, J. 2004. Comparación de la morfología y la producción del sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) con dos cultivares de sorgo blanco en El Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 14 p

Monge Villalobos, L.A. 1994. Cultivo del sorgo. 1994. San José, Costa Rica, EUNED. 289 p.

Morán Araujo, A. 2012. Sorgo Sureño BMR (en línea). Consultado 08 de octubre de 2013. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1009&context=intsormilpubs>

Morán Araujo, A. 2012. Sorgo Sureño normal: El Sorgo Tradicional de Honduras de doble propósito (en línea). Consultado 08 de octubre de 2013. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=intsormilpub>

Ponce Isaula, J.A. 2006. Producción y calidad de Sorgo Sureño con cinco densidades de siembra en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr., Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana ‘‘El Zamorano’’. 22 p.

Romero, L.A.; Gaggiotti, M.C.; Comerón, E.A. 2001. Sorgo forrajero azucarado para ensilaje: efecto de la distancia entre surcos y la densidad de siembra. (en línea). Consultado el 02 de agosto de 2013. Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001_10.htm

SAS. 2011. SAS User`s Guide. Statistics. Version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, Estados Unidos de America.

7. ANEXOS

Plantas/ha	Materia Seca (MS)		APL (m)	TPN (m)	DT (mm)
	PPL (g)	PPN (g)			
150,000	104.77 a	66.51 a	1.77 a	0.23 a	17.90 a
177,000	94.02 b	55.80 b	1.63 b	0.21 b	16.36 b
204,000	89.59 b	55.21 b	1.63 b	0.21 b	15.35 c
243,000	88.79 b	58.65 b	1.78 a	0.21 b	15.39 c
264,000	79.78 c	48.95 c	1.66 b	0.2 b	14.92 c
327,000	62.43 d	35.62 d	1.47 c	0.19 c	12.60 d

Medidas con letras iguales en la misma columna no difieren entre sí ($P < 0.05$)

PPL=Peso de la planta; PPN=Peso de la panoja; APL=Altura de la planta; TPN=Tamaño de la panoja; DT=Diámetro del tallo

Anexo 1. Medidas de las variables agronómicas evaluadas en sorgo sureño a diferentes densidades poblacionales.



Anexo 2. Efecto de la densidad en el tamaño de la panoja