

CAPÍTULO 8

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogel en el departamento de Sucre

Félix Esteban Pastrana Atencia¹, Carlos Enrique Cardona Ayala² y
Jairo Guadalupe Salcedo Mendoza³

1 Magister en ciencias agronómicas. felixpastra22@gmail.com

2 Ph.D. Ciencias Naturales para el Desarrollo con énfasis en producción Agrícola. Afiliado a la Universidad de Córdoba. ccardonaayala@yahoo.com

3 Ph.D. Ingeniería Química. Vinculado a Universidad de Sucre. jairo.salcedo@unisucra.edu.co

Introducción

El caupí (*Vigna unguiculata* L.Walp.) es una leguminosa cultivada en todos los trópicos y subtrópicos. Las semillas son fuente importante de proteínas y vitaminas vegetales para el hombre, alimento para animales y también una fuente de ingresos en efectivo. Las hojas jóvenes y las vainas inmaduras se comen como vegetales (El Naim et al., 2012). Las estimaciones conservadoras sugieren que más de 12.3 millones de hectáreas se siembran anualmente con caupí en todo el mundo. La producción mundial total se estima en alrededor de 7 millones de toneladas de grano seco (FAO, 2016).

El caupí es utilizado como fuente de proteína, calorías, fibra, minerales y vitaminas (Kabas et al., 2007), especialmente en los estratos de bajos ingresos económicos, por presentar bajos costos de producción (Sinha y Kawatra, 2003; Santos et al., 2007; Frota et al., 2008). En el caribe colombiano la producción de caupí se maneja, básicamente, con conocimientos empíricos ya que, en muchos casos, carecen de una infraestructura adecuada y de tecnologías que permitan optimizar su producción, a pesar de que la rusticidad de este cultivo le permite adaptarse a diferentes agro-ecosistemas y condiciones climáticas adversas como lo son períodos de sequía, suelos con baja disponibilidad de nutrientes, y diferentes factores abióticos, aunque los largos periodos de sequía, afectan negativamente su desempeño agronómico provocando disminución en su productividad, reduciendo y alterando la fotosíntesis y demás procesos metabólicos, así como el desarrollo de todos sus órganos (Uarrotá, 2010).

Por otro lado, factores como el arreglo poblacional y la densidad de plantas por área permiten intensificar y perfeccionar las técnicas del cultivo entre los agricultores, logrando así, mayor disponibilidad de agua, nutrientes y la captación de radiación con óptima área foliar que favorecen la intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa y por ende mejora su crecimiento y desarrollo productivo (Aguilar et al., 2005; Nafziger, 2006). Se puede referir a crecimiento vegetal como incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma y número, dando como resultado un aumento cuantitativo del

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogeles en el departamento de Sucre

tamaño y peso de la planta, y en cuanto a desarrollo vegetal a la composición de eventos que causan cambios cualitativos en forma y función de la planta (Krug, 1997).

Por otra parte, la dinámica del cultivo de frijol en el departamento de Sucre, Colombia, muestra tendencia a la reducción de la práctica de este sistema (AGRONET, 2017), lo cual es promovido por múltiples factores, entre los que se destaca, la escasa disponibilidad de estudios sobre el manejo adecuado de ciertas variedades del cultivo que ayuden a comprender el comportamiento fisiológico de las mismas bajo la oferta ambiental del departamento de Sucre.

De acuerdo con lo anterior, se realizó la presente investigación con el fin de determinar el efecto del uso de hidro-retenedor en el cultivo de frijol caupí y el arreglo poblacional óptimo, con ayuda de un análisis que aporte conocimiento básico sobre su crecimiento y desarrollo productivo, que a su vez faciliten la construcción de bases para un manejo específico de este cultivo.

Materiales y métodos

Universo o localización del proyecto

El ensayo se realizó en el municipio de Sincelejo, departamento de Sucre, situado a 9° 18' de Latitud Norte y 75° 23' de Longitud oeste; con clima tropical seco o de sabana (Aw) según Köppen: temperatura media anual de 27,15°C, una altura promedio de 213 m.s.n.m., humedad relativa media anual del 80%, y precipitación media anual de 1.192 mm (Quessep, 2016).

Oferta ambiental

El establecimiento del cultivo se llevó a cabo a inicios del mes de marzo de 2017, en el corregimiento de La Arena, perteneciente al municipio de Sincelejo, en el departamento de Sucre. El suelo fue mecanizado con un pase de arado de disco y dos pases de rastrillo, labranza convencional utilizada por los productores de la región. El suelo presentaba las siguientes propiedades físico-químicas:

Tabla 8.1.
Propiedades físico-químicas de suelo del ensayo.

Propiedad	Unidad	Valor	Propiedad	Unidad	Valor
pH	1:1, P/V	7,74	Ca	Cmol kg ⁻¹	40,6
MO	%	2,87	Mg	Cmol kg ⁻¹	6,7
C.I.C	Cmol kg ⁻¹	77,2	Na	Cmol kg ⁻¹	0,46
Textura	-	Arcilloso	Cu	mg kg ⁻¹	0,1
DA	(g cm ⁻³)	1,95	Fe	mg kg ⁻¹	0,1
P	mg kg ⁻¹	100,3	Zn	mg kg ⁻¹	0,2
S	mg kg ⁻¹	20,5	Mn	mg kg ⁻¹	1,2
K	Cmol kg ⁻¹	5,46	B	mg kg ⁻¹	0,14

MO=materia orgánica; DA=densidad aparente.

Material vegetal

Se utilizaron semillas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.Walp.) cultivar CAUPICOR 50 suministrada por la Universidad de Córdoba, previamente seleccionadas de plantas productivas y libres de plagas el cultivo se estableció iniciando el mes de marzo de 2017 y su cosecha en los primeros días del mes de mayo del mismo año.

Diseño experimental

El ensayo se estableció en campo bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones en parcelas divididas, Se probaron dos distancias entre hileras (0,6 m y 0,8 m), tres distancias entre plantas (0,2 m, 0,3 m y 0,4 m) y la aplicación o no de hidrogel al suelo (0 g planta⁻¹ y 5 g planta⁻¹) para un arreglo factorial 2x3x2. Donde la gran parcela corresponde a la distancia entre hileras, la subparcela a la distancia entre plantas y como sub-subparcela el uso o no de hidrogel, para un total de 36 unidades experimentales con 147 plantas cada una, los tratamientos se describen en la Tabla 8.2

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidroquel en el departamento de Sucre

Tabla 8.2
Estructura de tratamientos del ensayo

Tratamientos	DH * DP * HR	Densidad (Nº plantas ha ⁻¹)
T1	0,6 m x 0,2 m x 0 g planta ⁻¹	62.500
T2	0,6 m x 0,2 m x 5 g planta ⁻¹	
T3	0,6 m x 0,3 m x 0 g planta ⁻¹	41.666
T4	0,6 m x 0,3 m x 5 g planta ⁻¹	
T5	0,6 m x 0,4 m x 0 g planta ⁻¹	31.250
T6	0,6 m x 0,4 m x 5 g planta ⁻¹	
T7	0,8 m x 0,2 m x 0 g planta ⁻¹	41.666
T8	0,8 m x 0,2 m x 5 g planta ⁻¹	
T9	0,8 m x 0,3 m x 0 g planta ⁻¹	55.555
T10	0,8 m x 0,3 m x 5 g planta ⁻¹	
T11	0,8 m x 0,4 m x 0 g planta ⁻¹	83.333
T12	0,8 m x 0,4 m x 5 g planta ⁻¹	

DH: Distancia entre hileras; DP: distancia entre plantas; HR: dosis de hidro-retenedor

Nota: elaboración propia

Variables para evaluación del crecimiento del frijol caupí

Estas variables se midieron con una frecuencia de 10 días, empezando 10 días después del raleo (DDR) sobre tres plantas de cada unidad experimental, en plena competencia, tomadas al azar. Para las variables número de hojas por planta (NH), diámetro de tallo (DT) y altura de planta (AP) se tomaron medidas repetidas cada 10 días en el tiempo sobre las plantas muestreadas.

Número de hojas por planta (NH): se contó el número total de hojas activas presentes por planta muestreada en las tres repeticiones.

Diámetro del tallo (DT): se midió el diámetro del tallo a 2 cm de la superficie del suelo sobre tres plantas muestreadas (Dos Santos y Dos Santos, 2014).

Longitud de la planta (LP): se midió la distancia a partir del cuello de la raíz, hasta el último entrenudo de tres plantas muestreadas (Acevedo *et al.*, 2010).

Área foliar (AF): se realizaron muestreos destructivos en tres plantas y se aplicó el método de relación peso/área o de sacabocado para hallar área foliar en cada unidad experimental (Marani y Levi, 1973).

Índice de área foliar (IAF): se utilizará la metodología indirecta descrita por Melgarejo *et al.* (2010), con la relación entre el área foliar y el área de suelo sobre las tres plantas de las líneas 2, 4, 6, 16, 18 y 20 para cada unidad experimental, Correspondiente a un muestreo cada 10 días por línea DDR.

Biomasa de la planta (MS): se determinó el peso fresco de cada uno de los órganos de la planta (tallos y hojas) mediante muestreo destructivo, tomando como muestra la totalidad de cada órgano, en tres plantas muestreadas por cada unidad experimental. Las muestras se llevaron a estufa de secado a 70°C, hasta alcanzar peso constante (Andrade *et al.*, 2009).

Análisis de la información

Para cada variable se realizó análisis de varianza y pruebas de Tukey, para comparación de medias, con un nivel de significancia del 5%. Adicionalmente, se estimaron modelos de regresión para las variables de análisis de crecimiento medidas durante el ciclo del cultivo. Los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS versión 9.1.

Resultados y discusión

Condiciones ambientales

El ciclo del cultivo comprendió 60 DDR, para el cual se registró una precipitación acumulada de 324 mm, estando levemente por encima de los 300 mm, el cual es el mínimo requerido que necesita el cultivo para producir satisfactoriamente, siendo este bien distribuido durante el ciclo (Oliveira, 2013).

En la figura 8.1 se observa que los primeros 30 DDR las plantas estuvieron expuestas a 75 mm de precipitación, lo cual representa el 23,1% de la disponibilidad de agua en todo el ciclo del cultivo. Así mismo

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidroquel en el departamento de Sucre

se observa que el 55,6% de la precipitación se registró entre los 30 y 50 DDR que hace referencia a las etapas más críticas del cultivo, pre-floración, floración y llenado de vainas (Aboamera, 2010; Gonçalves *et al.*, 2017), que corresponde a 180 mm.

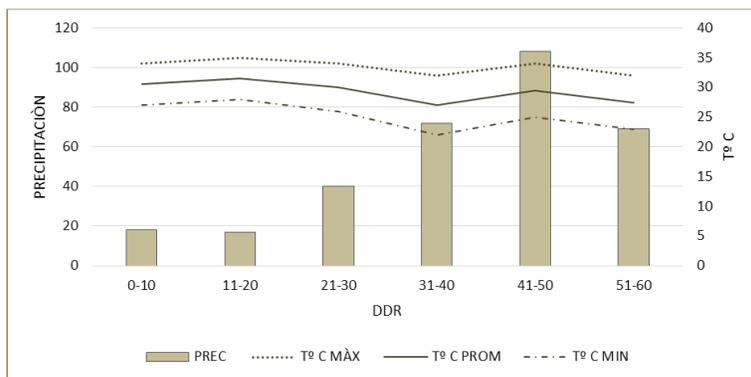


Figura 8.1. Condiciones ambientales predominantes en la zona durante el ciclo del cultivo de caupí.

PREC: precipitación mensual en mm; **T °C MAX:** promedio de temperatura máxima; **T °C PROM:** temperatura media; **T °C MIN** promedio de temperatura mínima.

Por otro lado, la temperatura máxima varió entre 32 y 35 °C, mientras que la temperatura mínima se mantuvo entre los 22 y los 28 °C, para una media de temperaturas que osciló alrededor de 29°C (Figura 2.1); condiciones ambientales correspondientes las del bosque seco tropical del municipio de Sincelejo (Quessep, 2016).

Respuesta fisiológica del cultivo de caupí

Para evaluar el crecimiento y desarrollo del caupí se tuvieron en cuenta los periodos más críticos que corresponden a pre-floración (30 DDR), floración (40 DDR) y llenado de vainas (50 DDR) (Aboamera, 2010; Chiquillo, 2017). Para ello se realizó un análisis de varianza, el cual se muestra en la Tabla 8.3 y así también una comparación de medias por prueba de Tukey ($p < 0.05$) (Tabla 8.4)

Tabla 8.3

Cuadros medios del análisis de varianza para las variables número de hojas (NH), Longitud de la planta (LP), diámetro de tallo (DT), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), materia seca de hojas (MSH) y materia seca de tallo (MST) durante el ciclo del cultivo

DDR		NH	LP	DT	AF	IAF	MSH	MST
30	MODELO	353,39*	142,39*	1,33	4405765,5**	1,01*	35,07**	55,06*
	DH	880,11	15,38	0,39	105571,58	10,94	8,39	16,56
	DP	2390,33**	798,41*	9,32**	46844993,14**	4,85**	372,97**	420,19**
	HR	327,97	1,35	0,001	156173,82	0,02	1,24	0,01
	DH*DP	102,08	193,32	0,91	283216,54	0,24	2,25	36,53
	DH*HR	41,47	18,39	1,01	90087,02	0,02	0,72	0,82
	DP*HR	248,77	46,18	1,86	61426,65	0,01	0,49	12,10
	DH*- DP*HR	39,19	14,77	0,18	23185,12	0,01	0,18	2,60
	ERROR	115,61	50,69	0,55	584083,40	0,32	4,65	17,89
	MEDIA	83,63	111,38	11,98	8852,54	4,42	24,98	27,36
CV	12,86	6,39	6,21	8,63	12,73	8,63	15,46	
40	MODELO	27,24*	437,09	2,45	2360719,61**	0,90**	18,79	104,33
	DH	14,28	640,26	1,97	2240360,35	3,34	17,84	175,96
	DP	191,45**	3377,38*	15,38**	11517100,01*	4,76**	91,67*	3,85*
	HR	11,84	7,08	1,48	1829436,59	0,27	14,57	5,84
	DH*DP	4,13	198,86	0,17	426662,53	0,04	3,41	544,05**
	DH*HR	0,92	15,55	0,12	1073178,59	0,19	8,54	0,74
	DP*HR	9,51	4,49	0,06	1771914,89	0,31	14,1	13,39
	DH*- DP*HR	23,27	5,52	0,52	1028523,51	0,20	8,17	5,20
	ERROR	7,41	175,37	0,89	412448,91	0,16	3,28	45,17
	MEDIA	32,89	191,12	12,82	6311,69	3,19	17,81	33,33
CV	8,27	13,24	7,37	10,18	12,58	10,16	20,17	

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L. Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogeno en el departamento de Sucre

DDR		NH	LP	DT	AF	IAF	MSH	MST
50	MODELO	72,25**	336,84	1,84	4690628,2*	0,41	31,63*	91,37**
	DH	0,98	212,14	16,90*	22365947,44	0,13	109,59	98,1
	DP	519,07*	1878,50*	6,44*	24113723,63**	0,08	137,21*	756,51**
	HR	47,1	0,48	0,07	541938,91	0,09	5,34	16,01
	DH*DP	25,39	26,24	1,27	1874514,14	2,99*	10,39	25,32
	DH*HR	1,68	9,51	0,21	343851,28	0,02	3,37	8,71
	DP*HR	30,83	5,06	0,06	577288,87	0,01	5,89	14,14
	DH*- DP*HR	8,44	2,35	0,69	384718,49	0,02	3,89	3,07
	ERROR	18,50	138,87	0,80	1050474,3	0,22	9,72	11,77
	MEDIA	19,71	164,92	12,87	4896,81	2,41	15,45	34,97
	CV	21,82	7,14	6,98	20,94	19,30	20,18	9,81

DH: Efecto principal del factor distancia entre hileras; DP: Efecto principal del factor distancia entre plantas; HR: Efecto principal del factor Hidro-retenedor; efecto de interacción de los factores (DH*DP; DH*HR; DP*HR y DH*DP*HR); CV: coeficiente de variación; *: Efecto significativo al 5%; **: Efecto significativo al 1%.

Tabla 8.4

Valores medios para número de hojas por planta (NH), longitud de la planta (LP), diámetro del tallo (DT), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), para las diferentes distancias de siembra entre plantas (DP)

DDR	DP (m)	NH	LP (cm)	DT (mm)	AF (cm ²)	IAF
30	0,20	69,91 c	103,19 b	11,04 b	7072,40 c	5,15 a
	0,30	82,86 b	111,45 ab	12,09 a	8506,90 b	4,11 b
	0,40	98,11 a	119,50 a	12,80 a	10978,40 a	4,00 b
40	0,20	28,81 b	173,43 b	11,74 b	5397,60 b	3,89 a
	0,30	33,08 a	193,12 a	12,74 b	6191,70 ab	2,99 b
	0,40	36,79 a	206,80 a	13,99 a	7345,8 a	2,68 b

DDR	DP (m)	NH	LP (cm)	DT (mm)	AF (cm ²)	IAF
50	0,20	13,19 c	153,81 b	12,22 b	3709,00 b	2,50 a
	0,30	19,60 b	162,47 ab	12,72 b	4515,40 b	2,42 a
	0,40	26,34 a	178,47 a	13,66 a	6466,10 a	2,33 a

Medias con igual letra en cada columna para un mismo DDR no difieren estadísticamente según prueba de Tukey ($p < 0.05$). DDR: días después del raleo

Nota: elaboración propia

Número de hojas (NH)

Para esta variable se presentó efecto principal del factor distancia entre plantas, siendo altamente significativo para 30 y 40 DDR y significativo para 50 DDR como se observa en la Tabla 8.3. En la Tabla 8.4 se evidencia que los mayores valores se presentaron con 0,40 m de distancia entre plantas para 30 DDR con un 15,5% y 28,7% mayor respecto a las medias de 0,30 m y 0,2 m entre plantas respectivamente y para 50 DDR con un 49,9% y 25,5% para 0,30 m y 0,20 m entre plantas. En cuanto a los 40 DDR la media de NH para 0,2 m representó el 82,5% del promedio de las medias para 0,40 m y 0,30 m.

Los registros presentaron una tendencia a disminuir el número de hojas a medida que se disminuía la distancia entre plantas, a mayor distancia hay menor competencia de las plantas por luz, agua y nutrientes induciéndose a una menor competencia intraespecífica (Wade & Douglas, 1990; Degu & Tesafeye, 2016; Guillén *et al.*, 2016). Similares resultados obtuvieron Malami & Sama'ila (2012) en frijol caupí y Mureithi *et al.* (2012) en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L), en los cuales encontraron diferencias significativas del NH al reducir la distancia entre plantas, siendo menor dicho número a medida que se reducía la separación entre plantas. Adigun *et al.* (2014) no reportaron efecto de tres distancias entre hileras (60 cm, 75 cm y 90 cm) en el número de hoja de frijol antes ni después de la novena semana de haber sido sembrado, al igual que este estudio se observa en la Tabla 3.3 que no se encontraron diferencias significativas

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogel en el departamento de Sucre

para distancia entre hileras a los 30, 40 y 50 DDR, lo cual indica que dicho factor principal no tuvo efecto en el NH de la planta de frijol caupí objeto del presente estudio.

Durante el cambio de fase vegetativa a reproductiva la planta comienza a crecer indeterminadamente en forma postrada, haciendo que las hojas tengan mayor contacto con el suelo, a los 30 DDR se presenta los mayores valores de NH (Tabla 8.4). La tendencia en el tiempo muestra una reducción en el número de hojas a medida que pasa de la etapa de pre-floración al llenado de vainas, lo cual puede estar relacionado posiblemente con factores como el autosombreamiento de hojas, en virtud de que, a mayor follaje, necesariamente la planta ha de sufrir mayor autosombreamiento y mayor caída de hojas (Barraza *et al*, 2004). Al respecto, Charles-Edwards *et al.* (1986) comentan que la contribución de las hojas sombreadas a la planta puede ser lenta, sin importancia o nula.

No se presentaron diferencias significativas para ninguna de las interacciones, ni tampoco para la aplicación dosis de hidro-retenedor (0 y 5 g planta⁻¹) (Tabla 8.3), iguales resultados encontró Pincay (2016) para el número de hojas, donde evaluó cuatro dosis de hidro-retenedor en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Por otro lado, Bello (2005) encontró diferencias significativas para NH en cebolla (*Allium cepa* L) con dos dosis de hidro-retenedor a los 21 días después de la siembra (DDS), pero no registró diferencias a los 28 y 35 DDS.

Longitud de plantas (LP)

Referente a esta variable se presentaron diferencias significativas a los 30, 40 y 50 DDR solo por el efecto de la distancia entre plantas (Tabla 8.3). Las medias de la distancia 0,40 m y 0,30 m entre plantas no mostraron diferencias significativas entre ellas para los tres periodos, sin embargo la distancia 0,40 m es la que registra los mayores valores de las medias en los tres períodos, difiriendo estadísticamente de 0,20 m, siendo su media superior en 13,6%, 16,1% y 13,8% para 30, 40 y 50 DDR respectivamente, de acuerdo con los resultados obtenidos por El Naim & Jabereldar (2010), quienes evaluaron 4 arreglos en el cultivo de caupí, encontrando que un aumento en la población de plantación puede aumentar notable y significativamente la LP.

Generalmente el aumento en el número de plantas por unidad de área, aumenta la competencia entre las plantas por la humedad del suelo, los nutrientes, la luz y el dióxido de carbono (El Naim *et al.*, 2012), las plantas más espaciadas quedan expuestas a una mayor incidencia de radiación solar, es decir, quedan sometidas a un mayor efecto de la intensidad lumínica sobre el dosel (Pérez *et al.*, 2006), lo que genera menores tasas de respiración incrementando la fotosíntesis neta debido a una mayor conductancia estomática (Páez *et al.*, 2000), lo cual origina mayor crecimiento en las plantas (Favaro & Pilatti, 1994).

En contraste con esto, otros investigadores indicaron que la altura de la planta aumentó significativamente con el aumento de la densidad de la planta, reduciendo el espacio entre ellas, principalmente debido a la menor cantidad de luz interceptada por una sola planta, generando una mayor longitud entre nodos (Parvez *et al.*, 1989; Singh & Singh, 2002). Así también en un experimento de espaciamiento en frijol común se observó que el aumento de la distancia entre plantas condujo a disminución significativa en la altura de las mismas (Alemayehu & Boki, 2015)

Para la longitud de la planta no se presentaron diferencias significativas por efecto de las interacciones en ninguno de los tres períodos y tampoco por el efecto del factor distancia entre hileras ni por el factor dosis de hidroretenedor en los tres periodos. Varias investigaciones arrojan similares resultados en cuanto a la respuesta no significativa en altura de la planta por efecto de las distancias entre hileras en caupí (Mohammed, 1984; El Naim *et al.*, 2010) en la soja (Tourino *et al.*, 2002), en *Hibiscus sabdariffa* L. (Degu & Tesfaye, 2016).

Por otro lado, Pedroza *et al.* (2015) reportan efecto la altura de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en diferentes dosis de hidrogel (0, 12,5 y 25 kg ha⁻¹) para cada periodo evaluado (30, 52, 74 y 96 días después de la siembra).

Diámetro de tallo (DT)

En cuanto al efecto sobre la variable diámetro de tallo se presentan diferencias altamente significativas por el factor distancia entre plantas a los 30 y 40 DDR, y significativas a los 50 DDR, así mismo se presentan diferencias significativas para esta variable por parte del factor distancia entre hileras para este último período (Tabla 8.3). Se observan mayores

medias de DT para 0,40 m entre plantas en los tres períodos, los promedios de las medias del diámetro de tallo para 0,20 y 0,30 m entre plantas a los 40 y 50 DDR representan el 87,5% y 91.3% de la media del DT a 0,40 m entre plantas en los dos periodos respectivamente (Tabla 8.4).

En este estudio se observa que al aumentar la separación entre plantas tiende a aumentar también el diámetro de la planta, así mismo sucede con respecto al tiempo, ya que pasa de un diámetro menor a uno mayor entre los 30 y 50 DDR. El diámetro está muy influenciado por el medioambiente el cual puede inducir un comportamiento en particular y diferente según el genotipo evaluado (White, 1985).

En gráfica 8.2 se evidencia diferencias estadísticas significativas para distancias entre hileras, donde la media de 0,80 m supera en un 10,1% a la de 0,60 m. Resultados diferentes fueron obtenidos por Andrades y Loaisiga (2015) en un estudio de tres distancias de siembra entre surcos en tomate, en el cual no se registraron diferencias significativas. Resultados contrastantes encontraron Palacios et al. (2006) Al evaluar 4 distancias entre plantas encontraron diferencias significativas entre ellas para el cultivo de caupí rojo con tendencia a aumentar a medida que se reducía la distancia ente plantas. Moreu i Guix (1995) afirma que generalmente el diámetro es menor cuando la distancia entre hileras disminuye, y esto debido a que la densidad poblacional aumenta, y por ende la competencia entre plantas también.

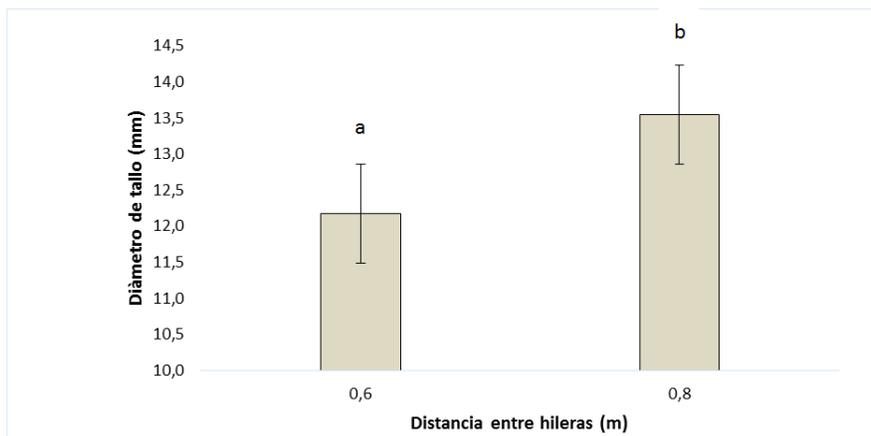


Figura 8.2 Efecto de la distancia entre hileras sobre el diámetro de tallo del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Distintas letras, según Tuckey, difieren significativamente, $P \leq 0,05$.

No se presentaron diferencias significativas por efecto de las interacciones en ninguno de los tres períodos ni tampoco por el efecto de dosis de hidrogel para el diámetro de tallo. Cabe anotar que el cultivo tuvo disponibilidad de agua (324 mm) entre el rango mínimo para desarrollarse fisiológicamente, por lo cual el efecto del hidrogel pudo haber sido inhibido, debido a que la planta no estuvo sometida a largos períodos de sequía (Figura 8.1).

Área Foliar (AF)

El factor distancia entre las plantas tuvo efecto significativo en el área foliar a los 40 DDR y altamente significativo a los 30 y 50 DDR (Tabla 8.3). En la Tabla 8.4 se observa que se mantiene la tendencia de las variables anteriormente tratadas las cuales registran los mayores valores para los 0,40 m de distancia entre plantas para cada muestreo, concordando con lo informado por Mureithi *et al.* (2012) en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) y Degu & Tesfaye (2016) en *Hibiscus sabdariffa* L. donde evidenciaron efecto significativo entre el factor distancia entre plantas y AF, con una tendencia a aumentar la media de dicha variable a medida que se incrementa el espacio de siembra entre ellas, siendo que Degu & Tesfaye no hallaron efecto significativo para dos distancias entre hileras y AF, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio en caupí (Tabla 8.3) en el que no se presentó efecto significativo en la distancia entre las hileras y AF en los tres muestreos.

En la Tabla 8.4 se presenta que la media de AF para 0,40 m es mayor en un 35,6% que la media de 0,20 m entre plantas a los 30 DDR, y a su vez mayor en un 36,4% que el promedio de las medias de área foliar para 0,30 m y 0,20 m a los 50 DDR. Se observa también que AF tiende a disminuir en el tiempo al igual que NH. Al mismo tiempo, se muestra que los mayores valores de NH y AF coinciden (etapa de pre-floración), teniendo en cuenta que el área foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final (Barraza, 2000). Posiblemente, considerando lo reportado por Rodríguez (2000), en las distancias de siembra más reducidas, con altas densidades de población, las raíces y el follaje de las plantas compitieron con sus vecinas por los recursos aprovechables (agua, nutrientes y radiación) para los diferentes

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogeles en el departamento de Sucre

procesos de desarrollo. Al incrementar la densidad de población se eleva la demanda por dichos recursos.

No se presentaron diferencias significativas por efecto de las interacciones en ninguno de los tres períodos ni tampoco por el efecto de dosis de hidro-retenedor para el área foliar del caupí (Tabla 8.3), similar a los resultados de Gutiérrez (1998) en plantas de chile serrano, donde se aplicaron tres dosis de hidro-retenedor las cuales no tuvieron efecto significativo estadísticamente sobre el área foliar de las plantas y contrario con Ruqin *et al.* (2015) donde si hubo un efecto positivo y significativo con el aumento en la dosis de hidro-retenedor en el diámetro de tallo de la espinaca.

Índice de área foliar (IAF)

Para los 30 y 40 DDR se presentó efecto altamente significativo de la distancia entre plantas sobre el índice de área foliar del caupí (Tabla 8.3). La tabla 8.4 muestra que los mayores IAF se presentaron para la distancia entre siembra más estrecha (0,20m), siendo su media mayor que el promedio de las medias de IAF para 0,30 m y 0,40 m en un 21,3% y 27,1% a los 30 y 40 DDR respectivamente. Los valores encontrados en este estudio para esta variable (Tabla 8.4) están dentro del rango normal para frijol caupí (Larcher, 2004; Bastos *et al.*, 2002; Nascimento *et al.*, 2011).

Se observa la tendencia a disminuir en el tiempo; el número de hojas, área foliar y por ende índice de área foliar (Tabla 8.4), una posible explicación, según lo afirmado por Barraza (2000) y Acosta *et al.* (2008), sería que al avanzar el ciclo productivo las hojas inferiores del dosel entraron en senescencia (también por autosombreamiento ya que a los 30 DDR se presenta mayor valor de las variables antes mencionadas) y no fueron ganando peso en vista de que se convirtieron en fuentes que atendían la demanda de fotoasimilados que requerían las flores para su desarrollo (40 DDR) y posterior llenado de vainas (a los 50 DDR) en donde no se registró efecto simple del factor distancia entre plantas.

El Naim *et al.* (2012) y El Naim & Jabereldar (2010) reportan que el IAF tiende a disminuir a medida que aumenta la densidad de plantas del caupí.

No se presentaron efectos del Hidro-retenedor sobre el índice del área foliar, al igual que sucedió con el número de hojas y el área foliar, variables que están estrechamente relacionadas (Barraza, 2000). Resultados similares a los encontrados por Koupai *et al.* (2008) en *Ligustrum ovalifolium* y diferentes con encontrados en soja (Yazdani *et al.*, 2007) donde hubo un efecto positivo significativo entre el área foliar y el aumento en las dosis de hidro-retenedor.

Materia Seca de Hojas (MSH)

La distancia entre plantas tuvo efecto altamente significativo sobre la materia seca de las hojas a los 30 DDR, en cuanto a los 40 y 50 DDR el efecto fue significativo (Tabla 8.3.), lo cual indica que la variación en la distancia entre plantas influye directamente en la producción de MSH, en la figura 8.3, se observa que el efecto es positivo. También se evidencia que la mayor producción de MSH se obtiene a 0,40 m entre plantas a los 30 DDR, donde su media supera en un 22,5 % y 35,6% la media de los 0,30 m y 0, 20 m entre plantas respectivamente. Por otro lado, para los 40 y 50 DDR, la media de MSH producida en la distancia de 0,30 m (17,47gr y 14,33 gr) entre plantas es igual estadísticamente a la producida para los otros niveles del mismo factor.

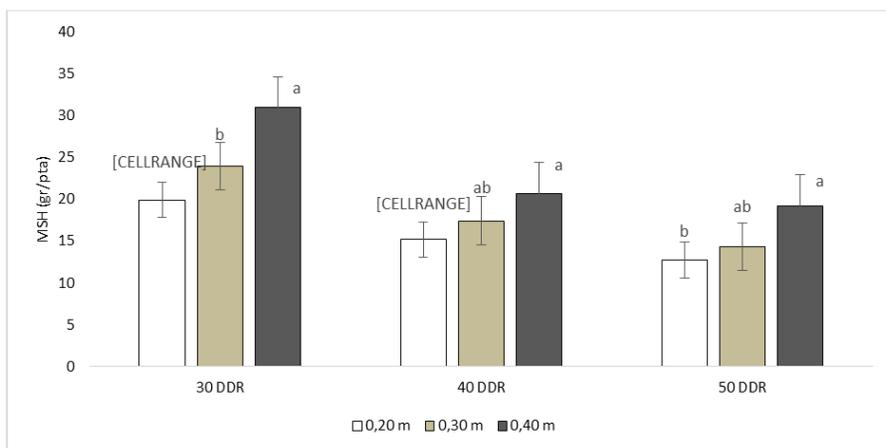


Figura 7.3 Efecto de la distancia entre plantas sobre Materia seca de la hoja por planta de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Distintas letras, según Tuckey, difieren significativamente, $P \leq 0,05$.

La MSH muestra una tendencia similar en el tiempo igual al número de hojas y área foliar del caupí (Tabla 7.4) siendo esta menor al pasar de la etapa de pre-floración a floración y de floración al llenado de granos, la MSH tiende a disminuir ya que la producción de fotoasimilados tiene mayor demanda en la vaina y grano de la planta (Acosta *et al.*, 2008). Así también se observó que el número de hojas y el área foliar aumentaban a medida que se incrementaba la distancia entre plantas y esto se reflejó en la MSH que tuvo el mismo comportamiento (tabla 7.4 y figura 7.3).

Harper (1977) quien indicó que las leguminosas responden en parte a la densidad mediante la reducción de algunas partes de la planta; hojas, ramas, flores, frutos e incluso raíces. Añadió que dicha estructura poblacional de una planta individual le permite responder al estrés variando la tasa de natalidad y la tasa de muerte de sus partes. Dhanjal *et al.* (2001) y Mozumder *et al.* (2003) también atribuyeron la mayor tasa de crecimiento en plantas escasamente pobladas a una menor competencia por el espacio, los nutrientes, la humedad y la luz.

Por otro lado, Balbinot *et al.* (2015) evidenció que la MSH aumentó al reducir el espacio entre plantas de soja, así también que la masa seca de la parte aérea presentó diferencias significativas a los 45 días después de la siembra y sin diferencias significativas a los 90 días después de la siembra para el Cultivar NK7059 RR

No se presentó efecto significativo de las interacciones de los factores ni de los factores simples: distancia entre hileras e hidro-retenedor en la producción de MSH. Rodríguez *et al.* (2017) encontró que el aumento de dosis de hidro-retenedor afectó significativamente la masa seca de hoja de frijol común en la etapa de floración y llenado de grano, así también Islam *et al.* (2011) encontró el mismo resultado en avena para dosis de hidro-retenedor, todo esto en desacuerdo con lo encontrado en el presente estudio. El suministro adecuado de agua para la cultura es uno de los principales factores para garantizar una buena producción de materia seca (MS) o biomasa, ya que la escasez o el exceso de agua afectan directamente al desarrollo de las hojas (Freire *et al.*, 2005), en este ensayo el cultivo de caupí tuvo disponible entre los 30 y 50 DDR, el 55,6% de la precipitación se registró en todo el ciclo del cultivo (324 mm), para el cual no estuvo sometido a largos periodos de sequía (Figura 7.1).

Materia Seca de Tallos (MST)

Para esta variable se registra un efecto altamente significativo del factor distancia entre plantas sobre MST para los períodos 30 y 50 DDR (Tabla 8.3), para los cuales la mayor media se presenta en la distancia entre planta más amplia (0,40 m) siendo superior al promedio de las medias de MST para 0,20 m y 0,30 m en un 28,3% y 29,4% para los períodos antes mencionados respectivamente (Figura 8.4).

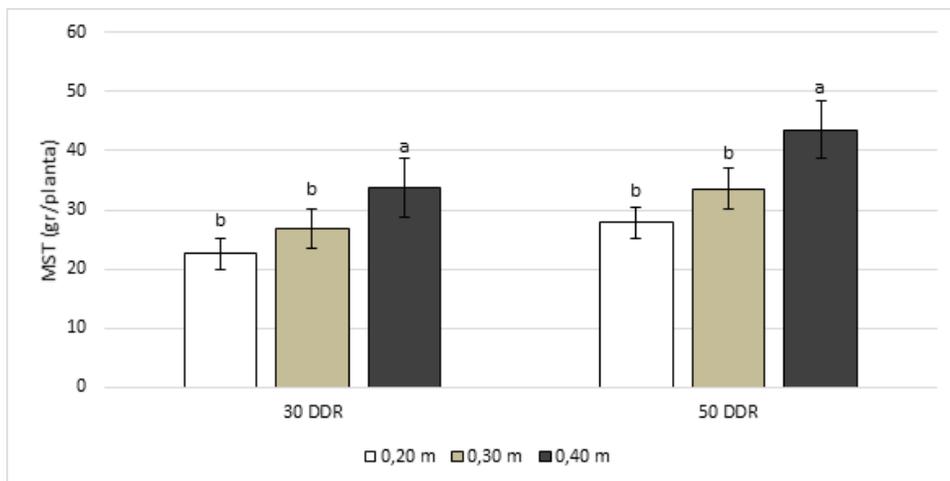


Figura 8.4 Efecto de la distancia entre plantas sobre Materia seca del tallo por planta de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Distintas letras, según Tuckey, difieren significativamente, $P \leq 0,05$.

Arf *et al.* (1996) verificaron que el aumento del número de plantas por metro lineal (8, 12 y 16 plantas \cdot m⁻¹) ocasionó reducción en la producción de materia seca de las plantas de frijol común, siendo el mayor valor encontrado en la distribución de 16 plantas m⁻¹, y que los espaciamientos entre plantas no influenciaron en la productividad del cultivo. En cuanto al frijol caupí se observa que la masa total de la parte aérea de la planta disminuye en el tiempo porque el leve aumento en la MST no supera la pérdida de MSH en el tiempo (Figura 8.3 y Figura 8.4). Así mismo, no se presentan diferencias significativas para el efecto distancia entre hileras, aunque si se presenta efecto de la interacción de los factores simples, distancia entre hileras y distancia entre plantas (Tabla 8.3)

La población y el espaciamiento entre plantas interfieren en la cantidad de agua, luz y nutrientes utilizados por el cultivo, influyendo en

cambios morfológicos como altura de las plantas y ramificaciones formadas que influyen en la producción de MST (Balbinot *et al.*, 2015), existiendo en este estudio una tendencia para las variables longitud de la planta y MST: y es que las dos presentan mayores medias a medida que aumenta la separación entre plantas (Tabla 8.4 y Figura 8.4)

En cuanto al muestreo a los 40 DDR se presentó interacción altamente significativa entre los factores simples distancia entre hileras y distancia entre plantas, como se observa en la Tabla 8.4.

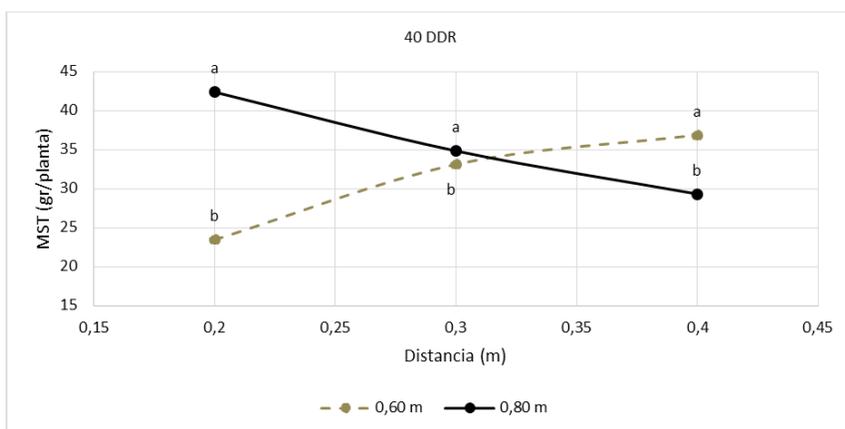


Figura 8.5 Efecto de la interacción de los factores: distancia entre hileras y distancia entre plantas sobre Materia seca del tallo de la planta de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Distintas letras en la misma curva, según Tuckey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$).

En la Figura 8.5 se observa que, a los 40 DDR, para una distancia entre hileras de 0,80 m la MST tiende a disminuir al aumentar la separación entre plantas, siendo 0,20 m la que presenta menor valor representando el 75,3% del promedio de la MST de 0,30 y 0,40 m, también se observa que para la 0,60 m de distancia entre hileras el comportamiento es opuesto, ya que esta aumenta significativamente el contenido de MST a medida que se aumenta la distancia entre plantas, siendo 0,40 m la que presenta mayor valor, en el que el promedio de la media de 0,30 y 0,20 m representan el 75,7% de la MST a los 0,40 m entre plantas. Blank *et al.* (2012), reportan

que el mayor contenido de MST, en *Pelargonium graveolens*, lo obtenían a medida que incrementaban la distancia entre hileras.

Conclusiones

El crecimiento general del frijol caupí no fue afectado por la aplicación de hidro-retenedor ni por la distancia entre hileras, caso contrario al factor distancia entre plantas el cual influyó dicho crecimiento en la planta, existiendo una relación positiva entre el aumento de la separación entre plantas y las variables de crecimiento: longitud de plantas, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar, siendo 0,40 m entre plantas la distancia que registró las mayores medias para cada periodo muestreado (30, 40 y 50 DDR). Se registró también que las variables número de hojas y área foliar, disminuyeron en el tiempo.

El contenido de materia seca, para hoja y tallo, fue influenciado de manera general por las distancias entre plantas, registrando los mayores valores a 0,40 m entre plantas, excepto la masa materia de tallo a los 40 DDR la cual presentó interacción entre los factores simples: distancia entre hileras y distancia entre plantas, teniéndose la mayor producción a los 0,80 m entre hileras para una distancia entre plantas de 0,20 m y a los 0,60 m entre hileras para una distancia entre plantas de 0,40 m. No hubo efecto del hidro-retenedor sobre el contenido de materia seca de tallo.

El mayor índice de área foliar se registró en las plantas distanciadas a 0,20 m entre ellas para cada muestreo. Se registró una tendencia a disminuir los valores de índice de área foliar en el tiempo, siguiendo la misma tendencia del número de hojas y del área foliar.

Referencias

- Aboamera, M. A. (2010). Response of cowpea to water deficit under semi-portable sprinkler irrigation system. *Misr J. Ag. Eng*, 27(1): 170-190.
- Acevedo, H.D. J., Chavez, J.J., & Blanco, M. A. (2010). *Comportamiento de cinco variedades de frijol comun (Phaseolus vulgaris L.) y una de caupí (Vigna unguiculata L. Walpers), fertilizadas con vermicom-*

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogel en el departamento de Sucre

post en la época de postrera, Diriamba, Carazo, 2008 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

Acosta Díaz, E., Acosta Gallegos, J. A., Ramírez, A., Domingo, M., & Padilla Ramírez, J. S. (2008). Relación entre índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Agricultura técnica en México*, 34(1), 13-20.

Adigun, J., Osipitan, A. O., Lagoke, S. T., Adeyemi, R. O., & Afolami, S. O. (2014). Growth and yield performance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) as influenced by row-spacing and period of weed interference in South-West Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 6(4), 188.

AGRONET. (2017). Base de datos estadísticos del MADR. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>. Revisado: 07/11/2018.

Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J. A., Fucikovskyy-Zak, L., Tijerina-Chávez, L., & Mark-Engleman, E. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoam*, 23, 303-310.

Alemayehu, Y., & Boki, M. K. A. (s.f). Effect of Intra-Row Spacing on Haricot Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Production in humid Tropics of Southern Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 15(5), 79-84

Andrades, D. D., y Loaisiga, F. A. (2015). Evaluación del crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad Shanty en tres distancias de siembra, en condiciones de casa malla, finca Las Mercedes, UNA, Managua, 2013 (Tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria).

Andrade, C.A.B.; Scapim, C.A.; Braccini, A.L. & Martorelli, D.T. (2009) Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31(4): 683-688.

Balbinot, A., Oliveira, S., Debiasi, H. & Franchini, J. (2015). Densidade de plantas na cultura da soja, embrapa soja, Londrina, Brasil. Disponible en: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133156/1/doc364.pdf>

- Barraza, F.V., (2000). Crecimiento del Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis de Maestro en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Barraza, F. V., Gerhard, F., & Cardona, C. E. (2004). Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate. *Agronomía Colombiana*, 22(1), 81-90.
- Bastos, E. A.; Rodrigues, B. H. N.; Andrade, A. S.; Cardoso, M. J. (2002). Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 22(1) p. 43-50.
- Blank, A. F., Silva, A. D. C., Arrigoni-Blank, M. D. F., Santos, W. M. D., & Santana, A. D. D. D. (2012). Espaçamento de plantio e intervalos de colheita na biomassa e no óleo essencial de gerânio.
- Bello, R. (2005). Densidad de siembra en bandejas y la adición de hidrogel en la producción de plántulas de cebolla. Trabajo presentado como requisito para optar al título de ingeniero agrónomo, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Disponible en: http://www.horticulturatropical.org/tecnologias-hortícolas/item/download/28_f54b2475767f346261b8c52d6c5c15b1
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. In *Advances in genetics* (Vol. 13, pp. 115-155). Academic Press.
- Chavarría, J. R. (2013). Efecto del Etefón en el desarrollo, floración, y calidad del fruto de la piña MD2 *Ananas comosus*, en condiciones del Valle del Cauca. Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agraria, Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12733/1/7311007.2013.pdf>
- Chiquillo, S. (2017). Producción y comercialización de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) tecnificado como modelo demostrativo en el municipio de Guaranda Sucre. Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero agrónomo, Universidad de La Salle. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21326/46132057_2017.pdf
- Charles-Edwards, D.A.; D. Doley & G. Rimmington., (1986). *Modelling plant growth and development*. Academic Press, Australia. 235 p

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L. Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogel en el departamento de Sucre

- Dos Santos, M.G. & Dos Santos, M.M., (2014). Desempenho agrônômico de feijão caupi em função do espaçamento e densidade de plantas cultivado nos sistemas de várzea irrigada e cerrado (tese de mestrado). Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Brasil.
- Dhanjal, R., Prakash, O., & Ahlawat, I. P. S., (2001). Response of French bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties to plant density and nitrogen application. *Indian Journal of Agronomy*, 46(2), 277-281.
- Degu, B., & Tesfaye, B., (2016). Effects of inter and intra row spacing on growth, yield and yield components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 5(1), 260-274.
- El-Naim, A. M., Hagelsheep, A. M., Abdelmuhsin, M. S., & Abdalla, A. E., (2010). Effect of intra-row spacing on growth and yield of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) varieties under rainfed. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(5), 623-629.
- El Naim, A. M., & Jabereldar, A. A., (2010). Effect of plant density and cultivar on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8), 3148-3153.
- El Naim, A. M., Jabereldar, A. A., Ahmed, S. E., Ismaeil, F. M., & Ibrahim, E. A., (2012). Determination of suitable variety and plants per stand of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in the sandy soil, Sudan. *Advances in life Sciences*, 2(1), 1-5.
- FAO. (2016). Base de datos estadísticos de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. Revisado: 07/11/2018.
- Favaro, J. y Pilati, R., (1994). El cultivo de tomate en invernaderos. Disponible en: <http://fca.unl.edu.ar/intensivos/exten6.htm>. Revisado: 12-10-2005.
- Frota, K.; Soares, R. & J. Arêas, (2008). Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*: 28(2), 470-476.
- Gonçalves, I. S., da Silva, R. R., de Oliveira, G. M., Santiago, E. J. P., & de Oliveira, V. E. A., (2017). Características fisiológicas e componentes de produção de feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2(3), 320-329.

- Guillén Trujillo, A., Palacios Espinosa, A., Zamora Salgado, S., Ortega Pérez, R., & Espinoza Villavicencio, J. L., (2016). Efecto de la competencia intraespecífica en el crecimiento y producción del yorimón (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Interciencia*, 41(5).
- Gutiérrez, A., (1998). Efecto de tres dosis de polímero y tres dosis de fertilizante en la producción de plántula de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) var. Tampiqueño 74 (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Harper, J., (1977). *Biología de poblaciones de plantas*. 1ª ed., Academic Press, Londres.
- Islam, M. R., Xue, X., Mao, S., Ren, C., Eneji, A. E., & Hu, Y., (2011). Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in oat (*Avena sativa* L.) under drought stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(4), 680-686.
- Kabas, O., Yilmaz, E., Ozmerzi, A., & Akinci, İ., (2007). Some physical and nutritional properties of cowpea seed (*Vigna sinensis* L.). *Journal of food engineering*, 79(4), 1405-1409.
- Krug, H., (1997). Environmental influences on development growth and yield. En: H.C. Wien (ed.) *The physiology of vegetable crops*. CABI Publishing. London, pp. 101 – 180.
- Koupai, J. A., Eslamian, S. S., & Kazemi, J. A., (2008). Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8(1), 67-75.
- Larcher, W., (2004). *Ecofisiología vegetal*. São Carlos: Rima, 531 p.
- Malami, B. S., & Sama'ila, M., (2012). Effects of Inter and Intra Row Spacing on Growth Characteristics and Fodder Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. Var. Kanannado) in the Semi-Arid North-Western Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 20(2), 125-129.
- Marani, A., & Levi, D., (1973). Effect of soil moisture during early stages of development on growth and yield of cotton plants. *Agronomy Journal*, 65(4): 637-641.

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L. Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidroquel en el departamento de Sucre

- Melgarejo, L. M., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez, D., & Pérez, W., (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).
- Mohammed, A. S. E., (1984). Growth and yield of cowpea as influenced by sowing date intra-row spacing inoculation and nitrogen fertilization. *M. Sc. (Agric.) Thesis, University of Khartoum*.
- Moreu i Guix, R., (1995). Cultivo intercalar de *vigna sinensis* con maíz en Nicaragua. Universitat de Lleida, Lleida (España). Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària.
- Mozumder, S. N., Moniruzzaman, M., Islam, M. R., & Alam, S. N., (2003). Effect of planting time and spacing on the yield performance of bushbean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the eastern hilly area of Bangladesh. *Legume Research-An International Journal*, 26(4), 242-247.
- Mureithi, D. M., Onyango, M. O. A., Jeruto, P., & Gichimu, B. M., (2012). Response of French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Intra-row Spacing in Maseno Division, Kenya.
- Nafziger, E. D., (2006). Inter-and intraplant competition in corn. *Crop Management*, 5(1).
- Nascimento, S. P. D., Bastos, E. A., Araújo, E. C., Freire, F. R., & Silva, E. M. D., (2011). Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(8), 853-860
- Oliveira, S. R. M. D., (2013). *Densidade populacional do feijão-caupi sob níveis de irrigação* (Doctoral dissertation). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.
- Páez, A., Paz, V., y López, J., (2000). Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17(2).
- Palacios, L., Montenegro, A., & Dalia, C., (2006). Efectos de cinco distancias y tres épocas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del Caupí rojo (*Vigna unguiculata* L. Walpers). Ciudad Darío, Magalpa.
- Parvez, A. Q., Gardner, F. P., & Boote, K. J., (1989). Determinate-and indeterminate-type soybean cultivar responses to pattern, density, and planting date. *Crop Science*, 29(1), 150-157.

- Pedroza, A., Yáñez-Chávez, L. G., Sánchez-Cohen, I., & Samaniego-Gaxiola, J. A., (2015). Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(4), 375-381.
- Pérez de Camacaro, M., Carew, J., y Battey, N., (2005). Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la fresa CV. Elsanta. *Bioagro*, 17(1).
- Pérez, M., Báez, R. Á. M., Ayala, C. E. C., Tatis, H. A., & Robles, J., (2006). Efecto de cuatro densidades de población sobre el crecimiento del fruto de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Temas Agrarios*, 11(2), 14-25.
- Pincay, G., (2016). Comportamiento de tres dosis de Hidratantes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en Huerto Organopónico en el Cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas. Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero agrónomo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6939/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRONO-17.pdf>
- Quessep, J., (2016). Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 (PDM). Disponible en: <http://www.alcaldiasincelejo.gov.co/Ciudadanos/ProyectosNormatividad/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal%202016%20-%202019.pdf>
- Rodríguez, L., (2000). Densidad de población vegetal y producción de materia seca. *Revista Comalfi*, 27(1-2), 31-38.
- Rodríguez Martínez, A. G., De la Rosa Ibarra, M. A., Rodríguez, V., Coasesor, M., Enciso, G., & Coasesor, E. L., (2017). Evaluación de un Hidrogel y Ácido Salicílico Durante el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de un Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo Invernadero.
- Ruqin, F. A. N., Jia, L. U. O., Shaohua, Y. A. N., Yunlai, Z. H. O. U., & Zhang, Z., (2015). Effects of biochar and super absorbent polymer on substrate properties and water spinach growth. *Pedosphere*, 25(5), 737-748.
- Santos, C.A. & L.C. Santos; Rodríguez, M.A., (2007). Melhoramento Genético do Feijão Caupi na Embrapa Semi-Árido, Embrapa Semi Árido, Petrolina, Brasil. Disponible en: <http://www.agencia.cnptia>.

Crecimiento, desarrollo y rendimiento productivo del frijol caupí (*vigna unguiculata* (L.) Walp.) en respuesta a dos distancias entre hileras, tres distancias entre plantas y uso de hidrogel en el departamento de Sucre

embrapa.br/Repositorio/melhoramento.genetico.caupi1_000flv5u-tul02wyiv80kxlb36w9k8dko.pdf

- Singh, N. P., & Singh, R. A., (2002). Scientific crop production with special reference to North Eastern Hill Region. *Kalyani Pub, New Delhi*.
- Sinha, R. & A. Kawatra, A., (2003). Effect of processing on phytic acid and polyphenol contents of cowpeas [*Vigna unguiculata* (L)Walp], *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(1), 1–8
- Tourino, M. C. C., de Rezende, P. M., & Salvador, N., (2002). Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(8), 1071-1077.
- Uarrotta, V. G., (2010). Response of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) to water stress and phosphorus fertilization. *J. Agron*, 9(3): 87-91.
- Wade, L. J., & Douglas, A. C. L., (1990). Effect of plant density on grain yield and yield stability of sorghum hybrids differing in maturity. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 30(2), 257-264.
- Yazdani, F., Allahdadi, I., & Akbari, G. A., (2007). Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. *Pak J Biol Sci*, 10(23), 4190-4196.