

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN BOTÁNICA

PRODUCCIÓN DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) EN FUNCIÓN DEL MANEJO Y AMBIENTE

MARICELA APÁEZ BARRIOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis titulada: "RENDIMIENTO DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) EN FUNCIÓN DEL MANEJO Y AMBIENTE", realizada por la alumna: MARICELA APÁEZ BARRIOS, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



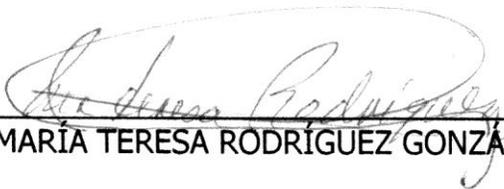
DR. JOSÉ ALBERTO S. ESCALANTE ESTRADA

ASESOR



DR. ELISEO SOSA MONTES

ASESOR



M.C. MARÍA TERESA RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2013

RESUMEN

El garbanzo es una de las leguminosas más consumidas en México por sus características nutrimentales y nutracéuticas, lo que lo hace un cultivo de suma importancia. El objetivo del estudio fue determinar la respuesta a la distancia entre hileras de siembra y fertilización nitrogenada sobre índices de análisis de crecimiento, la biomasa, rendimiento y calidad de rendimiento. Durante el ciclo de producción otoño invierno de 2011, se realizó un estudio con garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en terreno de productores cooperantes bajo condiciones de humedad residual en Huitzucó Gro., Méx, de clima cálido. Se evaluó la distancia entre hilera a 40 cm y 80 cm (D40 y D80, respectivamente) y fertilización nitrogenada (FN): 0, 50 y 100 kg N ha⁻¹ (N0, N50 y N100, respectivamente). La combinación generó seis tratamientos. A madurez fisiológica se evaluó la biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), rendimiento de grano seco (RGS), eficiencia en el uso del agua para BT (EUAB) y RG (EUAG). Además, se aplicó un análisis económico para RGS y RG. También durante el desarrollo del cultivo se determinó el índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar (DAF), tasa media de asimilación neta (TAN) y de crecimiento absoluto (TCA) e índice de verdor. Se efectuó un análisis proximal para conocer el contenido de N en la planta y la calidad de rendimiento. Los datos se analizaron estadísticamente con el paquete SAS (Versión 9.0) y prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. Con la combinación D40-N100 se lograron valores más altos de BT (818 g m⁻²), IC (31 %), RGS (227 g m⁻²), EUAG (0.68 g m⁻² mm⁻¹) y EUAB (2.15 g m⁻² mm⁻¹); RG (227 g m⁻²), RG (1,292 g m⁻²). El mayor ingreso neto para RGS y RG se logró con D40-N100 (\$20,649 y \$42,700, respectivamente), NHV (196 m²), IAF (4.3), DAF (60 días), RG (227 g m⁻²) y BT (818 g m⁻²), los más bajos correspondieron a la combinación D80-N0. Con D80-N100 se obtuvo el mayor contenido de nitrógeno en las estructuras de la planta, con valores de 3.6, 4.1, 1.4 y 1.1% de N en grano, hojas, tallo y valvas, respectivamente. Bajo estas condiciones

ambientales el requerimiento de calor del cultivo fue de 2,295 °C d y ETc de 380 mm. Mediante la reducción de la distancia entre hilera y aplicación de N se incrementa la biomasa el rendimiento, calidad de rendimiento y rentabilidad del garbanzo en condiciones de humedad residual.

Palabras clave: biomasa total, distancia entre hilera, nitrógeno, rendimiento de grano y rentabilidad económica.

ABSTRACT

The chickpea is one of legumes more consumed in Mexico due to its nutritional characteristics and nutraceutical, a crop making it adds importance. The objective of the study was to determine the response to the distance between rows of sowing and nitrogen fertilization on indices of growth analysis, biomass, yield and quality of yield. During the production cycle autumn winter 2011, a study was conducted with chickpea (*Cicer arietinum* L.) in field of cooperating producers under conditions of residual moisture in Huitzuco Gro., Mex, in warm climate. We assessed the distance between row to 40 cm and 80 cm (D40 and D80, respectively) and nitrogen fertilization (FN): 0, 50 and 100 kg N ha⁻¹ (N50, N0 and N100, respectively). The combination produced six treatments. To physiological maturity was assessed the total biomass (TB), harvest index (HI), yield of dry grain (RGS), efficiency in the use of water for BT (EUWB) and RG (EUWG). In addition, applied economic analysis for RGS and RGV. Also during the development of the crop leaf area (CLA) index is determined and duration of leaf area (DLA), rate average of net assimilation (RNA) and absolute growth (RAA) and index of greenery. A proximal analysis was made to know the content of N in the plant and the quality of yield. The data were analyzed statistically with the SAS (Version 9.0) and Tukey test at 5% probability. With the D40-N100 combination achieved higher values of TB (818 g m⁻²), HI (31%), RGS (227 g m⁻²), EUWG (0.68 g m⁻² mm⁻¹) and EUWB (2.15 g m⁻² mm⁻¹); RGV (1.292 g m²). The greater net for RGS and RGV income was achieved with D40-N100 ((\$20,649 y \$42,700, respectivamente), NHV (196 m²), CLA (4.3), DLA (60 days), YG (227 g m⁻²) and TB (818 g m⁻²), the lowest corresponded to the D80-N0 combination. D80-N100 was obtained the higher content of nitrogen in the structures of the plant, with values of 3.6, 4.1, 1.4 and 1.1% N on grain, leaves, stem and leaflets, respectively. Under these conditions the growing heat requirement was 2,295 °C d and 380 mm ETc By

reducing the distance between rows and N application increases biomass yield, quality of yield and profitability of chickpea in residual moisture conditions.

Key words: total biomass, distance between row, nitrogen, grain yield and profitability.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría y permitirme lograr mis metas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Al colegio de Postgraduados por su apoyo en mi formación académica.

Al Dr. José Alberto S. Escalante Estrada por su valioso apoyo en la dirección del trabajo y apoyo otorgado.

A la M.C María Teresa Rodríguez González por sus consejos y apoyo en el presente trabajo.

Al Dr .Eliseo Sosa Montes por sus observaciones y correcciones del trabajo.

DEDICATORIAS

A mi hijo Emmanuel Portillo Apáez por el ser mi inspiración el motivo más grande de mi vida y por quien vivo.

A mis padres Francisca Barrios Alcocer y Pedro Apáez Ramírez por darme la vida, amor infinito y apoyo incondicional.

A mis hermanos Viviana, Patricio, Jairo, Mario y Alicia por compartir conmigo alegrías y metas logradas.

A mis sobrinos Carlos Manuel, Luis Ángel, Jaciel Julián, Patricio Elí, Cesar Javier y Derek yotzoalith.

A mis abuelos Natalia Barrios Alcocer, Rómulo Barrios Gaytán, Jerónima Ramírez Bandera y Eusebio Apáez Batalla.

A mis tíos y primos.

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO.....	viii
CUADROS.....	xi
FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	xv
CAPITULO I. Distancia entre hilera, nitrógeno y producción de garbanzo en humedad residual	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
Elementos de clima, fenología y humedad en el suelo.....	9
Biomasa total y su distribución en los órganos de la planta.....	12
El índice de cosecha.....	13
Rendimiento de grano y sus componentes.....	14
Relación entre el rendimiento de grano y sus componentes.....	16
Eficiencia en el uso del agua.....	17
Rentabilidad económica.....	19
CONCLUSIONES.....	21
LITERATURA CITADA.....	22
CAPITULO II. Distancia entre hileras, nitrógeno y producción de garbanzo verde en humedad residual.....	25
RESUMEN.....	26
ABSTRACT.....	28
INTRODUCCIÓN.....	29
MATERIALES Y METODOS.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Elementos de clima y fenología.....	32

Unidades calor.....	34
Índice de área foliar máximo.....	35
Rendimiento de garbanzo verde (RGV) y sus componentes.....	36
Rentabilidad económica.....	38
CONCLUSIONES.....	40
LITERATURA CITADA.....	41
CAPITULO III. Análisis de crecimiento y producción de garbanzo en función de distancia entre hilera y nitrógeno en humedad residual.....	44
RESUMEN.....	45
ABSTRACT.....	47
INTRODUCCIÓN.....	48
MATERIALES Y METODOS.....	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
Elementos del clima y fenología.....	52
Número de hojas verdes, índice de área foliar y duración del área foliar.....	53
Índices de análisis de crecimiento.....	54
Tasa media de asimilación neta (TAN).....	56
Tasa de crecimiento absoluto (TCA).....	57
Relación entre índice de área foliar máximo, rendimiento de grano y biomasa total...	58
CONCLUSIONES.....	60
LITERATURA CITADA.....	61
CAPITULO IV. Contenido de nitrógeno en garbanzo de humedad residual en función de la distancia entre hilera y fertilización nitrogenada.....	64
RESUMEN.....	65
ABSTRACT.....	67
INTRODUCCIÓN.....	69
MATERIALES Y METODOS.....	71
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
Contenido de nitrógeno en las estructuras de la planta.....	73
Índice de verdor, biomasa total y rendimiento de grano.....	77
Relación entre el contenido de nitrógeno (%) en las hojas e índice de verdor.....	78

Relación entre el índice de verdor (IV), rendimiento de grano (RG) y biomasa total (BT).....	79
Relación entre el % de N en la planta, rendimiento de grano y biomasa total.....	81
CONCLUSIONES.....	83
LITERATURA CITADA.....	84

LISTA DE CUADROS

Página

CAPÍTULO I

Cuadro 1.	Cuadro 1. Índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG), número de vainas (NV), peso de cien granos (P100G) y número de granos (NG), en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.....	15
Cuadro 2.	Relación entre rendimiento de grano (RG) y componentes del rendimiento. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.....	16
Cuadro 3.	Eficiencia en el uso del agua para grano (EUAG) y biomasa total (EUAB) de garbanzo en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.....	18
Cuadro 4.	Análisis económico para garbanzo en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.....	19

CAPÍTULO II

Cuadro 1.	Cuadro 1. Rendimiento de vaina verde (RGV), número de vainas por m ² (NV), número de granos por m ² , peso de cien granos (P100G) en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Gro. Otoño de 2011.....	37
Cuadro 2.	Relación entre rendimiento de grano verde (RGV) y componentes del rendimiento. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.....	38
Cuadro 3.	Análisis económico para garbanzo verde en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.....	39

CAPÍTULO III

Cuadro 1.	Precipitación, temperatura máxima y mínima en función de la distancia entre hilera (D) y nitrógeno (N). Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	53
Cuadro 2.	Número de hojas verdes, índice de área foliar y duración del área foliar del garbanzo en función de D y N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	55

CAPÍTULO IV

Cuadro 1.	Características físicas y químicas del suelo. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	73
Cuadro 2.	Contenido de nitrógeno en grano, hojas, tallos y valvas en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	75
Cuadro 3.	Índice de verdor (IV), biomasa total (BT) y rendimiento de grano (RG) en función de la distancia entre hilera y nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	78

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, RH = madurez fisiológica. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011..... 10
- Figura 2.** Comportamiento de la humedad en el suelo (%) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, RH = madurez fisiológica. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011..... 11
- Figura 3.** Biomasa total y su distribución en la planta en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011. 13

CAPITULO II

- Figura 1.** Temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, CV= cosecha de vaina. Otoño de 2011..... 33
- Figura 2.** Comportamiento de la humedad en el suelo (%) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011. 34
- Figura 3.** Unidades calor acumuladas (UC) en garbanzo en función de la distancia entre hilera y nitrógeno. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, CV= cosecha de vaina, DDS= días después de la siembra. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011..... 35

CAPITULO III

Figura 1.	Dinámica de la tasa media de asimilación neta (TAN), A = densidad y B = nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	57
Figura 2.	Dinámica de la tasa media de crecimiento absoluto (TCA), A= densidad y B= nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011...	58
Figura 3.	Relación entre el IAF máx con el rendimiento de grano y la biomasa total (g m ⁻²) respectivamente. RG = rendimiento de grano y BT = biomasa total. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	58

CAPITULO IV

Figura 1.	Nitrógeno total (%) y su distribución en la planta en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	76
Figura 2.	Relación entre el contenido de nitrógeno (%) e índice de verdor en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	79
Figura 3.	Relación entre el IV, RG y BT en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	80
Figura 4.	Relación entre el % de N en la planta, RG y BT en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	81
Figura 5.	g de N extraído por m ² en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.....	81

INTRODUCCIÓN GENERAL

El aumento de la población ha contribuido a estilos de vida en donde el consumo de comida rápida y económica es cada vez mayor, éste se basa en la ingesta de grasas, azúcares y proteína de origen animal, como consecuencia se presentan de enfermedades relacionadas con la obesidad (Padilla, 2008). Las leguminosas son componentes importantes en la alimentación sana y equilibrada, entre éstas se encuentra el garbanzo que es originario de Turquía, cuyo consumo regular aporta un equilibrio de nutrientes, por ser fuente de carbohidratos, proteínas, fibra dietética, vitaminas, minerales y bajo contenido de grasas. Posee características nutraceuticas, que ayudan a controlar diabetes tipo II, problemas del corazón e intestinales, además reduce los niveles de triglicéridos (Radicetti *et al.*, 2012).

México ocupa el tercer lugar en producción a nivel mundial (FAOSTAT, 2011), al producir de 131,894 t de grano en 98,295 hectáreas. El rendimiento promedio de grano seco es de 1.8 t ha⁻¹ bajo riego, 1.1 t ha⁻¹ en condiciones de lluvias estacionales y 0.6 ton ha⁻¹ en humedad residual (SIAP, 2011). Los principales estado productores son Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Baja California Sur y Guerrero. En este último, los municipios de Chilpancingo, Tlapa y Huitzucos son los mayores productores (SIAP, 2011). En ellos se siembran en condiciones de humedad residual genotipos criollos de la región.

La baja producción en estas condiciones se puede atribuir a la falta de fertilización y siembras en densidades de población no apropiadas.

Dentro de las carencias de los agrosistemas, un problema común es la insuficiencia del agua producto de la precipitación errática en temporal y por el limitado almacenamiento en zonas de riego (Shagarodsky *et al.*, 2001). Por lo que es uno de los factores más limitantes de la producción agrícola. Esto hace necesario hacer un uso más eficiente del agua para fines agrícolas. Una manera es utilizar el agua que queda almacenada después del periodo de

lluvias considerada como humedad residual, cuya eficiencia puede aumentar con la utilización de densidades de población altas, logrado mediante la reducción de la distancia entre hileras, junto con la fertilización nitrogenada para mejorar el rendimiento y rentabilidad de este cultivo.

CAPÍTULO I

DISTANCIA ENTRE HILERA, NITRÓGENO Y PRODUCCIÓN DE GARBANZO EN

HUMEDAD RESIDUAL

DISTANCIA ENTRE HILERA, NITRÓGENO Y PRODUCCIÓN DE GARBANZO EN HUMEDAD RESIDUAL

Maricela Apáez Barrios, M.C.
Colegio de postgraduados, 2013

RESUMEN

El garbanzo por ser fuente de proteína, minerales y fibra, es utilizado en la alimentación humana y como forraje. Generalmente se cultiva a 80 cm de distancia entre hilera y sin fertilización, por lo que el rendimiento es bajo (0.6 ton ha^{-1}). Un apropiado arreglo topológico y suministro de nitrógeno pueden incrementar el rendimiento. El objetivo del estudio, fue determinar en garbanzo bajo condiciones de humedad residual, el arreglo topológico y dosis de nitrógeno que incrementen el rendimiento y rentabilidad económica. El experimento se estableció bajo condiciones de humedad residual en Huitzucó, Gro., México ($18^{\circ} 15' \text{ N}$, $99^{\circ} 09' \text{ O}$ y 1086 m de altitud) de clima cálido, durante el ciclo otoño - invierno 2011. Se utilizó un criollo regional que se sembró a 40 y 80 cm de distancia (D) entre hilera (D40 y D80, respectivamente), fertilizado con 0, 50 y 100 kg N ha^{-1} (N0, N50 y N100, respectivamente). Se evaluó la biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG), número de granos por m^2 (NG), peso de cien granos (P100G), número de vainas por m^2 (NV) y número de granos por vaina (GV), así como la eficiencia en el uso del agua para BT (EUAB) y RG (EUAG). Los resultados se analizaron estadísticamente con el paquete SAS y Tukey al 5% de probabilidad. También se aplicó un análisis económico. La BT, RG, NV, NG, P100G, IC, EUAG, EUAB mostraron cambios significativos por D, N y D*N. En contraste el GV que no fue afectado por los tratamientos. Con D40 y N100 se generó la mayor BT, RG, NV, P100G, NG, EUAG y EUAB. Con la combinación D40-N100 se lograron valores más altos de BT

(818 g m⁻²), IC (31 %),RG (227 g m⁻²), NV (781 m⁻²), P100G (51 g), NG (791 m⁻²), EUAG (0.68 g m⁻² mm⁻¹) y EUAB (2.15 g m⁻² mm⁻¹); los más bajos correspondieron a la combinación D80-N0. El mayor ingreso neto se logró con D40-N100 (\$20,649). El requerimiento de calor del cultivo fue de 2,295 °C d con una ETc de 380 mm. Se concluye que mediante la reducción de la distancia entre hilera y aplicación de N se incrementa el rendimiento y rentabilidad en garbanzo de humedad residual.

Palabras clave: *Cicer arietinum*, índice de cosecha, rentabilidad económica, biomasa total.

ABSTRACT

Chickpea to be source of protein, minerals, and fiber, is used in human food and as fodder, usually planting to 80 cm of distance between row and without fertilization, so the yield is low (0.6 ton ha⁻¹). A proper topological arrangement and nitrogen supply may increase yield. The objective of the study was to determine in chickpea under residual moisture conditions, the topological arrangement and doses of nitrogen that increase yield and profitability. The experiment was established under conditions of residual moisture in Huitzuco, Gro., México (18 ° 15' N, 99 ° 09' O and 1086 m altitude) warm weather during the autumn - winter 2011. We used a regional landrace which was sown at 40 and 80 cm distance between row (D40 and D80, respectively), fertilized with 0, 50 and 100 kg N ha⁻¹ (N50, N0 and N100, respectively). Assessed the total biomass (TB), harvest index (HI), grain yield (GY), number of grains per m² (GN), weight of 100 grains (GW), number of grains per m² (GN), pod number m⁻² (PN) and grains per pod (GP). As well as BT and RG water use efficiency (BWUE and GWUE, respectively). The results were statistically analyzed with SAS and Tukey 5%. An economic analysis is also applied. The TB, GY, GN, PN, GW, HI, BWUE and GWUE showed significant changes by row distance, nitrogen and D * N. In contrast, the GP, which was not affected by the treatments Planting D40 and N100 presented the greatest TB, HI, GY, PN, GN, GW, BWUE and GWUE. With the combination D40-N100 values were achieved for TB (818 g m⁻²), HI (31%), GY (227 g m⁻²), PN (781 m⁻²), GW (51 g), NG (791 m⁻²), BWUE (0.68 g m⁻² mm⁻¹) and GWUE (2.15 g m⁻² mm⁻¹). The higher net income was achieved with D40-N100 (\$20,649). The requirement of the crop heat was 2,295 ° C d with a 380 mm Etc. It is concluded that by reducing the distance between rows and N application increases profitability and yield in chickpea of residual moisture.

Key words: *Cicer arietinum*, harvest index, economic profitability, total biomass.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), dentro de las leguminosas alimentarias ocupa el segundo lugar en consumo humano en grano seco en México. También se consume en verde pero no existe información al respecto. Recientemente se utiliza en la formulación de alimentos infantiles como pastas y papillas (Cervezal *et al.*, 2007). Presenta alto contenido de proteína (20%), fibra (10%), minerales (40%), vitamina C, E y compuestos fenólicos (Kou *et al.*, 2013). La parte aérea de la planta es considerada forraje de alta calidad proteica (Rangel *et al.*, 2011). La República Mexicana ocupa el tercer lugar mundial en producción (FAOSTAT, 2011), con una superficie sembrada en el año 2011 de 98,295 ha, y producción de 131,894 t de grano. El rendimiento promedio de grano seco es de 1.8 t ha⁻¹ bajo riego, 1.1 t ha⁻¹ bajo condiciones de lluvias estacionales y 0.6 ton ha⁻¹ en humedad residual (SIAP, 2011). En el estado de Guerrero, los municipios de Chilpancingo, Tlapa y Huitzucos son los principales productores (SIAP, 2011), en ellos se siembran criollos regionales en humedad residual. La baja productividad en estas condiciones se atribuye a la falta de fertilización y a las siembras en densidades de población no apropiadas. La humedad residual se refiere al agua que queda almacenada y disponible en el suelo después del periodo de lluvias, que puede ser aprovechada por cultivos de ciclo corto; bajo esta condición el rendimiento es bajo ya que la humedad disponible es consumida por el cultivo durante el crecimiento y disminuye en la etapa reproductiva (Escalante, 1995). Un mejor aprovechamiento de dicha humedad, se puede lograr mediante la reducción de la distancia entre hileras que genera una densidad de población alta y esto aunado a una apropiada fertilización nitrogenada, que satisfaga el requerimiento de nutrimentos del cultivo, pueden mejorar la productividad del agrosistema, partiendo del hecho de que el nitrógeno (N) es responsable del 75% en el incremento en rendimiento de los cultivos agrícolas (Danso y Eskew, 2000). Al respecto, Padilla *et al.*

(2008) mencionan que con altas dosis de N (120 kg ha^{-1}) se incrementa en 30% el rendimiento y la concentración de proteína en grano. Algunos estudios en garbanzo cultivado en alta densidad sin limitante de humedad, han reportado aumentos significativos de 35% en el rendimiento (Roy y Sharma, 2006).

Actualmente no existe evidencia científica suficiente sobre los factores que influyen en el crecimiento, asignación y distribución de materia seca por órgano en garbanzo, aspectos importantes a considerar para mejorar el rendimiento. Al respecto, Roy y Sharma (2006) indican que una de las estrategias para incrementar el rendimiento, es lograr una mayor distribución de materia seca hacia la estructura de interés agronómico (grano). El objetivo de la presente investigación fue determinar la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno más apropiada para elevar la eficiencia en el uso del agua, la producción de biomasa, el índice de cosecha, el rendimiento, sus componentes y la rentabilidad económica del garbanzo, en condiciones de humedad residual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció durante el ciclo Otoño-Invierno 2011, bajo condiciones de humedad residual en Huitzuco, Gro., México ($18^{\circ} 15' N$, $99^{\circ} 09' O$ y 1086 m de altitud). El clima de la región se identifica como AW_1 (García, 2005). El suelo es de textura arcillosa, con pH de 7.2, conductividad eléctrica de 0.32 dS m^{-1} , 1.69 % de materia orgánica, 0.08 % de nitrógeno total y 10 mg kg^{-1} de fósforo. El 02 de noviembre de 2011 se sembró garbanzo blanco criollo de la región. El diseño experimental fue de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones, producto de la combinación de tres niveles de fertilización nitrogenada 0,50 y 100 kg N ha^{-1} (N0, N50 y N100, respectivamente) y dos distancias entre hileras (D) 40 y 80 cm (D40 y D80, respectivamente), como fuente de N se utilizó el Sulfato de Amonio (20.5% N). Para la estimación de la humedad del suelo se tomaron muestras mensuales por el método gravimétrico. Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$, °C) y mínima ($T_{\text{mín}}$, °C), evaporación (E_v , mm) y precipitación (mm), así como los días a la ocurrencia de las fases fenológicas: días a emergencia (E), a inicio de floración (R1), inicio de fructificación (R2) y a madurez fisiológica (RH) según el criterio presentado en Padilla *et al.* (2008). Además, se calculó la acumulación de calor por el cultivo con base a unidades calor (UC, °C d), mediante el método residual (Snyder, 1985), tomando como temperatura base 5°C de acuerdo con Padilla *et al.* (2008). La evapotranspiración del cultivo (ET_c) se calculó a partir de los datos de evaporación del tanque tipo A, el valor 0.75 se usó como coeficiente para el evaporímetro (K_e) y valores de K_c en función al desarrollo del cultivo (Allen *et al.*, 2006).

A madurez fisiológica se evaluó la biomasa (materia seca, MS) aérea total (BT, g m^{-2}) y su distribución a los órganos de la planta, el rendimiento de grano (RG, peso de granos a 12% de humedad, g m^{-2}), número de granos por m^2 (NG), peso de cien granos (P100G), número de

vainas por m² (NV) y granos por vaina (GV). También se calculó la eficiencia en el uso del agua para BT y RG ($\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$), considerando la relación $\text{EUA} = \text{BT o RG} / \text{ETc}$ con base en (Escalante, 1995).

Los datos se analizaron con el paquete SAS versión 9.0 y las diferencias entre las medias de tratamientos se establecieron mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Adicionalmente se aplicó un análisis de regresión entre el rendimiento y sus componentes y un análisis económico de acuerdo a Volke (1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elementos de clima, fenología y humedad en el suelo

En la Figura 1 se presenta la $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$ (media decenal) y la precipitación (suma decenal). Durante el crecimiento del cultivo la $T_{\text{máx}}$ osciló entre 33 °C y 37 °C y la $T_{\text{mín}}$ entre 12 °C y 18 °C. La temperatura más alta (37 °C) ocurrió en la primera decena después de la emergencia (E) y posteriormente disminuyó conforme avanzó el ciclo. La temperatura más baja se presentó durante las etapas de inicio de floración (R1) e inicio de fructificación (R3) (12 °C). El rango térmico para el desarrollo del cultivo es de 5-35 °C, con un óptimo alrededor de 22 °C (Benacchio, 1982). Por lo que las temperaturas registradas no se consideran limitantes para el crecimiento y rendimiento del cultivo.

En este sentido, García (2007) menciona que en Hermosillo, Sonora, Méx., (211 m de altitud y clima BS_1 . García, 2005) se obtiene un rendimiento de garbanzo de 3 t ha⁻¹, con siembra entre el 15 de noviembre al 15 de diciembre en humedad residual, con temperatura similar a las registradas en este estudio, en donde se obtuvo un rendimiento cercano (2.3 t ha⁻¹).

Las etapas fenológicas no se modificaron por efecto de la D y N. Así, la E se presentó a los diez días después de la siembra (dds), la etapa R1 ocurrió a los 55 dds, R2 a los 67 dds y RH a los 118 dds. Las UC y ETc acumuladas a RH fueron de 2,295 °C d y 380 mm, respectivamente.

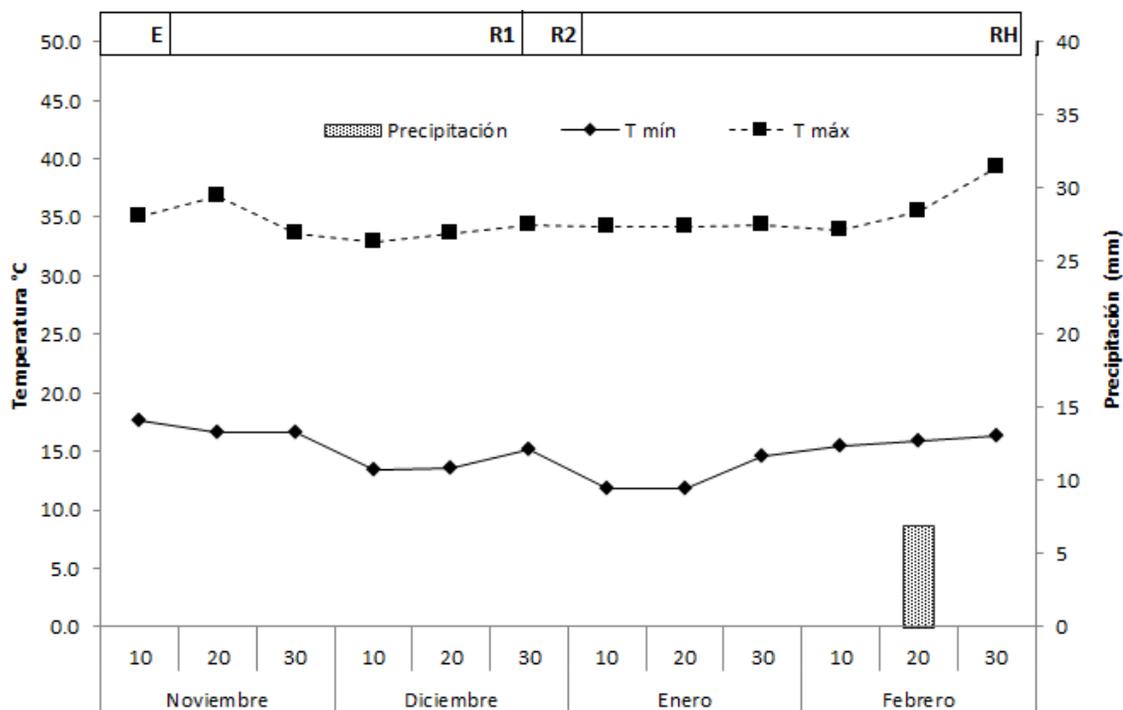


Figura 1. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, RH = madurez fisiológica. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

En la Figura 2 se observa que la humedad residual disminuyó conforme avanzó el desarrollo del cultivo y se ajustó a un modelo de regresión cuadrático, de tal manera que al inicio del ciclo fue de 25% respecto a capacidad de campo y al final (118 dds) de 2 %, cerca del punto de marchitez permanente. De acuerdo con el modelo de regresión, la reducción de humedad por día fue en promedio de 0.46%. Durante el desarrollo del cultivo visualmente no se observó marchitez de las plantas, lo cual se atribuye a que es un cultivo tolerante a condiciones limitantes de humedad. Esto puede relacionarse a que las hojas del garbanzo secretan una solución acuosa compuesta de ácido málico y oxálico que captan humedad ambiental durante

la noche, lo cual posiblemente ayuda a complementar su requerimiento hídrico (Padilla *et al.*, 2008).

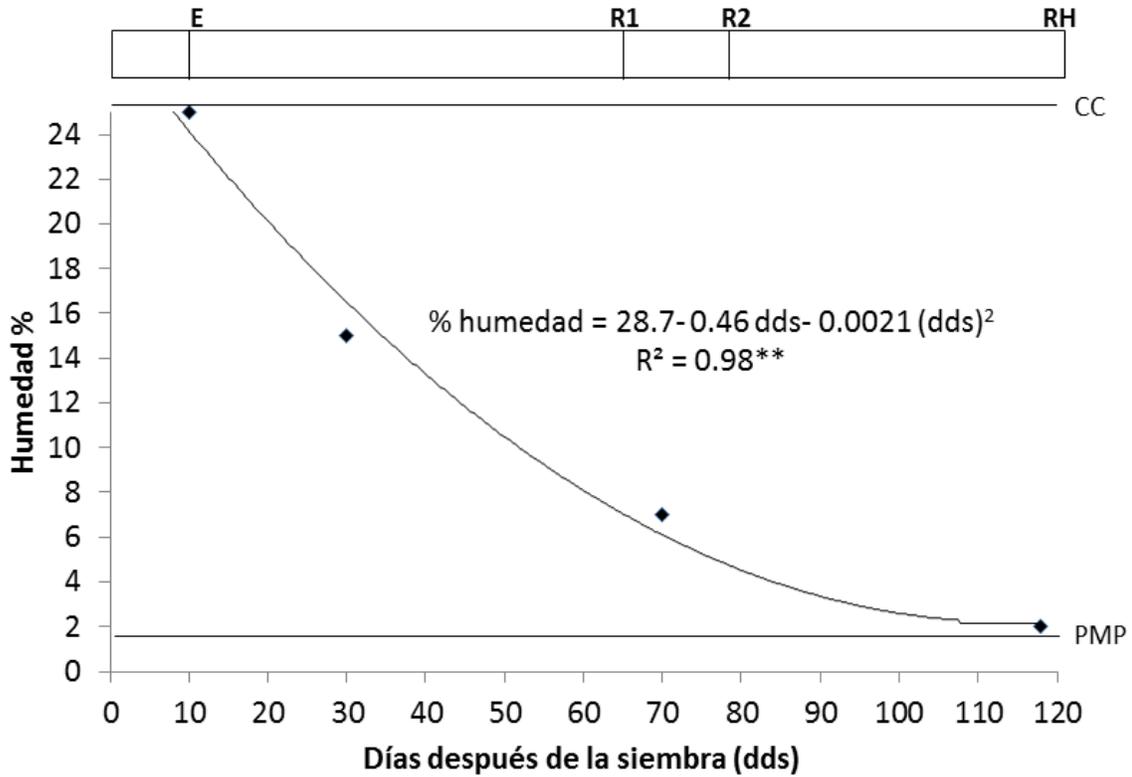


Figura 2. Comportamiento de la humedad en el suelo (%) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, RH = madurez fisiológica. Huitzucu, Gro., México. Otoño de 2011.

Biomasa total y su distribución en los órganos de la planta

La biomasa total (BT) presentó cambios significativos por efecto de D, N y la interacción D * N (Figura 3). Con D40 se encontraron los valores más altos de biomasa en los órganos de la planta, así para grano, hojas, tallo y valvas los aumentos fueron de 47 %, 49 %, 50 % y 48 % respectivamente, en relación al testigo (D80). Respecto al N, con N100 se generaron 50 %, 49 %, 50 % y 49 % más de granos, hojas, tallo y valvas respecto al testigo sin fertilización N0. Con D40 la BT fue 230 g m⁻² mayor que D80. En cuanto al N la mayor BT se logró con N100 con incrementos respecto al N0 de 100 %. La mayor BT (818 g m⁻²) se generó con D40-N100, con incrementos respecto al testigo de 56% (N0-D80). En otros cultivos como girasol se han observado tendencias similares por efecto de N y D, debido a un mayor crecimiento del dosel vegetal que intercepta más luz, lo cual genera más actividad fotosintética y consecuentemente mayor producción de biomasa, resultado de mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutrimentales (Aguilar *et al.*, 2005). La distribución de biomasa en los órganos de la planta no se modificó por efecto los tratamientos y presentó la misma acumulación en tallo (30 %) grano (30 %), hojas (30 %) y valvas (10 %).

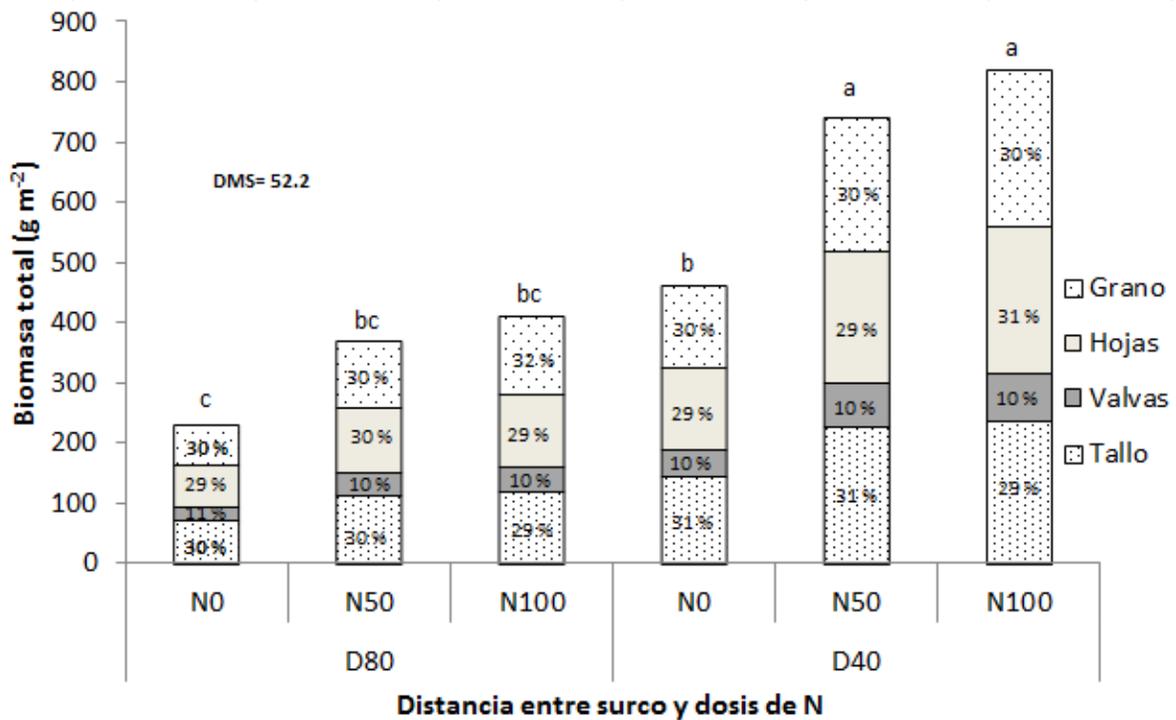


Figura 3. Biomasa total y su distribución en la planta en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

El índice de cosecha

El índice de cosecha (IC) mostró cambios significativos por efecto de D, N e interacción D * N (Cuadro 1). Con D40 la distribución de MS hacia el grano fue mayor en 1.2 % respecto a D80. En cuanto al N, el mayor IC se logró con la aplicación de N100 con aumento de 10 % en relación al testigo sin fertilización (N0). En otros cultivos como el girasol, con N100 se encontraron IC más altos (Olalde *et al*, 2000). En la interacción D * N, el mayor IC se encontró con D40-N100 (4.2 %) más que testigo (D80-N0). Estos resultados indican que el N generó mayor producción de MS, resultado de mayor tamaño del dosel vegetal. Asimismo, el N al generar una mayor demanda de fotoasimilados, eleva la asignación de MS en grano (Olalde *et al*, 2000). Resultados similares fueron reportados por Saxena y Johansen (1988), quienes en cultivares de garbanzo tolerantes al frío reportan IC de 32 %.

Rendimiento de grano y sus componentes

En el Cuadro 1 se observa que el RG y sus componentes (NV, P100G y NG) mostraron cambios significativos por efecto de la D, N y la interacción D*N. En contraste el NGV no presentó diferencias significativas, siendo en promedio de 1.25. Al reducir la D a D40, el RG se incrementó en 53 g m⁻², NV en 257 m⁻², el P100G en 6.6 g y el NG en 361 m⁻² en relación a D80. Con N100 se obtuvieron los valores más altos de RG, NV, P100G y NG con 65 g m⁻², 186 vainas m⁻², 16 g y 177 granos m⁻² respectivamente, con relación al testigo sin fertilización (N0). Respecto a la interacción D*N, el mayor RG, NV, P100G y NG se logró con la combinación D40-N100, con aumentos de 45 %, 46 %, 35 % y 48 %, con relación al testigo (D80-N0). De acuerdo al análisis estadístico de factores principales, el factor que más influyó en esta respuesta fue la D (Cuadro 1). El aumento en el RG con la reducción de la D, se atribuye al uso más eficiente de los recursos, incluidos los nutrientes. Además, por tratarse de siembra bajo condiciones de humedad residual, con la siembra a D corta y el consecuente aumento de la densidad de población, genera mayor cobertura del suelo y se reduce la pérdida de agua por evaporación, por lo que se conserva disponible mayor tiempo para el cultivo (Roy y Sharma, 2006).

Por otra parte, el menor RG con N0 puede deberse a que el nivel inicial de N fue bajo (0.08 %), por lo que la aplicación a través de fuentes inorgánicas complementa la nutrición. Para este estudio, el nivel más alto de fertilización (N100) generó mayor RG en garbanzo.

Cuadro 1. Índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG), número de vainas (NV), peso de cien granos (P100G) y número de granos (NG), en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Factor (cm)	Nitrógeno (kg ha⁻¹)	IC %	RG g m⁻²	NV m⁻²	P100G g	NG m⁻²
	0	26.8c	103c	364c	18.2c	382c
80	50	29.1b	147b	519b	25.2c	529b
	100	30.6b	149b	533b	41.3b	543b
	0	29.8b	141b	540b	33.4b	550b
40	50	30.0b	189 a	706a	45.2a	716a
	100	31.0a	227 a	781a	51.4a	791a
Distancia(D)	80 cm	29.9b	133 b	522b	35.6b	528b
	40 cm	31.2a	186 a	779a	42.3a	789a
Nitrógeno(N)	0	28.7c	122 b	559b	34.4c	568c
	50	29.1b	168 a	648ab	44.4b	658b
	100	31.6 a	187 a	745a	50.7a	745a
Media gral.		30	159	651	38.9	659
Prob F (DMS_{0.05})	D	* (1.3)	** (22)	** (118)	** (7.2)	** (260)
	N	* (0.40)	** (33)	* (177)	** (4.2)	** (86)
	D * N	* (1.5)	** (43)	** (154)	** (11.7)	** (146)
C.V		4.2	15	20	3.8	17

[¶]Valores seguidos de la misma letra en cada columna de tratamientos, son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha = 0.05$) *** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente, DMS_{0.05} = diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad de error. C.V = Coeficiente de variación.

Resultados similares fueron encontrados por Roy y Sharma, (2006) en la India, quienes con N100 lograron obtener 30% más del RG. No obstante, dicha respuesta dependerá del nivel inicial de N en el suelo. En otras leguminosas como haba (*Vicia faba* L.), Escalante y Rodríguez, (2010) encontraron incrementos significativos en el RG, NV y NG con aplicación de 99 kg de N ha⁻¹. Al respecto, Danso y Eskew (2000) mencionan que el N es el responsable del 75% de los aumentos en el rendimiento de los cultivos agrícolas.

Relación entre el rendimiento de grano y sus componentes

En el Cuadro 2, se presenta la relación entre el RG y componentes como NG, NV y P100G. El NG presentó mayor relación con el RG, seguido de NV. Los resultados sugieren que para obtener mayor RG se deben elevar el NG y NV (Escalante y Rodríguez, 2010), lo cual se puede lograr con reducción de la distancia entre hilera y aplicación nitrógeno.

Cuadro 2. Relación entre rendimiento de grano (RG) y componentes del rendimiento. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Componente	Significancia	R²
NG	**	0.98
NV	**	0.97
P100G	*	0.82

NV = número de vainas m², P100G = peso de 100 granos, NG = número de granos m², R² = coeficiente de determinación.

Eficiencia en el uso del agua

La eficiencia en el uso del agua para RG (EUAG) y BT (EUAB) mostró diferencias por efecto de D, N y la interacción D * N (Cuadro 3). Con D40 se generó la mayor EUAG y EUAB con incrementos respecto a D80 de 0.27 y 0.88 g m⁻² mm⁻¹, respectivamente. En relación al N, con N100 se generó la mayor EUAG y EUAB, superior en 0.25 y 0.71 g m⁻² mm⁻¹ al testigo (sin fertilización). En la interacción D * N, la mayor EUAG y EUAB se encontró con D40-N100. Los valores más bajos se presentaron con la combinación D80-N0. Lo anterior puede atribuirse a que D40 provocó una mayor y rápida cobertura del suelo, por lo que la pérdida de agua por evaporación disminuyó, y en consecuencia el aprovechamiento de ésta por la planta, fue mayor. Además, el N estimuló el tamaño del dosel vegetal, lo que pudo haber aumentado la actividad fotosintética y con ello un uso eficiente el uso de los recursos, entre ellos el agua. Zhang *et al.* (2000) reportan valores más altos para EUAB (8.7 g m⁻² mm⁻¹) y EUAG (3.2 g m⁻² mm⁻¹) en relación al presente estudio, lo cual se atribuye a que se aplican riegos complementarios que evitan estrés hídrico al cultivo y por tanto se genera mayor acumulación de MS.

Cuadro 3. Eficiencia en el uso del agua para grano (EUAG) y biomasa total (EUAB) de garbanzo en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

Factor (cm)	Nitrógeno (kg ha⁻¹)	EUAG (g m⁻² mm⁻¹)	EUAB (g m⁻² mm⁻¹)
	0	0.18c	0.61c
80	50	0.29b	0.97b
	100	0.34b	1.07b
	0	0.36b	1.21b
40	50	0.58a	1.95a
	100	0.68a	2.15a
	80 cm	0.27b	0.88b
Distancia(D)	40 cm	0.54a	1.76a
	0	0.26c	0.90b
	50	0.43b	1.45a
Nitrógeno(N)	100	0.51a	1.61a
	Media gral.	0.40	1.32
	D	* (0.26)	* (0.87)
Prob F (DMS_{0.05})	N	* (0.07)	* (0.16)
	D * N	* (0.10)	* (0.29)
	C.V	3.8	4.5

†Valores seguidos de la misma letra en cada columna de tratamientos, son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha = 0.05$) *** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente, $DMS_{0.05}$ = diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad de error. C.V = coeficiente de variación.

Rentabilidad económica

En el Cuadro 4 se presenta el análisis económico para el RG. El tratamiento D40-N100 generó el mayor RG, que si bien mostró el más alto costo total (CT), obtuvo el mayor ingreso neto (IN). Sin embargo, la mayor ganancia por peso invertido (GPI) se logró con D40-N50. La menor GPI se presentó con el tratamiento D80-N0. El uso de N logró aumentar la GPI en \$0.30 para D40-N50 y D80-N50 en relación al tratamiento sin N.

Cuadro 4. Análisis económico para garbanzo en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

DH (cm)	Dosis de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	RG (kg ha ⁻¹)	IT (\$)	CF (\$)	CV (\$)	CT (\$)	IN (\$)	GPI (\$)
	0	1,031	15,465	2,000	6,000	8,000	7,465	0.93
80	50	1,474	22,110	2,000	7,950	9,950	12,160	1.22
	100	1,489	22,335	2,000	8,650	10,650	11,685	1.10
	0	1,410	21,150	2,000	7,000	9,000	12,150	1.35
40	50	1,890	28,350	2,000	8,750	10,750	17,600	1.64
	100	2,226	33,390	2,000	10,750	12,750	20,640	1.62

DH = distancia entre hilera, ingreso total (IT) = rendimiento * precio por kg de grano (\$ 15.00), costo fijo (CF) = incluye costos de preparación del terreno, deshierbes y fertilización. Costos variables (CV) = incluyen el costo de la semilla para siembra, fertilizante y cosecha. Costo total (CT) = costo fijo + costo variable. Ingreso neto = IN – CT. $IN = YPy - (\sum XiPi + CF)$ donde: IN = ingreso neto, Y = rendimiento (kg ha⁻¹), Py = precio por kilogramo grano de garbanzo, $\sum XiPi$ = suma de costos variables, GPI = ganancia por peso invertido (IN/CT).

En otros cultivos como girasol, con N100 se logró el mayor ingreso neto (Olalde *et al*, 2000), resultado similar al encontrado en este estudio.

CONCLUSIONES

El tiempo a ocurrencia de las fases fenológicas del garbanzo en humedad residual, no se afecta por el cambio en distancia entre hilera y la fertilización nitrogenada. La mayor eficiencia en el uso del agua, producción de biomasa total, índice de cosecha, rendimiento de grano, número de vainas, peso de 100 granos, número de granos, se logra con la siembra a 40 cm entre hilera y aplicación de 100 kg N ha^{-1} , con un requerimiento de calor de $2,295 \text{ }^\circ\text{C d}$ y 380 mm de ETc . El mayor rendimiento e ingreso neto se obtiene con D40-N80 mientras la GPI más alta se logra con D40-N50.

LITERATURA CITADA

- Aguilar G L, Escalante J. A, Fucikovsky Z J, Tijerina C L, Mark E E (2005)** Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*, 23(3): 303-310.
- Allen R G, Pereira L S, Raes D, Smith M (2006)** Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Riego y drenaje. Manual. 56. FAO. Roma. 298 p.
- Benacchio S S (1982)** Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. FONAIAP–Centro Nal. de Inv. Agropec. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Cervezal M P, Carrasco V A, Pinto T K, Romero P N, Arcos Z R (2007)** Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia* 32: 857-864.
- Danso S K A, Eskew D L (2000)** Aumento en la capacidad de fijación biológica de nitrógeno en leguminosas. *Agricultura y alimentación. OIEA* 26(2): 29-33.
- Escalante E J A (1995)** Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *Agroproductividad* 12: 28-32.
- Escalante E J A, Rodríguez G M T (2010)** Biomasa y rendimiento en haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. *Ciencias Agrícolas Informa* 20:16-25.
- FAOSTAT (2011)** Producción mundial de garbanzo. En línea [http: www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org). Consultado el 12 de noviembre de 2012.
- García E (2005)** Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.

- García Q R (2007)** Efecto de cuatro densidades y tres fechas de siembra en el rendimiento de tres variedades de garbanzo blanco en la costa de Hermosillo. Avances de investigación CIANO. 3: 70-71.
- Kou X, Gao J, Xue Z, Zhang Z, Wang H, Wang X (2013)** Purification and identification of antioxidant peptides from chickpea (*Cicer arietinum* L.) albumin hydrolysates. Food Science and Technology 50: 591598.
- Olalde G V M, Escalante E J A, Sánchez G P, Tijerina C L, Mastache L A A y Carreño R E (2000)** Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. Terra Latinoamericana, 18(4): 313-323.
- Padilla V I, Ramón I, Valenzuela V C M, Armenta C R A, Salinas P E (2008)** Comportamiento Agronómico de Genotipos de Garbanzo en Siembra Tardía en el Valle del Mayo, Sonora, México. Revista Fitotecnia Mexicana 31:43-49.
- Rangel M D, Verdugo P M, Osuna E T, Báez S M A, Basilio H J, Valdez T B, Contreras M R, Sañudo B J A, Campos S J P (2011)** Caracterización del garbanzo verde (*Cicer arietinum* L.) y tecnologías poscosecha para mantener su calidad. Revista Serie Horticultura, 17: 39-45.
- Roy R K, Sharma R P (2006)** Performance of Chickpea genotypes at varying plant population and fertility levels under lat-sown conditions. International Chickpea newsletter, 14:19-20.
- Saxena N P, Johansen C S (1998)** La mejora en el índice de cosecha del garbanzo a través de la incorporación de la tolerancia al frío. International Crops Research Institute for semi-Arid Tropisc. 19:17-19.

SIAP (2011) Avance de siembras y cosechas. [En línea]: <http://www.siap.gob.mx> (Consultado el 12 de noviembre de 2012).

Snyder R L (1985) Hand calculating degree days. *Agric. For. Meteorol.* 35: 353-358.

Volke H V (1982) Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 61 p.

Zhang H, Pala M, Oweis T, Harris H (2000) Water use and water use efficiency in chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural*, 51 (2): 295-304.

CAPÍTULO II

DISTANCIA ENTRE HILERAS, NITRÓGENO Y PRODUCCIÓN DE GARBANZO

VERDE EN HUMEDAD RESIDUAL

DISTANCIA ENTRE HILERAS, NITRÓGENO Y PRODUCCIÓN DE GARBANZO

VERDE EN HUMEDAD RESIDUAL

Maricela Apáez Barrios, M.C.

Colegio de postgraduados, 2013

RESUMEN

El garbanzo como verdura o garbanzo verde (GV) es ampliamente consumido en México. Además es fuente de proteína, minerales y fibra. El GV particularmente bajo humedad residual ha sido poco estudiado en el estado de Guerrero. Algunas prácticas de manejo del cultivo como la reducción de distancia entre hilera y fertilización nitrogenada pueden aumentar el rendimiento de esta leguminosa. Este fue el objetivo del presente trabajo. La investigación se realizó durante el ciclo otoño - invierno 2011, bajo condiciones de humedad residual en Huitzaco Gro., de clima cálido. El garbanzo criollo regional se sembró el 02 de noviembre, a 40 y 80 cm de distancia entre hilera (D40 y D80), lo que generó 312,500 y 156,250 plantas ha⁻¹, respectivamente. Se fertilizó con 0, 50 y 100 kg N ha⁻¹ (N0, N50 y N100). Se evaluó el rendimiento de grano verde (RGV), número de vainas (NV), número de granos por m² (NG) y peso de cien granos (P100G). Los resultados se analizaron estadísticamente con el paquete SAS y Tukey al 5% de probabilidad. Adicionalmente, se aplicó un análisis de regresión entre el rendimiento verde y sus componentes, además de un análisis económico. El RGV, NV, NG, P100G se incrementaron al reducir la distancia entre hilera y aplicar nitrógeno. Con D40 se generó el más alto RGV (1116 g m⁻²), NV (702 m²), NG (875 m²) y P100g (124 g). Con N100 se obtuvieron valores de 1122 g m⁻², 670 m², 836 m² y 124 g para RGV, NV, NG y P100G respectivamente. Con la combinación D40-N100 se generó mayor RGV (1,292 g m²), NV (796 m²), NG (998 m²) y P100G (155 g). El mayor

ingreso neto se logró con D40-N100 (\$42,700). Mediante la reducción de la distancia entre hilera y aplicación de N se incrementa el rendimiento de grano verde.

Palabras clave: *Cicer arietinum*, índice de área foliar, rentabilidad económica, unidades calor.

ABSTRACT

The chickpea as a vegetable or green pea (GV) is widely consumed in Mexico. It is also a source of protein, minerals, and fiber. The GV particularly low residual moisture has been little studied in the state of Guerrero. Some practices of crop management such as the reduction of distance between row and nitrogen fertilization can increase the yield of this legume. This was the objective of the present work. The research was carried out during the cycle autumn - winter 2011, under conditions of residual moisture in Huitzucó Gro., of warm weather. Regional Creole chickpea was sown on November 02, at 40 and 80 cm distance between row (D40 and D80), prompting 312,500 and 156,250 plants ha⁻¹, respectively. It was fertilized with 0, 50 and 100 kg N ha⁻¹ (N50, N0 and N100). Assessed the yield of green beans (RGV), number of pods (NV), number of grains per m² (NG) and weight of 100 grains (P100G). The results were statistically analyzed with SAS and Tukey package 5% probability. In addition, a regression analysis between green yield and its components, as well as an economic analysis was applied. The RGV, NV, NG, P100G increased by reducing the distance between row and apply nitrogen. With D40 was generated the highest RGV (1116 g m⁻²), NV (702 m²), NG (875 m²) and P100g (124 g). With N100 1122 g m⁻², 670 m², 836 m² and 124 g values were obtained for RGV, NV, NG and P100G respectively. With the D40-N100 combination generated greater RGV (1.292 g m²), NV (796 m²), NG (998 m²) and P100G (155 g). The higher net income was achieved with D40-N100 (\$42,700). Green grain yield is increased by reducing the distance between rows and N application.

Key words: *Cicer arietinum*, leaf area, economic profitability, units heat index.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo como verdura se sitúa en la lista de leguminosas más cultivadas y consumidas en México, después del chicharo (*Pisum sativum* L.), ejote (*Phaseolus vulgaris* L.) y el haba verde (*Vicia faba* L.). Es excelente fuente de triptófano y fenilalanina, aminoácidos esenciales que aumentan el nivel de satisfacción y saciedad, lo que contribuye a la reducción de la obesidad (Montenegro *et al.*, 2011). Contiene 30% de carbohidratos, 20% de proteína, 12% de fibra, 3% lípidos y el porcentaje restante de minerales, en base a 100 g de peso seco, por lo que es recomendable su ingesta (IDR, NOM- 051-SCFI/SSA1-2010). Se comercializa en fresco y su calidad se asocia con el color verde y la turgencia. Se cosecha en estado inmaduro de desarrollo y presenta una elevada actividad metabólica y respiración, lo que reduce su calidad y vida de anaquel (Karim y Fattah, 2003). Trevol y Cantwell (2004) señalan que el tamaño recomendado para garbanzo con vaina, depende del mercado. Sin embargo, entre mayor sea éste mejores beneficios económico se obtendrán. Es un cultivo que no tolera excesos de humedad e incluso, la cantidad de lluvia estacional en las regiones de producción provoca pudrición del sistema radical, lo que limita su cultivo en estas condiciones. La textura arcillosa del suelo favorece la conservación del agua, la cual después del periodo de lluvias puede ser aprovechada por el cultivo. Dicha humedad se conoce como residual. En el estado de Guerrero la producción de garbanzo se efectúa en estas condiciones. Sin embargo, el rendimiento (vaina verde) se considera bajo en relación al obtenido en estados como Sinaloa y Sonora, donde se aplica riego. Por otra parte, la fertilización nitrogenada es determinante para incrementar la producción en los cultivos (Escalante y Rodríguez, 2009-2010). Padilla *et al.* (2008) indican que con 120 kg N ha⁻¹ se incrementa en 30% el rendimiento de grano. Abayomi *et al.* (2008); Karim y Fattah (2003), mencionan que el déficit de nitrógeno limita el tamaño del área foliar, por la reducción del número de ramas y hojas, por lo que la capacidad

para interceptar energía radiante es menor, y en consecuencia la actividad fotosintética y acumulación de materia seca. Dicha respuesta también se logra al reducir la distancia de siembra entre hileras, con el consecuente aumento en densidad de población (Escalante *et al.*, 2011). En garbanzo, Roy y Sharma (2006) encontraron incrementos de 35% en el rendimiento al aumentar la densidad de 125,000 a 350,000 pl ha⁻¹. Con la combinación de las prácticas de manejo mencionadas, se espera incrementar el rendimiento. Para el estado de Guerrero son limitados los estudios sobre la producción de garbanzo verde, particularmente bajo condiciones de humedad residual. Así, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la combinación de distancia entre hileras y nivel de nitrógeno sobre el tiempo a ocurrencia de las fases fenológicas, el área foliar, número de vainas verdes, rendimiento de vaina verde, calor acumulado y rentabilidad del garbanzo verde.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en el ciclo Otoño-Invierno 2011 en Huitzuco, Gro., ($18^{\circ} 15' N$; $99^{\circ} 09' O$ y 1086 m de altitud). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (AW_1 , García, 2005). El suelo es un vertisol con pH de 7.2, conductividad eléctrica de $0.32 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, 0.08% de nitrógeno total y 10 ppm de fósforo, cuyas constantes de humedad para CC son de 35% y PMP de 15 % respectivamente. El 02 de noviembre de 2011 se sembró el garbanzo blanco criollo de la región, bajo tratamientos de 40 cm y 80 cm de distancia (D) entre hileras (D40 y D80, respectivamente); con 0, 50 y 100 kg de nitrógeno (N) ha^{-1} (N0, N50 y N100 respectivamente), lo que generó seis combinaciones de tratamientos. La fuente de nitrógeno utilizada fue el sulfato de amonio (20.5%), aplicado al momento de la siembra. El diseño experimental fue de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Para la estimación de la humedad del suelo se tomaron mensualmente muestras mediante el método gravimétrico. Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$, $^{\circ}\text{C}$) y mínima ($T_{\text{mín}}$, $^{\circ}\text{C}$), las etapas fenológicas: días a emergencia (E), a inicio de floración (R1), inicio de fructificación (R2). Además, se calculó la acumulación de calor por el cultivo con base a unidades calor ($\text{UC}, ^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$), mediante el método residual (Snyder, 1985), tomando como temperatura base 5°C (Padilla *et al.*, 2008). Además se determinó el índice de área foliar máximo (IAF), el cual se encontró a los 60 días de la siembra (dds). A la cosecha de la vaina verde (CV), 92 días después de la siembra (dds) se determinó el rendimiento (RGV), peso de grano verde al 45% de humedad, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), número de vainas por m^2 (NV), número de granos verdes por m^2 (NG) y peso de 100 granos (P100G). A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad, utilizando el paquete estadístico SAS (9.0).

Adicionalmente, se aplicó un análisis de regresión entre el RGV y componentes NV, NG y P100G; y un análisis económico de acuerdo a Volke (1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elementos de clima y fenología

La $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ (media decenal) durante la estación de crecimiento del cultivo osciló entre 33°C y 37°C y entre 12°C y 18°C, respectivamente. La temperatura más alta (37°C) ocurrió en la primera decena después de la E y posteriormente disminuyó conforme avanzó el ciclo. La temperatura más baja se presentó durante las etapas R1 y R2 (12°C). García (2007) en un estudio en garbanzo, encontró una temperatura media de 22°C, similar a la registrada en este estudio. El rango térmico para el desarrollo del cultivo es de 5-35°C, con un óptimo alrededor de 22°C (Benacchio, 1982). De acuerdo a lo anterior temperaturas registradas en la investigación se consideran apropiadas para el crecimiento del garbanzo. Los días en que se manifiestan las fases fenológicas del cultivo fueron similares entre tratamientos. Así, la E se presentó a los 10 dds, R1 a los 55 dds, y R2 a los 67 dds.

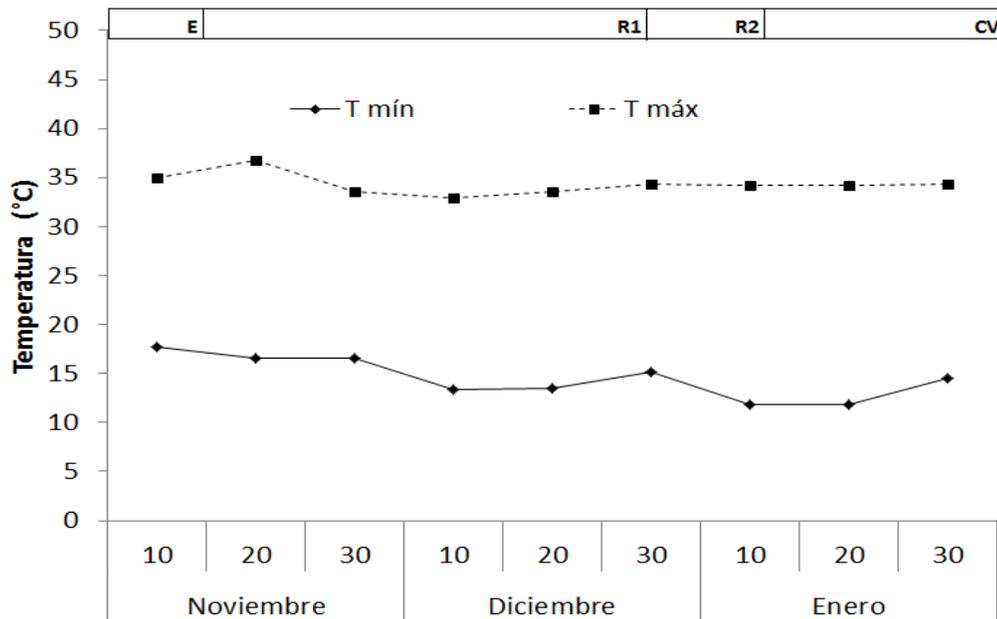


Figura 1. Temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, CV= cosecha de vaina. Otoño de 2011

La humedad residual en el suelo disminuyó conforme avanzó el desarrollo del cultivo. Se ajustó a un modelo de regresión cuadrático. Así, al inicio del ciclo fue de 35% y a la cosecha de vaina (92 dds) de 15%. De acuerdo al modelo de regresión, la tasa de reducción de humedad por día fue de 0.46% (Figura 1). La humedad del suelo y la tolerancia del cultivo a condiciones limitantes de humedad, contribuyeron a que no se observaran visiblemente indicios de estrés hídrico, atribuido a la secreción de las hojas de ácido málico y oxálico que captan humedad durante la noche, lo que pudo haber contribuido a completar los requerimientos hídricos (Padilla *et al.*, 2008).

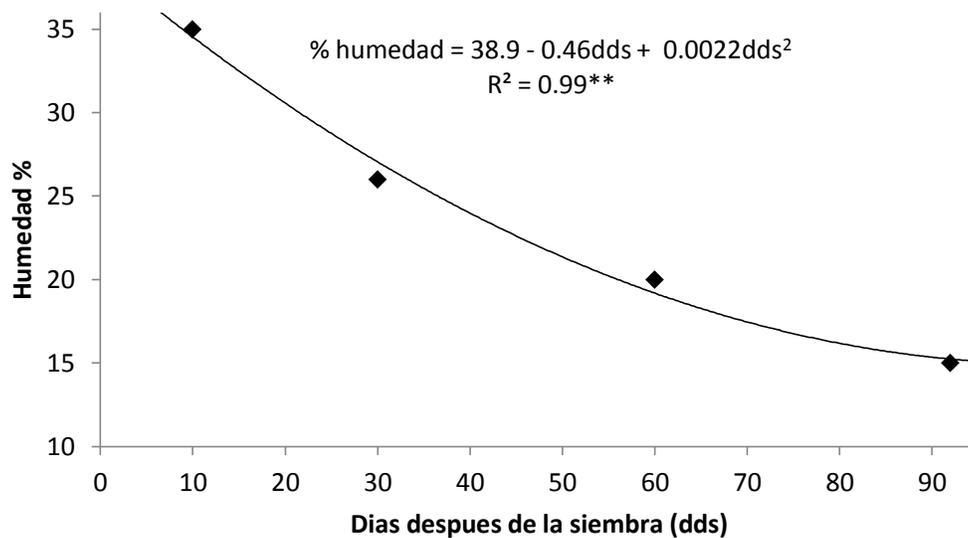


Figura 2. Comportamiento de la humedad en el suelo (%) durante el ciclo de cultivo de garbanzo. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Unidades calor

El requerimiento térmico (UC) fue similar entre tratamientos. De esta manera, la acumulación de UC fue de 214°C a E, 1094°C a R1, 1598°C a R2 y 1755°C a CV. Resultados similares fueron los reportados por Padilla *et al.* (2008) quienes registraron acumulación de calor total de 1871 UC d, en un ambiente cálido desértico, la cual es ligeramente superior a la registrada en la presente investigación y se atribuye a que se evaluó de siembra a madurez fisiológica, además de que se utilizó otro genotipo.

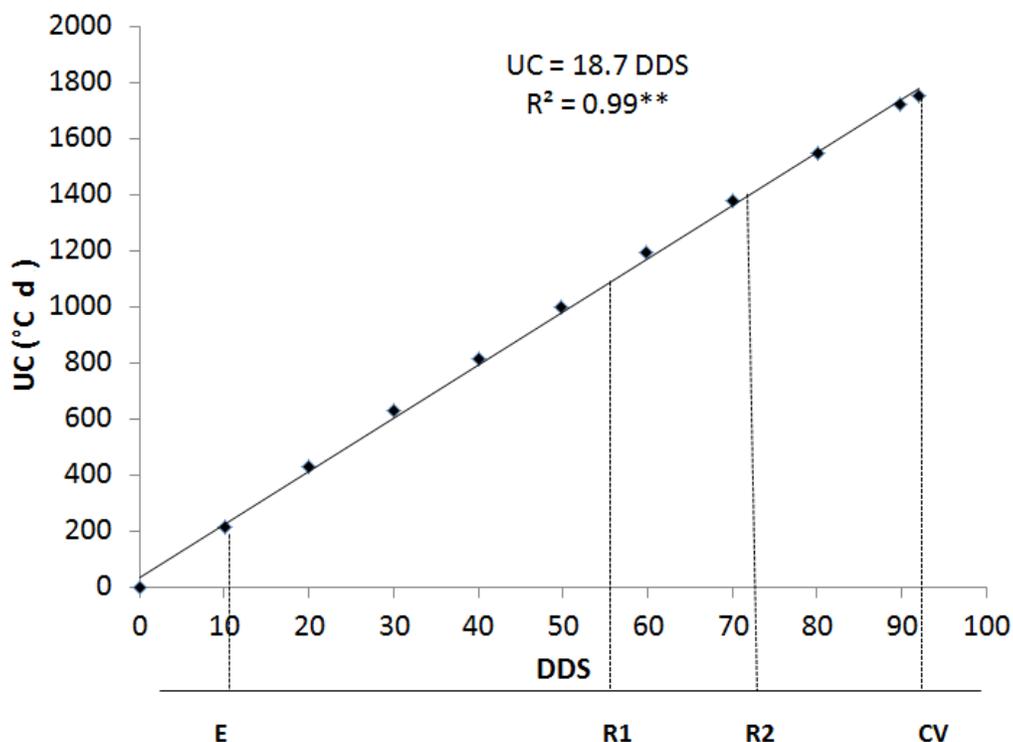


Figura 3. Unidades calor acumuladas (UC) en garbanzo en función de la distancia entre hilera y nitrógeno. E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, CV= cosecha de vaina, DDS= días después de la siembra. Huitzucu, Gro., México. Otoño de 2011.

Índice de área foliar máximo

El IAF máximo se presentó a los 60 dds (4.5). El ANDEVA mostró cambios significativos por efecto de D, N y la interacción D*N. Con D40 el IAF máximo se incrementó en 4% con relación al testigo D80. Respecto al N, con N100 el incremento fue de 4% en relación al tratamiento sin fertilización (N0). Con D40-N100 se observó el mayor IAF seguido del tratamiento D40-N50, los cuales se incrementaron en 0.5 y 0.3 respecto al D80-N0 (Cuadro 1). En relación al N, el efecto positivo puede ser atribuido a que se incrementa el área de las hojas y se retrasa la senescencia foliar (Escalante, 1999). Estos resultados indican que a

mayor IAF se intercepta mayor radiación y la planta tiene mayor capacidad fotosintética, que resulta en una acumulación de materia seca más alta, de la cual una parte se destina a la formación de vaina.

Rendimiento de garbanzo verde (RGV) y sus componentes

El ANDEVA mostró cambios significativos para el RGV, NV, NG y P100G por efecto de D, N y la interacción D*N (Cuadro 1). Así, al reducir la distancia entre hileras a 40 cm (D40) el RGV, NV, NG y P100G se incrementa en 39%, 49%, 49% y 14% respectivamente. Respecto al N, con N100, el RGV se incrementó en 53% el NV en 33%, el RG en 33% y el P100G en 41% respecto al testigo (N0). En cuanto a la interacción D*N, el mayor RGV, NV, NG y P100G se logró con la combinación D40-N100, con aumentos de 119%, 100%, 122%, 134%, en relación al testigo (D80-N100). De acuerdo con el análisis estadístico de factores principales, el factor que más influyó en la respuesta fue el N (Cuadro 1). El aumento en el NV, NG, P100G y por tanto en el RGV con 40 cm de distancia entre hilera, se puede atribuir en parte al uso más eficiente de los recursos como humedad y nutrimentos. Además, por cultivarse en condiciones de humedad residual, al acortar la D hay mayor cobertura del suelo, lo cual reduce la pérdida de agua por evaporación, que por consiguiente se conserva disponible por mayor tiempo para el cultivo (Roy y Sharma, 2006). Por otra parte, el bajo RGV con N0 se relacionó con un deficiente nivel inicial de N en el suelo (0.08%) (Vázquez y Bautista, 1993). Por lo que, la aplicación de fuentes inorgánicas fue necesaria para los requerimientos nutricionales del cultivo. Para este estudio, el nivel más alto de fertilización (N100) generó mayor RGV en garbanzo para esta región. Resultados similares fueron encontrados por Roy y Sharma, (2006), bajo condiciones de humedad residual en la India con N100 lograron incrementar el rendimiento de grano en 30%.

Cuadro 1. Rendimiento de vaina verde (RGV), número de vainas por m² (NV), número de granos por m², peso de cien granos (P100G) en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzuco, Gro. Otoño de 2011.

Factor	Nitrógeno	RGV g·m ⁻²	NV·m ⁻²	NG·m ⁻²	P100G	IAF Máx
D80 cm	0	589c	397c	499d	66c	4.1c
	50	760c	460c	619c	98b	4.1c
	100	956b	580b	679c	143a	4.2b
D40 cm	0	968b	599b	697c	104b	4.2b
	50	1096b	675b	893b	136a	4.3b
	100	1292a	796a	998a	155a	4.5a
Distancia(D)	80 cm	798b	470b	587b	108b	4.1b
	40 cm	1116a	702a	875a	124a	4.3a
Nitrógeno(N)	0	732c	503c	628c	93b	4.1c
	50	1017 b	585b	729b	123a	4.2b
	100	1122 a	670a	836a	132a	4.3a
Media gral.		957	586	731	116	4.2
Prob F (DMS)	D	** (111)	** (135)	** (248)	*(15)	*(0.1)
	N	** (97)	* (78)	*(97)	** (16)	*(0.1)
	D * N	*(195)	*(118)	*(104)	*(31)	*(0.1)
C.V		14	19	15	13	12

Valores seguidos de la misma letra en cada columna para cada grupo de tratamientos, son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha = 0.05$) *** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente, $DMS_{0.05}$ = diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad de error. CV= coeficiente de variación.

En el Cuadro 2, se presenta la relación entre el RGV y componentes como NV, NG y P100G, así como la relación con el IAF. El NV y NG presentaron mayor relación con el RGV, seguido de P100G, la relación con el IAF fue alta. Los resultados sugieren que para obtener un

mayor RGV se debe incrementar componentes como el NG, NV y el IAF; lo cual se puede lograr con reducción de la distancia entre hilera y aplicación nitrógeno.

Cuadro 2. Relación entre rendimiento de grano verde (RGV) y componentes del rendimiento. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Componente	Significancia	R ²
NV	**	0.96
NG	**	0.96
P100G	*	0.82
IAF Máximo	**	0.95

NG = Número de granos m⁻², NV = número de vainas m⁻², P100G = peso de 100 granos, R² = coeficiente de determinación.

Rentabilidad económica

En el Cuadro 3 se presenta el análisis económico para el RGV. El tratamiento D40-N100 generó el mayor RGV, que si bien mostró el más alto costo total (CT) también logró el mayor ingreso neto (IN), y alcanzó la mayor ganancia por peso invertido (GPI). La menor GPI se presentó con el tratamiento D80-N0. El uso de N incrementó la GPI en \$1.02 para D40-N100 respectivamente, en relación al tratamiento sin N. Resultado similares a los encontrados en este estudio se presentan en otros cultivos como el girasol, que con N100 se logró el mayor ingreso neto (\$8,000) (Olalde *et al.*, 2000).

Cuadro 3. Análisis económico para garbanzo verde en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Distancia entre hilera (cm)	Dosis de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	RGV (kg ha ⁻¹)	IT (\$)	CF (\$)	CV (\$)	CT (\$)	IN (\$)	GPI (\$)
	0	3,090	21,630	8,500	10,500	19,000	2,630	0.14
80	50	4,410	30,870	10,500	15,450	25,950	4,920	0.19
	100	4,470	31,290	10,500	16,150	26,650	4,640	0.17
40	0	8,460	59,220	15,500	16,500	32,000	27,220	0.85
	50	9,450	66,150	15,500	18,250	33,750	32,400	0.96
	100	11,350	79,450	15,500	21,250	36,750	42,700	1.16

Ingreso total (IT) = rendimiento * precio por kg de grano verde (\$7.00), costo fijo (CF) = incluye costos de preparación del terreno, deshierbes y fertilización. Costos variables (CV) = incluyen el costo de la semilla para siembra, fertilizante y cosecha. Costo total (CT) = costo fijo + costo variable. Ingreso neto = IN – CT. $IN = YPy - (\sum XiPi + CF)$ donde: IN = ingreso neto, Y = rendimiento (kg ha⁻¹), Py = precio por kilogramo grano de garbanzo, $\sum XiPi$ = suma de costos variables, GPI = ganancia por peso invertido, (IN/CT).

CONCLUSIONES

Los días a ocurrencia de las fases fenológicas fueron similares entre tratamientos. El requerimiento de calor a cosecha de vaina fue de 1755°C d. El índice de área foliar, el rendimiento de grano verde, número de vainas verdes, número de granos y peso de cien granos se incrementan al reducir la distancia entre hileras y con la aplicación de nitrógeno. El índice de área foliar, rendimiento y número de vainas verdes m^2 , número de granos m^{-2} y peso de cien granos más alto se logra con D40-N100. El mayor ingreso neto se tiene con D40-N100.

LITERATURA CITADA

- Abayomi, Y.A.; T.V. Ajibade; O.F. Sammuel; B.F. Saadudeen (2008)** Growth and yield responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp genotypes to nitrogen fertilizer (NPK) application in the Souther Guinea Savanna zone of Nigeria. *Asia J. Plant Sci.* 7(2):170-176
- Benacchio, S.S. (1982)** Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. FONAIAP–Centro Nal. de Inv. Agropec. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela.
- Escalante, E.J.A (1999)** Área foliar, senescencia y rendimiento de girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra.* 17(2): 149-157
- Escalante, E.J.A.; M.T. Rodríguez G. (2009-2010)** Biomasa, índice de cosecha, componentes de rendimiento en frijol y nitrógeno. *Revista Ciencias Agrícolas Informa.* 19:5-11
- Escalante, E.J.A.; M.T. Rodríguez G.; R. Delgado M.; R. Díaz R. y Y.I. Escalante E (2011)** Fenología y rendimiento del frijol con siembra a corta distancia entre matas y fertilización nitrogenada. *Agricultura sostenible Vol.7.SOMAS EDITORES.* ISBN. 978-607-7856-42-9
- García, E (2005)** Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México
- García, Q.R (2007)** Efecto de cuatro densidades y tres fechas de siembra en el rendimiento de tres variedades de garbanzo blanco en la costa de Hermosillo. *Avances de investigación CIANO.* 3: 70-71

- Karim, M.F. and A. Fattah Q (2003)** Dry matter accumulation and partitioning in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by nitrogen levels and K₂O concentrations. Dhaka Univ. J. Biol. Sci. 12(2): 115-121
- NOM-051-SCFI/SSA1 (2010).** Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010.Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial
- Montenegro, F.; C. Fernández D.; J. Hernández P (2011)** Descripción de seis nuevas líneas de garbanzo (*Cicer arietinum* L) en fincas de productores. Cultivos Tropicales 32: 44-48
- Olalde, G.V.M.; J.A. Escalante E.; P. Sánchez G.; L. Tijerina C.; A.A. Mastache L. y E. Carreño R (2000)** Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. Terra Latinoamericana. 18(4): 313-323
- Padilla, V.I.; I. Ramón.; C.M. Valenzuela V.; R.A. Armenta C. y E. Salinas P (2008)** Comportamiento Agronómico de Genotipos de Garbanzo en Siembra Tardía en el Valle del Mayo, Sonora, México. Rev. Fit. Mex. 31:43-49
- Snyder, R.L (1985)** Hand calculating degree days. Agric. For. Meteorol. 35: 353-358
- Roy, R.K. and P. Sharma R (2006)** Performance of Chickpea genotypes at varying plant population and fertility levels under late-sown conditions. International Chickpea newsletter 14: 19-20
- Trevol, V. S y M. Cantwell (2004)** Guisante (arveja) de vaina comestible: tipos snow y snap. Produce Facts. Postharvest Technology Research and Information Center. University of California, Davis 12(2):34-43

Vázquez, A.A. y A. Bautista N (1993) Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos, México

Volke, H.V (1982) Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE GARBANZO EN FUNCIÓN DE DISTANCIA ENTRE HILERA Y NITRÓGENO EN HUMEDAD RESIDUAL

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE GARBANZO EN FUNCIÓN DE DISTANCIA ENTRE HILERA Y NITRÓGENO EN HUMEDAD RESIDUAL

Maricela Apáez Barrios, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

El garbanzo es fuente de proteína, fibra y minerales. Además, contiene antioxidantes como vitamina C y E. Actualmente México ocupa el tercer lugar mundial en producción. El análisis de crecimiento puede ayudar a comprender las variables que influyen en la acumulación de biomasa y por tanto el rendimiento. La investigación se realizó durante el ciclo otoño - invierno 2011, bajo condiciones de humedad residual en Huitzuco Gro., Méx, de clima cálido. Se sembró el garbanzo criollo regional el 02 de noviembre, se evaluaron seis tratamientos producto de la combinación de 40 y 80 cm de distancia entre hilera (D40 y D80, respectivamente). Se fertilizó con 0, 50 y 100 kg N ha⁻¹ (N0, N50 y N100, respectivamente). La combinación de estos factores generó seis tratamientos. Se contabilizó el número de hojas verdes (NHV) y se determinó el índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar (DAF), tasa media de asimilación neta (TAN) y de crecimiento absoluto (TCA). También se registró el rendimiento de grano y biomasa total (g m⁻²). Los resultados se analizaron estadísticamente con el paquete SAS y Tukey al 5% de probabilidad. Adicionalmente, se aplicó un análisis de regresión entre IAF máximo y rendimiento de grano y biomasa total. Con D40 se generó el más alto NHV (196 m⁻²), IAF (4.3) y DAF (62 días), TAN (1.92 g dm⁻² d⁻¹), TCA (6.7 g m⁻² d⁻¹), RG (186 g m⁻²) y BT (779 g m⁻²). Con N100 se obtuvieron valores de 149 m², 3.30, 60 d, 2.05 g dm⁻² d⁻¹, 7.01 g m⁻² d⁻¹, 187 g m⁻² y 798 g m⁻² para NHV, IAF, DAF, TAN, TCA, RG y

BT, respectivamente. Con la combinación D40-N100 se generó mayor NHV (196 m²), IAF (4.3), DAF (60), RG (227 g m⁻²) y BT (818 g m⁻²). Mediante la reducción de la distancia entre hilera y aplicación de N se incrementa la BT, RG producto de incremento en el NHV, IAF, DAF, TAN, TCA.

Palabras clave: *Cicer arietinum*, biomasa total, índice de área foliar, tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo.

ABSTRACT

The chickpea is a source of protein, fiber and minerals. It also contains antioxidants like vitamin C and E. Currently Mexico ranks third worldwide in production. The analysis of growth can help to understand the variables that influence the accumulation of biomass and therefore performance. The research was carried out during the cycle autumn - winter 2011, under conditions of residual moisture in Huitzuco Gro., Mex, in warm climate. It was sown regional creole chickpea November 02, at 40 and 80 cm distance between row (D40 and D80, respectively). It was fertilized with 0, 50 and 100 kg N ha⁻¹ (N50, N0 and N100, respectively). The combination of these factors has generated six treatments. The number of green leaves (NGL), was recorded and was determined the rate of leaf area (RLA) and duration of leaf area (DLA), mean net assimilation (MNA) and absolute growth rate (AGR). The grain yield and total biomass (g m⁻²) was also recorded. The results were statistically analyzed with SAS and Tukey package 5% probability. In addition, a regression analysis between grain yield and total biomass and maximum Lai was applied. With D40 was generated the highest NGL (196 m⁻²),RAL (4.3) and DLA (62 days), so (1.92 g dm⁻² d⁻¹), AGR (6.7 g m⁻² d⁻¹), GY (186 g m⁻²) and TB (779 g m⁻²). N100 obtained values of 149 m², 3.30, 60 d, 2.05 g dm⁻² d⁻¹, 7.01 g m⁻² d⁻¹, 187 g m⁻² and 798 g m⁻² for NGL, RLA, DLA, MNA, AGR, GY and TB, respectively. With the D40-N100 combination generated greater NGL (196 m²), RLA(4.3), DLA (60), GY (227 g m⁻²) and BT (818 g m⁻²). The BT, RG is increased by reducing the distance between rows and N application product of increment in the NGL, RLA, DLA, MNA,AGR.

Key words: *Cicer arietinum*, biomass total, index of leaf area, rate of net assimilation, crop growth rate.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo se consume en grano seco y presenta alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales, además de características nutraceuticas importantes. Es originario de Turquía, se cultiva principalmente en India, Turquía y México (FAOSTAT, 2011). En la República Mexicana la producción se concentra en los estados de Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Michoacán, Baja California Sur, Jalisco y Guerrero (SIAP, 2011). En el Estado de Guerrero el rendimiento promedio es de 0.6 t ha^{-1} , el cual se considera bajo y se atribuye entre otras causas a densidades bajas de siembra y a la falta de fertilización nitrogenada. Entre las alternativas para incrementar el rendimiento está el uso de altas densidades de población, que se pueden lograr mediante la reducción de la distancia entre hilera. Además de incluir entre las prácticas agrícolas, la aplicación de nitrógeno. Algunas investigaciones en cultivos como frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) han encontrado que a través de estas prácticas agrícolas puede incrementarse la producción de biomasa y el rendimiento, debido al aumento en del área foliar, índice de área foliar y su duración, ocasionado por el incremento del número de hojas (Olalde *et al.*, 2000., Morales *et al.*, 2008). El tamaño y duración del aparato fotosintético están relacionados con el rendimiento (Escalante, 1999). Asimismo, el mayor crecimiento del dosel vegetal proporciona una mayor intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa como resultado de un mayor aprovechamiento de los recursos hídricos y nutrimentales (Aguilar *et al.*, 2005).

El análisis del crecimiento puede también cuantificar aspectos como la duración del ciclo y distribución de asimilados en los órganos de la planta (Azofeifa y Moreira, 2004). Además, de comprender los procesos fisiológicos que definen la producción (Lambers y Poorter, 1992; Barrientos, 1988). El peso de la materia seca es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y magnitud del sistema de asimilación de la planta, referido frecuentemente al

área foliar total, está es la medida usual del tejido fotosintético del cultivo (Taiz y Zeiger, 1991).

La acumulación de materia seca por la planta depende del el índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF) y tasa de asimilación neta (Escalante y Kohashi, 1982). La fertilización nitrogenada contribuye a la mayor eficiencia de aparato fotosintético en relación a esto, Khanna y Sinha (1987) determinaron en garbanzo que la senescencia foliar comienza durante la etapa de formación de la vaina sobre todo en plantas en las que no se aplicó ningún tipo de fertilización, además de afectar su crecimiento y desarrollo.

Los estudios sobre la distribución de materia seca en garbanzo en función de la densidad de población y fertilización nitrogenada son limitados, por lo que los objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la de distancia entre hilera y dosis de nitrógeno sobre el crecimiento, la tasa de acumulación de materia seca y tasa de crecimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció bajo condiciones de humedad residual en Huitzuco, Gro., México (18° N, 99° O y 1086 m de altitud) durante el ciclo Otoño-Invierno 2011. El clima de la región es cálido subhúmedo (AW₁) (García, 2005). El suelo de siembra es de textura arcillosa, con pH de 7.2, conductividad eléctrica de 0.32 dS m⁻¹, 1.69 % de materia orgánica, 0.08 % de nitrógeno total, considerado bajo 10 mg kg⁻¹ de fósforo que es nivel medio de acuerdo a (Vázquez y Bautista, 1993). El 02 de noviembre de 2011 se sembró el garbanzo blanco criollo de la región. Los tratamientos evaluados fueron seis resultado de la combinación de dos distancias entre hileras (D) 40 y 80 cm (D40 y D80, respectivamente) y tres niveles de fertilización nitrogenada 0, 50 y 100 kg N ha⁻¹ (N0, N50 y N100, respectivamente), como fuente de N se utilizó el sulfato de amonio (20.5% N). El diseño experimental fue de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones.

Durante el ciclo del cultivo se registró precipitación (mm), temperaturas mínimas (T_{mín.}, °C) y máximas (T_{máx.}, °C), así como los días a la ocurrencia de las fases fenológicas: días a emergencia (E), a inicio de floración (R1), inicio de fructificación (R2) y a madurez fisiológica (RH) según el criterio presentado en Padilla *et al.* (2008). Para la estimación de la humedad del suelo se tomaron muestras mensuales por el método gravimétrico a una profundidad de 30 cm.

Para evaluar el crecimiento del cultivo, se hicieron muestreos destructivos de tres plantas dentro de la parcela útil de cada unidad experimental, en las cuales se contabilizó el número de hojas verdes m⁻² (NHV) y área foliar medida con un integrador electrónico (LI-COR 3100). Se calculó el índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar total (DAF), a partir de las siguientes relaciones: $IAF = (AF/NP) * DP / 100 \text{ dm}^2$, donde AF = área foliar (dm²) del número de plantas muestreadas, NP = número de plantas muestreadas y DP = número de plantas m⁻².

$DAF = \Sigma (IAF_1 + IAF_2) (T_2 - T_1) / 2$, donde: Σ = suma de la duración del área foliar de cada uno de los muestreos realizados, es decir a los 28, 58, 88 y 118 dds, respectivamente, IAF_1 = índice de área foliar en un tiempo inicial (T_1 , en días), IAF_2 = índice de área foliar en un tiempo final (T_2 , en días) (Escalante y Kohashi, 1993). También se registró el rendimiento de grano (RG, g m⁻² al 12 % de humedad) y la biomasa total (BT, g m⁻²) que representa la suma de MS de todos los órganos de la planta en cada muestreo; las muestras se secaron en una estufa de circulación de aire forzado a 80 °C hasta peso constante. Además se calculó la tasa media de asimilación neta (TAN) y la tasa media de crecimiento absoluto (TCA) con las siguientes ecuaciones: $TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] * [In AF_2 - In AF_1] / (T_2 - T_1)$, donde: PS_2 y PS_1 expresan el peso de la materia seca del cultivo, $In AF_2$ y $In AF_1$, al logaritmo natural del área foliar en el tiempo T_2 y T_1 , respectivamente y $TCA = [(PS_2 - PS_1) / (T_2 - T_1)]$ donde: PS_2 y PS_1 indican el peso seco de materia seca de la planta en los tiempo T_2 y T_1 , respectivamente. (Hunt, 1990; Escalante y Kohashi, 1993). Además se efectuó un análisis de regresión entre el IAF máximo, rendimiento de grano (RG, g m⁻²) y biomasa total (BT, g m⁻²). Las variables se analizaron estadísticamente con el paquete SAS (versión 9.0, 2001) y Tukey al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elementos del clima y fenología

Durante el ciclo del cultivo la temperatura mínima ($T_{mín}$) y máxima ($T_{máx}$) promedio fueron de 14.9°C y 34.8°C , respectivamente. Las más altas ocurrieron en la primera y segunda decena, es decir al inicio de la etapa vegetativa del 02 al 22 de Noviembre (16.9°C y 37°C para $T_{mín}$ y $T_{máx}$, respectivamente). Posteriormente disminuyeron; así, las más bajas se presentaron en la decena 7 y 8, con valores medios de 12°C y 34°C para $T_{mín}$ y $T_{máx}$, respectivamente, que correspondió a inicio de fructificación (R2). La precipitación acumulada de E a RH fue de 7 mm y ocurrió al final de la etapa de fructificación. De acuerdo con Benacchio, (1982) el rango térmico para el desarrollo del cultivo es de $5-35^{\circ}\text{C}$, con un óptimo alrededor de 22°C , por lo que la temperatura registrada se considera apropiada para este cultivo. Sin embargo las dos decenas con temperatura por encima de los 35°C (2 al 23 de Noviembre de 2011) pudieron limitar el desarrollo del cultivo (Cuadro 1).

La ocurrencia de las fases fenológicas no se modificaron por la D y N. Así, la emergencia (E) se presentó a los 10 días después de la siembra (dds), el inicio de floración (R1) a los 55 dds, el inicio de fructificación (R2) a los 67 dds y madurez fisiológica (RH) a los 118 dds (Cuadro 1). La humedad residual en el suelo disminuyó conforme avanzó el desarrollo del cultivo, de tal manera que al inicio del ciclo fue de 35% y a madurez fisiológica (RH) de 15%.

Cuadro 1. Precipitación, temperatura máxima y mínima en función de la distancia entre hilera (D) y nitrógeno (N). Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

Mes	Decena	Precipitación	Tmín	Tmáx	Fases fenológicas
		--- mm ---	----- °C-----		
Noviembre	1	0	17.7	35.0	E
Noviembre	2	0	16.6	36.8	
Noviembre	3	0	16.6	33.6	
Diciembre	4	0	13.4	32.9	
Diciembre	5	0	13.5	33.6	
Diciembre	6	0	15.1	34.4	R1
Enero	7	0	11.9	34.2	R2
Enero	8	0	11.9	34.2	
Enero	9	0	14.6	34.3	
Febrero	10	0	15.4	34.0	
Febrero	11	7	15.9	35.5	
Febrero	12	0	16.3	39.3	RH

E = emergencia, R1 = inicio de floración, R2 = inicio de fructificación, RH = madurez fisiológica

Número de hojas verdes, índice de área foliar y duración del área foliar

El número de hojas verdes (NHV), índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar (DAF) mostraron cambios significativos por efecto de D, N y la interacción D * N (Cuadro 2). El NHV y el IAF se incrementaron conforme avanzó el ciclo de crecimiento, los valores máximos se encontraron a los 88 dds. La D ocasionó cambios significativos en el NHV e IAF a partir de los 28 dds. Con D40 el incremento a los 28, 58 y 88 dds respectivamente en NHV

fueron de 114%, 91% y 51% y para el IAF de 24%, 16% y 5% respecto a D80. Con D40 la DAF se incrementó en 8 días respecto a D80. La DAF fue 5 días mayor. Con N100 a los 28, 58 y 88 dds el incremento respecto a N0 fueron los siguientes: el NHV fue 26%, 98% y 67%; y para IAF de 7.5%, 18% y 5%. El IAF máximo se presentó a los 88 dds (4.35). En relación al efecto combinado, con D40-N100 se observó el mayor NHV y IAF seguido de D40-N50, los cuales se incrementaron en 76%, 107% y 66% para NHV y 7%, 4% y 6% para IAF respecto al D80-N0 (Cuadro 2). Estos resultados indican que el N favorece el incremento en área foliar, resultando en mayor NHV, IAF y duración del aparato fotosintético (DAF) (Lambers y Poorter 1992). Resultados similares fueron los reportados por Escalante (1999) en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con aplicación de N. Esto indica que a mayor IAF se intercepta mayor radiación y con esto la planta tiene mayor capacidad fotosintética, que resulta en una acumulación de biomasa total más alta.

Cuadro 2. Número de hojas verdes, índice de área foliar y duración del área foliar del garbanzo en función de D y N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

FACTOR	NHV (m ²)					IAF			DAF(días)	
	Días después de la siembra									
	28	58	88	118	28	58	88	118	118	
	0	17c	54b	118b	69b	0.70c	2.98d	4.10c	3.35d	56b
D80	50	18c	55b	120b	70b	0.80c	2.99d	4.10c	3.36d	56b
	100	18c	59b	127a	70b	0.80c	3.15c	4.18b	3.36d	57b
	0	24b	108a	185a	101a	0.87b	3.55b	4.21b	3.66c	59a
D40	50	25b	110a	190a	102a	0.89b	3.56b	4.26b	3.67b	59a
	100	30a	112a	196a	104a	0.92a	3.58a	4.35a	3.68a	60a
Distancia	80 cm	14b	57b	124b	64b	0.74b	3.05b	4.10b	3.06b	54b
(D)	40 cm	30a	109a	188a	108a	0.92a	3.55a	4.30a	3.94a	62a
Nitrógeno	0	19b	53c	116c	64c	0.80c	2.96b	4.10c	3.25c	55c
(N)	50	23a	91b	158b	88b	0.83b	3.44a	4.20b	3.58b	58b
	100	24a	105a	194a	106a	0.86a	3.51a	4.30a	3.68a	60a
Med gral		22	83	156	86	0.83	3.30	4.20	3.50	57.8
Prob. F	D	(3)**	(13)*	(32)*	(18)*	(0.02)**	(0.01)**	(0.07)**	(0.01)*	(1)*
(DMS)	N	(3)*	(12)**	(33)**	(16)*	(0.02)**	(0.01)**	(0.07)**	(0.01)*	(1)*
	D*N	(5)*	(16)*	(38)*	(19)*	(0.03)*	(0.02)**	(0.08)*	(0.02)**	(2)*
C.V		11.2	10.3	12.5	15.6	11.4	12.1	7.9	8.4	12.6

¹Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($\alpha = 0.05$) * ** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente. DMS = diferencia mínima significativa, C.V = coeficiente de variación, NHV = número de hojas verdes, IAF = índice de área foliar, DAF = duración del área foliar.

Índices de análisis de crecimiento

La dinámica de las tasas de crecimiento del garbanzo en función de la D y N, se ajustaron a modelos de regresión cuadrática (Figura 1 y 2).

Tasa media de asimilación neta (TAN)

La TAN más alta se observó a los 73 dds y disminuyó conforme avanzó el ciclo del cultivo, hasta los 118 dds, donde se tienen los valores más bajos (Figura 1). La TAN mostró cambios significativos por efecto de D y N. Con D40 la TAN fue más alta con incremento de 20 % respecto a D80. En la Figura 1A se observa que con D40 el incremento en la parte lineal de la curva fue de $0.014 \text{ g dm}^{-2} \text{ día}^{-1}$; mientras que para D80 fue de $0.011 \text{ g dm}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Con N se presentó la TAN más alta a partir de los 43 dds. Con N100 y N50 la TAN se incrementó en 0.04 y $0.02 \text{ g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$, respectivamente, y a los 103 dds en 0.06 y $0.02 \text{ g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$, en relación al testigo (N0). De acuerdo con el modelo de regresión cuadrático, en la parte lineal con N100 y N50, por día la TAN aumenta en 0.018 y 0.017 g dm^{-2} , mientras que con el testigo en 0.015 g dm^{-2} . Los resultados obtenidos indican que el N estimuló la eficiencia fotosintética del dosel vegetal. Los valores más bajos de la TAN a madurez fisiológica puede atribuirse en parte al aumento de la tasa de senescencia foliar, y reducción del NHV e IAF (Apáez *et al.*, 2011). La disminución de la TAN a través del ciclo del cultivo se puede atribuir al autosombreado generado por el mayor tamaño del dosel vegetal al transcurrir el ciclo del cultivo (Escalante y Kohasi, 1982). Valores similares a los encontrados con N100 y N50 fueron reportados por Karim y Fattah (2007), con la aplicación de N100 en garbanzo cv Bari donde obtuvieron valores máximos para TAN de $2.05 \text{ g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

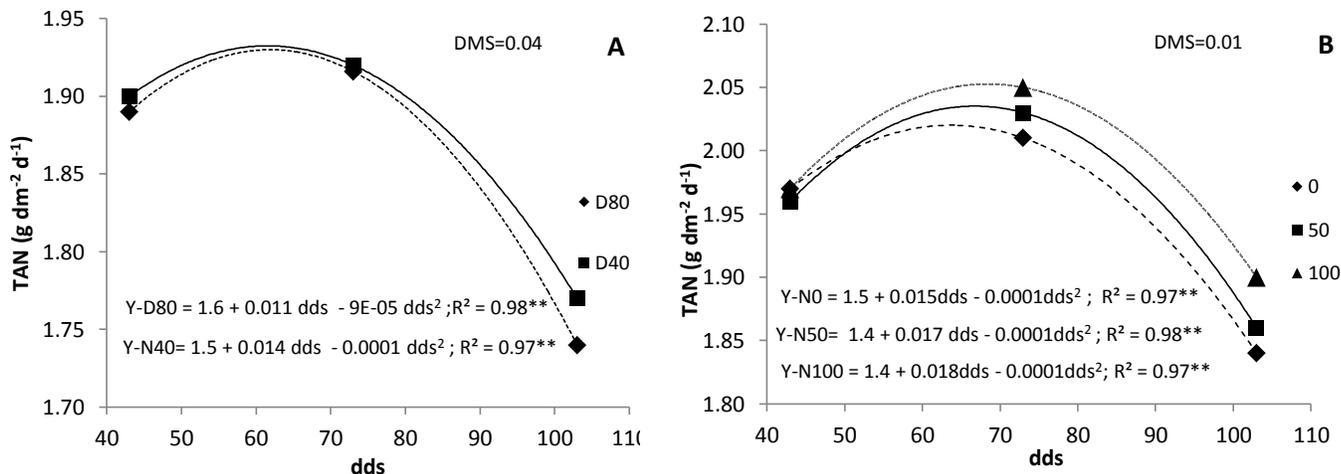


Figura 1. Dinámica de la tasa media de asimilación neta (TAN), A = densidad y B = nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011

Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

La TCA presentó cambios solo por efecto de factores principales D y N. En este sentido la reducción a D40 provocó valores altos de TCA con un máximo de $6.7 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (73 dds), superior en 10% respecto a D80. De acuerdo con el modelo de regresión cuadrático la mayor tasa de acumulación de biomasa se logró con D40 con valores máximos a los 73 dds al presentar TCA valor de la pendiente positiva de $0.75 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (73 dds). El N estimuló significativamente la TCA, los valores más altos ocurrieron a los 73 dds con N100 ($7.01 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), seguido de N50 ($6.50 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) y los más bajos con el testigo (N0, $6.02 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).

De acuerdo con el modelo de regresión, la tasa de acumulación de BT más alta por día se logró con N100 ($0.78 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) seguido de N50 ($0.71 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), la TCA más baja ($0.64 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) correspondió al testigo (N0) (Figura 2).

Los incrementos en la TCA con el N, pueden atribuirse a que aumenta el tamaño del dosel vegetal, medido a través del NHV e IAF, Además retrasa la senescencia foliar por lo que se prolonga su duración y actividad fotosintética (Fageria y Baligar, 2005).

Karim y Fattah (2007) encontraron valores más altos de TCA a los registrados en este estudio para TCA ($10.2 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), lo cual puede atribuirse a diferencias entre genotipos.

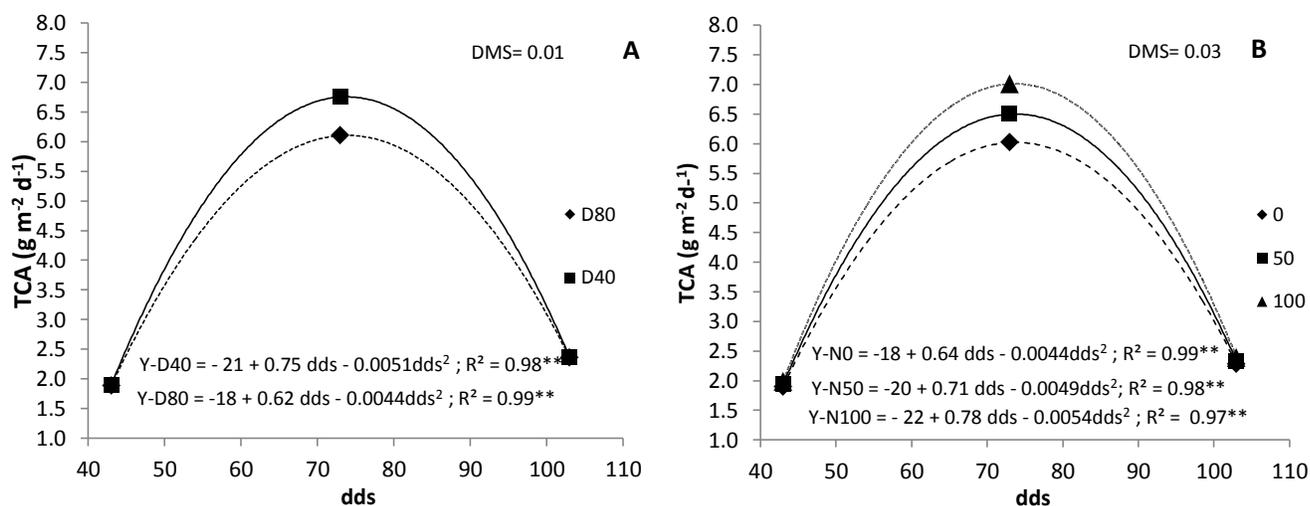


Figura 2. Dinámica de la tasa media de crecimiento absoluto (TCA), A= densidad y B= nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

Relación entre índice de área foliar máximo, rendimiento de grano y biomasa total

En la Figura 3 se presenta la relación entre el IAF máx con el RG y BT. Se encontró una relación positiva entre el IAF máx y RG, de acuerdo con el modelo de regresión lineal el RG se incrementa en 35.5 g m^{-2} por cada unidad de aumento en el IAF máx, con $R^2 0.84^*$. Respecto a la BT e IAF máx la relación lineal fue positiva (Figura 3). La BT aumenta en 248 g m^{-2} por unidad de IAF. Los resultados obtenidos indican que al manejar reducción de la

distancia entre hilera y fertilización nitrogenada se estimula el área foliar y por lo tanto la capacidad fotosintética del cultivo, lo que genera mayor RG y BT. Los valores más bajos de RG y IAF se deben al proceso de translocación, mayor eficiencia del dosel vegetal y NHV. (Olalde *et al.*, 2000). Respuesta similar encontraron Karim y Fattah (2003), quienes con aplicación de N100 lograron incremento en el IAF y por tanto materia seca total de total de tallos, hojas y vainas.

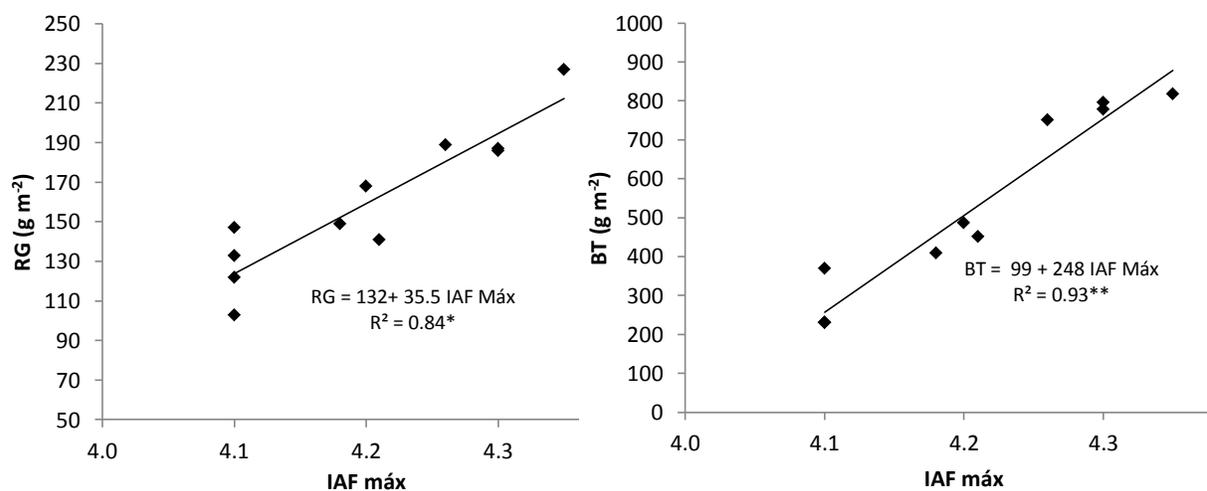


Figura 3. Relación entre el IAF máx con el rendimiento de grano y la biomasa total (g m⁻²) respectivamente. RG = rendimiento de grano y BT = biomasa total. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

CONCLUSIONES

Al reducir la distancia entre hilera a 40 cm y la fertilización con N se incrementa el número de hojas verdes, índice de área foliar, duración del área foliar, tasas medias de asimilación neta y de crecimiento absoluto y en consecuencia el rendimiento de grano y biomasa total.

LITERATURA CITADA

- Aguilar G L, Escalante J. A, Fucikovsky Z J, Tijerina C L, Mark E E (2005)** Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*, 23(3): 303-310.
- Apáez B P, Escalante E J. A, and Rodríguez G M. T (2011)** Growth and yield of cowpea bean in relation with trellises types and climate. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3): 307-315.
- Azofeifa A y M Moreira (2004)** Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agron. Costarr.* 28: 57-67.
- Barrientos E (1988)** Evaluación de necesidades de N, P y Mg en chile dulce, *Capsicum annuum* L., asociado con café, *Coffea arabica*, en siembra nueva. *Centro Regional de Occidente* 12: 56-78.
- Benacchio S S (1982)** Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. FONAIAP–Centro Nal. de Inv. Agropec. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Escalante E J. A. y J Kohashi S (1982)** Efecto del sombreado artificial sobre algunos parámetros de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia*. 48:29-38.
- Escalante E J. A. y J Kohashi S (1993)** El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 84 p.
- Escalante E J.A (1999)** Área foliar, senescencia y rendimiento de girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra*. 17(2): 149-157.
- FAOSTAT (2011)** Producción mundial de garbanzo. En línea [http: www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org). (Consultado el 12 de noviembre de 2012).

- Fageria N K. and Baligar V C (2005)** Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Elsevier Inc. 88: 97-185.
- García E (2005)** Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Hunt R (1990)** Basic Growth Analysis. Unwinn Hyman. London, UK. 132 p.
- Jirali D I, Panchai Y C, Janagoudar B S and Patil B C (1994)** Studies on the growth pattern and yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under receding soil moisture conditions. Indian J. Plant Physiol. 37(4): 275-276.
- Katiyar R P (1980).** Development changes in leaf area index and other growth parameters in chickpea. Indian J. Agric. Sci. 50: 684-691.
- Karim M F and Fattah Q A (2003)** Dry matter accumulation and partitioning in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by nitrogen levels and K₂O concentrations. Dhaka Univ. J. Biol. Sci. 12(2): 115-121.
- Karim M F and Fattah Q A (2007)** Growth analysis of chickpea cv. bari chhola-6 as affected by foliar spray of growth regulators. Dhaka Univ. J. Biol. Sci. 36(2): 105-110.
- Khanna C R and S K. Sinha S K (1987)** Chickpea: Physiological aspects of growth and yield Indian J. Agric. Sci. 50: 163-189.
- Lambers H y Poorter H (1992)** Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. Adv. Ecol. Res. 23: 187-261.
- Morales R E J, Escalante E J. A. S y Lopez S J. A (2008)** Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). Universidad y Ciencia Trópico Húmedo 24:1-10.

- Olalde G V. M, Escalante J. A, Sánchez G P, Tijerina C L, Mastache L A A y Carreño R E (2000)** Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra* 18: 313-323.
- Padilla V I, Ramón I, Valenzuela V C M, Armenta C R A, Salinas P E (2008)** Comportamiento Agronómico de Genotipos de Garbanzo en Siembra Tardía en el Valle del Mayo, Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 43-49.
- SIAP (2011)** Avance de siembras y cosechas. [En línea]: <http://www.siap.gob.mx> (Consultado el 12 de noviembre de 2012).
- Taíz L, E Zeiger (1991)** *Plant physiology*. California Benjamin Cumming. USA. 565 p.
- Vázquez A A, Bautista A B (1993)** Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos, México. 29 p

CAPÍTULO IV

**CONTENIDO DE NITRÓGENO EN GARBANZO DE HUMEDAD RESIDUAL EN
FUNCIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE HILERA Y FERTILIZACIÓN
NITROGENADA**

**CONTENIDO DE NITRÓGENO EN GARBANZO DE HUMEDAD RESIDUAL EN
FUNCIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE HILERA Y FERTILIZACIÓN
NITROGENADA**

Maricela Apáez Barrios

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

En la alimentación humana y animal se utilizan hasta 150 especies de leguminosas de grano, de las más relevantes es el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), haba (*Vicia faba* L.), lenteja (*Lens esculenta* L.) y garbanzo (*Cicer arietinum* L.). En su composición hay altas cantidades de proteínas, de hidratos de carbono de asimilación lenta, de minerales (calcio, hierro, zinc), fibra (soluble) y algunos componentes bioactivos. La producción de garbanzo en México se encuentra en mayor porcentaje en los estados del norte y en menor proporción en los del sur. En el estado de Guerrero en las siembras de garbanzo generalmente se utilizan densidades de población bajas, además de que no se fertiliza, por lo que el rendimiento es bajo (0.6 t ha^{-1}), en comparación a los estados del norte (2.0 t ha^{-1}). Un apropiado arreglo topológico y suministro de nitrógeno pueden incrementar el rendimiento y su calidad. El objetivo del estudio fue: determinar el efecto de la de distancia entre hilera y dosis de nitrógeno sobre la extracción total de N por la planta e índice de verdor (IV) en la planta, así como su relación con la producción de biomasa total y rendimiento. El estudio se realizó en Huitzucó, Gro., México (18° N , 99° O) en el ciclo otoño - invierno 2011. Los tratamientos evaluados fueron seis, producto de la combinación de dos distancias entre hileras a 40 y 80 cm de distancia (D40 y D80, respectivamente), y fertilización con 0, 50 y 100 kg N ha^{-1} (N0, N50 y N100, respectivamente), en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. La semilla

de siembra fue un garbanzo criollo regional. Previo al establecimiento del experimento se realizó un análisis de suelo para conocer el contenido de N inicial. Durante el desarrollo del cultivo se registraron lecturas con el SPAD para conocer el IV. Se evaluó biomasa total (BT) y rendimiento de grano (RG). Además se realizó análisis proximal a cada órgano de la parte aérea de la planta para conocer el contenido de N. Los resultados se analizaron estadísticamente con el paquete SAS (9.0, 2000) y Tukey al 5% de probabilidad. El contenido de N en grano, hojas, tallos y valvas, así como el IV, BT y RG mostraron cambios significativos por D, N y D*N. Así los incrementos con N100 fueron de 0.21, 0.68, 0.35 y 0.48 unidades para grano, hojas, tallos y valvas. Para IV, BT y RG fue de 3.7, 272.7 g m⁻² y 65 g m⁻², respectivamente. En contraste el contenido de N en grano y tallo no fue afectado por D. Con D80-N100 se obtuvo el mayor contenido de nitrógeno en las estructuras de la planta y un índice de verdor, con incrementos de 3.6, 4.1, 1.4 y 1.0% de N en valvas, tallo, hojas y grano y, respectivamente y 43.2 para IV. Con la combinación D40-N100 se lograron valores más altos de BT (818 g m⁻²) y RG (227 g m⁻²), los más bajos correspondieron a la combinación D80-N0. Mediante la reducción de la distancia entre hilera y aplicación de N se incrementa el rendimiento. Con las dosis altas de N se incrementa el contenido de nitrógeno en la planta y el IV.

Palabras clave: biomasa total, contenido de nitrógeno, índice de verdor.

ABSTRACT

In the food and feed are used up to 150 species of leguminous plants, of which the most relevant for human consumption are beans (*Phaseolus vulgaris* L.), broad (*Vicia faba* L.), lentil (*Lens esculenta* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.). In its composition there are high amounts of proteins, carbohydrate assimilation slow, minerals (calcium, iron, zinc), soluble fiber and bioactive components. The production of chickpea in Mexico is higher in the Northern States and to a lesser extent in the South. In the State of Guerrero in the sowing of chickpea generally used population densities low, besides that is not fertilized, so the yield is low (0.6 t ha^{-1}), in comparison to the Northern States (2.0 t ha^{-1}). A proper topological arrangement and nitrogen supply can increase the yield and its quality. The objective of the study was to: determine the effect of the distance between row and doses of nitrogen on total N extraction plant and green index (GI) in the plant, as well as their relationship with the production of total biomass and yield. The study was conducted in Huitzuco, Gro., Mexico (18° N , 99° W) in the cycle autumn - winter 2011. The evaluated treatments were six, product of the combination of two distances between rows to 40-80 cm distance (D40 and D80, respectively), and fertilization with 0, 50 and 100 kg N ha^{-1} (N50, N0 and N100, respectively), in a design of blocks at random with arrangement of split plots. Sowing seed was a regional Creole chickpea. Prior to the establishment of the experiment a soil analysis was carried out to know the content of initial N. During the development of the crop reads with the SPAD were recorded for the GI.

Total biomass (TB) and grain yield (GY) was evaluated. In addition proximal analysis was performed to each organ of the aboveground part of the plant to the content of N. The results were statistically analyzed with the SAS (9.0, 2000) and Tukey 5% probability. The N content in grain, leaves, stems and leaflets, as well as the IV, BT and RG showed significant changes

by D, N, and D * N. Thus increases with N100 were 0.21 and 0.68, 0.35 0.48 units for grain, leaves, stems and leaflets. For GY, TB and YG was 3.7, 272.7 m⁻² g and 65 g m⁻², respectively. In contrast in grain and stem N content was not affected by D. D80-N100 was obtained the higher content of nitrogen in plant structures and an index of greenery, with increases of 3.6, 4.1, 1.4 and 1.0% of N in leaflets, stem, leaves and grain and, respectively and 43.2 to IV. With the D40-N100 combination achieved higher values of TB (818 g m⁻²) and YG (227 g m⁻²), the lowest corresponded to the D80-N0 combination. The yield is increased by reducing the distance between rows and N application. High doses of N increases the nitrogen content in the plant and the IV.

Key words: total biomass, nitrogen content, index of greenery.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo es una leguminosa ampliamente consumida en todo el mundo, y es considerada fuente importante de carbohidratos y proteínas de fácil digestión y bajo costo. Su consumo en combinación con cereales genera un adecuado balance de aminoácidos esenciales (Roy y Sharma, 2006). A nivel mundial, México ocupa el segundo lugar en exportación de garbanzo y el cuarto en producción, la cual se concentra principalmente en el norte del país. El 95% de la producción se destina al mercado internacional por su excelente calidad. El estado de Guerrero se encuentra entre los siete principales estados productores, sin embargo el rendimiento de grano seco es bajo (0.6 t ha^{-1}), en relación a los estados del norte (2.0 t ha^{-1}) (SIAP, 2011) diferencias que pueden atribuirse entre otras razones, a la falta de fertilización y densidades de población apropiadas.

La fertilización es de las prácticas de manejo más importantes para incrementar el rendimiento de los cultivos. De los nutrimentos más importantes en la nutrición de las plantas es el N, ya que es necesario para la síntesis y estructura de la clorofila, por lo que es importante en el proceso de fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1992). Cantidades adecuadas de nitrógeno en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que tienen alta concentración de clorofila. Este pigmento absorbe la luz necesaria para el proceso fotosintético. Los fertilizantes que proveen nitrógeno son costosos, sobre todo en los países como México, donde la mayoría son importados. En el estado de Guerrero, la adición N es muy importante porque el nivel de nitrógeno de la mayoría de los suelos agrícolas es bajo (0.10 %).

La eficiencia de conversión de fertilizante nitrogenado a biomasa alcanza valores de 26 g de biomasa por kg de nitrógeno aplicado (Escalante y Rodríguez, 2009). Las mayores eficiencias se han obtenido con dosis de 150 kg ha^{-1} (Bundy y Andraski, 2005). La respuesta en la producción de biomasa total en garbanzo depende del nivel de N en el suelo, cantidad de

fertilizante aplicado, y características de clima y suelo en la región (Coskuner y Karababa, 2003).

Existen evidencias científicas de que el N y aumento en la densidad de población contribuye a incrementar el rendimiento; además, con aplicaciones de dosis altas de N (150 kg ha^{-1}) se incrementa el contenido de N en la planta, principalmente en grano y hojas, lo que mejora la calidad nutrimental del garbanzo.

Para conocer el contenido de nitrógeno total en la planta, existen metodologías como el método de Kjeldahl. Sin embargo una manera indirecta para este tipo de determinación es mediante el medidor de clorofila Minolta SPAD-502 (Soil Plant Analisis Develpment), el cual mide el IV; parámetro que puede ser relacionado con el contenido de nitrógeno (Caires *et al.*, 2005).

En el estado de Guerrero, los estudios sobre el efecto de las densidades de población y fertilización nitrogenada, sobre el contenido de N total extraído del suelo por la planta, total extraído del suelo son limitados, por lo que el objetivo del estudio fue: determinar el efecto de la de distancia entre hilera y dosis de nitrógeno sobre la extracción total de N por la planta y el índice de verdor, así como la relación de la fertilización nitrogenada con la producción de biomasa total y rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en Huitzuc, Gro., México (18° N, 99° O y 1086 m de altitud), durante el ciclo Otoño-Invierno 2011, bajo condiciones de humedad residual. El clima de la región es cálido subhúmedo (AW₁) (García, 2005). El 02 de noviembre de 2011 se sembró garbanzo blanco criollo de la región. Los tratamientos evaluados fueron seis, producto de la combinación de tres niveles de nitrógeno (N) 0, 50 y 100 kg ha⁻¹ (N0, N50 y N100, respectivamente) y distancias entre hileras (D) 40 y 80 cm (D40 y D80, respectivamente). El diseño experimental fue de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Como fuente de N se utilizó el sulfato de amonio (20.5% N). Para conocer las características físicas y químicas iniciales del suelo experimental, se realizó un análisis a una profundidad de 30 cm en laboratorio de suelos de Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Edo. de Méx.

Durante el desarrollo del cultivo se registraron lecturas de índice de verdor (IV) cada 30 días con el medidor de clorofila SPAD-502 en etapa de floración, en las hojas expandidas y con maduración reciente. A madurez fisiológica se evaluó la biomasa aérea total en materia seca (BT, g m⁻²) y el rendimiento de grano (RG, peso de granos al 12% de humedad, g m⁻²). Adicionalmente se realizó un análisis proximal posterior a la cosecha de grano, para determinar el contenido de nitrógeno total en la planta, mediante el método de Kjendalh (Bremner, 1965), en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. En total, se analizaron 48 muestras de material vegetal (grano, tallo, hojas y valvas) con 2 repeticiones. El procedimiento para el análisis es el siguiente: Se pesa 0.1g de muestra vegetal seca y se coloca en tubos de ensayo. Se agregan 4 ml de la mezcla de ácidos. Se agrega 1.1 g de mezcla de sulfatos, posteriormente se colocan en la plancha a una temperatura no mayor de 360°C (debe oscilar entre 340 a 360°C) hasta tomar una coloración

verde clara de aspecto acuoso. Se prepara el blanco agregando todos los reactivos a excepción de la muestra vegetal. Cuando la digestión ha finalizado, se enfría y se agrega 10 ml de agua destilada, se transfiere al equipo de destilación adicionando 10 ml de NaOH (50%) e inicia el calentamiento. El destilado se recibe con 10 ml de ácido bórico+indicador anteriormente preparado, hasta alcanzar un volumen aproximado de 50 ml. La titulación se lleva a cabo con solución de ácido sulfúrico (0.5 N) preparado previamente, colocado en la bureta hasta que presente el vire de color verde a rosa.

Cálculos

$$\% \text{ Nitrógeno} = (\text{Volumen de muestra} - \text{Volumen Blanco}) \times N \text{ ácido} \times 14 / \text{Peso de la muestra} \times 10$$

Donde: V muestra = volumen del ácido sulfúrico empleado en titular la muestra, V blanco = volumen del ácido sulfúrico empleado en titular el blanco, N = normalidad exacta del ácido sulfúrico, 14 = peso equivalente del N (mg). 1/10 factor para convertir a porcentaje.

Para cada tratamiento se calculó la extracción de N en g m^{-2} . $N \text{ extraído} = \text{ms} (\text{g m}^{-2}) \text{ de la estructura} * \% \text{ N en la estructura} / 100$.

Los datos se analizaron estadísticamente con el programa SAS versión 9.0 y prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Adicionalmente, se realizó un análisis de regresión del contenido de nitrógeno en la hoja (%) e índice de verdor (IV), rendimiento de grano (RG, g m^{-2}) y biomasa total (BT, g m^{-2}). Además, estos se relacionaron con el contenido de N total en la planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y químicas del suelo

El suelo donde se estableció el estudio presenta textura arcillosa, pH neutro, salinidad baja hacia el cultivo, pobre en materia orgánica y nitrógeno total y medio en fósforo de acuerdo al criterio presentado en Vázquez y Bautista, (1993) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

Características físicas y químicas	
Textura	Arcillosa
Ph	7.2
Conductividad eléctrica	0.32 dS m ⁻¹
Materia orgánica (M.O%)	1.69 %
Nitrógeno total	0.08 %
Fósforo	10 mg kg ⁻¹

Contenido de nitrógeno en las estructuras de la planta

En el Cuadro 2 y Figura 1 se observa que el contenido de N (%) en las hojas y valvas mostraron cambios significativos por efecto de la D, N y la interacción D*N. En contraste, en el grano y tallo no se encontraron diferencias significativas por efecto de D, solo por N. Con D80, el contenido de N en hojas y valvas se incrementó en 6% y 23%, respectivamente, mientras que para grano y tallo estos fueron de 23 y 32% respectivamente. El mayor contenido

de contenido de N en garbanzo cultivado a distancias largas (D80) se atribuye a que al reducir la densidad de plantas la competencia por N es menor por lo que pueden absorber mayor cantidad de este nutrimento.

Con N100 se logró el más alto contenido de N en todas las estructuras analizadas (grano, hojas, tallo y valvas) con incrementos de 6.5%, 18%, 28% y 50% de N, respectivamente con relación al testigo sin fertilización (N0). De acuerdo al ANDEVA para factores principales, el N fue el que más influyó en esta respuesta (Cuadro 2). La respuesta positiva a la aplicación de N puede deberse a que el nivel inicial de N en el suelo fue bajo (0.08%), por lo que el suministro a través de fuentes inorgánicas complementa la nutrición y por tanto su acumulación en las estructuras de la planta.

Resultados similares fueron encontrados por Roy y Sharma, (2006) que con N100 lograron 10% más de N total en la planta.

En otros cultivos como frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se observa respuesta similar en la concentración de N en el grano con fertilización nitrogenada de 100 kg ha⁻¹ (Escalante y Rodríguez, 2009). Alcantar *et al.* (2007) encontraron las más altas concentraciones en el dosel vegetal y grano. De acuerdo a Nestby *et al.* (2004), las deficiencias de N afectan la síntesis de proteína y el metabolismo de la planta. Además, es el mineral que más limita el crecimiento vegetal (Schachtman *et al.*, 1998).

Cuadro 2. Contenido de nitrógeno en grano, hojas, tallos y valvas en función de la distancia entre hilera y dosis de nitrógeno. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Factor		Grano	Hojas	Tallo	Valvas
		----- % -----			
Distancia (D)	80 cm	3.46a	4.21a	1.38 ^a	1.3a
	40 cm	3.38a	3.97b	1.34 ^a	1.03b
	0	3.27b	3.77b	1.21b	0.95c
Nitrógeno (N)	50	3.48a	4.05a	1.31b	1.13b
	100	3.48a	4.45a	1.56 ^a	1.43a
Med gral		3.42	4.09	1.36	1.17
Prob. F (DMS)	D	(0.128) ^{NS}	(0.20)*	(0.09) ^{NS}	(0.05)*
	N	(0.19)*	(0.32)*	(0.15)*	(0.08)*
C.V		2.31	4.34	3.11	2.93

^aValores seguidos de la misma letra en cada columna de tratamientos, son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha = 0.05$) **, * = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente, $DMS_{0.05}$ = diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad de error. C.V = coeficiente de variación.

En cuanto a la interacción D*N se encontraron diferencias estadísticas significativas. La combinación de D80-N100 generó la mayor acumulación de N total, con incrementos de 90, 45, 23 y 13% de N en valvas, tallo, hojas y grano, respectivamente.

El adecuado contenido de nitrógeno en la planta le permite alcanzar la máxima tasa de crecimiento (Schachtman *et al.*, 1998).

La concentración varía de acuerdo a la biomasa aérea considerada, ya que a medida que ésta aumenta se produce un efecto de dilución del nitrógeno, de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo (Coskuner y Karababa, 2003).

Al hacer la determinación de nitrógeno en dos variedades de girasol, encontraron que a partir de la emergencia el porcentaje de nitrógeno va en aumento, con valores máximos en etapa vegetativa e inicio de la etapa reproductiva y bajos en la senescencia (Coskuner y Karababa, 2003)

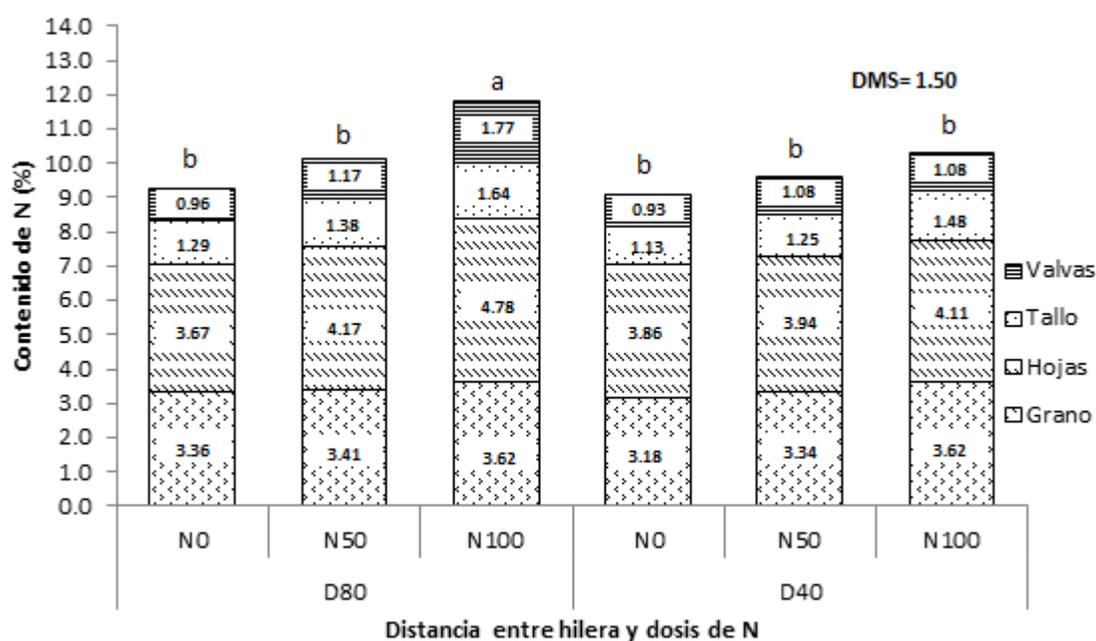


Figura 1. Nitrógeno total (%) y su distribución en la planta en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

Índice de verdor, biomasa total y rendimiento de grano

En el cuadro 3 se presenta índice de verdor (IV), biomasa total (BT) y rendimiento de grano (RG).

De acuerdo al análisis estadístico existieron diferencias significativas por efecto de factores principales D y N y la interacción D*N. Para el IV, con D80 se obtuvieron los valores más altos, con incrementos de 6% respecto a D40, mientras que para BT y RG los valores más altos se lograron con D40, con incrementos de 100% y 40%, respectivamente.

Con N100 se lograron los mayores valores para IV, BT y RG con incrementos respecto a N0 de 8.7%, 80% y 53%, respectivamente. De acuerdo al análisis estadístico, el N influyó en mayor medida en el IV, mientras que D para BT y RG.

El aumento en la BT y RG con la reducción de la D, se atribuye al uso más eficiente de los recursos, incluidos los nutrimentos. Además, por tratarse de siembra bajo condiciones de humedad residual, con D corta y el consecuente aumento de la densidad de población, se genera mayor cobertura del suelo, lo cual reduce la pérdida de agua por evaporación, la cual se conserva disponible mayor tiempo para el cultivo (Roy y Sharma, 2006).

En otras leguminosas como haba (*Vicia faba* L.), Escalante y Rodríguez, (2010) encontraron incrementos significativos en el RG con aplicación de 99 kg de N ha⁻¹.

Cuadro 3. Índice de verdor (IV), biomasa total (BT) y rendimiento de grano (RG) en función de la distancia entre hilera y nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

Factor		IV(Lecturas SPAD)	BT (g m ⁻²)	RG (g m ⁻²)
Distancia (D, cm)	80	45.6a	336.7b	133b
	40	42.9b	673.4 ^a	186a
	0	42.8b	340.9c	122b
Nitrógeno (N, Kg ha ⁻¹)	50	43.4b	560.8b	168a
	100	46.5a	613.6 ^a	187a
Media general		44.2	505.1	159
Prob. F (DMS)	D	(0.79)*	(57)**	(22)**
	N	(1.25)*	(52)**	(33)**
C.V		1.12	3.4	15

^aValores seguidos de la misma letra en cada columna de tratamientos, son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha = 0.05$) *,** = $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente, $DMS_{0.05}$ = diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad de error. C.V = coeficiente de variación.

Relación entre el contenido de nitrógeno (%) en las hojas e índice de verdor

El índice de verdor en relación al contenido de N en la hoja, se ajustó a un modelo de regresión lineal simple (Figura 2), en donde por cada unidad de N el índice de verdor aumenta en 6.9. Estos resultados indican que la aplicación de N mediante fuentes inorgánicas incrementa el contenido de clorofila en la hoja. El mayor contenido en la hoja, indica translocación del tallo (Laffite, 2002).

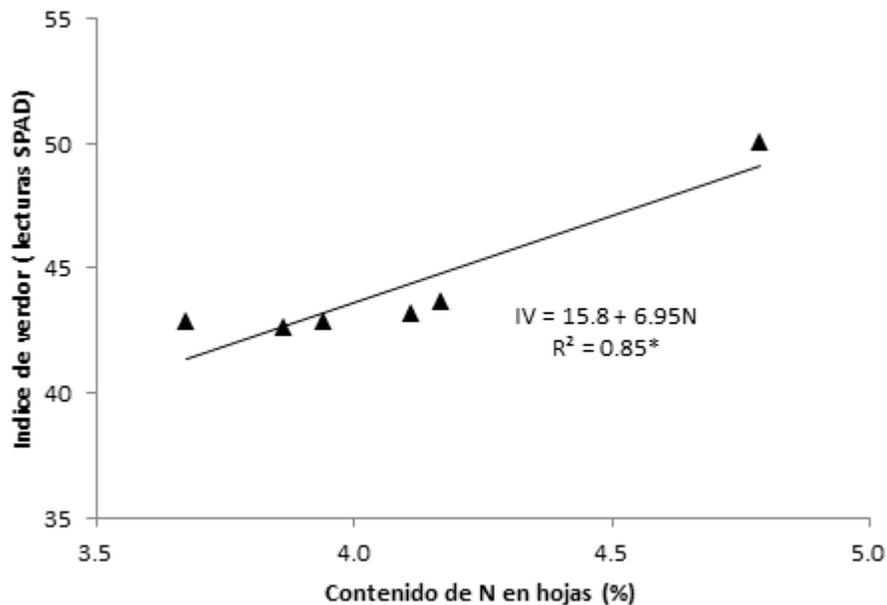


Figura 2. Relación entre el contenido de nitrógeno (%) e índice de verdor en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Relación entre el índice de verdor (IV), rendimiento de grano (a) y biomasa total (b)

En la Figura 3 se presenta la relación entre el IV, RG y BT. Para los dos casos el modelo de regresión se ajustó a un modelo de regresión lineal simple, con respecto a la relación entre RG e IV el RG aumenta 12.9 g m^{-2} por unidad de IV. Por otro lado la relación de BT con el IV es positiva, de tal manera que cuando el IV es mayor la producción de biomasa tiende a incrementar, así ésta se incrementa en 58.3 g m^{-2} por unidad de IV aumentada.

Estos resultados sugieren que para aumentar el rendimiento de grano y la producción de biomasa, se tiene que tener un adecuado uso y manejo de la fertilización nitrogenada, ya que al

incrementar el contenido de clorofila en la hoja, se hace más eficiente la fotosíntesis y por tanto acumulación de BT y su distribución hacia el grano (Coskuner y Karababa, 2003).

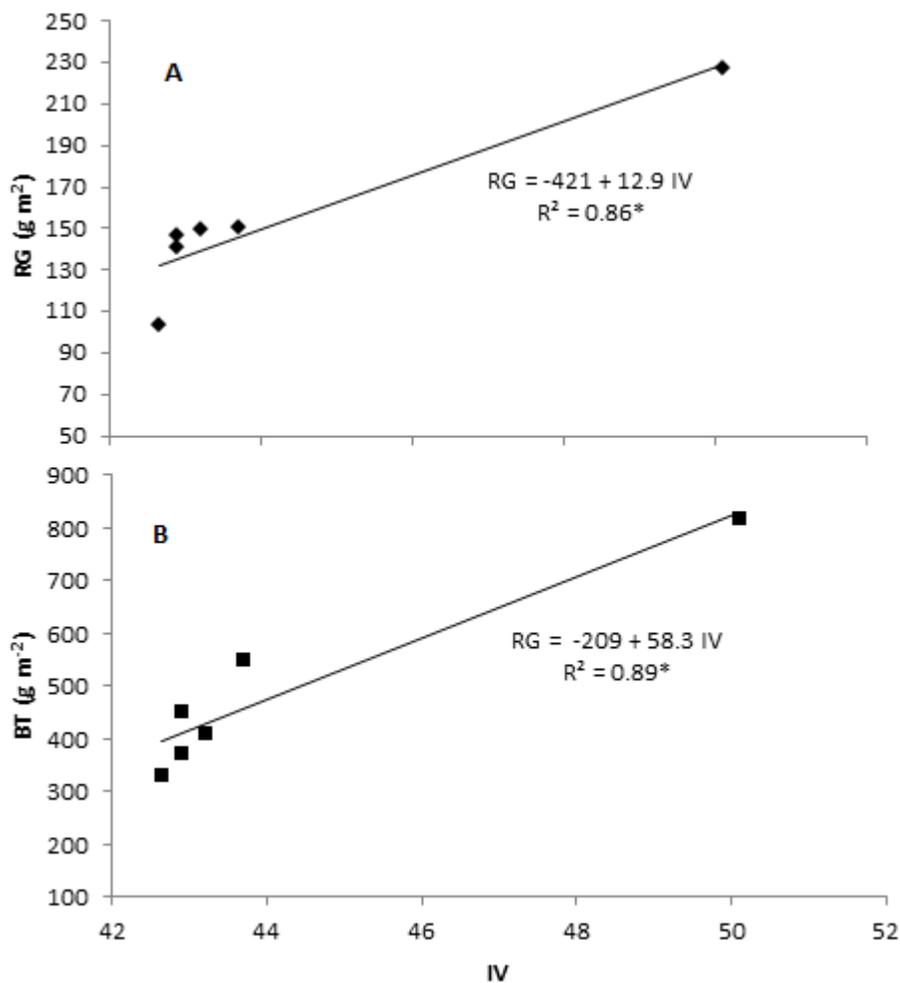


Figura 3. Relación entre el IV, RG y BT en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzuco, Gro., México. Otoño de 2011.

Relación entre el % de N en la planta, rendimiento de grano y biomasa total

En la Figura 4A se presenta la relación entre el % de N en la planta con el RG, observando que se ajusta a un modelo de regresión lineal simple y R^2 de 0.85* donde, por cada unidad de aumento en el % de N el RG incrementa en 149 g m^{-2} . Respecto a la relación con la producción de BT (Figura 4B), donde se incrementa en 684 g m^{-2} .

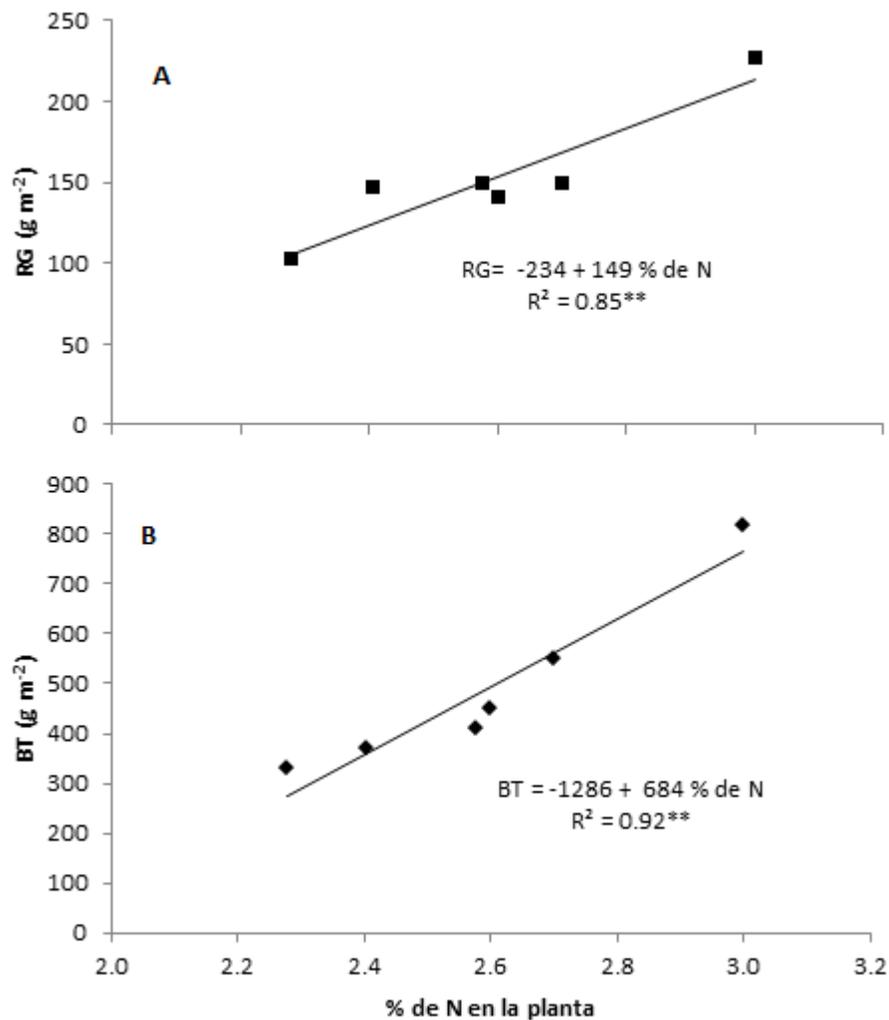


Figura 4. Relación entre el % de N en la planta, RG y BT en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzoco, Gro., México. Otoño de 2011

En la Figura 5 se presenta el total de N extraído en g m^{-2} , así como su distribución hacia grano y el resto del forraje. Si bien contenido de N en % es mayor en plantas de tratamiento D80-N100 (Figura 1), el contenido de N extraído en g m^{-2} es mayor con la combinación D40-N100 al existir el mayor número de plantas por unidad de superficie. Así la extracción más alta de N es de 23.5 g m^{-2} , superior al tratamiento testigo en donde la extracción fue de 6.6 g m^{-2} . En todos los tratamientos la extracción de N fue mayor en forraje en relación al grano lo que se atribuye a que la extracción del forraje es el resultado de la suma de los órganos restantes de la planta, es decir hojas, tallos y valvas.

En frijol, Escalante y Rodríguez, (2009) reportan que la eficiencia agronómica del N y recuperación aparente del mismo, son afectados por el suministro de N y densidad de población utilizadas.

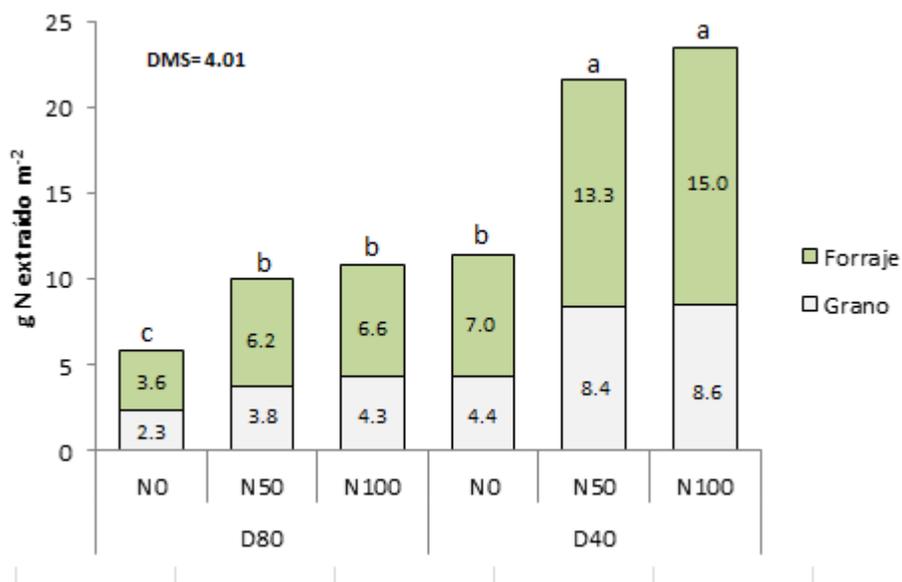


Figura 5. g de N extraído por m^2 en función de la distancia entre surcos y dosis de N. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.

CONCLUSIONES

El contenido de nitrógeno total en las estructuras de la planta se incrementa por el cambio en distancia entre hilera y dosis de nitrógeno, mostrando sus valores más altos con D80-N100. La extracción de N total por la planta es mayor con D80-N100. Con la aplicación al suelo de fertilización nitrogenada el N se incrementa el contenido de nitrógeno en la planta y el índice de verdor.

LITERATURA CITADA

- Alcantar G G M, Sandoval V, y P. Sánchez G (2007)** Elementos esenciales. In: G G Alcantar y Trejo L (eds). Nutrición de cultivos. Colegio de postgraduados. Editorial Mundi-prensa. México.
- Bremner J M (1965)** Total nitrogen. In: Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. Black C A (ed.). American Society of Agronomy. Madison. WI, USA.
- Bundy L G y Andraski T W (2005)** Recovery of fertilizer nitrogen in crop residues, cover crops and chickpea on an irrigated andy soil. Soil Science Society of America Journal 69:141-147.
- Caires N O S, Gaudes C J, Dias M F (2005)** Uso de SPAD 502, contenido de clorofila, nitrógeno y manganeso en algodónero. Pérsica agropecuaria brasileña 40(5):71-87.
- Coskuner Y and Karababa E (2003)** Effect of Location and Soaking Treatments on the Cooking Quality of Some Chickpea Breeding Lines. International J Food Science Techno 38:751-757.
- Escalante E J A y M T Rodríguez G (2009)** Rendimiento, eficiencia agronómica, extracción de nitrógeno en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y prácticas agrícolas. Agricultura sostenible 6.
- Escalante E J A, Rodríguez G M T (2010)** Biomasa y rendimiento en haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. Ciencias Agrícolas Informa 20:16-25.
- García E (2005)** Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Laffite H R (2002)** Fisiología del maíz tropical. Tecnifenalce 2(7):4-5

- Nestby R F, Lieten D Pivot C R, Lacroix M , Tagliavini and B Evenhuis (2004)** Influence of mineral nutrients and their accumulation in plant organs. A review. Acta Hort. 649:201-206.
- Roy R K, Sharma R P (2006)** Performance of Chickpea genotypes at varying plant population and fertility levels under late-sown conditions. International Chickpea newsletter, 14:19-20.
- Salisbury F B y Ross C W (1992).** Fisiología vegetal. Editorial Iberoamericana. México DF.
- SIAP (2011)** Avance de siembras y cosechas. [En línea]: <http://www.siap.gob.mx> (Consultado el 12 de noviembre de 2012).
- Schachtman D P, R J Reid and S M Ayling. 1998.** Nitrogen uptake by plants: From soil to cell. Plant Physiol. 116:447-453.
- Vázquez A A, Bautista A B (1993)** Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos, México. 29 p.