

## Distancia entre hileras, nitrógeno y producción de garbanzo en humedad residual\*

### Row spacing, nitrogen and chickpea production residual moisture

Maricela Apáez Barrios<sup>1</sup>, José Alberto Salvador Escalante Estrada<sup>1§</sup>, María Teresa Rodríguez Gonzalez<sup>1</sup>, Eliseo Sosa Montes<sup>2</sup> y Patricio Apáez Barrios<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.556230. Montecillo, Texcoco. Estado de México. Tel: 015959529299. Ext. 1330. (apaez.maricela@colpos.mx; jasee@colpos.mx; mate@colpos.mx; apaez.patricio@colpos.mx). <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia. Carrera México-Texcoco, km 38.5 56230 Chapingo, Estado de México. Tel: 01595 95 216 42. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: esosamontes@yahoo.com.mx.

#### Resumen

El garbanzo se utiliza en la alimentación humana y animal. Se cultiva sin fertilización, a 80 cm de distancia entre hileras con rendimiento de 0.6 t ha<sup>-1</sup>. Un adecuado arreglo topológico y fertilización nitrogenada puede incrementar el rendimiento del garbanzo. El objetivo fue determinar, bajo condiciones de humedad residual, el arreglo topológico y dosis de nitrógeno apropiadas para incrementar el rendimiento y rentabilidad económica. El estudio se estableció en Huitzuco, Guerrero, México, en 2011. Se utilizó un criollo, sembrado a 40 y 80 cm de distancia entre hileras (D40 y D80, respectivamente), y fertilizado con 0, 50 y 100 kg de N ha<sup>-1</sup> (N0, N50 y N100, respectivamente). Se evaluó biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG), eficiencia en el uso del agua para BT (EUAB) y RG (EUAG). Los resultados se analizaron con SAS y Prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Además se aplicó un análisis económico. Los resultados indican que la BT, RG, IC, EUAG, EUAB fueron afectados significativamente por D, N y D\*N. Con D40 y N100 se logró la mayor BT (818 g m<sup>-2</sup>), IC (31%), RG (227 g m<sup>-2</sup>), EUAG (0.68 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) y EUAB (2.15 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>). El incremento en RG resultó del aumento en el número de vainas (781 m<sup>-2</sup>), peso de cien granos (51 g), número de granos (791 m<sup>-2</sup>) y ganancia económica

#### Abstract

The chickpea is used in food and feed. It is grown without fertilization, 80 cm row spacing yield of 0.6 t ha<sup>-1</sup>. A suitable topological arrangement and nitrogen fertilization can increase the yield of chickpea. The objective was to determine, under conditions of residual moisture, topological arrangement and appropriate to increase performance and profitability dose of nitrogen. The study was established in Huitzuco, Guerrero, Mexico, in 2011. We used a Creole, seeded 40 and 80 cm row spacing (D40 and D80, respectively), and fertilized with 0, 50 and 100 kg of N Ha<sup>-1</sup> (N0, N50 and N100, respectively). The total biomass (BT), harvest index (IC), grain yield (RG), efficient use of water for BT (EUAB) and RG (EUAG) was evaluated. The results were analyzed with SAS and Tukey test at 5% probability. In addition, an economic analysis was applied. The results indicate that BT, RG, IC, EUAG, EUAB were significantly affected by D, N and D\*N. With D40 and N100 as BT (818 g m<sup>-2</sup>), IC (31%), RG (227 g m<sup>-2</sup>), EUAG (0.68 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) and EUAB (2.15 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>). The RG increased is resulted from increase in the number of pods (781 m<sup>-2</sup>), weight of hundred grains (51 g), number of grains (791 m<sup>-2</sup>) and economic profit (\$ 20 649). The heat requirement was 2 295 °C days and evapotranspiration of 380 mm of planting to maturity.

(\$20 649). El requerimiento de calor fue de 2 295 °C días y evapotranspiración de 380 mm de siembra a madurez fisiológica.

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

## Introducción

Dentro de las leguminosas alimenticias, el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en grano seco ocupa el segundo lugar en consumo humano en México (FAOSTAT, 2013). También se consume en grano verde, sin embargo, no existe información documentada. Además, se utiliza como ingrediente de alimentos infantiles como pastas y papillas (Peralta y Veas, 2014). Este presenta alto contenido de proteínas (20%), fibras (10%), minerales (40%), vitaminas C, E y compuestos fenólicos (Kou *et al.*, 2013). La parte aérea de la planta se considera forraje de alta calidad proteica (Rangel *et al.*, 2011). En cuanto a la producción México ocupa el tercer lugar mundial con 131 894 toneladas de grano cultivados en 98 295 hectáreas (FAOSTAT, 2013). El rendimiento promedio de grano seco en México es de 1.8 t ha<sup>-1</sup> bajo condiciones de riego, 1.1 t ha<sup>-1</sup> en temporal y 0.6 t ha<sup>-1</sup> en humedad residual (SIAP, 2013).

En el estado de Guerrero, los municipios de Chilpancingo, Tlapa y Huitzucos son los principales productores (SIAP, 2013), en los cuales se siembran criollos regionales, materiales que presentan un cierto grado de alogamia, bajo condiciones de humedad residual, que se refiere al agua almacenada y disponible en el suelo después del periodo de lluvias, la cual es aprovechada por cultivos de ciclo corto. Bajo estas condiciones el rendimiento de grano es bajo, ya que la humedad disponible es consumida por el cultivo durante las primeras etapas vegetativas y disminuye en el ciclo reproductivo (Escalante, 1999). Asimismo, la disminución en la productividad bajo estas condiciones se atribuye a la falta de fertilización y a la siembra en densidad de población no apropiada, considerando una distancia entre hileras de 80 cm.

Lo cual, limita el aprovechamiento de dicha humedad y productividad del agrosistema, la mejor utilización del agua almacenada se puede lograr mediante la reducción de la distancia entre hileras que generan densidad de población alta con una adecuada fertilización nitrogenada. En este sentido al nitrógeno se le atribuye el 75% del incremento en

**Keywords:** *Cicer arietinum* L., harvest index, profitability, total biomass.

## Introduction

Among the food legumes, chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry grain is second in human consumption in Mexico (FAOSTAT, 2013). It is also consumed in green beans, however, there is no documented information. In addition, it is used as an ingredient in baby foods as pasta and porridge (Peralta and Veas, 2014). This presents high protein (20%) fibers (10%), minerals (40%), vitamins C, E and phenolic compounds (Kou *et al.*, 2013). The aerial part of the plant is considered high quality forage protein (Rangel *et al.*, 2011). As for Mexico production it ranks third in the world with 131 894 t of grain grown on 98 295 ha (FAOSTAT, 2013). The average yield of dry grain in Mexico is 1.8 t ha<sup>-1</sup> under irrigation, 1.1 t ha<sup>-1</sup> in temporary and 0.6 t ha<sup>-1</sup> residual moisture (SIAP, 2013).

In the state of Guerrero, the municipalities of Chilpancingo, Tlapa and Huitzucos are major producers (SIAP, 2013), in which regional Creoles are sown, materials which exhibit a degree of outcrossing under conditions of residual moisture, which refers the stored and available in the soil after the rainy water, which is used by short-cycle crops. Under these conditions, grain yield is low, since the available moisture is consumed by the crop during the early vegetative stages and decreases in the reproductive cycle (Escalante, 1999). Also, the decrease in productivity under these conditions is attributed to the lack of fertilization and sowing in inappropriate population density, considering a distance of 80 cm between rows.

Which limits the use of such moisture and agrosistema productivity, better utilization of stored water can be achieved by reducing the distance between rows that generate high population density with a suitable nitrogen fertilization. In this sense the nitrogen is credited with 75% of the increase in agricultural output (Danso and Eskew, 1984). In this regard, Padilla *et al.* (2008) mention that at a dose 120 kg N ha<sup>-1</sup> increased 30% yield and protein concentration garbanzo beans, Geerts and Raes (2009) indicate that chickpea seeded at high density without limiting moisture, It exhibits an increase in yield of up to 35%. Also they indicate that one of the strategies to increase performance is to increase dry matter partitioning to the organ of agronomic interest (grain).

el rendimiento agrícola (Danso y Eskew, 1984). Al respecto, Padilla *et al.* (2008) mencionan que con una dosis 120 kg N ha<sup>-1</sup> incrementó en 30% el rendimiento y la concentración de proteína en grano del garbanzo, Geerts y Raes (2009), señalan que el garbanzo sembrado en alta densidad sin limitante de humedad, presenta un aumento en el rendimiento de hasta 35%. Además, indican que una de las estrategias para incrementar el rendimiento, es lograr una mayor distribución de materia seca hacia el órgano de interés agronómico (grano).

No obstante, bajo condiciones de humedad residual son escasos los antecedentes sobre la influencia de N y densidades de población en relación al crecimiento, asignación, distribución de materia seca por órgano, rendimiento y sus componentes del garbanzo, así como la eficiencia en el uso del agua. El objetivo del presente estudio fue determinar la distancia entre hileras y dosis de nitrógeno más apropiada para elevar la eficiencia en el uso del agua, producción de biomasa y su distribución en la planta, índice de cosecha, rendimiento, sus componentes y la rentabilidad económica del garbanzo, bajo condiciones de humedad residual. Donde se espera un efecto positivo medido a través de mayor rendimiento y componentes al incrementar la densidad de la población mediante la reducción de la distancia entre hileras y el uso de N.

## Materiales y métodos

El estudio se estableció durante el ciclo otoño-invierno 2011, bajo condiciones de humedad residual en Huitzucó, Guerrero, México a 18° 15' de latitud, 99° 09' de longitud y altitud de 1 086 m. El clima de la región es Cálido subhúmedo con lluvias en verano (AW<sub>1</sub>) (García, 2005). El suelo es de textura arcillosa, pH de 7.2, conductividad eléctrica de 0.32 dS m<sup>-1</sup>, 1.69% de materia orgánica, 0.08% de nitrógeno total y mg kg<sup>-1</sup> de (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). La siembra del garbanzo blanco criollo de la región se realizó el 2 de noviembre de 2011. El diseño experimental fue 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<sup>-1</sup> (N0, N50 y N100) que correspondió a la parcela menor y dos distancias entre hileras (D) 40 y 80 cm (parcela mayor) cuya densidad de población fue de 15 y 30 plantas m<sup>2</sup> (D40 y D80, respectivamente). Como fuente de N se utilizó el sulfato de amonio (20.5% N), el cual se aplicó al momento de la siembra de forma manual al fondo de surco. La unidad experimental fue de 9.6 m<sup>2</sup>. La humedad del suelo se registró mensualmente mediante el método gravimétrico,

However, softly conditions of residual humidity are scarce the background on influence of N and population densities in relation to the growth, assignment, distribution of dry matter for organ, performance and his chickpea's components, as well as the efficiency in the use of water. The objective of this study was to determine the distance between rows and dosage most appropriate to raise efficiency in water use, biomass production and distribution in the plant, harvest index, yield, its components and the profitability of nitrogen garbanzo, under conditions of residual moisture. Where a positive effect measured by increased performance and components to increase the density of the population by reducing the distance between rows and using N expected

## Materials and methods

The study was established during the autumn-winter 2011 cycle under conditions of residual moisture in Huitzucó, Guerrero, Mexico at 18° 15' latitude, 99° 09' of longitude and altitude of 1 086 m. The climate of the region is warm humid with summer rains (AW<sub>1</sub>) (García, 2005). The soil is clayey, pH 7.2, electrical conductivity of 0.32 dS m<sup>-1</sup>, 1.69% organic matter, total nitrogen 0.08% and mg kg<sup>-1</sup> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). White chickpea planting native of the region took place on November 2, 2011. The experimental design was a randomized block in split plot arrangement with four replications product of the combination of three nitrogen fertilizer levels 0, 50 and 100 kg N ha<sup>-1</sup> (N0, N50 and N100), which corresponded to the lower plot and two row spacings (D) 40 and 80 cm (high pitch) with a population density was 15 and 30 plants m<sup>2</sup> (D40 and D80, respectively). As a source of N ammonium sulfate (20.5% N), which was applied at the time of planting by hand to the bottom of groove it is used. The experimental unit was 9.6 m<sup>2</sup>. Soil moisture was recorded monthly by the gravimetric method, which involves removing soil samples at depth of 20 cm, which are weighed and subsequently dried in a forced air oven at a temperature of 80 °C to constant weight (Method GG\_08).

The difference between the weight of the wet sample and the dry, is the amount of water contained in the sample. The ratio of the amount of water to the weight of dry soil sample represents the moisture content at the time of sampling. Managing weeds is performed manually. The effect caused by pests was minimal, for this reason it was considered negligible by not affect the experimental data. During the growing season maximum temperature (T<sub>max</sub>, °C), low temperature (T<sub>min</sub>, °C), evaporation (Ev, mm) and

el cual consiste en extraer muestras de suelo a profundidad de 20 cm, las cuales se pesan y posteriormente se secan en una estufa de aire forzado a temperatura de 80 °C hasta alcanzar peso constante (Method GG\_08).

La diferencia entre el peso de la muestra húmeda y la seca, será la cantidad de agua contenida en la muestra. La relación de esta cantidad de agua con el peso del suelo seco de la muestra, representa el contenido de humedad en el momento del muestreo. El manejo de maleza se realizó de forma manual. El efecto ocasionado por plagas fue mínimo, por tal motivo se consideró despreciable al no afectar los datos experimentales. Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima (T<sub>máx</sub>, °C), temperatura mínima (T<sub>mín</sub>, °C), evaporación (Ev, mm) y precipitación (mm); así como las etapas del ciclo ontogénico como: días a ocurrencia de la emergencia (E), a inicio de floración (R1), inicio de fructificación (R2) y a madurez fisiológica (RH), según el criterio presentado por Padilla *et al.* (2008). Además, mediante el método residual de Snyder, (1985), se calcularon los grados días desarrollo [GDD= [(T<sub>mín</sub>-T<sub>máx</sub>)/2-T<sub>b</sub>]. Como temperatura base (T<sub>b</sub>) para este cultivo se consideró 5 °C (con la ecuación UC=(T<sub>máx</sub>+T<sub>mín</sub>)/2 - T<sub>b</sub>. Donde: UC, son las unidades calor °C. T<sub>máx</sub> y T<sub>mín</sub>, son las temperaturas máxima y mínima diarias, durante el ciclo ontogénico. T<sub>b</sub>, temperatura base (Padilla *et al.*, 2008). La evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) se calculó a partir de los datos de evaporación del tanque tipo A, con un coeficiente para el evaporímetro (K<sub>e</sub>) de 0.75 y valores de coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) en función al desarrollo del cultivo cuyos valores fueron 0.35 (K<sub>c</sub> inicio), 1.0 (K<sub>c</sub> máximo) y 0.25 (K<sub>c</sub> final).

Por medio de la relación ET<sub>c</sub>= (Ev) (K<sub>e</sub>)(K<sub>c</sub>) (Allen *et al.*, 2006). A madurez fisiológica (MF) se tomaron 5 plantas de la hilera central y se contabilizó la biomasa total (BT, g m<sup>-2</sup>) y su distribución en los diferentes órganos de la planta, para ello el material se secó en estufa de aire forzado a 75° hasta peso constante. Por otra parte, se registró el rendimiento de grano (RG, peso de granos a 12% de humedad, g m<sup>-2</sup>) y sus componentes como número de granos por m<sup>2</sup> (NG), peso de cien granos (P100G), número de vainas por m<sup>2</sup> (NV) y granos por vaina (GV). También se calculó la eficiencia del uso del agua para BT y RG (g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>), con la ecuación EUA=BT o RG/ET<sub>c</sub>. Donde: EUA, eficiencia en el uso del agua, ET<sub>c</sub>, evapotranspiración acumulada (Escalante, 1995; de Santa *et al.*, 2005).

A las variables estudiadas se les aplicó un análisis de varianza y, aquellas con significancia estadística una prueba de medias de Tukey 5%. Los análisis estadísticos se hicieron utilizando

precipitación (mm) was recorded; and ontogenetic stages of the cycle as days occurrence of emergency (E), to flowering (R1), start fruiting (R2) and physiological maturity (RH), according to the criteria presented by Padilla *et al.* (2008). Further, by the residual method of Snyder, (1985), they were calculated development grades days [GDD= [(T<sub>min</sub>-T<sub>max</sub>)/2-T<sub>b</sub>]. As the base temperature (T<sub>b</sub>) for the crop it was considered 5 °C with equation UC= (T<sub>max</sub>+T<sub>min</sub>)/2-T<sub>b</sub>. Where: UC are units heat °C T<sub>max</sub> and T<sub>min</sub> are the maximum temperatures. Minimum daily, during ontogenetic cycle. T<sub>b</sub>, base temperature (Padilla *et al.*, 2008). The crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) was calculated from the data type evaporation tank, with a coefficient for pan evaporation (K<sub>e</sub>) of 0.75 and values of crop coefficient (K<sub>c</sub>) based on crop development whose values were 0.35 (K<sub>c</sub> start), 1.0 (maximum K<sub>c</sub>) and 0.25 (final K<sub>c</sub>).

Through the relationship FTE= (Ev) (K<sub>e</sub>) (K<sub>c</sub>) (Allen *et al.*, 2006). A physiological maturity (MF) 5 floors of the middle row is taken and the total biomass (BT, g m<sup>-2</sup>) and their distribution in different organs of the plant are recorded, for which the material was dried in a forced air oven at 75° to constant weight. Moreover, the grain yield (RG, grain weight to 12% humidity, g m<sup>-2</sup>) and its components as the number of grains per m<sup>2</sup> (NG), weight of hundred grains (P100G), number of registered pods per m<sup>2</sup> (NV) and grains per pod (GV). The efficiency of water use for BT and RG (g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) was also calculated with the equation USA=BT or RG / etc. Where: USA, efficient use of water, etc., accumulated evapotranspiration (Escalante, 1995; Santa *et al.*, 2005).

The variables studied were applied a variance analysis and those with statistical significance testing Tukey to 5%. Statistical analyzes were done using SAS version 9.0 (SAS, 2001) package. To determine the degree of association between some components RG and correlation analysis it was applied. In addition, an economic analysis was applied to determine the highest net income in accordance with Volke (1982).

## Results and discussion

### Elements of climate, phenology and soil moisture

In Figure 1 having the T<sub>max</sub> and T<sub>min</sub> (year average) and precipitation (ten sum) during crop growth is noted that the T<sub>max</sub> was between 33 and 37 °C and T<sub>min</sub> between 12 and 18 °C. The higher T<sub>max</sub> (37 °C) occurred in the first ten

el paquete SAS versión 9.0 (SAS, 2001). Para conocer el grado de asociación entre el RG y algunos componentes se aplicó un análisis de correlación. Adicionalmente se aplicó un análisis económico para conocer el mayor ingreso neto de acuerdo a Volke (1982).

## Resultados y discusión

### Elementos de clima, fenología y humedad en el suelo

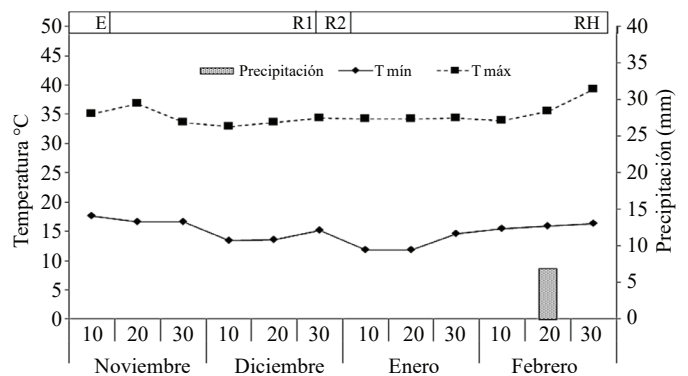
En la Figura 1 que presenta la  $T_{m\acute{a}x}$  y  $T_{m\acute{i}n}$  (media decenal) y la precipitación pluvial (suma decenal) durante el crecimiento del cultivo, se observa que la  $T_{m\acute{a}x}$  osciló entre 33 y 37 °C y la  $T_{m\acute{i}n}$  entre 12 y 18 °C. La  $T_{m\acute{a}x}$  más alta (37 °C) se presentó en la primera decena después de la emergencia (E) y posteriormente disminuyó conforme avanzó el ciclo del cultivo. La  $T_{m\acute{i}n}$  más baja (12 °C) ocurrió después del inicio de floración (R1) e inicio de fructificación (R2). El rango térmico para el desarrollo del cultivo es de 5-35 °C, con un óptimo alrededor de 22 °C (Benacchio, 1982), Bajo estas condiciones el cultivo alcanzó su madurez fisiológica, considerando así a la temperatura como un factor no limitante, para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Respecto a la precipitación está fue de 7 mm durante el ciclo de cultivo, ya que por lo general las lluvias en la región se presentan en verano.

Los días a ocurrencia de las fases fenológicas fueron similares entre tratamientos. Así, la (E) ocurrió a los 10 días después de la siembra (dds), el inicio de la floración (R1) a los 55 dds, R2 a los 67 dds y la RH a los 118 dds. Los GDD acumulados a E fue de 213, a R1 de 1 010, a R2 de 1 225 y a RH 2 295 °C d respectivamente. La ETc acumulada a madurez fisiológica (RH) fue de 380 mm.

En la Figura 2, se observa que la humedad residual disminuyó conforme avanzó el desarrollo del cultivo. Dicha tendencia se ajustó a un modelo de regresión cuadrático. Al inicio del experimento se registró 25% de humedad (capacidad de campo) y a los 118 días (final del ciclo) de 2% (cerca del punto de marchitamiento 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 hace suponer que es un cultivo tolerante a condiciones de humedad limitada. Lo cual puede atribuirse a que las hojas del garbanzo secretan una solución acuosa compuesta de ácido málico y oxálico que captan humedad ambiental

days after emergence (E) and then decreased as the season progressed crop. The lower  $T_{min}$  (12 °C) occurred after the start of flowering (R1) and start fruiting (R2). The heat range for crop development is 5-35 °C, with an optimum around 22 °C (Benacchio, 1982) Under these conditions the culture reached physiological maturity and considering the temperature as a non-limiting factor for the growth and development of the crop. Regarding precipitation is was 7 mm during the growing season because it usually rains in the region are presented in summer.

The days occurrence of phenological phases were similar among treatments. Thus, the (E) occurred at 10 days after sowing (ddp), the initiation of flowering (R1) at 55 dds, dds R2 at 67 and RH to 118 dds. The GDD accumulated E was 213, in 1010 to R1, R2 of 1 225 and HR 2 295 °C d respectively. ETc accumulated physiological maturity (RH) was 380 mm.

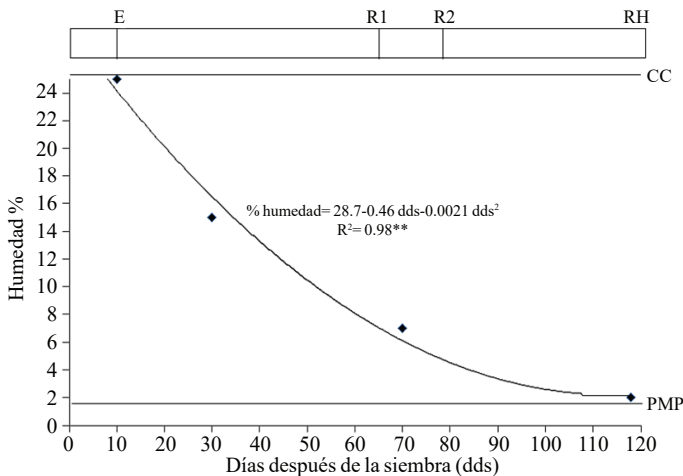


**Figura 1. Media decenal de la temperatura máxima ( $T_{m\acute{a}x}$ ), mínima ( $T_{m\acute{i}n}$ ) y suma decenal de la precipitación durante el ciclo de cultivo de garbanzo. E= emergencia; R1= inicio de floración; R2= inicio de fructificación; RH= madurez fisiológica. Huitzuco, Guerrero, México. Otoño de 2011.**

**Figure 1. Ten-year average maximum temperature ( $T_{max}$ ), minimum ( $T_{min}$ ) and decadal amount of rainfall during the growing season chickpea. E= emergence; R1= beginning of flowering; R2= start fruiting; RH= physiological maturity. Huitzuco, Guerrero, Mexico. Fall 2011.**

In the Figure 2 shows that the residual moisture decreased as advanced crop development. This trend to a quadratic regression model was adjusted. At the beginning of the experiment 25% moisture (field capacity) and 118 days (end of the cycle) 2% (about permanent wilting point) it was recorded. According to the regression model, the reduction of moisture per day averaged 0.46%. During the development of visually crop plants it wilt not observed, which suggests that a tolerant crop limited moisture conditions. Which can be attributed to chickpea leaves secrete an aqueous solution composed of

durante la noche, lo que podría ayudar a complementar el requerimiento hídrico para su crecimiento (Martínez y Calderón, 2005).



**Figura 2. Dinámica 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, Guerrero, México. Otoño de 2011.

**Figure 2. The dynamics of soil moisture (%) during cycle chickpea.** E= emergence; R1= beginning of flowering; R2= start fruiting; RH= physiological maturity. Huitzucu, Guerrero, Mexico. Fall 2011.

### Biomasa total y su distribución en los órganos de la planta

La acumulación de BT presentó cambios significativos por efecto la interacción D\*N (Figura 3). Con la combinación D40-N0, D40-N50 y D40-N100, respectivamente la MS del grano, hojas, tallo y valvas aumentó en 47, 49, 50 y 48% respectivamente, en relación a D80-N0, D80-N50 y D80-N100.

Por otra parte, la distribución de MS en los órganos de la planta fue similar entre tratamientos, que en promedio fue de 30% para tallo, 30% para grano, 30% para hojas y 10% para valvas. Esto sugiere la posibilidad de que, la variación ambiental relacionada con los cambios en distancia de siembra y el N, no fueron tan severos para afectar la distribución de MS en el garbanzo.

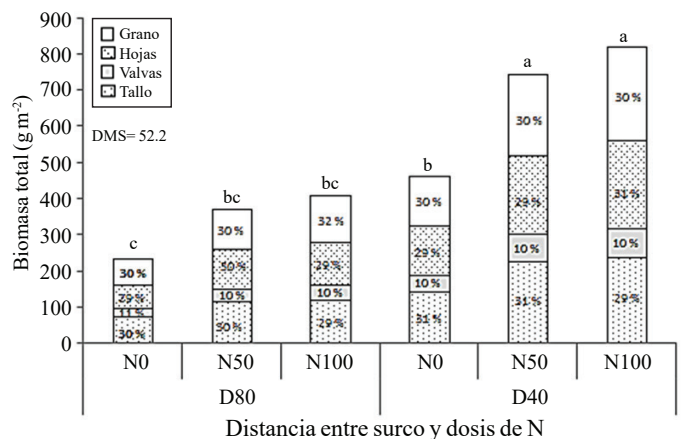
En cuanto a la interacción D\*N, en la Figura 4 se observa que la respuesta en BT a la interacción se ajustó a un polinomio de segundo grado. Así, en D40, la respuesta en BT al N fue más alta, puesto que por cada kg de N ha<sup>-1</sup> que se aplicó la BT aumentó en 7.6 g m<sup>-2</sup>, mientras que con D80 aumentó en 3.8 g m<sup>-2</sup>. Asimismo, la mayor BT se generó con D40-N100, con incrementos de 56% respecto a N0-D80 (Figura 3). Dicha respuesta está determinada por un mayor crecimiento

oxalic acid and malic capture humidity during the night, which could help supplement the water requirement for growth (Martínez and Calderón, 2005).

### Total biomass and its distribution in plant organs

Accumulation BT present significant changes interaction effect D\*N (Figure 3). With the combination D40-N0, D40-N50 and N100, respectively the MS grain, leaves, stem and leaflets increased by 47, 49, 50 and 48%, respectively, relative to N0-D80, D80 and D80-N50 -N100.

Moreover, the distribution of MS in plant organs was similar between treatments, which averaged 30% for stem, 30% for corn, 30% to 10% leaves and leaflets. This suggests the possibility that environmental variation related to changes in row spacing and N, was not as severe to affect the distribution of MS in chickpea.



**Figura 3. Biomasa total y su distribución en la planta en función de la distancia entre hileras y dosis de N. Huitzucu, Guerrero, México. Otoño de 2011.** N0= sin nitrógeno; N50= 50 kg de N ha<sup>-1</sup>; N100= 100 kg de N ha<sup>-1</sup>. D40= distancia entre hileras de 40 cm; y D80= distancia entre hileras de 80 cm.

**Figure 3. Total biomass and its distribution on the ground depending on the distance between rows and doses of N. Huitzucu, Guerrero, Mexico. Fall 2011.** N0=no nitrogen; N50= 50 kg N ha<sup>-1</sup>; N100= 100 kg N ha<sup>-1</sup>. D40= row spacing of 40 cm; and D80= row spacing of 80 cm.

As for the interaction D\*N, Figure 4 shows that the response to interaction BT adjusted to a quadratic polynomial. Thus in D40, the response BT to N was higher, since for every kg N ha<sup>-1</sup> that BT was applied increased by 7.6 g m<sup>-2</sup>, whereas D80 increased by 3.8 g m<sup>-2</sup>. Also, most BT was generated with D40-N100, with increases of 56% compared to N0-D80 (Figure 3). Such a response is determined by a higher growth stimulated by plant canopy N, by its effect on leaf expansion

del dosel vegetal estimulado por el N, por su efecto sobre la expansión foliar (Escalante, 1995; Escalante 2001) y a la mayor cobertura del suelo provocada por la siembra a distancias cortas, que conduce a una mayor intercepción de radiación y un uso más eficiente del agua. Resultados similares se reportan en girasol (Aguilar *et al.*, 2005).

**El índice de cosecha**

El índice de cosecha (IC) mostró cambios significativos por efecto de D, N y la interacción D\*N (Cuadro 1). Con D40 el IC fue superior a D80, lo cual se atribuye al uso eficiente de todos los recursos como lo son agua y nutrientes. Con respecto al N, el IC con N100 aumentó en 8% y 10% en comparación con N50 y N0, respectivamente. Tendencias similares se reportan en girasol (Olalde *et al.*, 2000). En relación a la interacción D\*N, el más alto IC se encontró con D40-N100 (4.2% más que D80-N0). Estos resultados indican que el N, al generar una mayor demanda de fotoasimilados mediante una mayor producción de vainas y grano, eleva la asignación de MS hacia dichas estructuras y que la alta densidad de población hace un uso más eficiente de los recursos entre ellos agua y nutrimentos (Olalde *et al.*, 2000; Escalante y Rodríguez, 2010). Resultados similares encontraron Saxena y Johansen (1988), quienes en cultivares de garbanzo tolerantes al frío reportan IC de 32%, valor cercano al promedio del presente estudio.

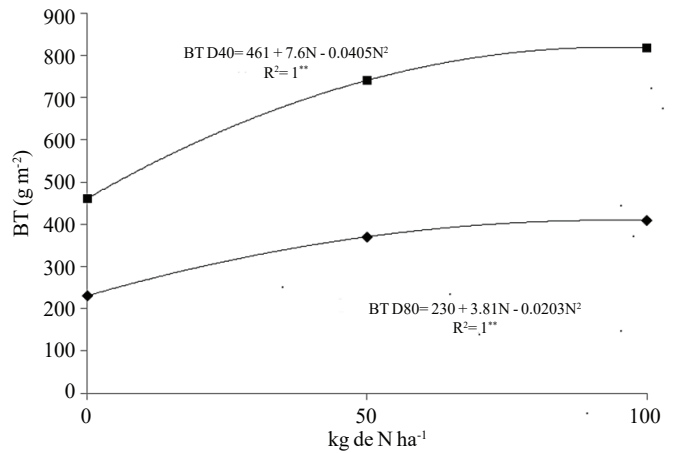
**Cuadro 1. Índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG), número de vainas (NV), peso de cien granos (P100G) y número de granos (NG), en función de la distancia entre hileras y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Gro., México. Otoño de 2011.**

**Table 1. Harvest index (CI), grain yield (RG), number of pods (NV), one hundred weight of grains (P100G) and number of grains (NG), depending on the row spacing and nitrogen dose. Huitzucó, Guerrero, Mexico. Fall 2011.**

Distancia entre hilera (cm)	Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	IC (%)	RG g m <sup>-2</sup>	NV m <sup>-2</sup>	P100G g	NG m <sup>-2</sup>
80	0	26.8c <sup>¶</sup>	103c	364c	18.2c	382c
	50	29.1b	147b	519b	25.2c	529b
	100	30.6b	149b	533b	41.3b	543b
40	0	29.8b	141b	540b	33.4b	550b
	50	30.0b	189a	706a	45.2a	716a
	100	31.0a	227a	781a	51.4a	791a
Distancia (cm)	80 cm	29.9b	133b	522b	35.6b	528b
	40 cm	31.2a	186a	779a	42.3a	789a
Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	0	28.7c	122b	559b	34.4c	568c
	50	29.1b	168a	648ab	44.4b	658b
	100	31.6 a	187a	745a	50.7a	745a
Media general.		30	159	651	38.9	659
Prob F (DMS <sub>0.05</sub> )	D	* (1.3)	** (22)	** (118)	** (7.2)	** (261)
	N	* (0.40)	** (33)	* (177)	** (4.2)	** (87)
	D * N	* (1.6)	** (44)	** (155)	** (11.8)	** (147)
CV		4.2	15	20	3.8	17

<sup>¶</sup>En cada columna los tratamientos con letra similar indica que las diferencias no fueron significativas, según Tukey (α= 0.05) \*, \*\* = p≤ 0.01 y 0.05, respectivamente, DMS<sub>0.05</sub>= diferencia mínima significativa al 5 % de probabilidad de error. CV= coeficiente de variación.

(Escalante, 1995, Escalante, 2001) and increased ground cover planting caused by short distances, leading to greater radiation interception and a more efficient use of water. Similar results were reported in sunflower (Aguilar *et al.*, 2005).

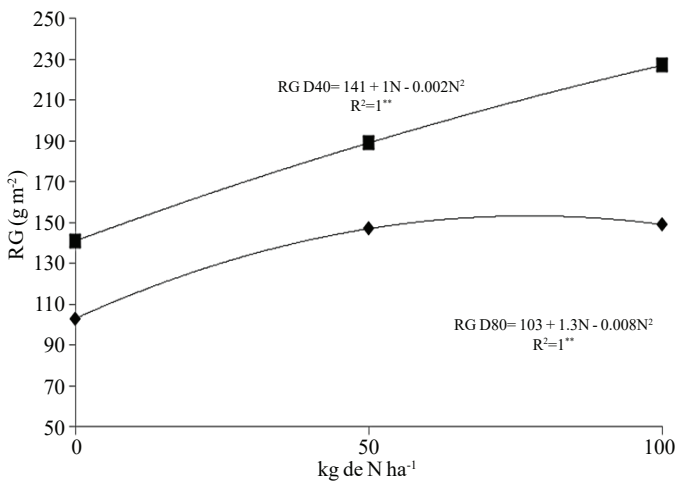


**Figura 4. Respuesta de la biomasa total (BT) a la distancia entre hileras en función de la dosis de nitrógeno, interacción biomasa total x N. Huitzucó, Guerrero, México. Otoño de 2011.** D40= distancia entre hileras de 40 cm y D80= distancia entre hileras de 80 cm.

**Figure 4. Response of total biomass (BT) to the distance between rows according to the dose of nitrogen, total biomass interaction Huitzucó x N., Guerrero, Mexico. Fall 2011.** D40= row spacing of 40 cm and D80= distance between rows of 80 cm.

## Rendimiento de grano y sus componentes

La respuesta al nitrógeno en función a la distancia entre hilera para el RG, se ajustó a un modelo polinómico de segundo grado. Con D40 se encontró respuesta en el RG hasta con 100 kg de N ha<sup>-1</sup> (230 g m<sup>-2</sup>); mientras que con D80, el RG más alto (140 g m<sup>-2</sup>) se logró con 50 kg de N ha<sup>-1</sup> (Figura 5). En este sentido, García (1997) obtuvo un rendimientos de 3 t ha<sup>-1</sup>, con siembra entre el 15 de noviembre al 15 de diciembre en humedad residual.



**Figura 5. Respuesta del rendimiento de grano (RG) a la distancia entre hileras en función de la dosis de nitrógeno. Huitzucó, Guerrero, México. Otoño de 2011.** D40= distancia entre hileras de 40 cm y D80= distancia entre hileras de 80 cm.

**Figure 5. Response grain yield (RG) to the distance between rows according to the dose of nitrogen. Huitzucó, Guerrero, Mexico. Fall 2011.** D40= row spacing of 40 cm and D80= distance between rows of 80 cm.

En el Cuadro 1 se observa que el RG y sus componentes, número de vainas (NV), peso de cien granos (P100G) y número de granos (NG) presentaron cambios significativos por efecto de la D, N y la interacción D\*N. Con D40, el RG se incrementó en 53 g m<sup>-2</sup>, NV en 257 m<sup>-2</sup>, el P100G en 6.6 g y el NG en 361 m<sup>-2</sup> en relación a D80. Con N100, se logró el mayor RG, NV, P100G y NG. En relación a la combinación D\*N, el mayor RG, NV, P100G y NG se logró con D40-N100, con incrementos de 45, 46, 35 y 48%, respectivamente en relación a D80-N0. De acuerdo al análisis estadístico de factores principales, el factor que más influyó en esta respuesta fue la distancia (Cuadro 1). Dicho comportamiento se atribuye al uso más eficiente de los insumos para crecimiento del cultivo. Además, bajo condiciones de humedad residual, con la siembra en hileras estrechas y el consecuente aumento de la densidad

## Harvest index

Harvest index (IC) showed significant changes as a result of D, N and interaction D\*N (Table 1). With the IC D40 was superior to D80, which is attributed to the efficient use of all resources such as water and nutrients. With regard to N, with the IC N100 increased by 8% and 10% compared to N0 and N50, respectively. Similar trends were reported in sunflower (Olalde *et al.*, 2000). In relation to interaction D\*N, the highest IC met D40-N100 (4.2% from D80-N0). These results indicate that the N, generating increased demand for fotoasimilados by increased production of pods and grain rises MS allocation to these structures and the high population density makes more efficient use of resources including water and nutrients (Olalde *et al.*, 2000; Escalante and Rodríguez, 2010). Similar results were found Saxena and Johansen (1988), who in chickpea cultivars cold tolerant reported IC 32%, close to the average value of this study.

## Grain yield and its components

The nitrogen response according to the distance between the spinneret RG, a second degree polynomial model is adjusted. With D40 response in the RG up to 100 kg N ha<sup>-1</sup> found (230 g m<sup>-2</sup>); whereas D80, the highest RG (140 g m<sup>-2</sup>) was achieved with 50 kg N ha<sup>-1</sup> (Figure 5). In this sense, García (1997) obtained a yield of 3 t ha<sup>-1</sup>, seed from 15 november to 15 december residual moisture.

In the Ttable 1 shows that the RG and its components, number of pods (NV), weight of hundred grains (P100G) and number of grains (NG) showed significant changes due to the D, N and interaction D\*N. With D40, the RG increased 53 g m<sup>-2</sup>, 257 m<sup>-2</sup> NV, 6.6 g P100G and NG 361 m<sup>-2</sup> in relation to D80. With N100, the largest RG, NV, P100G and NG was achieved. Regarding the combination D\*N, the greater RG, NV, P100G and NG-D40 was achieved with N100, with increments of 45, 46, 35 and 48% respectively in relation to D80-N0. According to the statistical analysis of the main factors, the most influential factor in this response was the distance (Table 1). This behavior is attributed to the more efficient use of inputs for crop growth. In addition, under conditions of residual moisture, by planting in narrow rows and the resulting increase in population density, generates more ground cover from the early stages of crop development, this reduces water loss by evaporation, so there greater availability of water and time to be used by the crop (Roy and Sharma, 1986).



de población, genera mayor cobertura del suelo desde etapas tempranas del desarrollo del cultivo, esto reduce la pérdida de agua por evaporación, por lo que hay mayor disponibilidad de agua y tiempo para que sea aprovechada por el cultivo (Roy y Sharma, 1986).

As for the factor N, the initial level was low (0.08%), resulting in the lowest RG N. failing to apply this necessitates the provision of that nutrient in these conditions to achieve an acceptable RG. In this regard in India, reported increases of up to 30% RG applying

**Cuadro 2. Relación entre rendimiento de grano (RG) y componentes del rendimiento. Huitzuco, Guerrero, México. Otoño de 2011. Table 2. Relationship between grain yield (RG) and yield components. Huitzuco, Guerrero, Mexico. Fall 2011.**

Rendimiento de grano vs	Significancia	R <sup>2</sup>
NG	**	0.98
NV	**	0.97
P100G	*	0.82

NV= número de vainas m<sup>2</sup>; P100G= peso de 100 granos; NG= número de granos m<sup>2</sup>; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación.

En cuanto al factor N, el nivel inicial fue bajo (0.08%), lo que ocasionó el menor RG al no aplicar N. esto hace necesario el suministro de dicho nutrimento en estas condiciones para lograr un RG aceptable. Al respecto en la India, reportan incrementos de hasta 30% en el RG al aplicar 100 kg de N ha<sup>-1</sup> (Roy y Sharma, 1986). En haba (*Vicia faba* L.), aumenta significativamente el NV, NG y en consecuencia en el RG con aplicación de 99 kg de N ha<sup>-1</sup> (Escalante y Rodríguez, 2010). Danso y Eskew (1984) destacan la importancia del N como factor de incremento hasta de 75% en el RG de los cultivos agrícolas.

### Relación entre el rendimiento de grano y sus componentes

En el Cuadro 2, que presenta la relación entre el RG y componentes como el NG, NV y P100G, se observa que el NG mostró mayor relación con el RG, seguido de NV. Esto indica que para elevar el RG se debe incrementar el tamaño de la demanda de fotosintatos como son el NG y NV (Escalante y Rodríguez, 2010), lo cual se puede lograr mediante las prácticas de manejo del cultivo, entre estas la distancia entre hileras de siembra y el suministro de nitrógeno.

### Eficiencia en el uso del agua

Al reducir la distancia entre hileras de siembra se logra mayor cobertura del suelo desde etapas tempranas de desarrollo del cultivo (Escalante y Rodríguez, 2010). Esto supone más cantidad de agua disponible para el cultivo al reducir las pérdidas por evaporación, generando EUA más alta (Cuadro 3). Con D40 la EUAG y EUAB fue superior en 0.27 y 0.88 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>, respecto a D80. Con N se elevó la EUAG y EUAB en 0.25 y 0.71 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> en relación al testigo (sin fertilización).

100 kg N ha<sup>-1</sup> (Roy and Sharma, 1986). In bean (*Vicia faba* L.), significantly increases NV, NG and consequently in the RG with application of 99 kg N ha<sup>-1</sup> (Escalante and Rodríguez, 2010). Danso and Eskew (1984) emphasize the importance of N as a factor of increase to 75% in the RG of agricultural crops.

### Relationship between grain yield and its components

In Table 2, showing the relationship between the RG and components as NG, and P100G NV, it shows that the NG was more related to RG, followed by NV. This indicates that to raise the RG should increase the size of the demand for photosynthates such as the NG and NV (Escalante and Rodríguez, 2010), which can be achieved through crop management practices, among them the distance between rows sowing and nitrogen supply.

### Efficiency in water use

By reducing the distance between rows of planting more ground cover is achieved from the early stages of crop development (Escalante and Rodríguez, 2010). This means more water available for the crop to reduce evaporation losses, generating US higher (Table 3). With the D40 EUAB EUAG and was higher by 0.27 and 0.88 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>, for D80. With N the EUAG and EUAB rose by 0.25 and 0.71 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> in relation to the control (without fertilization).

When handling high population density by reducing the distance between rows and N application it has fast effect of N coverage and increase the crop canopy so the efficiency of water increases (Escalante, 2001). As for the interaction D\*N, most EUAG and EUAB recorded with D40-N100,

Al manejar densidad de población alta mediante la reducción de la distancia entre hileras y aplicación de N se tiene una rápida cobertura por efecto de N e incremento del dosel vegetal por lo que la eficiencia en el uso del agua aumenta (Escalante, 2001). En cuanto a la interacción D\*N, la mayor EUAG y EUAB se registró con D40-N100, mientras que la más baja eficiencia con D80-N0. Al respecto bajo condiciones de humedad residual Zhang *et al.* (2000) con riego suplementarios registran valores de EUAB de 8.7 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> y EUAG de 3.2 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>. Está mayor eficiencia se atribuye a que es más alta la disponibilidad de agua.

### Rentabilidad económica

En los estudios donde se involucra la fertilización inorgánica se requiere un análisis económico por el alto costo que implica su adquisición y aplicación. En el Cuadro 4 que presenta el análisis económico para el RG, se observa que el tratamiento D40-N100 generó el mayor RG, el más alto costo total (CT) y el mayor ingreso neto (IN). Sin embargo, la mayor ganancia por peso invertido (GPI) se logró con D40-N50 y la más baja con D80-N0. La aplicación de N inorgánico aumentó la GPI en \$0.30 para D40-N50 y D80-N50 en relación al tratamiento sin N. En cultivos como girasol, con N100 también se ha logrado el mayor ingreso neto (Olalde *et al.*, 2000). Asimismo, aun cuando no se cuente con financiamiento para la compra de fertilizante, al acortar la distancia entre hileras de plantas se puede lograr un IN considerable como en el caso del tratamiento D40-N0 (Cuadro 4).

Finalmente, los resultados obtenidos indican que con N y D cortas el garbanzo presentó mayor EUAG, EUAB, BT, NV, P100G, NG, IC y debido a esto más alto RG. Esta respuesta fue superior con D que con N, lo cual se atribuye en gran medida a que al reducir la distancia entre hilera se hace el uso de insumos de manera eficiente, ya que se genera mayor cobertura del suelo en etapa temprana de cultivo y hay reducción de la evaporación, por lo que existe más disponibilidad de agua que es aprovechada por el cultivo. La mejor combinación en términos productivos fue D40-N100, la cual también genero la más alta ganancia económica (IN=\$20 640). La mayor respuesta del garbanzo a la combinación de distancia corta y dosis alta de fertilización se atribuye a que al aumentar la densidad de población se aprovecha al máximo el espacio y el requerimiento de nitrógeno es más alto, por lo cual con la fertilización nitrogenada se logra una mayor producción de garbanzo bajo condiciones de humedad residual.

while the lower efficiency D80-N0. About residual moisture under conditions Zhang *et al.* (2000) with supplementary irrigation EUAB recorded values of 8.7 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> and EUAG 3.2 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>. It is attributed to higher efficiency which is higher water availability.

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

Table 3. Efficiency in water use for grain (EUAG) and total biomass (EUAB) chickpea depending on row spacing and doses of nitrogen. Huitzucó, Guerrero, Mexico. Fall 2011.

Distancia entre hilera (cm)	Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	EUAG (g m <sup>-2</sup> mm <sup>-1</sup> )	EUAB (g m <sup>-2</sup> mm <sup>-1</sup> )
80	0	0.18c <sup>f</sup>	0.61c
	50	0.29b	0.97b
	100	0.34b	1.07b
40	0	0.36b	1.21b
	50	0.58a	1.95a
	100	0.68a	2.15a
Distancia (cm)	80 cm	0.27b	0.88b
	40 cm	0.54a	1.76a
Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	0	0.26c	0.90b
	50	0.43b	1.45a
	100	0.51a	1.61a
Media general		0.40	1.32
Prob F (DMS <sub>0.05</sub> )	D	* (0.27)	* (0.88)
	N	* (0.08)	* (0.17)
	D * N	* (0.11)	* (0.30)
CV		3.8	4.5

<sup>f</sup>En cada columna los tratamientos con letra similar indica que las diferencias no fueron significativas, según Tukey ( $\alpha=0.05$ ), \* $=p\leq 0.01$  y 0.05 respectivamente, DMS<sub>0.05</sub>= diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad de error. CV= coeficiente de variación.

### Profitability

In studies where the inorganic fertilization involves an economic analysis required by the high cost of its acquisition and application. In the Table 4 having the economic analysis for the RG, it is observed that the D40-N100 treatment generated more RG, the highest total cost (CT) and the highest net income (NI). However, higher earnings per invested peso (GPI) was achieved with D40-N50 and

**Cuadro 4. Análisis económico para garbanzo en función de la distancia entre hileras y dosis de nitrógeno. Huitzucó, Guerrero, México. Otoño de 2011.**

**Table 4. Economic Analysis for chickpea depending on the row spacing and nitrogen rates. Huitzucó, Guerrero, Mexico. Fall 2011.**

Distancia entre hileras (cm)	Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	IT (\$)	CF (\$)	CV (\$)	CT (\$)	IN (\$)	GPI (\$)
80	0	1.031d	15.465	2 000	6 000	8 000	7 465d	0.93c
	50	1.474c	22.110	2 000	7 950	9 950	12 160c	1.22b
	100	1.489c	22.335	2 000	8 650	10 650	11 685c	1.10b
40	0	1.410c	21.150	2 000	7 000	9 000	12 150c	1.35b
	50	1.890b	28.350	2 000	8 750	10 750	17 600b	1.64a
	100	2.226a	33.390	2 000	10 750	12 750	20 640a	1.62a

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<sup>-1</sup>); Py= precio por kilogramo grano de garbanzo;  $\sum XiPi$ = suma de costos variables; GPI= ganancia por peso invertido.

## Conclusiones

Bajo condiciones de humedad residual, el tiempo a ocurrencia de las fases fenológicas del garbanzo no se afecta por el cambio en distancia entre hileras y la fertilización nitrogenada. La mayor eficiencia en el uso del agua, biomasa total, índice de cosecha, rendimiento de grano, número de vainas, peso de 100 granos, número de granos, se logra con la siembra a distancias cortas y a la aplicación de nitrógeno. La mejor combinación de tratamientos para el mayor rendimiento e ingreso neto se obtiene con D40-N100 mientras la GPI más alta se logra con D40-N50. Para completar su ciclo de desarrollo el requerimiento de calor del garbanzo fue de 2 295 °C d, con evapotranspiración de 380 mm.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación. Registro Núm. 265612 (2011).

## Literatura citada

Aguilar, G. L.; Escalante, J. A.; Fucikovsky, Z. J.; Tijerina, C. L. y Mark, E. E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoam.* 23(3):303-310.

the lowest with D80-N0. The application of inorganic N increased GPI in \$0.30 for D40-D80-N50 and N50 compared to treatment without N. In crops such as sunflower, with N100 has also achieved the highest net income (Olalde *et al.*, 2000). Moreover, even when not count with financing for the purchase of fertilizer, by shortening the distance between rows of plants you can achieve considerable IN as in the case of D40-N0 treatment (Table 4).

Finally, the results indicate that N and D short chickpea had higher EUAG, EUAB, BT, NV, P100G, NG, IC and because of this higher RG. It's response was superior to D N, which is attributed largely to reducing the distance between rows using inputs efficiently is because most ground cover early stage culture is generated and there reducing evaporation, so that there is more water available is used by the crop. The best combination in terms of production was D40-N100, which also generated the highest economic gain (IN= \$ 20 640). The greatest response Chickpea a combination of short and high fertilization is attributed to increasing population density is maximized space and nitrogen requirement is higher, so the nitrogen fertilization is achieved chickpea increased production under conditions of residual moisture.

## Conclusions

Under conditions of residual moisture, the time to occurrence of phenological stages of chickpea is not affected by the change in row spacing and nitrogen fertilization. Greater

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D. y 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 Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Cerezal, M. P.; Carrasco, V. A.; Pinto, T. K.; Romero, P. N. y Arcos, Z. R. 2007. Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia*. 32(1):857-864.
- Danso, K. A. y Eskew, D. L. 1984. Aumento de la capacidad de fijación biológica de nitrógeno. *Agricultura y alimentación*. OIEA. 26(2):29-33.
- De-Santa, O. F. M.; López, F. F. y Calera, B. A. 2005. Agua y agronomía. Mundi prensa, S. A. 666 p.
- Escalante, E. J. A. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *Agroproductividad* 12(1):28-32.
- Escalante, E. J. A. 1999. Senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra Latinoam*. 17(2):149-157.
- Escalante, E. J. A. 2001. Biomasa, rendimiento eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en girasol de humedad residual. *Terra Latinoam*. 19(1):19-27.
- Escalante, E. J. A. y Rodríguez, G. M. T. 2010. Biomasa y rendimiento en haba en función de la densidad de población, nitrógeno y fósforo. *Ciencias Agrícolas Informa*. 20(1):16-25.
- FAOSTAT. 2013. Producción mundial de garbanzo. <http://www.fao.org>.
- García, E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 217 p.
- García, Q. R. 1997. 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(1):70-71.
- Geerts, S. and Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*. 96(1):1275-1284.
- Kou, X.; Gao, J.; Xue, Z.; Zhang, Z.; Wang, H. and Wang, X. 2013. Purification and identification of antioxidant peptides from chickpea (*Cicer arietinum* L.) albumin hydrolysates. *Food Science and Technology*. 50(1):591-598.
- Martínez, C. J. L y Calderón, S. J. V. 2005. La función y transporte del ácido l-málico en plantas: un dicarboxílico estrella. *REB*. 24(2):39-46.
- Method, GG\_8. Test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock.
- efficiency in water use, total biomass, harvest index, grain yield, number of pods weighing 100 grains, grain number is achieved by planting at close range and the application of nitrogen. The best combination of treatments for the best performance and net income is obtained with D40-N100 while the highest GPI is achieved with D40-N50. To complete its development cycle heat requirement chickpea was 2 295 °C d, with evapotranspiration of 380 mm.

*End of the English version*



- 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 Latinoam*. 18(4):313-323.
- Padilla, V. I.; Ramón, I.; Valenzuela, V. C. M.; Armenta, C. R. A. y Salinas, P. E. 2008. Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el valle del mayo, Sonora, México. *Rev. Fitotec. Mex*. 31(1):43-49.
- Peralta, R. B. y Veas, R. E. A. 2014. Usos alternativos para generar valor agregado al descarte. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. 55 p.
- Rangel, M. D.; Verdugo, P. M.; Osuna, E. T.; Báez, S. M. A.; Babilio, H. J.; Valdez, T. B.; Contreras, M. R.; Sañudo, B. J. A. y Campos, S. J. P. 2011. Caracterización del garbanzo verde (*Cicer arietinum* L.) y tecnologías poscosecha para mantener su calidad. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 17(1):39-45.
- Roy, R. K. and Sharma, R. P. 1986. Performance of chickpea genotypes at varying plant population and fertility levels under late sown conditions. *International chickpea Newsletter*. 14(1):19-20.
- Saxena, N. P.; Johansen, C.; Sethi, S. C.; Talwar, H. S. and Krishnamurthy, L. 1988. Improving harvest index in chickpea through incorporation of cold tolerance. *International Chickpea Newsletter*. 19(1):17-19.
- SAS Institute. 2001. SAS/STAT User's Guide Release 9.1 (Ed.). Cary, NC, USA.
- SIAP. 2013. Avance de siembras y cosechas. [En línea]: <http://www.siap.gob.mx>.
- Snyder, R. L. 1985. Hand calculating degree days. *Agric. For. Meteorol*. 35(1):353-358.
- Volke, H. V. 1982. Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México. México. 61 p.
- Zhang, H.; Pala, M.; Oweis, T. and Harris, H. 2000. Water use and water use efficiency in chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res*. 51(2):295-304.