

## **Efecto de la densidad de cosecha en rendimiento de frijol Pinto Saltillo de riego en Chihuahua, México\***

### **Effect of crop density on yield of bean Pinto Saltillo under irrigation in Chihuahua, Mexico**

**José Cruz Jiménez Galindo<sup>1</sup> y Jorge Alberto Acosta Gallegos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Ave. Hidalgo 1213. Col. Centro Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua C. P. 31500. [acosta.jorge@inifap.gob.mx](mailto:acosta.jorge@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Investigador del Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende, km 6.5. C. P. 38110. CEBAJ-INIFAP, Celaya, Guanajuato. <sup>3</sup>Autor para correspondencia: [jimenez.cruz@inifap.gob.mx](mailto:jimenez.cruz@inifap.gob.mx).

#### **Resumen**

Se describen estudios sobre el uso de las altas densidades en frijol de riego en el estado de Chihuahua. La mayoría de los productores de frijol de riego cosechan una densidad por debajo de las recomendaciones de INIFAP. Los objetivos de los estudios aquí reportados fueron: a) realizar un muestreo aleatorio en parcelas comerciales de productores de frijol de riego en Chihuahua para determinar la población de plantas en uso; y b) evaluar el rendimiento de grano de la variedad Pinto Saltillo de riego con diferentes densidades, localidades y años. El muestreo de densidad en parcelas de productores de frijol de riego se realizó en 2009. Los experimentos para determinar el uso de altas densidades o densidades óptimas se realizaron en 2010 en Fco. I. Madero, Bachiniva y en 2011 en Carbajal de Abajo, Cusihuirachi e Independencia, Namiquipa. En cada localidad se utilizó el sistema de riego disponible por el productor pivote central, en las dos primeras localidades y sistema de aspersión manual en la tercera localidad. La fertilización y el manejo varío de acuerdo al productor. Las densidades utilizadas variaron desde 1 hasta 16 plantas por metro lineal (planta por m<sup>-1</sup>). La densidad promedio recomendada para frijol de riego en las tres localidades fue la de 8 planta por m<sup>-1</sup> (100 000 plantas por hectárea en la cosecha). Al determinar un promedio de rendimiento de grano en las tres localidades estudiadas

#### **Abstract**

There are studies describing the use of the high densities in bean under irrigation in the state of Chihuahua. Most irrigation bean producers harvest a density below the recommendations from INIFAP. The objectives of the studies reported here were: a) to perform a random sampling in commercial plots of bean producers under irrigation in Chihuahua to determine the population of plants in use, and b) evaluate the grain yield of the variety Pinto Saltillo under irrigation with different densities, locations and years. The sampling density in plots of irrigated bean producers was conducted in 2009. Experiments to determine the use of high density or optimum densities were performed in 2010 in Francisco I. Madero, Bachiniva and in 2011 in Carbajal de Abajo, Cusihuirachi and Independence, Namiquipa. At each location was used the irrigation system available for the producer, center pivot irrigation in the first two locations and at the third location hand move sprinkler irrigation system. Fertilization and management varied according to the producer. The densities used varied from 1 to 16 plants per meter (plant per m<sup>-1</sup>). The average density recommended for beans under irrigation in the three locations was 8 plant m<sup>-1</sup> (100 000 plants per hectare at harvest). In determining an average of grain yield in the

\* Recibido: junio de 2012  
Aceptado: enero de 2013

resultó un incremento de 1 966.2 a 2 305.7 kg ha<sup>-1</sup>, de esta forma sembrando la densidad óptima se podría incrementar el rendimiento de frijol de riego como lo prevé el Gobierno Federal de aumentar el promedio nacional del frijol de riego de 1 700 kg ha<sup>-1</sup> a un rango de 2 000 a 2 500 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., densidades óptimas, frijol de riego.

## Introducción

Debido a que el consumo de frijol en México ha disminuido en décadas recientes, la producción nacional es marginalmente suficiente para satisfacer la demanda en años favorables para la producción; sin embargo, en años con sequía intermitente como lo fue 2008 no lo es y se recurre a las importaciones (Reynoso *et al.*, 2007).

El gobierno federal a través de la SAGARPA prevé incrementar el rendimiento nacional en frijol de temporal para el año 2012 de 520 kg ha<sup>-1</sup> a un rango de 800 a 1 000 kg ha<sup>-1</sup>; e incrementar el promedio nacional del frijol de riego de 1 700 kg ha<sup>-1</sup> a un rango de 2 000 a 2 500 kg ha<sup>-1</sup>. Todo esto contribuirá a incrementar la producción nacional de 0.99 millones de toneladas anuales a 1.33 millones. Esto es posible de lograr mediante la transferencia, adopción y uso de la tecnología disponible para frijol de riego y temporal.

La pérdida de rentabilidad en las unidades de producción, aunado al incremento de los volúmenes de importación y la desregulación del mercado, hacen que el frijol mexicano pierda cada vez competitividad en relación con el producido en los Estados Unidos de América y Canadá, principales socios comerciales de México. Por otra parte, es importante considerar que el cultivo de frijol tiene gran importancia social porque de acuerdo a cifras oficiales (SAGARPA, 2010) existen 570 000 productores, además de que genera 76 000 000 de jornales que equivalen a 382 000 empleos permanentes en México.

En el estado de Chihuahua existen 22 380 productores de frijol. En el estado, el frijol se establece en diversas áreas que varían en potencial productivo, desde aquellas altamente productivas en riego hasta las de baja productividad. El rendimiento promedio del frijol de riego en México durante los últimos años ha fluctuado alrededor de 1 800 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio es bajo y factible de incrementar

three areas studied, result an increase of 1 966.2 to 2 305.7 kg ha<sup>-1</sup>, thus optimum planting density could be increased bean yield under irrigation as the Federal Government anticipates increasing the national average of bean under irrigation from 1 700 kg ha<sup>-1</sup> to a range of 2 000 to 2 500 kg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L., optimum densities, irrigation bean.

## Introduction

Because bean consumption in Mexico has declined in recent decades, domestic production is marginally sufficient to meet the demand in years favorable for production, but in years with intermittent drought as it was in 2008 it is not and is necessary to import it (Reynoso *et al.*, 2007).

The federal government through SAGARPA anticipates increasing the national yield in rainfed bean for 2012 from 520 kg ha<sup>-1</sup> to a range of 800 to 1 000 kg ha<sup>-1</sup>; and increasing the national average of bean under irrigation from 1 700 kg ha<sup>-1</sup> to a range of 2 000 to 2 500 kg ha<sup>-1</sup>. This will help to increase domestic production from 0.99 million to 1.33 million tons a year. This is achievable through the transfer, adoption and use of technology available for bean under irrigation and rainfed.

The loss of profitability in the production units, together with the increase of import volumes and market deregulation, make the Mexican bean to lose competitiveness in relation to that produced in USA and Canada, major trading partners of Mexico. Moreover, it is important to consider that the bean crop has great social importance, because according to official figures (SAGARPA, 2010) there are 570 000 producers, plus it generates 76 million of day laborers equivalent to 382 000 permanent jobs in Mexico.

In the state of Chihuahua are 22 380 bean producers. In the state, the bean is set in diverse areas ranging in productive potential, from those highly productive under irrigation up to low productivity. In recent years the average yield of beans under irrigation in Mexico has fluctuated around 1 800 kg ha<sup>-1</sup>. The average yield is low and likely to increase through technologies applicable in the regions where bean under irrigation is produced. Chihuahua ranks third in bean production nationally after Zacatecas and Durango with

mediante tecnologías aplicables en las distintas regiones donde se produce frijol de riego en el estado. Chihuahua ocupa el tercer lugar en producción de frijol a nivel nacional después de Zacatecas y Durango con una superficie sembrada de frijol de riego en 2010 de 27 908 ha, con una producción total de 40 568 t y un promedio de rendimiento por hectárea de 1 453 kg. La región donde se produce frijol de riego en el estado de Chihuahua se concentra principalmente en los municipios de Ahumada con 10 116 ha sembradas en 2010, Janos con 4 634 ha, Buenaventura con 1 710 ha, Ojinaga con 1 700 ha, Namiquipa con 1 550 ha, Nuevo Casas Grandes con 1 532 ha, Ascensión con 1 200 ha, Galeana con 830 ha, Aldama con 638 ha y Casas Grandes con 528 ha principalmente.

Durante el ciclo 2010; 81.9% de la superficie sembrada de frijol en Chihuahua fue de temporal y 18.1% bajo condiciones de riego (SAGARPA, 2011). La variedad Pinto Saltillo registró un nivel de adopción por los productores de 82% en Chihuahua (Ávila *et al.*, 2009). Los retos principales para mejorar la eficiencia productiva son el incremento del rendimiento y la reducción de los costos de producción derivados de los aumentos en los precios de los combustibles y el fertilizante químico. Con la transferencia y uso de la tecnología de altas densidades, se podrá contribuir al incremento de la productividad de frijol obtenido por los productores y a la autosuficiencia alimentaria.

La densidad de plantas en la cosecha, es probablemente, uno de los factores responsables de la baja producción y rentabilidad de frijol de riego en el norte de México. Existen reportes de densidades óptimas para frijol de riego, sin embargo los productores siguen cosechando una densidad muy por debajo de las recomendaciones. Los objetivos de los estudios aquí reportados fueron: a) realizar un muestreo aleatorio en parcelas comerciales de productores de frijol de riego en Chihuahua para determinar la población de plantas en uso; y b) evaluar el comportamiento de la variedad Pinto Saltillo de riego con diferentes densidades.

### La densidad en parcelas de riego

En 2009 se determinó la densidad de plantas por hectárea de 50 parcelas de frijol de productores de riego y temporal; de ellas 11 fueron de riego correspondiendo a 22% del total; esto concuerda con lo mencionado por SAGARPA (2011), donde se señala que en 2010; 18.1% de la superficie del estado de Chihuahua se cosecho bajo riego.

an acreage of 27 908 ha in 2010, with a total production of 40,568 ton and an average yield per hectare of 1 453 kg. The region where irrigation bean is produced in the state of Chihuahua is mainly concentrated in the municipalities of Ahumada with 10,116 ha planted in 2010, Janos with 4 634 ha, Buenaventura with 1 710 ha, Ojinaga with 1 700 ha, Namiquipa with 1 550 ha, Nuevo Casas Grandes with 1 532 ha, Ascension with 1 200 ha, Galeana with 830 ha, Aldama with 638 and Casas Grandes with 528 ha.

During the cycle 2010, 81.9% from the bean surface in Chihuahua was rainfed and 18.1% under irrigation (SAGARPA, 2011). The variety Pinto Saltillo registered a level of adoption by producers of 82% in Chihuahua (Ávila *et al.*, 2009). The main challenges for improving production efficiency are to increase grain yield and reducing production costs resulting from increases in the prices of fuels and chemical fertilizer. With the transfer and use of technology of high densities, may contribute to increase the productivity of bean by producers and to food self-sufficiency.

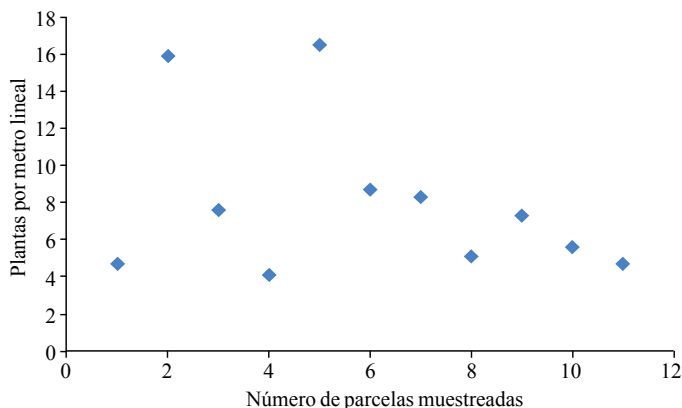
Plant density at harvest, is probably, one of the factors responsible for low production and profitability of irrigated beans in northern Mexico. There are reports of optimum densities for irrigation, but farmers continue planting a density lower than recommended. The objectives of the studies reported here were: a) random sampling in commercial plots of irrigated bean from producers in Chihuahua to determine the population of plants in use; and b) to evaluate the behavior of the bean Pinto Saltillo under irrigation with different densities.

### Plant density in plots under irrigation

In 2009 we determined the density of plants per hectare of 50 plots from producers of bean under irrigation and rainfed; of which 11 were irrigated corresponding to 22% of the total; this is consistent with those reported by SAGARPA (2011), which states that in 2010, 18.1% of the surface of Chihuahua was harvested irrigated.

The average number of plants per meter ( $\text{plants m}^{-1}$ ) for bean under irrigation in the State of Chihuahua was 6.2  $\text{plants m}^{-1}$ . Considering an average width per groove of 80 cm, it would have a density of 77 500 plants per hectare ( $\text{plants m}^{-1}$ ). Some irrigation producers harvested 4  $\text{plants m}^{-1}$ . As shown in the following figure, only two irrigation producers in the region of Nuevo Casas Grandes harvest 16  $\text{plants m}^{-1}$ , equivalent to 200 000  $\text{plants m}^{-1}$ , which is recommended for

El promedio de plantas por metro lineal (plantas m<sup>-1</sup>) para frijol de riego en el Estado de Chihuahua fue de 6.2 plantas m<sup>-1</sup>. Considerando un promedio de ancho de surco de 80 cm, se tiene una densidad de 77 500 plantas por hectárea (plantas m<sup>-1</sup>). Algunos productores de riego cosechan 4 plantas m<sup>-1</sup>. Como puede observarse en la siguiente figura solo dos productores de riego de la región de Nuevo Casas Grandes cosechan 16 plantas m<sup>-1</sup>, equivalente a 200 000 plantas m<sup>-1</sup>, que es lo recomendado en riego para esa región y variedades como Monrose. El 63.6% de los productores de riego cosechan menos de 8 plantas m<sup>-1</sup> y 36.4% más de 8 plantas m<sup>-1</sup>(Figura 1).



**Figura 1. Muestreo de densidad realizado al azar en 2009, en parcelas de productores de frijol de riego en el estado de Chihuahua.**

**Figure 1. Sample density randomly performed in 2009, in plots from irrigated bean producers in the state of Chihuahua.**

**Mapa de muestreo de densidad en frijol riego**

Las parcelas de riego se localizaron principalmente en los municipios de Buenaventura, Galeana, Casas Grandes y Nuevo Casas Grandes (Figura 2).

En la Figura 3 puede observarse una parcela de frijol de riego que fue muestreada con densidad baja.

En la Figura 4 se puede apreciar una parcela de frijol de riego con alta densidad de plantas, donde fácilmente se puede ver el contraste y deducir en cierta forma la diferencia en rendimiento de grano por hectárea.

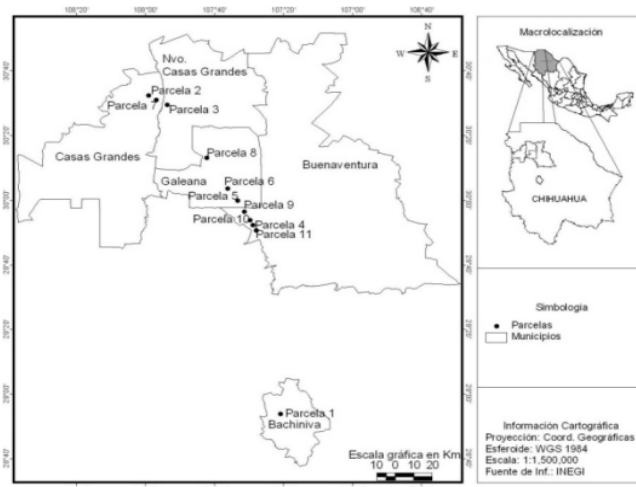
**Calibración de sembradora**

La calibración de la sembradora antes de la siembra es de las actividades más importantes en el cultivo del frijol de riego. Saber exactamente cuántas semillas se van sembrando

this region under irrigation and varieties as Monrose. The 63.6% of irrigation producers harvest less than 8 plants m<sup>-1</sup> and 36.4% more than 8 plants m<sup>-1</sup> (Figure 1).

**Map of sampling density in irrigated bean**

The Irrigated plots were located mainly in the towns of Buenaventura, Galeana, Nuevo Casas Grandes and Casas Grandes (Figure 2).



**Figura 2. Localización de parcelas de frijol de riego muestreadas en 2009.**

**Figure 2. Location of irrigation bean plots sampled in 2009.**



**Figura 3. Parcela de riego muestreada con densidad baja (4 plantas m<sup>-1</sup>), carretera Cuauhtémoc-Nuevo Casas Grandes.**

**Figure 3. Irrigated plot sampled with low density (4 plants m<sup>-1</sup>), highway of Cuauhtémoc -Nuevo Casas Grandes.**

In Figure 4 can be appreciated a irrigated bean plot with high plant density, where easily can be seen the contrast and somehow deduct the difference in grain yield per hectare.

permite conocer otros datos tales como, cuantos kilogramos de semilla se van a utilizar por hectárea, cuánto dinero se va a gastar (dependiendo si se va a comprar semilla certificada, semilla apta para siembra, semilla comprada a otro productor o bien si se va a utilizar semilla de la cosecha anterior), además de calcular cuantas plantas por hectárea se van a cosechar (dependiendo si se usa semilla certificada, de los problemas de pudriciones de raíz, de plagas del suelo y de las condiciones de la siembra como el “encostrado” o “apretado”) y cuantos kilogramos por hectárea se cosecharan así como la rentabilidad aproximada que se tendrá, dependiendo de los costos de producción y del precio de compra del frijol a granel en el año.

### Ubicación de los experimentos

Se realizaron tres experimentos de frijol Pinto Saltillo de riego en 2010 y 2011 en Chihuahua, el primero en la localidad de Francisco I. Madero en el municipio de Bachiniva, el segundo en Independencia, Namiquipa y el tercero en Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi.

#### Experimento 1. Francisco I. Madero, Bachiniva 2010

La presente investigación de densidades en frijol de riego, se llevo a cabo en un pivote central, en el rancho del Sr. Arnoldo Ortiz Alderete, cerca de la Localidad de Francisco I. Madero, Bachiniva, Chihuahua: 28° 53' 49.6", de latitud norte, 107° 20' 49.7" longitud oeste, a una altitud de 1 843 msnm. Con el objetivo de evaluar el comportamiento del frijol Pinto Saltillo de riego con diferentes densidades. Durante la siembra se calibro la sembradora para depositar 18 semillas por metro lineal. Se raleo el experimento dejando 1, 4, 8, 12 y 16 plantas m<sup>-1</sup>.

Se lograron cosechar cinco densidades aproximadas 1 plantas m<sup>-1</sup> (12 500 plantas m<sup>-1</sup>), 4 plantas m<sup>-1</sup> (50 000 plantas m<sup>-1</sup>), 7 plantas m<sup>-1</sup> (87 500 plantas m<sup>-1</sup>), 11 plantas m<sup>-1</sup> (137 500 plantas m<sup>-1</sup>), y 16 plantas m<sup>-1</sup> (200 000 plantas m<sup>-1</sup>) con ancho de surco de 80 cm en hilera simple. Se utilizó la fórmula de fertilización 82-92-00. La fecha de siembra se realizó el 11 de junio de 2010. La precipitación durante el cultivo fue de 379.5 mm, más un riego de pre-siembra de aproximadamente 40 mm y dos riegos de auxilio durante el cultivo de 10 mm, con pivote central. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 2 surcos de cinco metros por repetición. La variable evaluada fue rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) de donde se estimó también la rentabilidad.



**Figura 4. Parcela de riego muestreada con densidad alta (16 plantas m<sup>-1</sup>), carretera Nuevo Casas Grandes-Janos.**  
**Figure 4. Irrigated plot sampled with high density (16 plants m<sup>-1</sup>), highway Nuevo Casas Grandes-Janos.**

### Planter calibration

The calibration of the planter before planting is one of the most important activities in the bean crop under irrigation. Knowing exactly how many seeds are going to be sown allow us to know other data such as, how many kilograms of seed per hectare will be used, how much money is being spent (depending whether to buy certified seed, seed suitable for planting, seed purchased from another producer or whether to use seed from the previous crop), and to calculate how many plants per hectare will be harvested (depending if you use certified seed, of root rot problems, soil pests and planting conditions as "crusted" or "tight") and how many kilograms per hectare will be harvested, thus expected profitability, depending on production costs and the purchase price of beans in bulk in the year.

### Experiments location

Three experiments of bean Pinto Saltillo under irrigation in 2010 and 2011 were conducted in Chihuahua, the first in the locality of Francisco I. Madero, township of Bachiniva, the second in Independence, Naquimipa and the third in Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi.

#### Experiment 1. Francisco I. Madero, Bachiniva 2010

The present research in bean planting densities under irrigation, was held with a central pivot irrigation system, at the ranch of Mr. Arnoldo Ortiz Alderete, near the town of Francisco I. Madero, Bachiniva, Chihuahua: 28° 53' 49.6 "N, 107° 20' 49.7" W, at an altitude of 1 843 masl; in order to evaluate the behavior of bean Pinto Saltillo with different densities. During the planting the seed drill was calibrated to deposit 18 seeds per meter. The experiment was thinned leaving 1, 4, 8, 12 and 16 plants m<sup>-1</sup>.

### Distribución de la precipitación desde junio

La precipitación durante el ciclo de cultivo 2010 en la parcela del experimento fue de 379.5 mm desde el mes de junio de 2010, como puede observarse en la Figura 5.

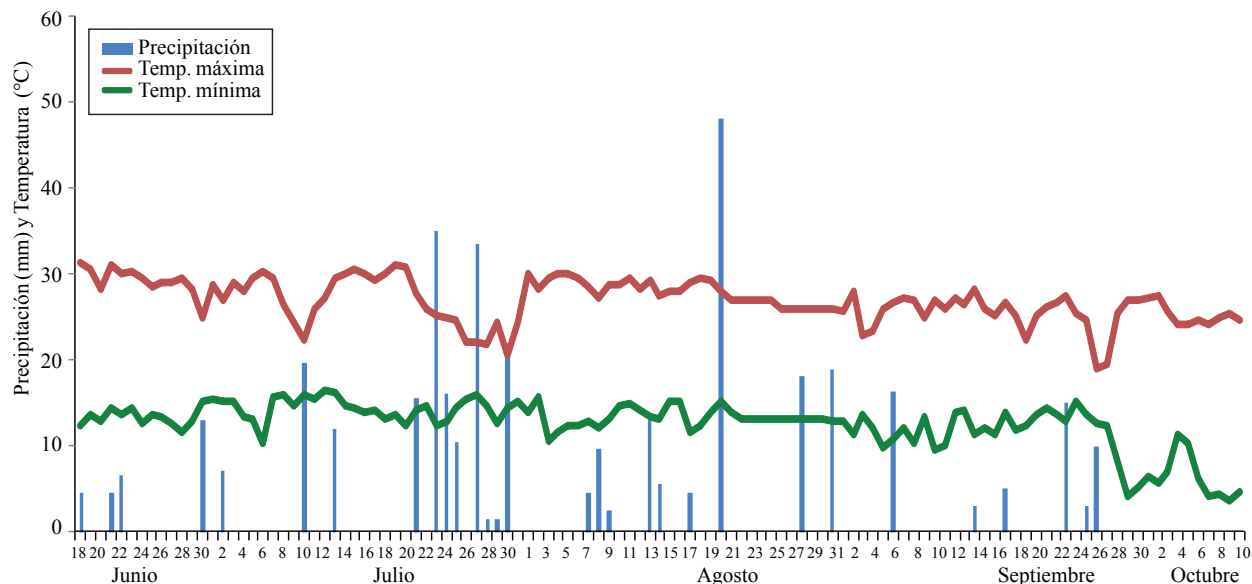


Figura 5. Precipitación en el cultivo durante el ciclo primavera-verano, 2010.

Figure 5. Rainfall during the crop cycle spring-summer 2010.

## Resultados y discusión

Aunque la densidad es variable, muy pocos productores cosechan la densidad óptima para riego, quizá el escenario más común que cambia en frijol de riego y que es determinante en la producción es la fecha de siembra que en riego es del 1 de junio al 20 de junio (Fernández *et al.* 2007).

### Análisis de rendimiento y rentabilidad para riego

El Cuadro 1, muestra que para riego en la región de Bachiniva, Chihuahua el mayor rendimiento de frijol se obtiene con 16 plantas  $m^{-1}$  (200 000 plantas  $m^{-1}$ ), detectándose diferencias altamente significativas con respecto a la densidad de 4 plantas por metro. Aunque se puede recomendar cosechar entre 7 y 11 plantas por metro, (87 500 a 137 500 plantas  $m^{-1}$ , respectivamente). Resultados similares fueron reportados por Smittle, (1976); Mack and Varseveld, (1982); Mauk *et al.* (1983); Field and Nkumbula, (1986); Ochoa, (1993), Sirait *et al.* (1994); Sánchez *et al.* (2001); NDSU, (2003); Luna, (2005); Pajarito *et al.*

It was able to harvest five densities, approximate 1 plant  $m^{-1}$  (12 500 plants  $m^{-1}$ ), 4 plants  $m^{-1}$  (50 000 plants  $m^{-1}$ ), 7 plants  $m^{-1}$  (87 500 plants  $m^{-1}$ ), 11 plants  $m^{-1}$  (137 500 plants  $m^{-1}$ ), and 16 plants  $m^{-1}$  (200 000 plants  $m^{-1}$ ) with a groove width of 80 cm in single row. We used 82-92-00 fertilizer

formula. The planting date was performed on June 11, 2010. Rainfall during the cultivation was 379.5 mm, plus a pre-planting irrigation of approximately 40 mm and two irrigations during cultivation of 10 mm, with central pivot. The experimental design was a randomized complete block with four replicates and two rows of five meters per repetition. The variable assessed was grain yield ( $kg ha^{-1}$ ) from were profitability was also estimated.

### Distribution of rainfall since June

Rainfall during the crop cycle 2010, in the experimental plot was 379.5 mm from the month of June 2010, as shown in Figure 5.

## Results and discussion

Although the density is variable, very few producers harvest the optimum density for irrigation, perhaps the most common scenario that changes in bean under irrigation and

(2006); Fernández *et al.* (2007); Samih, (2008); Padilla *et al.* (2009); Garza *et al.* (2010); Jiménez *et al.* (2010); Salinas *et al.* (2010); Salinas *et al.* (2011).

that is a determining factor in the production is the planting date that in irrigation is from June 1<sup>st</sup> to June 20<sup>th</sup> (Fernández *et al.* 2007).

**Cuadro 1. Rendimiento de frijol de riego en Bachiniva, Chihuahua con la variedad de frijol Pinto Saltillo en el ciclo primavera-verano, 2010. Duncan 0.05.**

**Table 1. Bean yield in Bachiniva, Chihuahua with the variety Pinto Saltillo in the cycle spring-summer 2010. Duncan 0.05.**

Densidad de siembra (semillas m <sup>-1</sup> )	Kilogramos (semilla ha <sup>-1</sup> )	Densidad de cosecha (planta m <sup>-1</sup> )	Densidad de cosecha (planta ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
3	11.2	1	12500	1243 c
6	22.5	4	50000	2141 b
10	37.5	7	87500	2416 a
14	52.5	11	137500	2461 a
18	67.5	16	200000	2510 a
Media	-	-	-	2154
DMS	-	-	-	299.3
C. V.	-	-	-	11.95

Ancho de surcos de 0.8 m. El peso de 100 semillas de Pinto Saltillo pesa 30 g.

## Rentabilidad

La media general de plantas por hectárea que cosechan los productores de frijol del estado de Chihuahua es de 6.2 planta m<sup>-1</sup> correspondiente a 77 500 planta ha<sup>-1</sup> considerando un ancho de surco de 80 cm. La mejor densidad para producción de frijol de riego en Bachiniva, Chihuahua es de 16 planta ha<sup>-1</sup> lineal (200 000 planta ha<sup>-1</sup>) con un promedio de producción de 2 510 kg ha<sup>-1</sup>, aunque la rentabilidad disminuye un poco pero no significativamente a 1.49. La mayor rentabilidad se obtiene cosechando 7 y 11 planta ha<sup>-1</sup> (87 500 y 137 000 planta ha<sup>-1</sup>) con una producción promedio de 2 416 y 2 461 kg ha<sup>-1</sup> y una relación beneficio costo de 1.50 para ambas (Cuadro 2).

## Experimento 2. Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi 2011

La presente investigación de densidades en frijol Pinto Saltillo de riego, se llevo a cabo en un pivote central, en el Rancho San Pedro del Sr. Wilivaldo Ordoñez Maldonado, cerca de la localidad de Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi, Chihuahua: 28° 15' 58.12", de latitud norte, 107° 04' 9.03" longitud oeste, a una altitud de 2 165 msnm. En un suelo franco arenoso con 65.58% de arena, 16% de limo y 18.42% de arcilla, libres de sales, contenidos de materia orgánica medianamente bajos (1.178%); Con el objetivo de evaluar el comportamiento del frijol Pinto Saltillo de riego con diferentes densidades en dicha localidad. Durante la siembra se calibro la sembradora para depositar 18 semillas por metro lineal. Se raleo el experimento dejando 1, 4, 8 y 12 planta ha<sup>-1</sup>.

## Analysis of yield and profitability for irrigation

Table 1 shows, that for irrigation in the region of Bachiniva, Chihuahua the highest bean yield is obtained with 16 plants m<sup>-1</sup> (200 000 plants m<sup>-1</sup>), detecting significant differences with respect to the density of 4 plants per meter. Although it can be recommend to harvest between 7 and 11 plants per meter (87 500-137 500 plants m<sup>-1</sup>, respectively). Similar results were reported by Smittle, (1976), Mack and Varseveld, (1982); Mauk *et al.* (1983); Field and Nkumbula, (1986); Ochoa, (1993); Sirait *et al.* (1994), Sánchez *et al.* (2001); NDSU, (2003); Luna, (2005); Pajarito *et al.* (2006); Fernández *et al.* (2007); Samih, (2008); Padilla *et al.* (2009); Garza *et al.* (2010); Jiménez *et al.* (2010); Salinas *et al.* (2010); Salinas *et al.* (2011).

## Profitability

The overall mean of plants per hectare harvested by bean producers in the state of Chihuahua is 6.2 plant m<sup>-1</sup>, corresponding to 77 500 plants ha<sup>-1</sup> considering a groove width of 80 cm. The best density for bean production under irrigation in Bachiniva, Chihuahua is of 16 plant ha<sup>-1</sup> linear (200 000 plants ha<sup>-1</sup>) with an average production of 2 510 kg ha<sup>-1</sup>, although the profitability decreases slightly but not significantly to 1.49. The higher profitability is obtained by harvesting 7 and 11 plant ha<sup>-1</sup> (87 500 and 137 000 plants ha<sup>-1</sup>) with an average production of 2 416 and 2 461 kg ha<sup>-1</sup> and a benefit-cost ratio of 1.50 for both (Table 2).

**Cuadro 2. Rentabilidad para frijol Pinto Saltillo de riego en Fco. I. Madero, Bachiniva 2010.****Table 2. Profitability for Pinto Saltillo beans under irrigation in Francisco I. Madero, Bachiniva 2010.**

Actividades	1 pl m <sup>-1</sup>	4 pl m <sup>-1</sup>	7 pl m <sup>-1</sup>	11 pl m <sup>-1</sup>	16 pl m <sup>-1</sup>
Barbecho	431	431	431	431	431
Rastreo	237	237	237	237	237
Semilla	135	270	405	585	810
1 Riego de pre-siembra de 40 mm	2000	2000	2000	2000	2000
Siembra	211	211	211	211	211
Fertilización 18-46-00 (200 kg ha <sup>-1</sup> )	1513.8	1513.8	1513.8	1513.8	1513.8
Urea (100 kg ha <sup>-1</sup> )	598	598	598	598	598
2 riegos de auxilio de 10 mm	1000	1000	1000	1000	1000
Cultivos (2)	358	358	358	358	358
Deshierbe manual	480	480	480	480	480
Insecticida Karate (2)	250	250	250	250	250
Herbicida Flex	454	454	454	454	454
Herbicida Fusilade	594	594	594	594	594
Aplicación de herbicidas	167	167	167	167	167
Arranque	244	244	244	244	244
Desgrane	300	300	300	300	300
Subtotal	8972.8	9107.8	9242.8	9422.8	9647.8
Costo del dinero 4.5%, 5 meses	403.8	409.9	415.9	424.0	434.2
Costo total	9376.6	9517.7	9658.7	9846.8	10082.0
Rendimiento kg/ha	1243	2141	2416	2461	2510
Valor de la producción (Saltillo \$10 kg)	12430	21410	24160	24610	25100
Utilidad neta(\$)	3053.4	11892.3	14501.3	14763.2	15018.0
Índice de rentabilidad	0.33	1.25	1.50	1.50	1.49

Se lograron cosechar cuatro densidades aproximadas 1 planta m<sup>-1</sup> (12 500 planta ha<sup>-1</sup>), 4 planta ha<sup>-1</sup> (50 000 planta ha<sup>-1</sup>), 8 planta ha<sup>-1</sup> (100 000 planta ha<sup>-1</sup>) y 11 planta ha<sup>-1</sup> (137 500 planta ha<sup>-1</sup>), con ancho de surco a 80 cm a hilera simple. Para la fertilización se utilizaron 170 kg de 18-46-00, 50 kg de sulfato de amonio, 50 kg de KAMAC y 5 kg de Zinc por hectárea. La fecha de siembra se realizó el 7 de junio de 2011. La precipitación durante el cultivo fue de 261 mm, más un riego de pre-siembra de aproximadamente 40 mm y cinco riegos ligeros de auxilio durante el cultivo de aproximadamente 10 mm cada uno, con pivote central.

Sólo se presentó un poco de tizón común. Para control de malezas se aplicó ½ litro de Fusilade + ½ litro de Flex por hectárea. No hubo presencia de plagas ni aplicaciones. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 1 surcos de cinco metros por repetición. La variable evaluada fue rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>), de donde se calculó también la rentabilidad (Figura 6 y 7).

**Experiment 2. Carbajal de Abajo, Cusihiuriachi 2011**

The present research of densities for bean Pinto Saltillo under irrigation, was held with a central pivot in the Rancho San Pedro fom Mr. Wilivaldo Ordoñez Maldonado, near the locality of Carbajal de Abajo, Cusihiuriachi, Chihuahua: 28° 15' 58.12 "N, 107° 04 '03.09" W, at an altitude of 2 165 masl. In a sandy loam soil with 65.58% sand, 16% silt and 18.42% clay, free of salts, organic matter content fairly low (1.178%); in order to evaluate the behavior of the bean Pinto Saltillo under irrigation with different densities in that location. During planting the seed drill was calibrated to deposit 18 seeds per meter. The experiment was thinned at 1, 4, 8 and 12 plant ha<sup>-1</sup>.

It was able to harvest four densities, approximate 1 plant m<sup>-1</sup> (12 500 plants ha<sup>-1</sup>), 4 plant ha<sup>-1</sup> (50 000 plants ha<sup>-1</sup>), 8 plants ha<sup>-1</sup> (100 000 plants ha<sup>-1</sup>) and 11 plant ha<sup>-1</sup> (137 500 plants ha<sup>-1</sup>), with a groove width of 80 cm in single row. For fertilization were used 170 kg of 18-46-00, 50 kg of ammonium sulphate, 50 kg of KAMAC and 5 kg





**Figura 6. Experimento en pivote central, mostrando el surco de la izquierda con 1 planta  $ha^{-1}$ , siguiendo hacia la derecha el de 4 planta  $ha^{-1}$ , 8 planta  $ha^{-1}$  y 12 planta  $ha^{-1}$ .**

**Figure 6. Experiment with central pivot, showing the groove on the left with one plant  $ha^{-1}$ , following to the right grooves with 4 plant  $ha^{-1}$ , 8 plants  $ha^{-1}$  and 12 plants  $ha^{-1}$ .**

### Distribución de la precipitación desde junio

La precipitación durante el ciclo de cultivo 2011 en la parcela del experimento fue de 263 mm, como puede observarse en la Figura 8, considerándose como un año regular ya que se tuvo una escasa y mala distribución de la precipitación para producir frijol, con más de un mes de sequía durante el cultivo (Ávila *et al.*, 2009).

## Resultados y discusión

### Análisis de rendimiento y rentabilidad para riego

El Cuadro 3 muestra que para riego en la región de Carbajal de Abajo Cusihuirachi, Chihuahua el mayor rendimiento de frijol se obtiene con 8 planta  $ha^{-1}$  (100 000 planta  $ha^{-1}$ ), detectándose diferencias altamente significativas con respecto a la densidad de 4 plantas por metro, con una diferencia de 486 kg  $ha^{-1}$ , correspondiente a 18.79% por debajo de la densidad óptima. Resultados similares fueron reportados por Sánchez *et al.* (2001); NDSU (2003); Pajarito *et al.* (2006); Fernández *et al.* (2007); Jiménez, *et al.* (2010).

of Zinc per hectare. The planting date was performed on June 7, 2011. Rainfall during the cultivation was 261 mm, plus a pre-planting irrigation of approximately 40 mm and five auxiliary light irrigations during cultivation of approximately 10 mm each, with central pivot.

During the crop cycle there was only a little common blight. For weed control was applied  $\frac{1}{2}$  liter of Fusilade +  $\frac{1}{2}$  liter of Flex per hectare. There was no presence of pests or applications. Experimental design was a randomized complete block with four replications and one row of five meters per repetition. The variable assessed was grain yield (kg  $ha^{-1}$ ), from where the profitability was also calculated (Figure 6 and 7).



**Figura 7. Experimento en pivote central, mostrando el surco de la izquierda con 1 planta  $ha^{-1}$ , siguiendo hacia la derecha el de 4 planta  $ha^{-1}$ , 8 planta  $ha^{-1}$  y 12 planta  $ha^{-1}$ , en estado más avanzado del cultivo.**

**Figure 7. Experiment with central pivot, showing the groove on the left with one plant  $ha^{-1}$ , following to the right grooves with 4 plant  $ha^{-1}$ , 8 plants  $ha^{-1}$  and 12 plant  $ha^{-1}$ , in more advanced state of cultivation.**

### Distribution of rainfall since June

Rainfall during the growing season 2011 in the plot of the experiment was 263 mm, as shown in Figure 8, considered as a regular year, as it had a low and poorly distribution of the rainfall to produce beans, with more than a month of drought during cultivation (Ávila *et al.*, 2009).

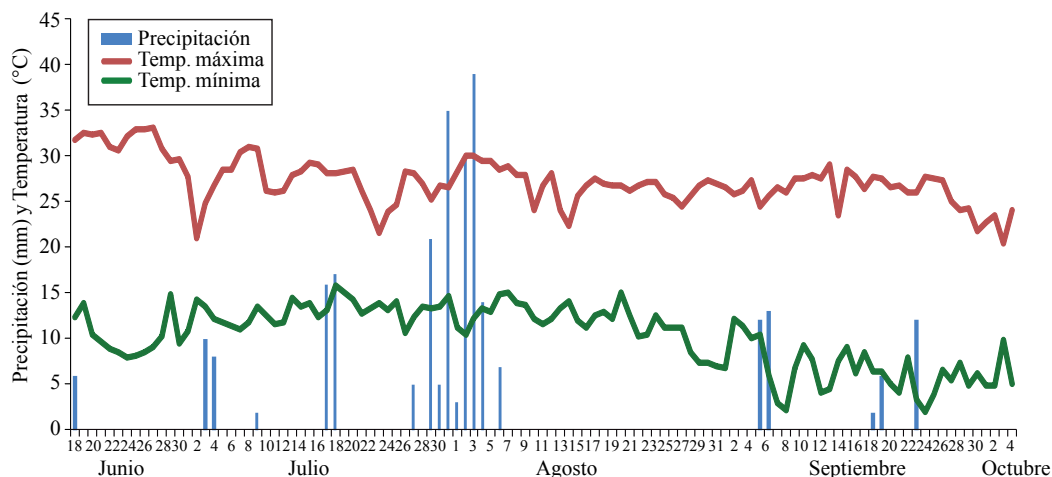


Figura 8. Precipitación en el cultivo durante el ciclo primavera-verano, 2011 en Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi.

Figure 8. Precipitation in the crop during the cycle spring-summer 2011, in Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi.

Cuadro 3. Rendimiento de frijol de riego en Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi con la variedad de frijol Pinto Saltillo en el ciclo primavera-verano, 2011. Duncan 0.05.

Table 3. Bean yield under irrigation in Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi with variety Pinto Saltillo in the cycle spring-summer, 2011. Duncan 0.05.

Densidad de siembra (semillas m <sup>-1</sup> )	Kilogramos (semilla ha <sup>-1</sup> )	Densidad de cosecha (pl m <sup>-1</sup> )	Densidad de cosecha (pl ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
3	11.2	1	12500	1371.3 c
6	22.5	4	50000	2586.3 b
10	37.5	8	100000	3072.5 a
14	52.5	12	150000	2956.3 ab
Media	-	-	-	2496
DMS	-	-	-	530.4
C. V.	-	-	-	9.6

Ancho de surcos de 0.8 m. El peso de 100 semillas de Pinto Saltillo pesa 30 g.

## Rentabilidad

Para la región frijolera de Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi la mayor producción de 3 072.5 kg ha<sup>-1</sup> y mayor rentabilidad de 1.92, se obtiene cosechando 8 planta m<sup>-1</sup>, que corresponde a 100 000 plantas por hectárea, con ancho de surco a 80 cm (Cuadro 4).

## Experimento 3. Independencia, Namiquipa 2011

La presente investigación de densidades en frijol de riego, se llevo a cabo en un riego de aspersión manual, en el Rancho del Sr. Jesús Duarte Ortiz, cerca de la Localidad Independencia, Namiquipa, Chihuahua: 29° 04' 57.39", de latitud norte, 107° 31' 51.35" longitud oeste, a una altitud de 1938 msnm. En un suelo franco arenoso con 56.86% de arena, 23.28% de limo y 19.86% de arcilla, libres de sales, contenidos de materia orgánica suficiente (1.399%).

## Results and discussion

### Analysis of yield and profitability for irrigation

Table 3 shows that for irrigation in the region of Carbajal de Abajo Cusihuiriachi, Chihuahua the highest bean yield is obtained with 8 plants ha<sup>-1</sup> (100 000 plants ha<sup>-1</sup>), detecting significant differences with respect to the density of 4 plants per meter, with a difference of 486 kg ha<sup>-1</sup>, corresponding to 18.79% below the optimum density. Similar results were reported by Sanchez *et al.* (2001); NDSU (2003); Pajarito *et al.* (2006); Fernández *et al.* (2007); Jiménez *et al.* (2010).

### Profitability

To the bean region of Carbajal de Abajo, Cusihuiriachi the greater production of 3 072.5 kg ha<sup>-1</sup> and greater profitability of 1.92, is obtained harvesting 8 plant m<sup>-1</sup>, that corresponds to 100 000 plants per hectare, with a groove width of 80 cm (Table 4).

**Cuadro 4. Rentabilidad para frijol Pinto Saltillo de riego en Carbajal de Abajo, Cusihuiachi, 2011.**  
**Table 4. Profitability of bean Pinto Saltillo under irrigation in Carbajal de Abajo, Cusihuiachi, 2011.**

Actividades	1 pl m <sup>-1</sup>	4 pl m <sup>-1</sup>	8 pl m <sup>-1</sup>	11 pl m <sup>-1</sup>
Barbecho	431	431	431	431
Rastreo	237	237	237	237
Semilla	135	270	450	630
1 riego de presiembra de 40 mm	2000	2000	2000	2000
Siembra	211	211	211	211
Fertilización 18-46-00 (170 kg ha <sup>-1</sup> )	1637.1	1637.1	1637.1	1637.1
Sulfato de amonio (50 kg ha <sup>-1</sup> )	216.5	216.5	216.5	216.5
KAMAC (50 kg ha <sup>-1</sup> )	252	252	252	252
Sulfato de Zinc (5 kg ha <sup>-1</sup> )	63	63	63	63
5 riegos de auxilio de 10 mm	2500	2500	2500	2500
Cultivos (2)	358	358	358	358
Deshierbe manual	480	480	480	480
Herbicida Flex (0.5 L ha <sup>-1</sup> )	227	227	227	227
Herbicida Fusilade (0.5 Lha <sup>-1</sup> )	297	297	297	297
Aplicación de herbicidas	167	167	167	167
Arranque	244	244	244	244
Desgrane	300	300	300	300
Subtotal	9755.6	9890.6	10070.6	10250.6
Costo del dinero 4.5%, 5 meses	439.0	445.1	453.2	461.3
Costo total	10194.6	10335.7	10523.8	10711.9
Rendimiento kg/ha	1371.3	2586.3	3072.5	2956.3
Valor de la producción (Saltillo \$10 kg)	13713	25863	30725	29563
Utilidad neta(\$)	3518.4	15527.3	20201.2	18851.1
Índice de rentabilidad	0.35	1.50	1.92	1.76

Con el objetivo de evaluar el comportamiento del frijol Pinto Saltillo de riego con diferentes densidades en dicha localidad. Se utilizaron cuatro densidades de cosecha 1 planta m<sup>-1</sup> (12 500 planta m<sup>-1</sup>), 4 planta m<sup>-1</sup> (50 000 planta m<sup>-1</sup>), 8 planta m<sup>-1</sup> (100 000 planta m<sup>-1</sup>) y 12 planta m<sup>-1</sup> (150 000 planta m<sup>-1</sup>), con ancho de surco a 80 cm. Se utilizaron 40 kg de 11-52-00, 40 kg de sulfato de amonio, 20 kg de Urea y 5 kg de Zinc por hectárea. La fecha de siembra se realizó el 28 de junio de 2011. La precipitación durante el cultivo fue de 241.15 mm, más un riego de pre-siembra de aproximadamente 20 mm y dos riegos ligeros de auxilio durante el cultivo de aproximadamente 20 mm cada uno, con sistema de riego por aspersión manual. Para control de malezas se aplicó un litro de Trifluralina por hectárea, en pre-siembra.

Se realizó una aplicación de Parathion a razón de 1 litro por hectárea para control de la conchuela de frijol. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 1 surcos de cinco metros por repetición. La variable evaluada fue rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>) de donde se determinó también la rentabilidad.

### Experiment 3. Independence, Namiqiupa 2011

The present research of plant densities for bean under irrigation, was conducted with sprinkler irrigation, in the Ranch of Mr. Jesús Duarte Ortiz, near the locality of Independence, Namiqiupa, Chihuahua: 29° 04 '57.39" N, 107° 31 '51.35 "W, at an altitude of 1938 masl. In a sandy loam soil with 56.86% sand, 23.28% silt and 19.86% clay, free of salt, with enough organic matter content (1.399%).

In order to evaluate the behavior of bean Pinto Saltillo under irrigation, with different densities in that location; four plant densities of 1 plant m<sup>-1</sup> (12 500 plants m<sup>-1</sup>), 4 plant m<sup>-1</sup> (50 000 plants m<sup>-1</sup>), 8 plant m<sup>-1</sup> (100 000 plants m<sup>-1</sup>) and 12 plant m<sup>-1</sup> (150 000 plants m<sup>-1</sup>), with a groove width of 80 cm. 40 kg of 11-52-00, 40 kg of ammonium sulphate, 20 kg of urea and 5 kg of Zinc per hectare. The planting date was made on June 28, 2011. Rainfall during the crop cycle was 241.15 mm, plus a pre-sowing irrigation of about 20 mm and two auxiliary light irrigations during the cultivation,

### Distribución de la precipitación desde junio

La cantidad de precipitación en Independencia, Namiquipa fue muy escasa de apenas 241.15 mm de junio a octubre, considerado como un año regular para producir frijol, por lo cual fue auxiliado con riegos de auxilio (Figura 9).

## Resultados y discusión

La mejor densidad para la región de Independencia Namiquipa es de 8 planta  $m^{-1}$  con un rendimiento de 1 428.6  $kg\ ha^{-1}$  (Cuadro 5). Resultados similares fueron reportados por Sánchez *et al.* (2001); Pajarito *et al.* (2006); Fernández *et al.* (2007); NDSU (2010); Jiménez *et al.* (2010).

approximately 20 mm each, with a hand move sprinkler irrigation system. For weed control was applied a liter per hectare of Trifluralin before planting.

It was applied Parathion at 1 liter per hectare to control bean beetle. Experimental design was a randomized complete block with four replications and one row of five meters per replication. The variable assessed was grain yield ( $kg\ ha^{-1}$ ), from where profitability was also determined.

### Distribution of rainfall since June

The amount of precipitation in Independence, Namiquipa was very low of only 241.15 mm from June to October, considered a regular year to produce beans, reason why, was assisted with auxiliary irrigations (Figure 9).

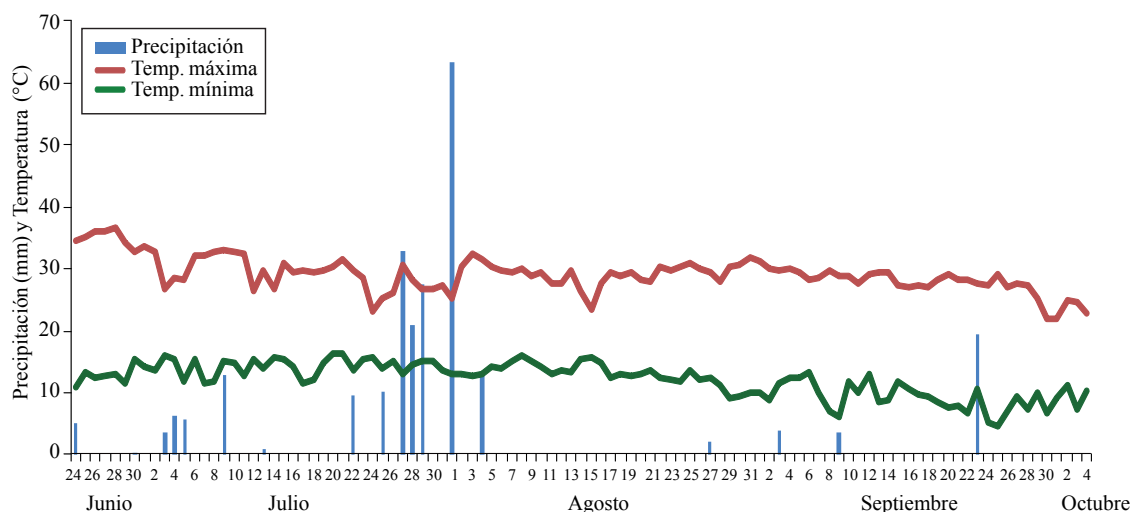


Figura 9. Precipitación 2011 en Independencia Namiquipa.

Figure 9. Rainfall during 2011, in Independencia Namiquipa

Cuadro 5. Rendimiento de frijol de riego en Independencia, Namiquipa, Chihuahua con la variedad de frijol Pinto Saltillo en el ciclo primavera-verano, 2011. Duncan 0.05.

Table 5. Yield of bean under irrigation in Independencia, Namiquipa, Chihuahua with the variety Pinto Saltillo in the cycle spring-summer 2011. Duncan 0.05.

Densidad de siembra (semillas $m^{-1}$ )	Kilogramos (semilla $ha^{-1}$ )	Densidad de cosecha (pl $m^{-1}$ )	Densidad de cosecha (pl $ha^{-1}$ )	Rendimiento ( $kg\ ha^{-1}$ )
3	11.2	1	12 500	521.7 b
6	22.5	4	50 000	1171.4 a
10	37.5	8	100 000	1428.6 a
14	52.5	12	150 000	1377.1 a
Media	-	-	-	1124.6
DMS	-	-	-	473.3
C. V.	-	-	-	19.06

## Rentabilidad

El mayor rendimiento de 1 428.6 kg ha<sup>-1</sup>, en la Localidad de Independencia, se obtiene con 8 Pajarito *et al.* (2006); (cosechando 100 000 Pajarito *et al.* (2006)) y también la máxima rentabilidad de 1.52 (Cuadro 6).

## Results and discussion

The best density for the region of Independence Namiquipa is 8 plants m<sup>-1</sup> with a yield of 1 428.6 kg ha<sup>-1</sup> (Table 5). Similar results were reported by Sánchez *et al.* (2001); Pajarito *et al.* (2006); Fernández *et al.* (2007); NDSU (2010); Jiménez *et al.* (2010).

**Cuadro 6. Rentabilidad para frijol Pinto Saltillo de riego en Independencia, Namiquipa, Chihuahua.**  
**Table 6. Profitability of Pinto Saltillo beans under irrigation in Independencia, Namiquipa, Chihuahua.**

Actividades	1 pl m <sup>-1</sup>	4 pl m <sup>-1</sup>	8 pl m <sup>-1</sup>	12 pl m <sup>-1</sup>
Barbecho	431	431	431	431
Rastreo	237	237	237	237
Semilla	135	270	450	630
1 riego de pre-siembra de 20 mm	500	500	500	500
Siembra	211	211	211	211
11-52-00 (40 kg ha <sup>-1</sup> )	374.4	374.4	374.4	374.4
Sulfato de amonio (40 kg ha <sup>-1</sup> )	173.2	173.2	173.2	173.2
Urea (20 kg ha <sup>-1</sup> )	151.2	151.2	151.2	151.2
Sulfato de Zinc (5 kg ha <sup>-1</sup> )	63	63	63	63
2 riegos de auxilio de 20 mm	1000	1000	1000	1000
Cultivos (2)	358	358	358	358
Deshierbe manual	480	480	480	480
Insecticida Karate (1) 1 L ha <sup>-1</sup>	125	125	125	125
Herbicida Trifluralina (1 L ha <sup>-1</sup> )	156	156	156	156
Aplicación de herbicida	167	167	167	167
Arranque	244	244	244	244
Desgrane	300	300	300	300
Subtotal	5105.8	5240.8	5420.8	5600.8
Costo del dinero 4.5, 5 meses	229.8	235.8	243.9	252.0
Costo total	5335.6	5476.6	5664.7	5852.8
Rendimiento kg/ha	521.7	1171.3	1428.6	1377.1
Valor de la producción (Saltillo \$10 kg)	5217	11713	14286	13771
Utilidad neta(\$)	-118.6	6236.4	8621.3	7918.2
Índice de rentabilidad	-0.02	1.14	1.52	1.35

## Conclusiones

En la región de Bachiniva, Chihuahua la mayor rentabilidad, con surcos a 80 centímetros de separación, se obtiene cosechando 7 y 11 planta m<sup>-1</sup> (87 500 y

## Profitability

The highest yield of 1 428.6 kg ha<sup>-1</sup>, in the locality of Independence, was obtained with 8 plants m<sup>-1</sup>, Pajarito *et al.* (2006); (harvesting 100 000. Pajarito *et al.* (2006) and maximum profitability of 1.52 (Table 6).

137 000 planta m<sup>-1</sup>) con una producción promedio de 2 416 y 2 461 kg ha<sup>-1</sup> y una relación beneficio costo de 1.50. En Carbajal de Abajo, Cusihiuriachi la mayor producción de 3 072.5 kg ha<sup>-1</sup> y mayor rentabilidad de 1.92, se obtiene cosechando 8 planta m<sup>-1</sup>, que corresponde a 100 000 plantas por hectárea, con ancho de surco a 80 centímetros. El mayor rendimiento de 1 428.6 kg ha<sup>-1</sup>, en la Localidad de Independencia, se obtiene con 8 planta m<sup>-1</sup> (cosechando 100 000 planta m<sup>-1</sup>) y también la máxima rentabilidad de 1.52. De acuerdo al muestreo de densidad en parcelas de frijol de riego en Chihuahua, 45.4% de los productores podrían incrementar la densidad de 4 planta m<sup>-1</sup> a 8 planta m<sup>-1</sup> e incrementar su rendimiento 2.8% (de 2 141 a 2 416 kg ha<sup>-1</sup>) en la región de Fco. I. Madero, Bachiniva; 18.81% (de 2 586.3 a 3 072.5 kg ha<sup>-1</sup>) en la región de Carbajal de Abajo Cusihiuriachi y 21.9% (de 1 171.3 a 1 428.6 kg ha<sup>-1</sup>) en la región de Independencia, Namiquipa. Al determinar un promedio en las tres localidades estudiadas resulta un incremento de 1 966.2 a 2 305.7 kg ha<sup>-1</sup>, de esta forma manejando la densidad óptima se podría incrementar el rendimiento de frijol de riego como lo prevé el Gobierno Federal de 1 700 kg ha<sup>-1</sup> a un rango de 2 000 a 2 500 kg ha<sup>-1</sup>. La rentabilidad en las tres localidades se incrementaría de 1.25 a 1.50, de 1.50 a 1.92 y de 1.14 a 1.52 respectivamente.

## Literatura citada

- Ávila, M. M. R.; González, R. H.; Rosales, S. R.; Zandate, H. R.; Pajarito, R. A. y Espinoza, A. J. 2009. Diagnostico y adopción de la variedad de frijol Pinto Saltillo en la región temporalera del norte de México. Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Cd Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Folleto Científico Núm. 12. 38 p.
- Fernández, H. P.; Ávila, M. M. R. y Gutiérrez, G. R. 2007. Tecnología para producir frijol en el estado de Chihuahua. Publicación técnica Núm. 1. CESICH CIRNOC INIFAP. 38 p.
- Field, R. J. and Nkumbula, S. 1986. Green Beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Gallatin 50): effects of plant population density on yield and quality. New Zealand J. Expt. Agr. 14:435-442.
- Garza, G. R.; Jacinto, H. C. y Garza, G. D. 2010. Bayo Azteca, Primera variedad de frijol con resistencia a *Apion godmani* Wagner. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 1(5):651-656.

## Conclusions

In the region of Bachiniva, Chihuahua the highest profitability, with grooves of 80 cm apart, is obtained by harvesting 7 and 11 plant m<sup>-1</sup> (87 500 and 137 000 plants m<sup>-1</sup>) with an average production of 2 416 and 2 461 kg ha<sup>-1</sup> and a benefit-cost ratio of 1.50. In Carbajal de Abajo, Cusihiuriachi the highest production of 3 072.5 kg ha<sup>-1</sup> and higher profitability of 1.92 is obtained by harvesting 8 plants m<sup>-1</sup>, corresponding to 100 000 plants per hectare, with a groove width of 80 centimeters. The highest yield of 1 428.6 kg ha<sup>-1</sup>, in the locality of Independence, is obtained with 8 plants m<sup>-1</sup> (harvesting 100 000 plants m<sup>-1</sup>) and a maximum profitability of 1.52. According to the sampling density made in plots of bean under irrigation in Chihuahua; 45.4% of producers may increase the density of 4 plants m<sup>-1</sup> to 8 plants m<sup>-1</sup> and increase their yield 2.8% (from 2 141 to 2 416 kg ha<sup>-1</sup>) in the region of Fco I. Madero, Bachiniva; 18.81% (from 2 586.3 to 3 072.5 kg ha<sup>-1</sup>) in the region of Carbajal de Abajo, Cusihiuriachi and 21.9% (from 1 171.3 to 1 428.6 kg ha<sup>-1</sup>) in the region of Independence, Namiquipa. When determining an average in the three localities studied there is an increase of 1 966.2 to 2 305.7 kg ha<sup>-1</sup>, thus managing the optimal density, the yield could be increased as anticipated by the Federal Government from 1 700 kg ha<sup>-1</sup> to a range of 2 000-2 500 kg ha<sup>-1</sup>. The profitability on the three localities would increase from 1.25 to 1.50, from 1.50 to 1.92 and from 1.14 to 1.52 respectively.

*End of the English version*



- Jiménez, G. J. C.; Acosta, G. J. A.; Ramírez, C. N. Y. Z.; Chávez, J. A. L.; Ramírez, V. O.; Sigala, R. J. A. y Jacinto, S. R. 2010. Efecto de la densidad en el rendimiento de grano de frijol Pinto Saltillo de riego en Chihuahua. In: Memoria de la XXII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 369-372.
- Luna, V. J. 2005. El cultivo de frijol de riego a doble hilera en el Altiplano Potosino. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, México. Folleto para productores Núm. 40. 13 p.
- Mack, H. J. and Varseveld, G. W. 1982. Response of bush snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to irrigation and plant density. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:286-290.
- Mauk, C. S.; Breen, P. J. and Mack, H. J. 1983. Yield response of major pod-bearing nodes in bush snap beans to irrigation and plant population. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108:935-939.

- NDSU. 2003. Dry ean production guide. Bull. A-1133. NDSU Ext. Serv., Fargo, ND. URL: <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/plantsci/breeding/drybean/Dry%20Bean%20production%20Guide.htm>.
- Ochoa, M. R. 1993. El cultivo de frijol bajo riego en Aguascalientes. INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga Aguascalientes. Folleto para productores Núm. 18. México. 11 p.
- Padilla, V. I.; Castillo, T. N.; Ramírez, A. J. A.; Armenta, C. I.; Cabrera, C. F.; Madrid, C. M. y Ortiz, E. J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el Sur de Sonora. CEVY-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón Sonora, México. Folleto técnico Núm. 69. 119 p.
- Pajarito, R. A. 2006. Fenología y rendimiento de variedades de frijol en diferentes fechas de siembra y condiciones de humedad. *Agrofaz* 6(1):7-16.
- Reynoso, C. R.; Ríos, U. M. C.; Torres, P. I.; Acosta, G. J. A.; Palomino, S. A. C.; Ramos, G. M.; González, J. E. y Guzmán, M. S. O. 2007. El consumo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto sobre el cáncer de colon en ratas Sprague-Dawley. *Agric. Téc. Méx.* 33(1):43-52.
- Salinas, P. R. A.; Acosta, G. J. A.; Rodríguez, C. F. G. y Padilla, V. I. 2010. Aluyori, nueva variedad de frijol blanco (alubia) para Sinaloa y El Bajío, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(5):669-675.
- Salinas, P. R. A.; Rodríguez, C. F. G.; Padilla, V. I.; Valencia, M. Y. y Acosta, G. J. A. 2011. Azufrasin: nueva variedad de frijol tipo Azufrado para el estado de Sinaloa. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(4):613-617.
- Samih A. 2008. Effect of plant density on flowering date, yield and quality attribute of bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) UNDER Center Pivot Irrigation System. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 3(4):666-668.
- Sánchez, V. I.; Ibarra, P. F. J.; Rosales, S. R.; Singh, S. P. y Acosta, G. J. A. 2001. Pinto Saltillo: nueva variedad de frijol para el altiplano de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 27(1):73-75.
- Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). D. F., México. URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). D. F., México. URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Sirait, Y.; Wallace, G. P. and Walter E. K. J. 1994. Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) response to irrigation regime and plant population density. *Hort. Science* 29(2):71-73.
- Smittle, D. A. 1976. Response of snap bean to irrigation, nitrogen, fertilization, and plant population. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101:37-40.