

## EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE RIEGO SOBRE EL CULTIVO DE CARAOTA (*Phaseolus vulgaris* L.)\*

### Effect of different irrigation depths on black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop

Hugo Escobar<sup>1</sup>, José Ortiz<sup>1</sup>, Héctor Miranda<sup>1</sup> y Douglas Peroza<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de riego, con respecto a la evapotranspiración del cultivo (ETc), sobre el rendimiento y sus componentes, índice de cosecha y eficiencia de uso de agua en el cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). El experimento se realizó en el Campo Experimental de Riego del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, la variedad utilizada fue Tacarigua, sembrada a una densidad de 250.000 plantas ha<sup>-1</sup> en un diseño experimental de bloques al azar. Para establecer el cultivo, en los primeros 18 días después de la emergencia, se suplió la necesidad hídrica total, a partir de allí se iniciaron los tratamientos 120; 100; 80; 60 y 40% de la ETc. La aplicación más la precipitación generaron láminas de 187; 172; 160; 148 y 136 mm durante el ciclo de cultivo. Los resultados permiten concluir que hubo diferencias significativas para el número de granos por vaina (5,5; 5,6; 5,4; 4,9 y 4,8, respectivamente) y que el rendimiento respondió proporcionalmente a las láminas evaluadas, el mayor rendimiento (2.623 kg ha<sup>-1</sup>) ocurrió con la mayor lámina aplicada, el cual se diferenció significativamente de los otros tratamientos; las demás láminas, en orden decreciente, produjeron 2.314; 2.152; 2.060 y 1997 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** evapotranspiración, riego por goteo, rendimiento y sus componentes, eficiencia de uso del agua.

#### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different irrigation doses, regarding crop evapotranspiration (ETc), about yield and its components, harvest index, and water use efficiency in the black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. The experiment was conducted in the Irrigation Experimental Land of faculty of Agriculture at the University Centroccidental Lisandro Alvarado, the variety used was Tacarigua, seeded at a density of 250,000 plants ha<sup>-1</sup> in a block designed randomly. To set the crop, in the first 18 days after emergence, was supply total water need; thereby, were applied the treatment 120; 100; 80; 60 and 40% ETc. These percentages plus precipitation resulted depths 187; 172; 160; 148 and 136 mm during growth season. The results show significant differences for the number of grains per pod (5.5; 5.6; 5.4; 4.9 y 4.8, respectively), and yield responded proportionately to the irrigation depths evaluated, resulting in the highest yield (2,623 kg ha<sup>-1</sup>) applied to the largest irrigation depths that differ significantly from other treatments; the rest of depths, in decreasing order, produced 2,314; 2,152; 2,060 and 1,997 kg ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Evapotranspiration, drip irrigation, yield and its components, water use efficiency.

(\*) Recibido: 10-11-2013

Aceptado: 15-07-2014

<sup>1</sup> Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA, Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela.

E-mail: Hjaviere100@yahoo.com.mx, jortiz@ucla.edu.ve, hmiranda@ucla.edu.ve, dperoza@ucla.edu.ve

## INTRODUCCIÓN

Venezuela no escapa a la inseguridad alimentaria, en consecuencia se debe generar en las próximas décadas los alimentos que requiere. Entre los aspectos técnicos que pueden tener mayor impacto en la obtención y mantenimiento de la seguridad alimentaria destaca el manejo del riego en zonas donde tiende a ser irregular la distribución de las precipitaciones, el cual se debe optimizar mediante el conocimiento preciso de las necesidades hídricas de los cultivos bajo condiciones tropicales (Oliveira *et al.* 2009). Un cultivo de alta importancia para la seguridad alimentaria es la caraota (Mora y Rojas 2008), la leguminosa más apetecida por el consumidor venezolano y una fuente de proteína vegetal de alta calidad y de bajo costo.

Debido a la necesidad de hacer uso eficiente del agua, en otras regiones del mundo se han enfocado en investigaciones con respecto al comportamiento del cultivo de caraota bajo condiciones de estrés hídrico. Calvache *et al.* (1997) reportaron que el déficit hídrico total o en alguna etapa de desarrollo produjo menor rendimiento que con riego total, concluyeron que la fase de floración es la más sensible al estrés hídrico. En la misma línea, Folegatti *et al.* (1999) indicaron que no existen diferencias significativas en el rendimiento en granos, número de vainas por planta, número de granos por vaina y materia seca de la parte aérea, cuando se aplica de 50 a 100% de la lámina útil al final del surco.

Castañeda *et al.* (2006) reportaron reducciones en el rendimiento de semilla de 10, 57 y 50% cuando el cultivo fue sometido a estrés en las fases de floración, formación de vaina y llenado de semilla, respectivamente. Ucar *et al.* (2009) encontraron que las reducciones del rendimiento, en términos generales, son más significativas cuando el estrés se presenta en las etapas de floración y llenado del grano, no existen diferencias significativas cuando se satisface entre 75 y 100% de las necesidades hídricas en las etapas de floración y llenado de grano, y entre 50 y 100% en las etapas de crecimiento vegetativo y maduración. Igualmente señalaron que la mayor eficiencia de uso del agua se obtuvo cuando la

lámina aplicada representó 75% de la evapotranspiración del cultivo.

Beserra *et al.* (2009) afirmaron que el número de vainas por planta mostró diferencias significativas cuando aplicaron 100% de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) en la etapa de floración; así mismo concluyeron que la eficiencia del uso del agua aplicada es máxima cuando se repone 75% de la ET<sub>o</sub> en esa etapa. Efetha *et al.* (2010) indicaron que los mayores rendimientos de semilla y eficiencia de uso del agua se logran cuando se mantiene el contenido de agua por encima del 60% de la capacidad de campo a una profundidad de 0,30 m durante la etapa de desarrollo vegetativo y a una profundidad de 0,60 m durante la floración, fructificación e inicio de la madurez. Bastos *et al.* (2011) informaron que la aplicación de una lámina equivalente al 100% de ET<sub>o</sub> produjo el mayor rendimiento en grano.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de riego, con respecto a la evapotranspiración del cultivo, sobre el rendimiento y sus componentes, índice de cosecha y eficiencia de uso del agua en el cultivo de caraota.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental de Riego del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, ubicado en Tarabana, estado Lara, el cual se encuentra geográficamente a 10° 01' 07,81" de latitud norte, 69° 17' 28,74" de longitud oeste y una altitud de 510 msnm, los datos climáticos medios anuales de los últimos 30 años de la zona son: temperatura media de 25°C, precipitación media anual de 812,6 mm, humedad relativa promedio de 74,6%, radiación solar de 371 cal cm<sup>-2</sup> y 2084,9 mm de evaporación. El suelo es franco (46% de arena, 28% de limo y 26% de arcilla) con una densidad aparente de 1,42 g cm<sup>-3</sup>.

El suelo se preparó con 2 pases de big-rome y se aplicó un control de malezas en preemergencia con un herbicida de amplio espectro (Paraquat). Se sembró en la temporada

que la ejecutan los productores, al inicio del segundo pico de precipitaciones del año, en el caso de la zona de Tarabana corresponde al lapso comprendido desde la segunda semana de octubre hasta la primera semana de noviembre (Rodríguez 2003).

La densidad de siembra del cultivar utilizado (Tacarigua) fue 250.000 plantas ha<sup>-1</sup>, distribuidas a una distancia de 50 cm entre hileras y 8 cm entre planta, en un diseño experimental de bloques al azar constituido por 5 bloques con 5 tratamientos cada uno. Los bloques se establecieron según la variabilidad en cuanto al color del suelo que visualmente se apreciaba y la pendiente del terreno. Cada tratamiento constaba de 4 hileras de siembra de una longitud de 15 metros cada una.

Para determinar las cantidades precisas de fertilizantes a aplicar se analizó el suelo del área de experimento a profundidades de 0- 20 y de 20 - 40 cm, los resultados se muestran en la Tabla 1. Se utilizó tal información y los requerimientos de nutrientes del cultivo por etapa para la planificación de la fertilización, la cual fue igual para todos los tratamientos.

Las cantidades aplicadas de cada uno de los macronutrientes se muestran en la Tabla 2, calculadas con el Servicio Automatizado de Manejo Adecuado de Nutrientes (SAMAN) de la industria Petroquímica nacional (Pequiven).

Cabe destacar que se realizaron las prácticas agronómicas respectivas para asegurar las condiciones adecuadas para obtener máximo rendimiento del cultivo, entre ellas el control de malezas con productos químicos, se utilizó Fosmesafen para las especies de hoja ancha y

control manual para las gramíneas hasta el momento en que se superó el periodo crítico de competencia que es de 1 a 35 días después de la siembra. Por otra parte la fertirrigación se aplicó de acuerdo con los requerimientos del cultivo en cada etapa de desarrollo.

Durante la etapa de establecimiento del cultivo la demanda hídrica fue satisfecha mediante riego por aspersión en aquellos momentos en que la precipitación no fue suficiente, se utilizaron aspersores Rain Bird 70E que emitían 1,2 Ls<sup>-1</sup>, y alcanzaban un diámetro de 40 m a una presión de 45 PSI.

Posteriormente el cultivo se regó mediante un sistema de goteo, se utilizaron cintas de 16 mm de diámetro con goteros separados a 30 cm, las cuales se ubicaron entre 2 hileras de cultivo. Como fuente de agua se utilizó un tanque de 120 m<sup>3</sup>, de donde se impulsó y presurizó el sistema con una motobomba de 2 HP.

Para calcular la demanda hídrica del cultivo se usó la tina de evaporación tipo A y un pluviómetro, los cuales se instalaron en lugar cercano a la parcela experimental, con los datos recabados se realizó el balance hídrico los días 3 y 6 de la semana, se regó bajo el esquema de frecuencia fija y lámina variable. Cabe destacar que para la realización del balance hídrico es necesario la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva, como la tina de evaporación refleja la cantidad evaporada, se multiplicó por el coeficiente de tina (Kp) de la zona (0,79), determinado por Pire y Rodríguez (2007), que permitió obtener la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), esta a su vez fue multiplicada por los coeficiente de cultivo (Kc) tabulados por la

**Tabla 1. Análisis químico del suelo de la parcela experimental.**

Prof. cm	pH	CE	MO	P	Ca	Mg	K
		dSm <sup>-1</sup>	%			Mg kg <sup>-1</sup>	
0-20	8,3	0,16	3,3	5	5279 <sup>a</sup>	128	188
20-40	8,3	0,18	2,9	3	5721 <sup>a</sup>	104	99

<sup>a</sup> Presencia de carbonatos

**Tabla 2. Dosis de macronutrientes aplicados (kg ha<sup>-1</sup>).**

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
82	84	42	11

FAO (Allen *et al.* 1998) para cada etapa de desarrollo, para así obtener la ETc. La precipitación efectiva fue estimada por la metodología propuesta por Ogrosky y Mockus (1964).

Una vez obtenida la ETc, se multiplicó por los factores de 1,2; 1,0; 0,8; 0,6 y 0,4 para generar los tratamientos a evaluar. Para obtener precisión en la aplicación del volumen de agua se colocaron medidores volumétricos (hidrómetros) en cada unidad experimental, en los cuales se contabilizó la cantidad de agua que correspondía aplicar en cada riego, el paso de agua se cerró una vez suministrada la dosis, para obtener el volumen a aplicar se usó la Ecuación (1):

$$\text{Volumen} = \left( (LE \times Kp \times Kc \times \text{Factor de tratamiento} \times KI) - PE \right) \times A \quad (1)$$

**LE** es la lámina evaporada en el periodo considerado, **Kp** el coeficiente de tina, **Kc** el coeficiente de cultivo, **KI** el factor de localización (relación entre el área de sombreado del cultivo y el área de suelo ocupada por las plantas), **PE** la precipitación efectiva y **A** el área que ocupa la parcela de cada tratamiento.

En los primeros 18 días después de la siembra, el cultivo recibió 56 mm como riego de asiento para asegurar la germinación, emergencia y arraigo del cultivo en todas las parcelas experimentales. A partir de esa fecha los riegos diferenciales aportaron 81; 66; 54; 42 y 30 mm, valores que representan los porcentajes preestablecidos a evaluar. El agua aplicada a través del riego más la precipitación efectiva (50 mm) resultó en láminas de 187; 172; 160; 148 y 136 mm durante el ciclo del cultivo. Estas láminas totales, al tener implícita los riegos de asiento y la precipitación, que no se puede controlar a nivel de campo, originaron porcentajes de agua recibida por el cultivo distinto a los que se pretendía

someter el cultivo inicialmente.

De las 4 hileras correspondientes a cada unidad experimental se tomaron las 2 centrales para realizar las mediciones respectivas, las otras 2 sirvieron de bordura para eliminar la interferencia entre tratamientos. Para la estimación de componentes del rendimiento se recolectaron 5 plantas al azar en estado de cosecha, se contó el número de vainas planta<sup>-1</sup>, granos vainas<sup>-1</sup> y peso de 100 semillas. El índice de cosecha se calculó como la relación entre el peso de los granos y la parte vegetativa de cada planta, una vez secados en estufa a una temperatura de 60°C. La eficiencia de uso del agua se obtuvo como la relación entre el peso del grano y la cantidad de agua recibida por el cultivo para cada tratamiento. Para la determinación del rendimiento se delimitaron 10 m<sup>2</sup> de las hileras centrales de cada unidad experimental y se cosechó la totalidad de plantas.

Las variables evaluadas fueron analizadas según un diseño de bloques al azar previo a verificación del cumplimiento de los supuestos exigidos por el análisis de varianza, para la separación de medias se empleó la prueba de Tukey a 5% de probabilidad, se usó el programa Statistix 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Componentes del rendimiento

#### Número de vainas por planta

En la Tabla 3 se muestran valores del número de vainas por planta (NVP). No se observó efecto significativo ( $P > 0,05$ ) de la lámina de agua sobre el NVP, lo cual se puede deber a que en el lapso previo a la plena formación de vainas ocurrieron eventos de precipitación que suplieron la demanda hídrica en todos los tratamientos de manera uniforme, con ello se eliminó parte del efecto de la lámina de agua que recibió el cultivo.

**Tabla 3. Valores de rendimiento y sus componentes en cultivo de caraota sometido a diferentes dosis de riego.**

Lámina de riego (mm)	187	172	160	148	136
NVP	14,9	16,5	14,8	16,7	13,6
NGV	5,5 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	5,4 <sup>ab</sup>	4,9 <sup>b</sup>	4,8 <sup>b</sup>
P100S (g)	21,9	21,1	21,5	22,5	21,8
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	2.623,4 <sup>a</sup>	2.313,7 <sup>b</sup>	2.151,9 <sup>bc</sup>	2.059,7 <sup>c</sup>	1.996,9 <sup>c</sup>

NVP: número de vainas por planta; NGV: número de granos por vaina; P100S: peso de cien semillas. Medias con superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

Estos resultados están en el rango encontrado por Calvache *et al.* (1997), quienes reportaron entre 12,0 y 22,1 vainas por planta; pero difieren de los reportados por Folegatti *et al.* (1999) y Castañeda *et al.* (2006) que informaron cifras de 8,5 – 12,2 y 19,3 – 24,7, respectivamente, tales desviaciones pueden estar determinadas por características propias de las variedades evaluadas (Aroana 80 y Frijol negro precoz, respectivamente), así como por el manejo agronómico al cual fue sometido el cultivo (100; 50 y 0% de agua útil al final del surco; y sin riego y estrés hídrico durante las etapas de formación de vainas y llenado de semillas, respectivamente).

### Número de granos por vaina

En cuanto al número de granos por vaina (NGV), se encontró efecto significativo (Tabla 3), esto puede deberse a que durante el inicio de formación de granos no ocurrieron eventos de precipitación, lo cual causó que el cultivo dependiera en mayor cuantía de los riegos aplicados, esto estimuló a las plantas con menores láminas de riego a cuajar las semillas que habían formado y a detener la formación de nuevas semillas, lo cual implica que una vez se forman las vainas se determina el número de granos.

Estos resultados son superiores a los encontrados por Calvache *et al.* (1997), Folegatti *et al.* (1999), Castañeda *et al.* (2006) y Barrios *et al.* (2010) quienes reportaron rangos de NGV entre 3,87 – 4,5; 3,6 – 4,3; 4,0 – 4,9 y 3,3 – 3,7, respectivamente. Con base en estos resultados se puede inferir que este componente tuvo más efecto sobre el rendimiento.

### Peso de 100 semillas

En el componente peso de 100 semillas (P100S), no se encontró efecto ( $P > 0,05$ ) de los tratamientos (Tabla 3). Tal respuesta posiblemente se debe a que en el periodo de llenado de grano ocurrieron eventos de precipitación que suplieron la demanda hídrica de manera uniforme y eliminó efecto de tratamiento.

Estos resultados son similares a los reportados por Lozada (1993) para la variedad

Tacarigua durante dos épocas de siembra en la localidad de Sanare, estado Lara, quien reportó 21,8 g 100semillas<sup>-1</sup>, pero a su vez difieren por exceso y por defecto de los reportados por Castañeda *et al.* (2006) y Barrios *et al.* (2010); estos autores informaron de 18,2 a 20,5 y 24,5 a 26,6 g 100semillas<sup>-1</sup>, respectivamente, posiblemente esto obedece a características propias de las variedades utilizadas y a efecto de tratamientos aplicados.

### Rendimiento

El efecto de tratamientos sobre el rendimiento fue significativo (Tabla 3), esto se debe en primer lugar a las diferencias en el número de granos por vaina, producto de diferencias más marcadas entre tratamientos en el inicio de la formación de granos, lo que induce a las plantas con mayor disponibilidad de agua a cuajar un mayor número de granos por vaina. Calvache *et al.* (1997) y Castañeda *et al.* (2006) evaluaron riego deficitario y sequía en distintas etapas fenológicas, encontraron que la mayor reducción del rendimiento se observó cuando el estrés hídrico se impuso al comienzo de la formación de granos. Así mismo, tal respuesta es debida a que las plantas con mayor disponibilidad hídrica tienen un mayor índice de área foliar y una mayor razón de área foliar, captan mayor energía solar y aumentan así la producción de fotosintatos que luego se almacenan en los granos (Castañeda *et al.* 2006). Igualmente, esta respuesta está influenciada por el efecto acumulado del riego sobre las plantas en las etapas fenológicas de floración y fructificación (Folegatti *et al.* 1999; Ucar *et al.* 2009).

Estos resultados son similares a los reportados por Calvache *et al.* (1997), Ucar *et al.* (2009) y Barrios *et al.* (2010), quienes encontraron rangos de rendimiento de 1.162,67 – 2.967,64; 1.940 – 2.430 kg ha<sup>-1</sup> y 1.756 – 2.440 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A su vez son más elevados que los reportados por Folegatti *et al.* (1999), los cuales consiguieron rendimientos entre 858,2 y 1.459,8 kg ha<sup>-1</sup>, esta diferencia en el rendimiento puede ser debida al sistema de riego utilizado, ya que en estos trabajos se regó por surco, el cual es de baja frecuencia de aplicación y el cultivo está sometido a cortos periodos de baja disponibilidad

hídrica que afecta el crecimiento y rendimiento. En los sistemas de fertiriego por goteo la frecuencia de aplicación es alta, se logra la suplencia de agua y fertilizantes en los momentos oportunos que favorecen una mayor expresión del potencial de producción de los cultivos.

### Índice de cosecha

No hubo efecto ( $P > 0,05$ ) de riego sobre el índice de cosecha (IC), por lo que la proporción de granos producida con respecto a la masa total de una planta no fue afectada por la lámina de agua que recibió el cultivo. En la Tabla 4 se muestran los valores medios del IC obtenidos en los diferentes tratamientos.

**Tabla 4. Índice de cosecha promedio en cultivo de caraota sometido a diferentes dosis de riego.**

Lámina de riego (mm)	187	172	160	148	136
Índice de cosecha	0,52	0,53	0,51	0,53	0,55

Calvache *et al.* (1997) reportaron valores de IC máximo de 0,71 para el cultivo que solamente fue estresado en la etapa vegetativa y de 0,37 para las plantas que no recibieron riego a lo largo del ciclo del cultivo. Muñoz *et al.* (2007) encontraron valores entre 0,31 y 0,39 para distintas variedades sometidas o no a estrés hídrico, respectivamente. Díaz *et al.* (2008) consiguieron IC entre 0,38 y 0,56 en diferentes variedades de color negro en México. Los resultados encontrados en el presente estudio están dentro de este rango. Ortiz *et al.* (2012) encontraron valores de IC de 0,64 durante dos ciclos del cultivo regado por sistemas de aspersión.

### Eficiencia de uso del agua

En la Tabla 5 se muestran los valores medios de la eficiencia de uso del agua (EUA), para esta variable se encontró que el efecto del tratamientos no fue significativo; la cantidad de granos producida en una hectárea por milímetro de lámina total recibida por el cultivo no varió cuando está entre 136 y 187 mm. Con base en este resultado y considerando que el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicaron 187 mm, se puede catalogar este tratamiento como el mejor.

**Tabla 5. Valores promedio de eficiencia de uso del agua.**

Lámina de riego (mm)	187	172	160	148	136
EUA ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ )	14,0	13,3	13,3	13,9	14,6

EUA = Eficiencia de uso del agua

El resultado promedio de EUA para todos los tratamientos fue  $13,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ , ubicado dentro del rango reportado por Ucar *et al.* (2009), quienes informaron EUA entre 0 y  $24 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$  con riego deficitario, a su vez duplican la EUA conseguida por Calvache *et al.* (1997) y Muñoz *et al.* (2007), los cuales reportaron rangos de 5,5 – 7,4 y 6,2 –  $6,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ , respectivamente, tal respuesta es debida a la eficiencia de riego que se consigue con los sistemas de riego por goteo.

### CONCLUSIONES

Para los componentes del rendimiento el impacto de dosis de riego sólo tuvo efecto significativo sobre el número de granos por vaina. El rendimiento del cultivo respondió proporcionalmente a las láminas evaluadas, el mayor rendimiento ( $2623 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ocurrió para la mayor lámina aplicada (187 mm).

El índice de cosecha y la eficiencia de uso del agua no mostraron diferencias significativas para los tratamientos evaluados.

### REFERENCIAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.
- Barrios, E., López, C., Kohashi, J., Acosta, J., Miranda, S. y Mayek, N. 2010. Rendimiento de semilla y sus componentes en frijol flor de mayo en el centro de México. Revista Agrociencia 44: 481-489.
- Bastos, L., Beserra, M., Chohaku, G. e Freire da Silva, T. 2011. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. Revista Bragantia 70(3): 715-721.
- Beserra, M., Bastos, L., Freire da Silva, T., Oliveira, E. e Monteiro, J. 2009. Efeito da

- lâmina de irrigação na produtividade do feijão-caupi no semi-árido brasileiro. XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Juazeiro, Petrolina.
- Calvache, M., Reichard, K., Bacchi, O. and ourado, D. 1997. Deficit irrigation at different growth stages of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Imbabello). *Revista Scientia Agrícola* 54 (especial):1-16.
- Castañeda, M., Córdova, L., González, V., Delgado, A., Santacruz, A. y García, G. 2006. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. *Interciencia* 31(6): 461-466.
- Díaz, E., Acosta, J., Ramírez, M. y Padilla J. 2008. Relación entre índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 34(1): 13-20. [Revista en línea]. En: [http://www.inifap.gob.mx/revistas/ciencia\\_agricola/vol34\\_num1.pdf](http://www.inifap.gob.mx/revistas/ciencia_agricola/vol34_num1.pdf). [Consulta: mayo, 2012].
- Efetha, A., Harms, T. and Bandara, M. 2010. Irrigation management practices for maximizing seed yield and water use efficiency of othello dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in southern Alberta, Canada. *Irrigation Science* 29(2): 103-113.
- Folegatti, M., da Silva, V. e Sanchez, A. 1999. Rendimiento do feijoeiro irrigado submetido a diferentes lâminas de água com irrigação por sulco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 3(3): 281-285.
- Lozada, C. 1993. Comportamiento de 10 cultivares de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) durante dos épocas de siembra en Sanare, estado Lara. *Bioagro* 5: 22-28.
- Mora, E. y Rojas, J. 2008. Los cultivos líderes de la agricultura venezolana (1984-2005). *Agroalimentaria* 25: 33-44.
- Muñoz, C., Allen, G., Westermann, D., Wright, J. and Singh, S. 2007. Water use efficiency among dry bean landraces and cultivars in drought-stressed and non-stressed environments. *Revista Euphytica* 155(3): 393-402.
- Ogrosky, H. and Mockus, V. 1964. Hidrology of Agricultural land. In: Ven Te Chow (Ed). *Handbook of applied hydrology*, McGraw-Hill. New York. 1467 p.
- Oliveira, A., Trezza, R., Holzapfel, E., Lorite, I. and Paz, V. 2009. Irrigation water management in Latin America. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69 (special): 7-16.
- Ortiz, J., Miranda, H. y Peroza, D. 2012. Distribución del agua bajo riego por aspersion y su efecto sobre el cultivo de caraota (*Phaseolus vulgaris*L.). *Revista UDO Agrícola* 12: 106-116.
- Pire, R. y Rodríguez, R. 2007. Evapotranspiración referencial (ET<sub>o</sub>) medida vs. estimada en Tarabana (10°01' LN), estado Lara, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 25: 58-66.
- Rodríguez, R. 2003. Análisis de la información climatológica de la estación Miguel Luna Lugo del Decanato de Agronomía de la UCLA durante el periodo 1976-2002. Trabajo de ascenso. Decanato de Agronomia Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Cabudare, Venezuela. 108 p.
- Ucar, Y., Kadayifci, A., Yilmaz, H., Tuylu, G. and Yardimci, N. 2009. The effect of deficit irrigation on the grain yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in semiarid regions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7 (2): 474-485.