

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

**Tolerancia de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) a condiciones de sequía en campo**

**Tolerance of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) to field drought conditions**

Amalia Domínguez Suárez<sup>1\*</sup>, Rodolfo Darías Rodríguez<sup>1</sup>, Yordanys Martínez Dávalos<sup>1</sup>, Elianis Alfonso Negrín<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Biotecnológicos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, Autopista a Varadero km 3 ½, Matanzas, Cuba, CP 44740

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Matanzas, Autopista a Varadero km 3 ½, Matanzas, Cuba, CP 44740

\*Autor para correspondencia: [amalia.dominguez@umcc.cu](mailto:amalia.dominguez@umcc.cu); [domnguezamalia94@gmail.com](mailto:domnguezamalia94@gmail.com)

**RESUMEN**

La selección de variedades de frijol tolerantes a la sequía puede constituir una estrategia que permita minimizar el efecto del déficit hídrico sobre el rendimiento y la calidad del grano. Con el objetivo de seleccionar variedades más tolerantes al déficit hídrico, se realizó un experimento en la finca Sabanilla de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “Sabino Pupo”, Unión de Reyes. Se evaluaron las características fenológicas e indicadores de rendimiento de ocho variedades de frijol común (CC 25-9 R, BAT 58, Güira 89, CC 25-9 blanco, CC 25-9 negro, Tomeguín, Velazco largo y BAT304), en diferentes condiciones: cuatro riegos (sequía) y diez riegos (condiciones óptimas de humedad). Los resultados del índice reproductivo (IR), el índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) y la pérdida de rendimiento (PR) permitieron concluir que las variedades más tolerantes a la sequía en las condiciones de experimentación fueron: Tomeguín, BAT 304 y CC 25-9 R, mientras las más susceptibles: Velazco Largo y CC 25-9 negro.

**Palabras clave:** estrés hídrico, características fenológicas, indicadores de rendimiento

**ABSTRACT**

The selection of tolerant varieties of bean to the drought can constitute a strategy that permit minimizing the effect of the hydric deficit on the yield and the quality of the bean grain. The objective of work was to identify more tolerant varieties to the drought, at the farmstead Sabanilla of her CCS “Sabino Pupo”, Unión de Reyes. The morphologic characteristic and common bean indicators of yield of eight varieties (CC 25-9 R, BAT 58, Güira 89, CC 25-9 white, CC 25-9 black, Tomeguín, Velazco Largo and BAT 304) were evaluated, in different

conditions: four irrigations (drought) and ten irrigations (optimal conditions of humidity). With the results of reproductive index (IR), sensibility index to drought (ISS) and the percentage of losses of the yield (PR) allowed bring to a following conclusion: the varieties more tolerant behavior in the conditions of experimentation where: Tomeguín, BAT 304 and CC 25-9 R and the more susceptible: Velazco Largo and y CC 25-9 black.

**Keywords:** water stress, morphologic characteristic, indicators of yield

## INTRODUCCIÓN

La siembra del frijol en Cuba ha sido durante muchos años una práctica común del campesinado; no obstante, la producción es insuficiente como resultado de la elevación del nivel de consumidores y los cambios climáticos. La sequía produce modificaciones en los indicadores morfofisiológicos y bioquímicos que tienen consecuencia sobre el peso de la semilla y por ende sobre el rendimiento del cultivo (Cardona *et al.*, 2014, Domínguez *et al.*, 2016).

Algunas de estas modificaciones se consideran respuestas metabólicas que constituyen mecanismos de adaptación al déficit hídrico en las plantas, destacándose por su correlación positiva con la tolerancia a la sequía, la longitud de la raíz y su relación con la producción de biomasa (Polania *et al.*, 2012), el índice de marchites (Pungulani *et al.*, 2013) y el contenido relativo de agua de las hojas (Domínguez *et al.*, 2014), tanto en la fase vegetativa como reproductiva.

El déficit hídrico en etapas tempranas generalmente afecta el alargamiento y el tamaño final de las hojas. En la fase reproductiva disminuye el rendimiento en mayor proporción que cuando solo afecta la fase vegetativa (Polón *et al.*, 2014), lo que depende de la intensidad del estrés hídrico y la tolerancia; por lo que varios autores han tenido en cuenta los indicadores fenológicos, la pérdida de rendimiento y el índice de susceptibilidad a la sequía, en estudios de evaluación y selección de variedades de tolerantes a la sequía (Boicet *et al.*, 2011; Cardona *et al.*, 2014).

En nuestro país muchas de las áreas donde se produce el frijol, son cultivadas con un

suministro de agua dependiente de las precipitaciones. De ahí la importancia de seguir profundizando en el estudio de variedades comercializadas en Cuba. Este trabajo tuvo el objetivo de seleccionar variedades tolerantes a la sequía en condiciones de campo, con un rendimiento adecuado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la finca "Sabanilla" de la CCS "Sabino Pupo" que se encuentra localizada en el municipio de Unión de Reyes, poblado Juan Gualberto Gómez de la provincia de Matanzas. La misma cuenta con una extensión de 14 ha y colinda al norte y al sur con fincas no estatales, al este con una micro presa y al oeste con una zona no cultivada. El suelo es pardo Mullido Carbonatado (Hernández *et al.*, 2015), con un contenido de materia orgánica entre medio y alto, el pH neutro, el contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fue de 1,45 mg/100 g y el de K<sub>2</sub>O de 24,75 mg/100 g. Durante la duración del ensayo, en los meses de enero a marzo de 2015, las temperaturas (máxima, y mínimas) fueron variables, donde las temperaturas medias oscilaron entre 22 y 29 °C, las temperaturas mínimas oscilaron entre 18 y 23 °C y las máximas entre 30 y 34 °C. El promedio de precipitaciones fluctuó entre 8-62 mm.

Se utilizaron ocho variedades de frijol común de diferentes colores: CC 25-9 rojo, BAT 58 negro, Güira 89 negro, CC 25-9 blanco, CC 25-9 negro, Tomeguín 93 negro, Velazco Largo rojo y BAT 304 negro, todos suministrado por la empresa de semilla de Jovellanos, Matanzas.

El experimento se sembró el 20 diciembre del 2014. Se utilizó un diseño de bloque al azar, en

surcos de 7 m de largo X 0,60 m de ancho, en un área total de 0,033 ha, con tres repeticiones por variedad y tratamiento, con una densidad de 15-18 granos m<sup>-1</sup> según lo recomendado por Faure *et al.* (2012). Los tratamientos fueron:

- **T1:** Variedades de frijol bajo riego (10 R)
- **T2:** Variedades de frijol en condiciones de sequía (4R)

En el caso del ensayo con riego se aplicaron 10 riegos y se tuvo en cuenta los requerimientos hídricos según las etapas de desarrollo del frijol, con una norma neta total promedio de 3 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Faure *et al.*, 2012).

### Variables analizadas y metodología empleadas

Se evaluaron características fenológicas e índices que involucran el rendimiento en la selección de variedades, para ello se cosecharon 10 plantas por tratamiento y repetición.

Datos fenológicos:

- días a inicio de floración (DIF)
- días a madurez fisiológica (DMF)
- índice reproductivo (IR) según la ecuación:

$$IR(\%) = \frac{DPR}{DMF} \times 100 \quad (e1)$$

DPR - días del periodo reproductivo

$$DPR = DMF - DIF \quad (e2)$$

Al alcanzar la madurez de la cosecha se recolectaron muestras de 2 m por surcos de cada variedad por condición de riego, lo que equivale a un área de 2,4 m<sup>2</sup> para calcular los siguientes indicadores de productividad:

- número de vainas por plantas
- número promedio de semillas por vaina
- número de semillas por plantas
- peso de cien semillas (g)
- rendimiento total

Se descartaron los 0,5 m iniciales y finales para evitar el efecto borde y cabecera.

Para estimar la reducción del rendimiento por causa del estrés hídrico se aplicó la siguiente ecuación (Reportada por Acosta *et al.*, 2011):

$$PR = 1 - \frac{Re}{Rr} \times 100 \quad (e3)$$

PR - Pérdida de rendimiento

Re - promedio general de rendimiento en sequía

Rr - promedio general de rendimiento en riego

Para estimar la intensidad y el efecto de la sequía sobre el rendimiento, se determinó el Índice de intensidad de sequía (IIS) mediante la ecuación reportada por Boicet *et al.* (2011):

$$IIS = 1 - \frac{RS}{RRS} \quad (e4)$$

RS - promedio general de rendimiento en sequía

RRS - promedio general de rendimiento en riego

El Índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) para cada variedad fue determinado con la ecuación:

$$ISS = 1 - \left( \frac{RSi}{RRSi} \right) + IIS \quad (e5)$$

ISSi - Índice de susceptibilidad a sequía (4R) de la i-ésima variedad

RSi - rendimiento promedio en sequía (4R) de la i-ésima variedad

RRSi - rendimiento promedio en riego suplementario (10 R) para la i-ésima variedad

Para el cálculo de estos índices se utilizaron los valores de rendimientos obtenidos en cada repetición de sequía (4R) con su correspondiente repetición en riego (10R). La comparación de las medias para el análisis de los resultados se realizó a través de la prueba de

Tukey, con una probabilidad de error de 5 %, mediante el programa InfoStat 1.1 sobre Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el experimento se observó un comportamiento variable del clima, donde las temperaturas medias oscilaron entre 22 y 29 °C, las mínimas entre 18 y 23 °C y las máximas entre 30 y 34 °C. Estas temperaturas propician un desarrollo normal del cultivo al estar entre los rangos permisibles si se considera que el mismo crece bien entre temperaturas promedios de 15 a 27 °C y se desarrolla a temperaturas óptimas entre 24 y 25 °C (Barrios *et al.*, 2011). Por otro lado, los valores de humedad relativa oscilaron entre 32 y 78 %, permisibles para el desarrollo del cultivo.

En la Tabla se muestran los resultados sobre las variables fenológicas con diferentes condiciones de riego. Al evaluar los días de floración, las plantas, que se desarrollaron en condiciones óptimas de humedad tuvieron sus primeras flores abiertas entre los 34 y 50 días.

Sin embargo, se aprecia que las variedades BAT 304 y Tomeguín 93 fueron las de mayor precocidad en la condición de déficit hídrico (adelantaron cinco días la floración), las restantes adelantaron su floración de dos a cuatro días respecto a su similar con diez riegos.

De forma similar, los DMF se adelantaron en todas las variedades en condiciones de sequía, observándose que BAT 304 comenzó a producir vainas primero. Resultados semejantes fueron obtenidos por Mayor (2010) y Boicet *et al.* (2011) quienes demostraron que en condiciones de estrés hídrico disminuye el ciclo fenológico, lo que puede estar relacionado con características de algunas variedades a modificar dicho ciclo como respuesta al déficit hídrico, lo que le permite contrarrestar el efecto negativo.

El índice reproductivo (IR) de las variedades mostró diferentes respuestas, se pueden considerar como las más adaptadas a las condiciones experimentales las que combinan un índice reproductivo alto y un mayor período desde la floración hasta la madurez (CC 25-9 R, BAT 304 y Tomeguín 93); también,

**Tabla.** Variables fenológicas e ISS de las variedades bajo dos condiciones de riego, en la CCS "Sabino Pupo", durante diciembre 2014 a marzo 2015

Variedades	DIF (días)		DMF (días)		IR (%)		ISS
	Riego	Sequía	Riego	Sequía	Riego	Sequía	
Negro CC 25-9	50	46	88	81	43,18	43,20	2,18
Rojo CC 25-9	34	31	79	76	56,96	59,21	0,68
Tomeguín 93	40	35	77	73	48,05	52,20	0,27
Blanco CC25-9	34	32	74	69	54,05	53,36	0,9
BAT 304	35	30	80	70	56,25	57,14	0,46
Velazco Largo.	36	32	76	69	52,63	53,62	2,02
BAT 58	34	31	75	68	54,67	54,41	1,2
GÜIRA 89	36	34	72	68	50,00	50,00	1,11
Medias	37,38	33,87	77,63	71,75	49,15	50,55	1,10

DIF: días a inicio de floración, DMF: días a madurez fisiológica, IR: Índice reproductivo e ISS: Índice de susceptibilidad de la sequía.  
Condiciones de riego: diez riegos (riego) y cuatro riegos (sequía)

las que presentaron los menores ISS.

Según algunos autores, el índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) puede ser considerado como un criterio aceptable para seleccionar variedades tolerantes (Yarnia *et al.*, 2013), bajo condiciones de estrés hídrico, pero se deben tener en cuenta otras características, porque puede ser que las variedades con menores ISS (mayor tolerancia a la sequía) no sean las que tengan un mayor rendimiento en esas condiciones, pese a presentar menor reducción del rendimiento respecto al obtenido que se obtiene con riego.

Al hacer el análisis de estos resultados se pudo constatar que la humedad del suelo tuvo un efecto sobre el ciclo fenológico de las plantas, lo que puede estar relacionado con la capacidad para modificar el inicio de la floración como respuesta al déficit hídrico que les permite reducir el efecto negativo de la sequía, corroborando los resultados reportados por Polania *et al.* (2012) en un estudio realizado con 21 líneas de frijol bajo condiciones de riego y sequía.

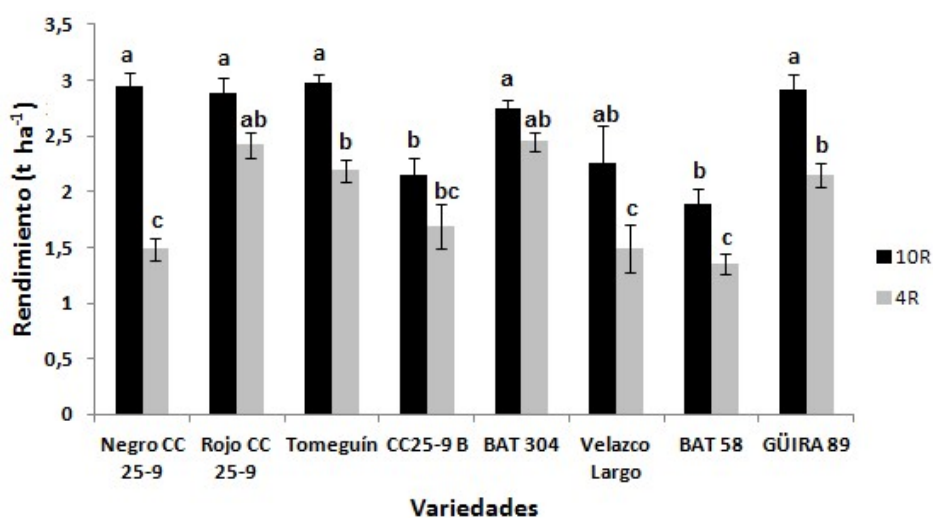
Los índices de susceptibilidad para los genotipos estudiados estuvieron entre 0,27 y 1,10, similares a los obtenidos por Boicet *et al.* (2011) quienes sugirieron la utilización combinada de estos índices de forma tal que permitan seleccionar genotipos con altos

rendimientos y tolerancia a la sequía.

El análisis de varianza y la comparación de medias del rendimiento en las dos condiciones de riego evaluadas mostraron que existen diferencias significativas en la respuesta al déficit hídrico de las variedades (Figura 1). Durante el periodo de ensayo las condiciones que prevalecieron fueron las de sequía, motivadas por las pocas precipitaciones ocurridas, con un índice de intensidad a la sequía (IIS) de 0,24, fundamentalmente durante el período reproductivo (fase donde más afecta el déficit hídrico). Además, la sequía acelera la senescencia de hojas madura, la abscisión de estructura reproductivas y la limitación de fotoasimilados para la formación de granos (Ahmed y Suliman, 2010; Ishiyaku y Aliyu, 2013).

Estos resultados fueron semejantes a los reportados por Jiménez *et al.* (2013) quienes demostraron la reducción del rendimiento de todos los genotipos a una intensidad de sequía representada por un valor de 0,27, en un experimento con ocho variedades de frijoles.

Con los resultados de rendimientos obtenidos en ambas condiciones de riego se calculó el porcentaje de reducción de los indicadores de rendimiento (rendimiento total, número de vainas por plantas, número de semillas por vainas, número de semillas por



**Figura 1.** Rendimiento de las variedades bajo las dos condiciones de riego

Letras diferentes indican diferencias significativas al comparar los resultados de las variedades con 10 riegos (10 R) respecto a las de cuatro riegos (4R), para  $p \leq 0,05$  según Test de Tukey

plantas). De forma general, hubo una reducción en todos los indicadores estudiados (Figura 2). El número de vainas por plantas disminuyó 15,2 %, el número de semillas por vainas 12,33 %, el número de semillas por plantas 23,4 % y el rendimiento total en un 28,22 %.

La pérdida de rendimiento debido a la sequía fue incuestionable en todas las variedades, pero fue superior en CC 25-9 negro, Velazco Largo y BAT 58 con 48,59 %, 35,27 % y 28,57 % respectivamente.

Cardona *et al.* (2014) observaron que el estrés por sequía disminuyó en un 57,72 % el rendimiento de grano por planta, en un 49,40 % el número de vainas por planta, en un 32,07 % el número de semillas por vaina y en un 13,9 % la longitud de las vainas, con una correlación altamente significativa entre los dos primeros indicadores mencionados. También Ahmed y Suliman (2010) reportaron la disminución entre el 50 y 74 % del rendimiento en dicha especie.

En las condiciones de sequía experimental sobresalieron BAT 304 y Tomeguín 93 seguidas de CC 25-9 R. Estas variedades manifestaron los menores porcentajes de reducción de productividad en todos los indicadores de rendimiento y los menores ISS, típico de variedades tolerantes. CC 25-9 negro y Velazco

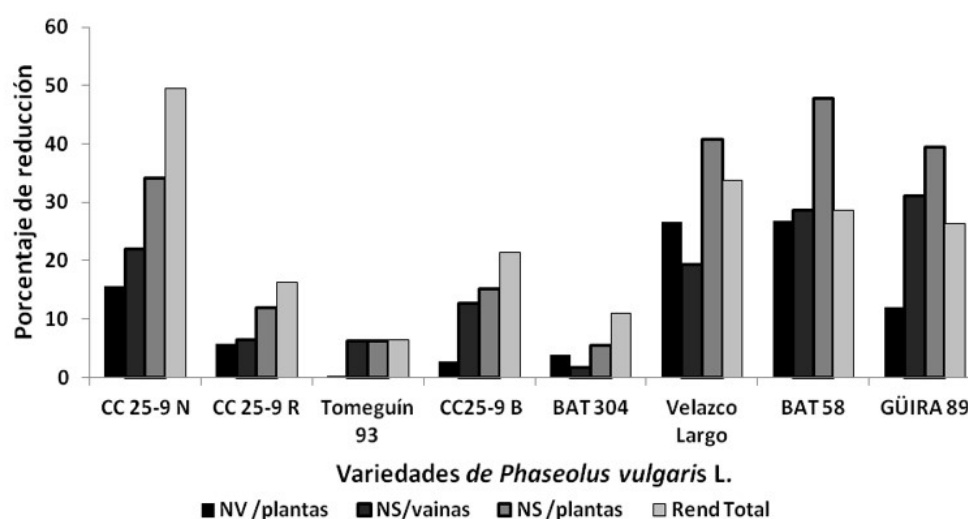
Largo expresaron los mayores porcentajes de reducción y de ISS, lo que significa que son susceptibles al déficit hídrico.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Osuna *et al.* (2013) al evaluar 10 genotipos en diferentes condiciones de siembra y riego, pero refieren que la reducción del rendimiento por falta de humedad fue evidente en todos los genotipos, aunque la mayoría presentaron moderada tolerancia al estrés hídrico.

Los resultados evidenciaron variabilidad de acuerdo con la reducción del rendimiento tal como lo reportaron Ishiyaku y Aliyu (2013). Algunas variedades presentaron mayor reducción del rendimiento y un menor índice de susceptibilidad a la sequía (ISS), mientras otras conservaron el rendimiento, pero el ISS fue elevado.

## CONCLUSIONES

La sequía en condiciones experimentales produjo un efecto directo sobre el rendimiento de las variedades y los índices evaluados. Estas variaciones permitieron identificar a BAT 304, CC 25-9 R y Tomeguín como las más tolerantes al déficit hídrico, ya que tuvieron el menor porcentaje de reducción en la producción y el índice de susceptibilidad a la sequía.



**Figura 2.** Reducción de los indicadores de rendimiento bajo condiciones de sequía

Leyenda de los indicadores de rendimiento: NV/planta - número de vainas por plantas; NS/vainas - número de semillas por vainas; NS/plantas - número de semillas por plantas; Rend Total - rendimiento total

**BIBLIOGRAFÍA**

- ACOSTA, E., HERNÁNDEZ, I., RODRÍGUEZ, R., et al. 2011. Efecto de la sequía en la producción de biomasa y grano de frijol. *Rev. Mex. Cienc. Agric.*, 2 (2): 249-265.
- AHMED, F.E. and SULIMAN, A.S.H. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water use efficiency of cowpea. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1 (4): 534-540.
- BARRIOS, J., LÓPEZ, C. y KOHASHI, J. 2011. Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo “flor de mayo”. *Agronomía Costarricense*, 35 (1).
- BOICET, T., SECADA, Y., CHAVECO, O., et al. 2011. Respuesta a la sequía de genotipos de frijol común utilizando diferentes índices de selección. *Centro Agrícola*, 38 (4): 69-73.
- CARDONA, C., JARMA, A.J., ARAMÉNDIZ, H., et al. 2014. Respuesta fisiológicas y bioquímicas del frijol caupi (*Vigna unguilata* L. Walp) bajo déficit hídrico. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.*, 8 (2): 250-261.
- DOMÍNGUEZ, A., MARTÍNEZ, Y., PÉREZ, Y., et al. 2016. Comportamiento de variedades de frijol común, cubanos y venezolanos, cultivados en condiciones de sequía. *Revista Ciencia UNEMI*, 9 (20).
- DOMÍNGUEZ, A., PÉREZ, Y., ALEMÁN, S., et al. 2014. Respuesta de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. al estrés por sequía. *Biotecnología Vegetal*, 14 (1): 29-36.
- FAURE, B., BENITEZ, R.J., LEÓN, N., et al. 2012. Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L). Instituto de Investigaciones de Grano, Editora Agroecológica, La Habana, Cuba.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J.M., BOSCH, D. y CASTRO, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA, La Habana, Cuba, Pp. 53-57, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- ISHIYAKU, M. E. and ALIYU, H. 2013. Field evaluation of cowpea genotypes for drought tolerance and striga resistance in the dry savanna of the North-West Nigeria. *Int. J. plant. Breed. Genet.*, 7 (1): 45-56.
- JIMÉNEZ, J.C. y ACOSTA, J.A. 2013. Rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) y Tépari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) bajo el método riego-sequía en Chihuahua. *Mex. Cienc. Agric.*, 4: 4.
- MAYOR, D.V.M. 2010. Evaluación de líneas de frijol común andino (*Phaseolus vulgaris*) provenientes de cruza intra-inter acervo para tolerancia a sequía. Trabajo para optar por el grado de Magister en Ciencias Agrarias, Área de Fitomejoramiento, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia, 95 p.
- OSUNA, E.S., REYES, L., PADILLA, J.S., et al. 2013. Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Rev. Mex. Cienc. Agric.*, 4 (8): 1209-1221.
- POLANIA, J.A., RAO, I.M., MEJÍA, S., et al. 2012. Características morfofisiológicas del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionadas con la adaptación a sequía. *Acta Agron.*, 61 (3): 197-206.
- POLÓN, R., MIRANDA, A., RAMÍREZ, M.A. y LÓPEZ, L.A. 2014. Efectos del estrés de agua sobre el rendimiento de granos en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23: 4.
- PUNGULANI, L.L.M., MILLNER, J.P., WILLIAMS, W.M. and BANDA, M. 2013. Improvement of leaf wiring scoring in cowpea (*Vigna Sinensis* (L.) Walp.): From qualitative scale to quantitative index. *Aust. J. Crop. Sci.*, 7 (9): 1262-1269.

YARNIA, M., ARABIFARD, N., KHOEI, F.R.  
and ZANDI, P. 2013. Evaluation of drought  
tolerance indices among some winter

rapeseed cultivar. *African Journal of  
Biotechnology*, 10 (53): 10914-10922.

---

**Recibido el 27 de junio de 2017 y Aceptado el 20 de mayo de 2019**