

Longitud de la raíz: indicador morfológico de la respuesta al estrés hídrico en *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo

Amanda Martirena-Ramírez^{1*}, Novisel Veitía¹, Damaris Torres¹, Leonardo Rivero¹, Lourdes R García¹, Raúl Collado¹, Miriam Ramírez- López²

¹Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuani km 5,5. Santa Clara, Villa Clara. Cuba. CP 54 830.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuani km 5,5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54830.

*Autora para correspondencia e-mail: amanda@ibp.co.cu

RESUMEN

La sequía durante la fase terminal del cultivo es una limitante mundial para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y es un problema que se agravará por los efectos del cambio climático. El objetivo del presente trabajo fue seleccionar indicadores morfológicos de la respuesta al estrés hídrico en *P. vulgaris* en casa de cultivo. Se evaluaron cuatro líneas de grano marrón y el cultivar comercial 'BAT-93'. Se estableció un tratamiento con estrés hídrico donde suspendió el riego en la etapa de prefloración hasta la cosecha y un control con riego durante todo el ciclo del cultivo. Se seleccionaron diez plantas al azar en cada tratamiento donde se evaluó el ángulo de las raíces basales, la longitud de la raíz principal (cm), el número de legumbres/planta, el número de granos/legumbre y el peso de 100 granos (g). La longitud de la raíz fue un indicador morfológico de la respuesta al estrés hídrico de las plantas en estas condiciones. Permitió diferenciar la respuesta de las líneas y el cultivar 'BAT-93'. El resto de las variables evaluadas no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Se propone la longitud de la raíz como un indicador morfológico de la respuesta a estrés hídrico en casa de cultivo que puede ser utilizado en los programas de mejoramiento genético en *P. vulgaris*.

Palabras clave: frijol común, granos, legumbres, raíz, sequía

Root length: morphological indicator of *Phaseolus vulgaris* L. response to hydric stress in greenhouse

ABSTRACT

Drought during the terminal phase of the crop is a global limitation for the production of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and it is a problem that will be aggravated by the effects of climate change. The objective of this work was to select morphological indicators for hydric stress response in *P. vulgaris* in greenhouse. Four lines of brown grain and the commercial cultivar 'BAT-93' were evaluated. A hydric stress treatment was established where the irrigation was suspended in the pre-flowering stage until the harvest and a control with irrigation throughout the all crop cycle. Ten plants were random selected at each treatment and the angle of the basal roots, main root length (cm), the number of legumes/plant, the number of grains/legumes and the weight of 100 grains (g) were evaluated. Root length was a morphological indicator of the plants response to hydric stress under these conditions. It allowed to differentiate the response of the lines and cultivar 'BAT-93'. The rest of the variables evaluated did not show significant differences between treatments. Root length is proposed as a morphological indicator of the response to hydric stress in the greenhouse that can be used in genetic improvement programs in *P. vulgaris*.

Keywords: common beans, drought, grains, legumes, root

INTRODUCCIÓN

La producción de los cultivos bajo el efecto del cambio climático, principalmente sequía y altas temperaturas, traerá consigo reducción en su rendimiento e incremento en el costo de producción. Los impactos más fuertes se sentirán principalmente en los pequeños agricultores de países en vías de desarrollo (Morton, 2007; Beebe *et al.*, 2011). El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se cultiva por pequeños agricultores en América Latina y África oriental y occidental, donde es a menudo expuesto a condiciones no favorables y mínimo uso de insumos, además de que las principales regiones productoras de este cultivo presentan periodos prolongados de sequía (Beebe *et al.*, 2008; Barrios *et al.*, 2011).

Para contrarrestar estos efectos, los programas de mejoramiento genético en la búsqueda de tolerancia a estrés hídrico en frijol se han enfocado principalmente en la obtención de líneas mesoamericanas tipo comercial (grano rojo y negro pequeño, crema y tipo carioca), con base en mejor rendimiento bajo estas condiciones. Las líneas seleccionadas también han presentado un periodo más corto a madurez fisiológica, mejor rendimiento o ganancia en grano por día, y mejor potencial de rendimiento bajo condiciones favorables de humedad en el suelo (Beebe *et al.*, 2011). Estos programas, generalmente han seleccionado los mejores cultivares y líneas bajo estrés hídrico en campo por el rendimiento de grano. Esta es la característica más importante en los criterios de selección bajo estas condiciones.

No obstante, otros autores también han referido diferentes métodos para las evaluaciones en campo de indicadores morfológicos de gran importancia en la respuesta al estrés hídrico. Por ejemplo para la longitud de la raíz el empleo de excavaciones directas, submuestreos en campo, sistemas hidropónicos y columnas con suelo. En uno de los métodos de cuantificación de raíces más eficiente, se han utilizado cilindros de acetato transparente llenos de suelo insertados en tubos de PVC, el cual ha permitido la determinación de la profundización de la raíz

tomada desde la superficie del suelo en diferentes etapas del desarrollo de la planta e igualmente la cuantificación de la producción de raíces en términos de biomasa y longitud total (Polonía *et al.*, 2009). Sin embargo, el uso de los métodos directos de evaluación se restringen a condiciones de campo y algunos suelen ser muy costosos y con alta demanda de mano de obra. Sería de gran importancia para los programas de mejoramiento genético, definir en condiciones de casa de cultivo indicadores morfológicos de la respuesta al estrés hídrico, que permitan de forma temprana y más económica la selección de cultivares que presenten tolerancia a estas condiciones de estrés. El conocimiento de cómo un cultivar difiere de otro y cómo unos pueden ser superiores a otros bajo un tipo de estrés particular en casa de cultivo, podría contribuir a tener en menor tiempo, una mayor cantidad de líneas o cultivares seleccionados de forma temprana y proponer nuevos indicadores morfológicos para aumentar la eficiencia de este proceso (Girdthai *et al.*, 2010).

En el Programa de Mejoramiento Genético de frijol que se desarrolla en el Instituto de Biotecnología de las Plantas, la selección para tolerancia a estrés abiótico se ha enfocado fundamentalmente en la evaluación de diferentes cultivares y líneas de *P. vulgaris* en cultivo *in vitro*. Como indicadores de selección se han empleado la pérdida de electrolitos y la liberación de fosfato inorgánico en tejido foliar como respuesta al estrés por altas temperaturas (Collado *et al.*, 2016). También a partir de discos de hojas de *P. vulgaris* sometidos a estrés hídrico y salino inducidos *in vitro*, se ha diferenciado la respuesta de los cultivares sometidos a estas condiciones (Collado *et al.*, 2017). En casa de cultivo y campo se han tenido en cuenta indicadores morfológicos y agronómicos para caracterizar cultivares y líneas en diferentes épocas de cultivo (Martirena-Ramírez *et al.*, 2017; Martirena-Ramírez *et al.*, 2018) pero no se cuenta con indicadores de selección temprana a estrés hídrico en casa de cultivo. Es por ello que el objetivo de la presente investigación fue seleccionar indicadores morfológicos de la respuesta al estrés hídrico de *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Para la investigación se utilizaron como material vegetal semillas de *Phaseolus vulgaris* L. de cuatro de líneas de grano marrón obtenidas por selección del cultivar 'BAT-93' en el Programa de Mejoramiento Genético de frijol del IBP (IBP-1, IBP-2, IBP-3, IBP-21) y el cultivar comercial 'BAT 93'.

Condiciones experimentales

Para la siembra de las semillas en casa de cultivo, se utilizaron canteros de 20 m de largo, 15 cm de ancho y 20 cm de profundidad a razón de 100 semillas por línea y el cultivar 'BAT 93', con un sustrato compuesto por una mezcla de 80% de materia orgánica y 20% de zeolita. El riego fue por aspersión y se realizaron dos riegos diarios por 3 minutos durante los primeros 10 días de sembrado y posterior a este período se realizó un riego diario por 3 minutos durante todo el ciclo del cultivo. Se sembró un surco con una distancia entre plantas de 0.10 m. Las prácticas culturales y agrotécnicas del cultivo se realizaron según se establece en la guía técnica para el cultivo del frijol común (Faure *et al.*, 2013).

Para cada material vegetal se estableció un tratamiento con estrés hídrico donde se suspendió el riego en la etapa de prefloración (R5) hasta la cosecha (R9), según las diez etapas fenológicas del cultivo del frijol indicadas por Fernández *et al.* (1986) y un control en el

cual se aplicó riego durante todo el ciclo del cultivo.

Evaluación de caracteres morfo-agronómicos

En el momento de la cosecha se tomaron 10 plantas al azar de cada línea y el cultivar 'BAT 93' por tratamiento, a las que se les evaluaron los siguientes indicadores:

- Longitud de la raíz principal (cm)
- Ángulo de las raíces basales: Se midió utilizando una escala de 1-9 para estimar el ángulo de las raíces: 1 (0-18°), 3 (19-36°), 5 (37-54°), 7 (55-72°) y 9 (73-90°) según Zambrano (2017) (Figura 1).
- Número de legumbres/planta
- Número de granos/legumbre
- Peso de 100 granos (g)

Las mediciones se realizaron con una regla graduada, mientras que el pesaje de los granos se realizó con una balanza digital (Daus modelo CS 200).

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron basados en la comparación de medias. Los datos se sometieron a análisis de normalidad y homogeneidad de varianzas. Las diferencias entre los valores medios en los experimentos que no presentaron homogeneidad de varianza y distribución normal, fueron determinadas por los análisis no paramétricos H de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney. El software empleado fue *Statistic Packaged for Social Science* (SPSS) versión 21.0 sobre Windows.

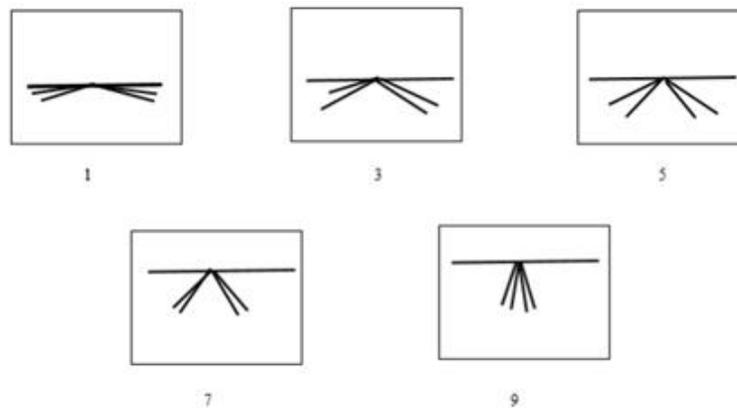


Figura 1. Escala visual 1-9 para la evaluación del ángulo de las raíces basales en frijol común según Zambrano (2017). 1 (0-18°), 3 (19-36°), 5 (37-54°), 7 (55-72°) y 9 (73-90°).

RESULTADOS

El crecimiento y desarrollo de las plantas de las cuatro líneas y el cultivar 'BAT 93' durante toda la etapa vegetativa (V0-V4) hasta la etapa de prefloración (R5) en casa de cultivo se caracterizaron primeramente por presentar un 100% de germinación (Figura 2 a), una coloración verde del hipocotilo (Figura 2 b) y del tallo (Figura 2 c). Todas las hojas fueron trifoliadas de una coloración verde sin variaciones en cuanto a la forma (Figura 2 d). En la etapa de prefloración (R5), posterior a la suspensión del riego, y durante toda la etapa reproductiva del cultivo (R6-R9), no se observaron diferencias entre las plantas de las líneas y el cultivar 'BAT-93' bajo estrés hídrico y con riego durante todo el ciclo del cultivo. En cuanto a la coloración de las hojas, no se observó clorosis bajo ninguna de las dos condiciones, las flores fueron de color blanco y amarillo (Figura 2 e). A los 62 días del cultivo todas las plantas presentaron legumbres de color verde (Figura 2 f) y posterior a este período comenzó la senescencia de las hojas, se produjo la escisión, así como la maduración de las legumbres (Figura 2 g).

En la evaluación de caracteres cuantitativos, la longitud de las raíces fue significativamente diferente para las cuatro líneas y el cultivar 'BAT 93' entre el tratamiento con estrés hídrico y el control (Figura 2). Las líneas mostraron valores significativamente superiores de esta variable en el tratamiento bajo estrés hídrico en comparación con el control. Sin embargo, en el cultivar 'BAT 93' la longitud se redujo (Figura 3).

El ángulo de las raíces basales no permitió diferenciar, entre los tratamientos y el control bajo para las líneas y el cultivar 'BAT 93'. Todas las raíces independientemente del tratamiento, mostraron un valor en la escala de evaluación visual de grado 7 (55 – 72°).

El número de legumbres por planta en las líneas evaluadas estuvo entre 10 y 11 para los dos tratamientos (Tabla 1), sin diferencias significativas entre ellas para este carácter. Sin embargo, el cultivar 'BAT 93' mostró diferencias significativas bajo los dos tratamientos evaluados, con valores superiores a 11 legumbres por planta en el tratamiento control (Tabla 1).

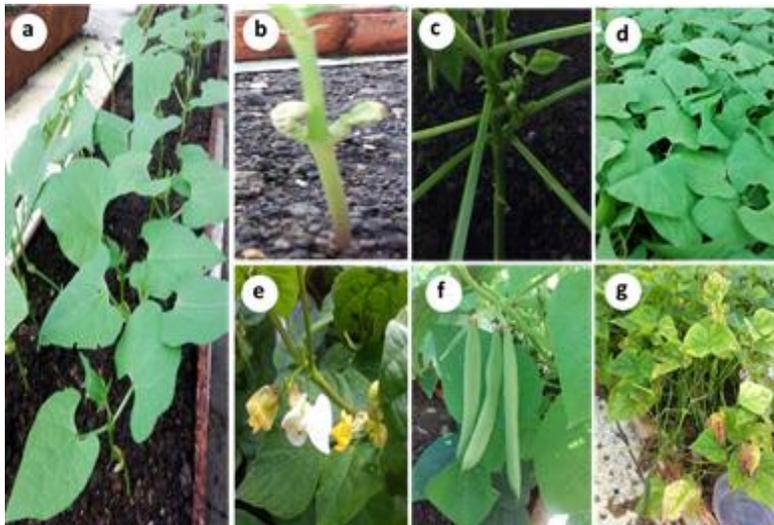
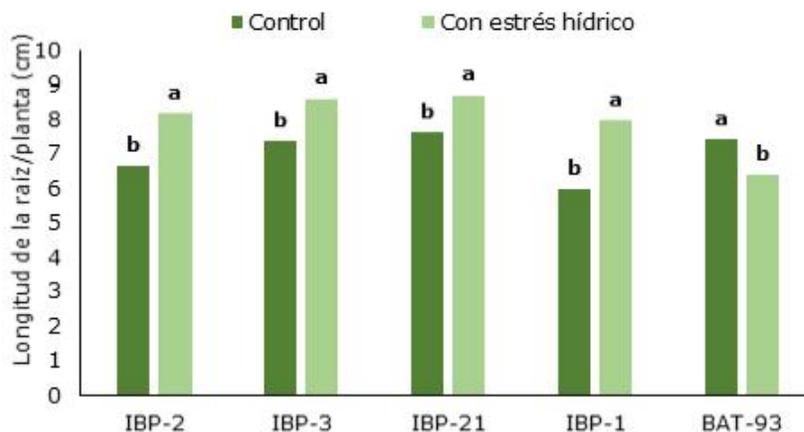


Figura 2. Características morfológicas de plantas de cuatro líneas de grano marrón de *Phaseolus vulgaris* L. y el cultivar 'BAT 93' desde la etapa vegetativa hasta la maduración en casa de cultivo, a) germinación, b) color verde del hipocotilo, c) color verde del tallo, d) color verde de las hojas, e) color amarillo y blanco de la flor, f) color verde de la legumbre, g) senescencia de las hojas y maduración de las legumbres.



Letras desiguales sobre barras indican diferencias entre los rangos medios según prueba H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para $p < 0.05$

Figura 3. Longitud de las raíces de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. y el cultivar ‘BAT-93’, con estrés hídrico y el control en condiciones de casa de cultivo.

Tabla 1. Número de legumbres por planta de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. y el cultivar ‘BAT-93’, con estrés hídrico y el control en casa de cultivo.

| Línea/ cultivar | Número de legumbres/planta | | | |
|--------------------|----------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | Control | Rangos medios | Estrés hídrico | Rangos medios |
| IBP-2 | 10.20 | - | 11.00 | - |
| IBP-3 | 11.20 | - | 10.60 | - |
| IBP-21 | 11.30 | - | 10.00 | - |
| IBP-1 | 10.10 | - | 10.55 | - |
| BAT-93 | 15.50 | 13.80a | 10.70 | 7.20b |

Rangos medios con letras desiguales difieren según prueba H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney $p < 0.05$

Para el número de granos por legumbre todas las líneas presentaron valores similares tanto en el tratamiento con estrés hídrico como en el control sin diferencias significativas entre sí, al igual que el cultivar ‘BAT 93’, y mostraron un valor medio de tres granos por legumbre (Tabla 2).

El indicador peso de 100 granos no varió significativamente para las líneas y el cultivar ‘BAT 93’ entre el tratamiento con estrés hídrico y en el control. En ambos, los valores del peso de 100 granos, oscilaron entre 15 y 22 g (Figura 4). Así, de acuerdo con la escala de valores establecida por el SNICS (2017), las líneas objeto de estudio se clasificaron en un solo grupo: con una masa de 100 granos

que se ubican en la categoría de granos ligeros (peso de 100 granos < 25 g).

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación en cuanto a la longitud de la raíz, corroboran, lo referido en la literatura científica. El sistema radical es uno de los rasgos más importantes para evaluar la respuesta a condiciones de estrés hídrico en campo (Sponchiado *et al.*, 1989; Polanía *et al.*, 2009). Poder utilizar este indicador para seleccionar de forma temprana en casa de cultivo, líneas o cultivares tolerantes, obtenidos por diferentes programas de mejoramiento genético, constituye un aporte de gran importancia.

Tabla 2. Número de granos por legumbre de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. y el cultivar 'BAT-93', con estrés hídrico y el control en casa de cultivo.

| Línea/ Cultivar | Número de granos/legumbre | |
|--------------------|---------------------------|----------------|
| | Control | Estrés hídrico |
| IBP-2 | 2.91 | 3.10 |
| IBP-3 | 3.61 | 3.59 |
| IBP-21 | 3.37 | 3.03 |
| IBP-1 | 2.74 | 3.32 |
| BAT-93 | 2.63 | 2.58 |

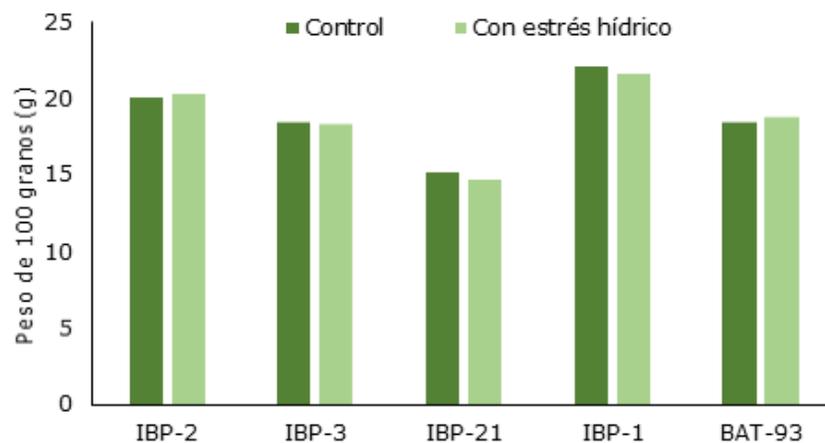


Figura 4. Peso de 100 granos (g) de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. y el cultivar 'BAT-93', con estrés hídrico y el control en de casa de cultivo.

En correspondencia con esto, Sponchiado *et al.* (1989), indicaron que en frijol, raíces de mayor longitud se asocian a mayor tolerancia a estrés hídrico y sugirieron una evasión al estrés debida al incremento de la capacidad de extracción de agua del suelo. Por su parte, Polanía *et al.* (2009) también resaltaron la longitud de la raíz como una de las características morfofisiológicas asociadas a la tolerancia al estrés hídrico para ser utilizadas como criterio de selección a nivel de campo en los programas de mejoramiento genético de la especie. Los resultados corroboraron en casa de cultivo estas evidencias previas y podrían explicar que no se afectaran otros caracteres morfofisiológicos en las líneas. Para el caso del cultivar 'BAT-93' el desarrollo de las raíces se encontró disminuido frente a las condiciones de estrés en la etapa final del cultivo. Todo ello indicó que si se tiene en cuenta la longitud de las raíces se podrían seleccionar de forma

temprana materiales vegetales (líneas o cultivares) con tolerancia al estrés hídrico.

En otros cultivares de frijol que presentan alta tolerancia a estrés hídrico como es el caso del frijol tépari (*Phaseolus acutifolius* L.) se ha descrito que presenta una alta producción raíces finas, con una mayor longitud y conductividad hidráulica, que le permite un ajuste de potencial hídrico, y una mayor eficiencia en el uso del agua, de esta manera retrasa la deshidratación (Beebe *et al.*, 2011). Los resultados con las cuatro líneas, guardan relación con lo descrito anteriormente, al observarse el desarrollo de raíces de mayor longitud y por consiguiente un mayor aprovechamiento del agua bajo estas condiciones estresantes durante la última etapa del cultivo. De ahí que, el desarrollo de raíces más profundas son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos en limitaciones de suministro de agua siempre y

cuando exista agua disponible en perfiles profundos del suelo (Polanía *et al.*, 2009).

El ángulo de raíces basales es otro indicador que ha sido evaluado en la respuesta al estrés hídrico en condiciones de casa de cultivo (Alarcón y Burgos, 2016). Sin embargo, los resultados obtenidos indicaron que en este caso no permitió diferenciar la respuesta de las plantas al estrés hídrico.

Los indicadores agronómicos de respuesta al estrés hídrico como el número de legumbres por planta, el número de granos por legumbre y el peso de 100 granos son de vital importancia para evaluar el rendimiento total de los cultivos en condiciones de campo (Lépiz *et al.*, 2010). Sin embargo, aunque las plantas en casa de cultivo no expresen todo su potencial productivo, estos indicadores pudieran sugerir en una fase temprana y en menor tiempo, una respuesta al estrés hídrico de líneas o cultivares obtenidos en programas de mejoramiento genético. En relación con esto, se ha descrito que con un promedio de ocho legumbres por planta en frijol común es considerado como bueno, aun cuando este depende de las condiciones en que se desarrolla cada cultivar (Lépiz *et al.*, 2010). Las líneas evaluadas en la presente investigación en casa de cultivo presentaron valores por encima de las 10 legumbres por planta, lo cual constituye un resultado de particular interés en el mejoramiento genético de este cultivo, dada la alta contribución de este carácter al rendimiento final del frijol en condiciones de campo.

De igual forma, se ha destacado en la literatura científica que la etapa reproductiva es la de mayor susceptibilidad al estrés hídrico, debido a que en ella ocurre la máxima demanda de asimilatos, lo que causa una reducción en el rendimiento de los granos (Muñoz *et al.*, 2006). Al respecto, Barrios *et al.* (2011), indicaron que al evaluar líneas de frijol en campo en condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas, el número de legumbres por planta disminuyó de 50 a 72%, lo que estuvo relacionado con la intensidad del déficit de agua y la tolerancia de cada una de ellas. Los resultados con el cultivar 'BAT 93' en casa de cultivo coincidieron con los informados por estos autores en campo, ya que se redujo el número de legumbres en más de un 50%. Sin embargo, las líneas presentaron valores similares.

Como se mencionó anteriormente, el número de granos por legumbre, constituye un importante indicador del rendimiento en el cultivo del frijol común, el cual, unido al número de legumbres por planta, define en alta medida, el rendimiento de este cultivo, por lo que puede constituir un buen criterio en la selección de nuevos cultivares (Silva *et al.*, 2011; Zilio *et al.*, 2011). El bajo número de granos por legumbre y la no presencia de diferencias en cuanto a este carácter en las líneas y el cultivar 'BAT-93', pudo deberse a las condiciones presentes en la casa de cultivo que varían con respecto al campo en la disponibilidad de sustrato y la calidad de la iluminación.

El peso de 100 granos en las líneas de estudio permitió agruparlas dentro de la categoría de granos ligeros. Estos resultados coinciden con los expuestos por otros investigadores al evaluar este carácter en cultivares de *Phaseolus* (Galindo *et al.*, 2012). Sin embargo, los resultados contrastan con lo informado por Alarcón y Burgos (2016), que evaluaron el peso de 100 granos en 25 líneas de frijol común con y sin estrés hídrico en casa de cultivo y encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos. Al respecto, destacaron una reducción significativa en el tamaño promedio de la semilla en el tratamiento con estrés hídrico durante las etapas finales del cultivo.

CONCLUSIONES

La longitud de la raíz puede ser un indicador morfológico que permite diferenciar la respuesta al estrés hídrico de *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Alarcón MIA, Burgos MKX (2016) Selección de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes a estrés hídrico con mayor eficiencia fisiológica y rendimiento. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Barrios EJ, López CC, Kohashi JSh, Acosta JA, Miranda CS, Netzahualcóyotl MP (2011) Avances en el mejoramiento genético del frijol en México

por tolerancia a temperatura alta y a sequía. Revista Fitotecnia Mexicana 34(4): 247-255

Beebe S, Rao IM, Cajiao C, Grajales M (2008) Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. Crop Science 48: 582-592; doi: 10.2135/cropsci2007.07.0404

Beebe S, Ramirez J, Jarvis A, Rao IM, Mosquera G, Bueno GM, Blair M (2011) Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. En: Yadav SS, Redden RJ, Hatfield JL, Lotze-Campen H, Hall AE (eds). Crop Adaptation to Climate Change, pp. 356-369. Blackwell Publishing, Richmond; ISBN: 978-0-8138-2016-3

Collado R, Carabeo Pérez A, Poveda Martínez I, Rojas LE, Leiva-Mora M, García LR, Veitía N, Martirena-Ramírez A, Torres D, Rivero L (2016) Respuesta de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones inducidas de estrés térmico. Biotecnología vegetal 16(1): 45- 51

Collado R, Carabeo Pérez A, Poveda Martínez I, Rojas LE, Leiva-Mora M, García LR, Veitía N, Martirena-Ramírez A, Torres D, Rivero L (2017) Diferenciación de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. mediante respuesta del tejido foliar expuesto a estrés hídrico y salino. Biotecnología Vegetal 17(1): 25 - 32

Faure B, Benítez R, León N, Chaveco O, Rodríguez O (2013) Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecológica, La Habana Cuba; ISBN: 978-959-7210-67-2

Fernández FP, Gepts P, López M (1986) Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali; ISBN: 84-89206-54-6

Galindo J, Cruz J, Gallegos A, Alberto J (2012) Caracterización de genotipos criollos de frijol Tepari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) y común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo temporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(8): 1565-1577

Girdthai T, Jogloy S, Kesmala T, Vorasoot N, Akkasaeng C, Wongkaew S, Holbrook CC, Patanothai A (2010) Relationship between root characteristics of peanut in hydroponics and pot studies. Crop Sci 50: 159-167; doi: 10.2135/cropsci2008.09.0529

Lépiz IR, Alcocer L, Jesús J, González S, Jesús J, Santacruz-Ruvalcaba F, Nuño RR, Rodríguez GE (2010) Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. Revista Fitotecnia Mexicana 33(1): 21-28

Martirena-Ramírez A, Veitía N, García LR, Collado R, Torres D, Rivero Quintana L, Ramírez- López M (2017) Caracterización morfológica de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. Biotecnología Vegetal 17(3): 191-20

Martirena-Ramírez A, Veitía N, García LR, Collado R, Torres D, Rivero Quintana L, Ramírez- López M (2018) Respuesta de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. en época de siembra tardía. Biotecnología Vegetal 18(2): 117-123

Morton JF (2007) The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 19680-19685

Polanía JA, Rao IM, Beebe S, García R (2009) Desarrollo y distribución de raíces bajo estrés por sequía en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema de tubos con suelo. Agronomía Colombiana 27: 25-32

Silva CPD, Bastos STC, Passos LAB, Bastos SYJ, da Silva JA (2011) Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. Revista Ciência Agronômica 42(1): 132-138

Sponchiado B, White J, Castillo J, Jones P (1989) Root growth of four common bean cultivars in relation to drought tolerance in environments with contrasting soil types. Experimental Agriculture 25: 249-257; doi: 10.1017/S0014479700016756

SNICS (2017) Guía Técnica para la Descripción Varietal en Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) 2^{da} Edición. SNICS SAGARPA, Tlalnepantla Estado de México

Zilio M, Medeiros CCM, Arruda SC, Pires SJC, Miquelluti DJ (2011) Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ciência Agronômica 42(2): 429-438

Zambrano MLV (2017) Eficiencia de prácticas de manejo del suelo en el cultivo de frijol común en la Finca Agroecológica. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Recibido: 24-04-2019

Aceptado: 05-07-2019

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> Está permitido su uso, distribución o reproducción citando la fuente original y autores.