

IDENTIFICACION DE CULTIVARES DE FRIJOL COMÚN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) CON TOLERANCIA A LA SEQUIA.

Melba Cabrera Lejardi, Nelson León Nicolau, María Julia Mendoza Estévez, Yanin Ortega Lemus y Sonia Marrero Granado.

RESUMEN

Los rendimientos del frijol común *Phaseolus vulgaris* (L) en Cuba se han caracterizado en los últimos años por ser bajos, aproximadamente 1,7 t.ha⁻¹ (O.N.E., 2013). Estos bajos rendimientos están dados fundamentalmente por una serie de factores, siendo uno de los más importantes la falta de cultivares con adaptación climática, es por esto que el objetivo de este trabajo es identificar variedades con tolerancia a la sequía a partir de líneas de avanzada del frijol común provenientes del Banco de Germoplasma y del Programa de Mejoramiento del INIFAT. Semillas de 26 variedades de frijol, fueron puestas a germinar sobre papel de filtro en placas petri, utilizando 20 semillas por placa y tres réplicas. Un grupo de placas contenían solución de Polietilenglicol (PEG 6000) a distintas concentraciones (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24%), para simular las condiciones de sequía y se utilizó un control con agua destilada. Se determinó el porcentaje de germinación y la longitud de la raíz y el hipocótilo. Se realizó un Análisis de Componentes Principales y conglomerados. Los resultados muestran que 17 de las variedades evaluadas se comportaron como tolerantes a las condiciones estresantes, presentando mayor porcentaje de germinación y longitud de la raíz, caracteres de importancia en la tolerancia a la sequía. Se consideraron con tolerancia intermedia las variedades del grupo dos, por presentar valores algo más bajos. Las variedades menos tolerantes fueron las seis del grupo tres, las cuales presentan los valores más bajos para todos los índices medidos.

Palabras clave: Sequía, frijol, tolerancia, germoplasma.

Identification of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars with drought tolerance

ABSTRACT

The yield of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Cuba during the last year was not higher than 1.7 t.ha⁻¹. One of the most important causes of this fact is there are not enough cultivars that are adapted to drought stress. The objective of this paper was the identification of drought tolerance cultivars among common beans accessions of INIFAT Gene Bank. Seed of twenty six common bean cultivars were germinated in petri dishes with solutions of different Polyethyleneglycol (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21% of PEG) concentrations, distilled water was used as control. The germination percentage, root and hypocotyls length were evaluated. The experimental data were analyzed by Analysis of Components Principal and Cluster. The results show that seventeen cultivars were identified as drought tolerant, six had a middle behavior and tree was susceptible.

Key word: Drought, beans, tolerance, gene bank.

¹Lic. Melba Cabrera Lejardi, Investigadora Auxiliar del Grupo de Fisiología vegetal y Postcosecha del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Calle 188 #38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas. Municipio Boyeros. La Habana. Cuba. E-mail: fisiologiarh@inifat.co.cu

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo de pequeños agricultores en América Latina y África oriental y occidental, donde es a menudo cultivado en condiciones no favorables y con mínimos insumos (Beebe *et al.*, 2008). Es una fuente poco costosa de proteína y calorías para pequeños agricultores de países con pobreza extrema. Sus rendimientos se ven afectados por varias causas, entre las cuales la sequía puede generar pérdidas entre 10 y 100%.

En Cuba el frijol común ha sido cultivado tradicionalmente, encontrándose entre los cultivos económicos más importantes, sin embargo los rendimientos se han caracterizado en los últimos años por ser bajos, no sobrepasando el valor medio de 1,7 t.ha⁻¹ (O.N.E., 2013).

En la mayoría de las zonas productoras de frijol los rendimientos potenciales nunca son alcanzados, esto se debe a que esta leguminosa se cultiva principalmente en condiciones ambientales poco favorables, como son la escasa y errática precipitación pluvial durante la estación de crecimiento, baste decir que en América Latina el 60 % de los campos agrícolas sembrados con frijol común sufren de estrés hídrico o sequía en alguna etapa del desarrollo.

Obtener materiales de frijol tolerante a la sequía constituye una meta en muchas regiones del trópico, donde la escasez de agua limita la posible utilización de esa fuente de proteína, sin embargo no sólo es necesario identificar materiales que sean tolerantes a la sequía sino también conocer los mecanismos que la determinan, para identificar la diversidad de condiciones que presenta la sequía en América Latina y el Caribe (Rao *et al.*, 2009)

Teniendo en cuenta estos antecedentes se propone en este trabajo identificar variedades con tolerancia a la sequía a partir de líneas de avanzada del frijol común *Phaseolus vulgaris* provenientes del Banco de

Germoplasma y del Programa de Mejoramiento del INIFAT en un estado de desarrollo temprano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas de 26 cultivares de frijol provenientes del Banco de Germoplasma del INIFAT (Tabla 1), fueron puestas a germinar sobre papel de filtro en placas petri, utilizando 20 semillas por placa y tres réplicas. Las placas contenían solución de Polietilenglicol (PEG 6000) a distintas concentraciones y su conversión a Potencial Osmótico (PO) (Tabla 2), según la fórmula descrita por Michel y Kaufmann (1973), para simular las condiciones de sequía y un control con agua destilada.

La Germinación (G) fue tomada cuando la radícula alcanzó de 1-2 mm de longitud y se calculó el porcentaje de germinación respecto al control. Después de evaluada la germinación, las plántulas se dejaron por siete días más. Bajo las mismas condiciones experimentales fueron removidas las plántulas de las placas y se midieron las longitudes de la Raíz (LR) y del Hipocótilo (LH).

Se realizó un Análisis de Componentes Principales y un Análisis de Conglomerado (por el programa estadístico Statgraph), utilizando las tres variables estudiadas, los 26 genotipos y las concentraciones de 18 y 21% de PEG, que fueron las concentraciones donde las inhibiciones fueron más severas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se reflejan los porcentajes de germinación de los 26 cultivares en las diferentes condiciones de sequía, simuladas por el PEG 6000.

Se puede observar que en el control se logró el 100% de germinación, lo que indica la buena calidad de las semillas, estos valores se mantienen prácticamente hasta las concentraciones de PEG de 12 y 15%.

Tabla 1. Cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) objeto de estudio.

COLOR DEL GRANO	CULTIVAR	CARACTERISTICAS
Grano negro	P 248-1 y CC 25-9 N.	Testigo comercial
	Milagro Villareño	
	Línea 58	
	Línea 23 y 24	
	P 456, P 2240	
	P 2173, P 2170	
	P1590 , P1169	
	P2194, Bat 304	
	Triunfo -70.	
Grano rojo	CC 25- 9R	Testigo comercial
	Wacuto,	
	P 186, P 219	
	P 2174, P 2258	
	Lágrima Roja , Rosa	
	Engañador	
Grano blanco	CC 25-9 B	Testigo comercial
	Bat 93-1	
	Lewa	
	Pilón.	

Tabla 2. Concentraciones de PEG 6000 utilizadas para simular condiciones de sequía.

PEG 6000 (%)	PO (MPa)
3	-0,0241
6	-0,0657
9	-0,1247
12	-0,2012
15	-0,2952
18	-0,4066
21	-0,5355

A partir de aquí, en algunas variedades los valores disminuyen algo pero con pocas diferencias, hasta las concentraciones de 18 y 21%, para las cuales la afectación es mayor y es donde se manifiesta mejor la diferencia varietal, resultados similares fueron encontrados por (Xoconostle *et al.* , 2010).

Con respecto a la longitud de la raíz y el hipocótilo podemos decir que, estas variables por el contrario de la germinación se ven afectadas desde la concentración del 3% de Polietilenglicol y los valores van disminuyendo a medida que aumenta las condiciones de estrés, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Porcentaje de germinación de los genotipos en diferentes concentraciones de Polietilenglicol (PO en Mpa).

GENOTIPO	Concentración de PEG (%) y Potencial Osmótico (Mpa)							
	Control (0)	3 (-0,02)	6 (-0.66)	9 (-0,124)	12 (-0,201)	15 (-0,295)	18 (-0,406)	21 (-0,535)
BAT 93-1	100	100	100	100	100	100	87	67
PILON	100	100	100	100	100	95	83	83
LEWA	100	100	100	100	100	100	91	42
CC-25- 9B	100	100	100	100	100	95	42	13
P-219	100	100	100	100	100	95	63	54
CC- 25 -9R	100	100	100	100	100	95	70	59
P-186	100	100	100	100	100	95	87	71
P-2174	100	100	100	100	100	100	87	91
LAGRIMA ROJA	100	100	100	100	100	100	54	33
P-2258	100	100	100	100	100	95	95	91
ROSA	100	100	100	100	100	95	53	42
WACUTO	100	100	100	100	100	100	83	37
ENGANADOR	100	100	96	96	95	95	83	46
P-1590	100	100	100	100	100	100	75	54
P-1169	100	100	100	100	100	95	79	79
P-2240	100	100	100	100	100	100	87	54
L- 23 Y 24	100	100	96	95	95	92	83	37
LINEA 58	100	100	100	100	100	95	50	21
MILAGRO VILLARENO	100	100	100	100	100	100	83	79
P-2194	100	100	100	100	100	100	91	50
BAT 304	100	100	100	100	100	100	75	75
P-2481	100	100	100	95	95	95	79	33
P-456	100	100	100	100	100	100	74	42
TRIUNFO -70	100	100	100	100	100	91	79	29
P-2170	100	100	100	100	100	84	42	13
P-2173	100	100	100	100	100	100	50	46

Tabla 4. Longitud del Hipocótilo y la Raíz de los genotipos en diferentes concentraciones de Polietilenglicol (PO en Mpa).

GENOTIPO	Concentración de PEG (%) y Potencial osmótico (Mpa)													
	3 (-0,024)		6 (-0,065)		9 (-0,124)		12 (-0,201)		15 (-0,295)		18 (-0,4069)		21 (-0,535)	
	LH	LR	LH	LR	LH	LR	LH	LR	LH	LR	LH	LR	LH	LR
BAT 93-1	2.3	6.1	1.8	4.3	1.3	3.1	3.6	7	1.3	4.2	0.2	2.9	0	1.6
PILON	3.2	4	2.9	3.7	2.8	3.9	3.5	5.7	1.4	3.6	0.6	2.9	0.2	2.1
LEWA	4.5	5	3.5	4.9	3.2	6.4	4.3	5.2	1.6	4.1	0.1	1.9	0.1	0.9
CC25 9B	6	7.5	5.7	6.8	3.6	6.2	3.3	5.8	1.2	6.9	0.2	1.5	0	0.4
P-219	2.3	5.3	1.5	4.2	1.1	3.9	1.7	4.7	0.7	2.9	0.3	3.3	0.1	1.6
CC 25 9R	2.3	3.6	2	3.3	1.5	2.7	2.7	6.1	0.7	4.5	0	3.9	0	1.4
P-186	5.4	5	4	4.7	3.9	4.8	3.8	5.7	1.5	4.9	0.1	3.5	0.1	2.5
P-2174	4.5	7	5.4	8.3	4.7	7.1	3.2	4.7	1.4	3.6	0.0	3.6	0.1	2.8
LAGRIMA ROJA	1.4	3	1.8	2.6	1.5	2.6	1.2	3.2	0.6	2.7	0	0.8	0	0.4
P-2258	2.7	7.7	2.2	7.2	2.4	6.5	1.6	4.3	0.9	2.9	0	5.2	0	3.6
ROSA	2.1	5.3	2.2	5	1.9	4	1.9	3.4	0.9	6.4	0	2.3	0	1.1
WACUTO	2.5	4.4	1.7	3.7	2.6	5.8	2.5	6.8	1.1	5.1	0	2.2	0	1.2
BAT 93-C	3.8	3	3.3	3.2	3.4	4.8	2	2.6	1.9	3.5	0	2.7	0	2.4
P-1590	10.5	12.2	7.4	8.2	7.6	9.3	5.4	6.8	1.8	5.3	0	2.6	0	1.3
P-1169	2.6	3.7	2	3.3	1.2	2.7	2.3	3.8	0.8	4.9	0.1	3.1	0	1.8
P-2240	6.4	6.5	5.4	5	4.5	4.5	4.2	5.3	1.3	4.1	1.1	3.9	0.1	2.4
LINEA 23 Y 24	6.5	7.6	3.4	3.5	3.8	5.5	5.2	7.7	1.6	3	0.3	2.2	0	1.2
LINEA 58	3.8	3.6	4.2	4.6	3.8	4.4	3.3	4.9	1.7	4.9	0	2.0	0	0.9
MILAGRO V	5.9	7.3	5.3	6.4	4.2	6.3	4.7	7.8	1.3	4.3	0.21	4.3	0	3.0
P-2194	5.4	5.1	4.5	4.3	5.9	5.7	3.7	3.6	1.7	5.4	0.17	2.9	0	2.2
BAT 304	3.2	3.5	2.3	2.9	2.7	3.9	3	3.9	1.7	4	0.46	2.4	0	1.2
P-2481	4	7.5	4.6	7.6	7.4	6.5	4	7	1.5	4.9	0.46	4.5	0	2.3
P-456	4	5.5	5.2	7.4	5.4	7.7	5.2	8.2	1.3	5.8	0.33	2.0	0.3	1.5
TRINFO -70	4.3	4.1	4.5	5	3.3	3.4	10.8	5.8	1.3	2.2	0.18	2.5	0	1.1
P-2170	3.3	4.3	2.1	2.5	1.7	2.3	3.8	15	1.6	5.2	0	0.9	0	1.4
P-2173	7	10.2	6.3	10	5.9	9.5	4.3	7.2	1.9	7.5	0.2	1.2	0	1.6

Es de destacar que de las dos variables morfológicas evaluadas, la longitud del hipocótilo se ve más afectada que la raíz, pero para ambos la afectación

en 21% es muy severa, siendo en algunos casos prácticamente nula.

En la Tabla 5 se muestra los resultados obtenidos en el Análisis de Componentes Principales, se observa que de todos los componentes posibles se escogen dos cuyo valores son mayores o iguales a uno, en este caso los componentes 1 y 2 acumulan el 75.83% de la variabilidad de los datos originales.

Tabla 5. Análisis de Componentes Principales.

Número Componente	Valor Medio	Porcentaje Varianza	Porcentaje acumulativo
1	3.27406	54.568	54.568
2	1.27577	21.263	75.830
3	0.658964	10.983	86.813
4	0.40801	6.800	93.613
5	0.281212	4.687	98.300
6	0.10199	1.700	100.000

	Componente 1	Componente 2
G 18	0.449393	-0.0635905
G 21	0.473993	-0.0703638
LH 18	0.236299	0.6107483
LH 21	0.084636	0.7576572
LR 18	0.499387	-0.1744164
LR 21	0.510871	-0.1163025

La Figura 1 representa la distribución espacial de las variables, se observa que en la parte positiva del componente 1 se agrupan la germinación y largo de la raíz para las concentraciones de 18 y 21% de Polietilenglicol, lo que quiere decir que hacia la derecha los valores de esas variables aumentan. En el caso del componente 2 caracterizado por la longitud del hipocótilo, se observa que hacia arriba los valores van en ascenso.

El Análisis de Conglomerados realizado permitió agrupar los cultivares en tres grupos en dependencia de su respuesta a través de la germinación, longitud de la raíz y el hipocótilo, el primero constituido por 17 miembros que representan el 65.68 porcentaje del total, el segundo está constituido por 3 miembros para el 11.54 porcentaje y el tercero con 6 miembros y un 23.02 de porcentaje (Tabla 6).

Tabla 6. Número y porcentaje de cultivares por grupos.

GRUPOS	MIEMBROS	PORCENTAJE
1	17	65.38
2	3	11.54
3	6	23.08

En la Tabla 7 se pone de manifiesto que los genotipos que están en el grupo 1 tienen mayor germinación y longitud de la raíz, para ambas concentraciones, los que están en el grupo 2 tienen valores más bajos en la germinación y la longitud de la raíz; sin embargo, presentan valores superiores de la longitud del hipocótilo, las variedades que están agrupadas en el grupo 3 presentan los valores más bajos para todas las variables evaluadas.

De estos resultados se puede inferir que, los genotipos que se encuentran en el primer grupo (Tabla 7) tienen en un estado de desarrollo temprano mayor tolerancia a la sequía, resulta de gran importancia que las variedades sean capaces de desarrollar sistemas radiculares mayores bajo condiciones de estrés hídrico, ya que esto le proporciona la habilidad de penetrar en el suelo y absorber con mayor facilidad el agua y los nutrientes, lo cual debe tener posteriormente una repercusión favorable en los rendimientos.

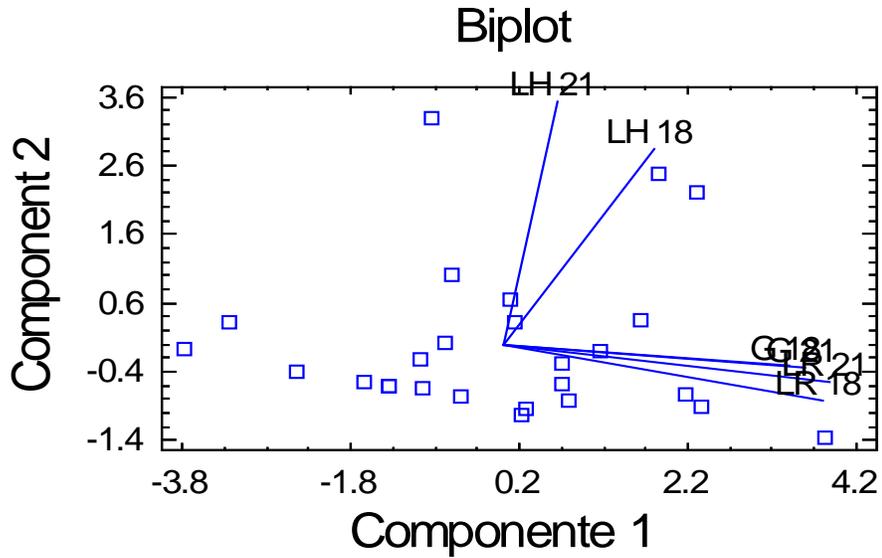


Figura 1. Distribución espacial de las variables en los dos ejes.

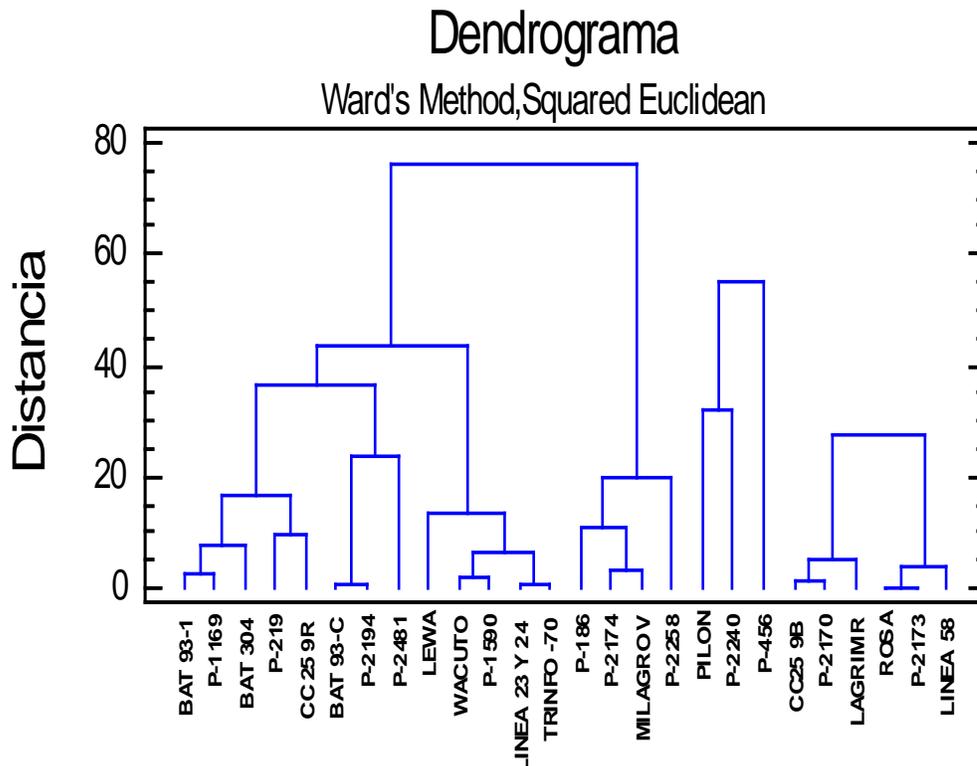


Figura 2. Dendrograma resultante del Análisis de Conglomerados con los cultivares en estudio.

Las raíces son importantes para mantener la absorción de agua en suelos secos y es una característica de adaptación (Polaina *et al.*, 2009.). Por tanto, las raíces profundas y la extensión de estas en la profundidad del suelo, son fundamentales para el comportamiento de los cultivos en limitaciones de suministro de agua (Salinas *et al.*, 2010).

Ho *et al.* (2009) sugieren que un sistema radical superficial y abundante es más efectivo en la absorción de nutrientes en los primeros 20 cm del suelo donde éstos se están concentrados, mientras que raíces profundas favorecen la adquisición de agua y la resistencia a sequía. La producción de raíces finas puede ser una estrategia para permitir la adquisición de agua y la entrada de minerales cuando el agua en el suelo es limitada.

Resultados obtenidos por otros investigadores reportan a la variedad BAT 477 como resistente a la sequía, la cual que posee la habilidad de tener raíces profundas con una gran eficiencia en la absorción de agua (Polaina *et al.*, 2009).

Diferentes investigaciones han concluido que las características del sistema radicular es un rasgo importante en la resistencia a la sequía. Autores como Pliego-Marin *et al.* (2013) exponen que en el frijol común las diferencias encontradas en el rendimiento están determinadas en cierta medida por las características del sistema radicular, encontraron que raíces más profundas y mayor volumen se asocian a mayor tolerancia a sequía en frijol común, sugiriendo una evasión a la sequía debida al incremento de la extracción de agua del suelo.

La tolerancia a estrés por sequía ha sido asociada a mayor capacidad para extraer agua del suelo, una mayor capacidad para profundizar raíces en el perfil del suelo puede proveer a un genotipo una mejor adaptación a condiciones de estrés hídrico (Xoconostle *et al.* 2010)

Tabla 7. Distribución de los cultivares por grupos.

GENOTIPO	GRUPOS
BAT 93-1	1
LEWA	1
P-219	1
CC 25 9R	1
P-186	1
P-2174	1
P-2258	1
WACUTO	1
BAT 93-C	1
P-1590	1
P-1169	1
LINEA 23 Y 24	1
MILAGRO V	1
P-2194	1
BAT 304	1
P-2481	1
TRIUNFO-70	1
PILON	2
P-456	2
P-2240	2
CC25 9B	3
LAGRIMA ROJA	3
ROSA	3
LINEA-58	3
P-2173	3
P-2170	3

Los cultivares que están en el grupo 2 los podemos considerar intermedios y los que están en el tercero susceptible, de forma general la mayor parte de los genotipos analizados presentan tolerancia a las condiciones de estrés hídrico.

CONCLUSIONES

- Diecisiete de los cultivares evaluados se comportaron como tolerantes a la sequía, presentando mayor porcentaje de germinación y longitud de la raíz, caracteres de importancia en la tolerancia a la sequía.
- Se consideraron con tolerancia intermedia los cultivares agrupados en el grupo 2, por presentar valores algo más bajos en la germinación y la longitud de la raíz, aunque presentan valores superiores de la longitud del hipocótilo.
- Los cultivares menos tolerantes fueron los seis que conforman el grupo 3, los cuales presentan los valores más bajos para todos los índices medidos.
- Los índices evaluados permitieron observar la diferencia varietal que existe en el germoplasma evaluado ante el estrés de sequía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abebe, A.; Brick, M. y Georgia, K. (2009): Evaluation of common bean entries for drought tolerant in Ethiopia, Proceeding of the Second International Scientific Meeting, CIAT, 351-357.
- Beebe, S.; Rao, I.M.; Cajiao, C. y Grajales, M. (2008): Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favourable environments. *Crop Sci.* 48, 582-592.
- Ho, M.D.; Rosas, J.C.; Brown, K.M. y Lynch, J.P. (2009): Root architecture tradeoffs for water and phosphorus acquisition. *Funct. Plant Biol.* 32, 737-748.
- Pliego- Marín, J.; López Baltasar, E. y Robles, A. (2013): Características físicas nutricionales y capacidad germinativa de frijol común criollo bajo condiciones de estrés hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pub. Esp. Num. 6*, 1197- 1209.
- Michel, B.E. y Kaufmann, M.R. (1973): The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.*, 51: 914.
- O.N.E. (2013): Disponible en www.one.cu. Consulta: 20 de abril de 2016.
- Polaina, J., Idupulapati, A., Rao, M., Beebe, S. y 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(1), 25-32.
- Rao, I.M., Beebe, S.; Polania, J.; Grajales, M.A. y García, R. (2009): Differences in drought resistance of advances lines developed for the last 3 decades. En: Project IP-1: Bean improvement for the tropics. CIAT Annual report 2006. CIAT, Cali, Colombia, 2-6.
- Salinas, I. E; Tosquy, V. Ó. H.; Ugalde, A. F. y Acosta, G. J. A. (2010): Rendimiento y tolerancia a la sequia de genotipos de frijol negro en el Estado de Veracruz. *Rev. Fitotec. México*, 31 (Núm. Especial 3): 35 – 39.
- Xoconostle, C.B; Gómez, S. L.; González de la Rosa, L. y Ruiz Medrano, R. (2010): Obtención de Nuevas Variedades de Frijol Tolerantes a Sequia en México, 25-30.

Fecha recibido: 15 de mayo de 2015.

Fecha aceptado: 23 de noviembre de 2015.