

EL ESTRÉS HÍDRICO Y SU IMPACTO EN LA GERMINACIÓN DE DOS CULTIVARES DE FRIJOL COMÚN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

Water stress impact on seed germination of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars

Melba Cabrera Lejardi^{1*}, Maydelín Dorado Bermúdez²,
María Julia Mendoza Estévez³, Yarelis Ortiz Núñez⁴

¹Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). La Habana, Cuba. Calle 188 no. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba. E-mail: rhfisiologia@inifat.co.cu

²Departamento Recursos Fitogenéticos y Semillas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: fisiologiacc@inifat.co.cu

³Departamento Recursos Fitogenéticos y Semillas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba.

⁴Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Productos Bioactivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: dpplantas@inifat.co.cu

RESUMEN: Las estrategias de adaptación para mitigar los efectos del cambio climático en la agricultura incluyen el uso de especies/variedades adaptadas localmente, por lo que este trabajo tuvo como objetivo evaluar la germinación de dos cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) expuestos a diferentes regímenes de sequía *in vitro*. Las semillas de los cultivares CULL-156 (grano negro) y CC-25-9R (grano rojo) fueron puestas a germinar en placas Petri sobre papel de filtro, a razón de 25 semillas por placa. Se emplearon seis tratamientos de estrés hídrico mediante la aplicación de 20 mL de soluciones de polietilenglicol-6000, a las siguientes concentraciones: 6 % ($\Psi_0 = -0,0657$ MPa), 9 % ($\Psi_0 = -0,1247$ MPa), 12 % ($\Psi_0 = -0,2012$ MPa), 15 % ($\Psi_0 = -0,2952$ MPa), 18 % ($\Psi_0 = -0,4066$ MPa), 21 % ($\Psi_0 = -0,5355$ MPa) y agua destilada ($\Psi_0 = 0$) como control. Los resultados mostraron que los cultivares fueron capaces de germinar hasta potenciales osmóticos de $-0,4066$ MPa y $-0,5355$ MPa, consideradas condiciones de sequía extremadamente severas; aunque a este último potencial se encontraron efectos adversos significativos ($p < 0,05$). La variedad CULL-156 mostró porcentajes de germinación mayores, con valores de 84 % y 40 %, para dados potenciales osmóticos respectivamente; mientras que CC-25-9R alcanzó 56,9 % y 6,9 %. No obstante, los efectos sobre la longitud de la raíz y el hipocótilo fueron marcados y las alteraciones se detectaron desde los potenciales osmóticos menos negativos.

Palabras clave: estrés hídrico, germinación, *Phaseolus*.

* Correspondencia a: rhfisiologia@inifat.co.cu

Recibido: 02/08/2024

Aceptado: 14/10/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de autores: Melba Cabrera Lejardi: **Conceptualización. Curación de datos. Análisis formal. Escritura - borrador original.** Maydelín Dorado Bermúdez: **Conceptualización. Curación de datos. Escritura - revisión y edición.** María Julia Mendoza Estévez: **Curación de datos.** Yarelis Ortiz Núñez: **Conceptualización. Adquisición de financiación.**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



ABSTRACT: Adaptation strategies to mitigate the effects of climate change include the use of locally adapted cultivars. Therefore the objective of this paper was to evaluate the effect of *in vitro* induced drought on the germination of *Phaseolus vulgaris* L., cvs. CULL-156 (black seed) and CC-25-9R (red seed). Twenty five seeds were placed on filter paper in Petri dishes containing 20 mL of six solutions of polyethyleneglycol-6000 as follows: 6% ($\Psi_0 = -0.0657$ MPa), 9% ($\Psi_0 = -0.1247$ MPa), 12% ($\Psi_0 = -0.2012$ MPa), 15% ($\Psi_0 = -0.2952$ MPa), 18% ($\Psi_0 = -0.4066$ MPa), 21% ($\Psi_0 = -0.5355$ MPa) and distilled water ($\Psi_0 = 0$) as control. The results showed that both cultivars were able to germinate at the osmotic potentials of -0.4066 MPa and -0.5355 MPa, but significant differences were found at -0.5355 MPa when compared to the control for both cultivars ($p < 0,05$). CULL-156 showed highest germination percentages, with values of 84 % and 40 %, respectively; while CC-25-9R reached 56.9 % and 6.9 %. However, the adverse effect of drought on the root and hypocotyl length was strongly evident at osmotic potentials less negative.

Key words: drought, germination, *Phaseolus*.

INTRODUCCIÓN

El ritmo acelerado del cambio climático, junto con el aumento de la población y de los ingresos a nivel mundial, amenaza la seguridad alimentaria en todas partes del mundo. La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, lo que ha causado preocupación entre los científicos ya que los factores climáticos indispensables para el crecimiento de los cultivos, como son la precipitación y la temperatura, se verán severamente afectados e impactarán sobre la producción agrícola. Según Expósito (2019), las pérdidas de la producción se intensificarán de acuerdo con el incremento de las temperaturas y las diferencias en la precipitación; por lo que los efectos sobre el bienestar de miles de agricultores serán muy severos. En general, podemos decir que el impacto del cambio climático será considerable para los países en desarrollo, debido a su dependencia económica de la agricultura y los recursos naturales, a la baja capacidad adaptativa y a su ubicación geográfica en zonas más vulnerables. La producción de granos disminuirá entre un 2,5-5,0 % en la región de Latinoamérica debido al cambio climático por varias causas, entre ellas la sequía, que en ocasiones genera pérdidas entre un 10 y 100 %.

Dentro de los granos, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más importante para la alimentación en el trópico de América Latina. La producción mundial de este cultivo alcanza los 30,4 millones de toneladas y entre los países mayores productores se encuentran la India, Myanmar; Brasil, Estados Unidos, China, Tanzania y México (FAOSTAT, 2021). En el caso de Cuba se cosecharon unas 73 mil hectáreas de frijoles en el 2020, con una producción total de 65 toneladas y rendimiento agrícola promedio de 0,89 t.ha⁻¹ (ONEI, 2020), los que no son los óptimos del cultivo.

El frijol común, al igual que otros cultivos de importancia económica, es afectado durante su crecimiento y desarrollo por factores ambientales adversos como: las precipitaciones, la temperatura, la humedad, el viento, la luminosidad y la mala distribución, en gran proporción, del área cultivada (Karimzadeh-Soureshjani et al., 2020). En estas regiones, el frijol es actualmente cultivado por pequeños agricultores, con frecuencia en condiciones no favorables y con mínimo uso de insumos.

Este cultivo no alcanza su máximo potencial productivo debido a que no se cuenta con variedades adaptadas al estrés hídrico. Una estrategia de adaptación, propuesta recientemente, para mitigar los efectos del cambio climático incluye el uso de variedades/especies adaptadas localmente, con adaptaciones más apropiadas al clima (Expósito, 2019). El desarrollo de cultivares adaptados a estas condiciones extremas es una opción posible para contribuir a la seguridad alimentaria de una población creciente que requiere incrementos significativos en la producción de alimentos (Polania et al., 2016). Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación de dos cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), expuestos a diferentes regímenes de estrés hídrico *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones de laboratorio

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas, del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), en la localidad de Santiago de las Vegas, municipio Boyeros, La Habana,

Cuba. Se utilizaron semillas de las variedades cubanas CC-25-9R (grano rojo) y CULL-156 (grano negro), las cuales se cultivaron y cosecharon en el municipio de Imías, en la provincia de Guantánamo, Cuba.

Desinfección de las semillas

Las semillas se lavaron inicialmente con agua destilada estéril, seguida de una desinfección con una solución de etanol 70 % (v/v) por 2 min mediante agitación manual. A continuación, se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al 2 % (v/v) y se agitaron de forma manual durante 5 min. Las semillas desinfectadas se enjuagaron al menos tres veces con agua destilada estéril.

Prueba de germinación en condiciones de estrés hídrico

Las semillas fueron puestas a germinar sobre papel de filtro en placas Petri de 90 mm utilizando 25 semillas por placas y tres réplicas para cada tratamiento. El experimento se llevó a cabo a una temperatura media de $21,2 \pm 0,4$ °C, una humedad relativa de $53,3 \pm 2,1$ % y 9 h continuas de luz durante 10 días. La temperatura y la humedad se registraron diariamente con un higrotermómetro (Oregon Scientific, EE.UU). Se emplearon siete tratamientos de estrés hídrico mediante la aplicación de 20 mL de soluciones de polietilenglicol-6000 (PEG) y agua destilada como control (Tabla 1). La relación entre las concentraciones de PEG y el potencial osmótico se estableció mediante la ecuación de Michel y Kaufmann (1973), como se describe a continuación, donde C es la concentración de PEG-6000 expresada en g/kg de H₂O y T es la temperatura (°C):

$$\psi = - (1,18 * 10^{-2}) * c - (1,18 * 10^{-4}) * c^2 + (2,67 * 10^{-4}) * c * T + (8,39 * 10^{-7}) * c^2 * T$$

Evaluación de los índices fisiológicos

Se efectuaron recuentos diarios del número de semillas germinadas durante 10 días a partir de

ser sembradas en las placas. Las semillas se consideraron germinadas cuando presentaron una emisión de la radícula de 3 mm. En el décimo día las plántulas fueron removidas de las placas y se midió la longitud del hipocótilo y la radícula. Se calculó el porcentaje de germinación (G), el Índice de estrés (IE) para la germinación, el crecimiento del hipocótilo y la radícula; así como el porcentaje de inhibición (PI) para estas variables, mediante las siguientes fórmulas:

$$G = \frac{N_g}{N_t} \cdot 100\%$$

$$IE = \frac{M_E}{M_C} \cdot 100\%$$

$$PI = 100 - IE$$

donde:

N_g = número de semillas germinadas a los diez días posteriores al inicio del experimento.

N_t = número total de semillas por placa.

M_E = valor de la variable en el tratamiento de estrés.

M_C = valor de la variable en el control.

Análisis estadístico de los datos

El experimento se llevó a cabo según un diseño completamente aleatorizado con tres réplicas. El cumplimiento de la homogeneidad de varianzas se comprobó con la prueba de Bartlett, mientras que la normalidad se comprobó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos fueron transformados para cumplir estas premisas del Análisis de Varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) de la siguiente forma: los datos expresados en porcentajes se transformaron a $\text{asen}\sqrt{x}$, mientras que la longitud del hipocótilo se transformó a $\log x$ y la de la radícula a \sqrt{x} . Los datos relativos a las longitudes se tomaron a partir de 4 plántulas seleccionadas al azar. Se llevó a cabo una ANOVA bifactorial, considerando como factores los genotipos y los tratamientos de déficit hídrico. Las medias diferentes se identificaron con la prueba de Tukey HSD, con un nivel de significación de $p=0,05$. El análisis estadístico del PI de la germinación a $-0,5355$ MPa se realizó mediante una prueba de t de Student, con un nivel de significación

Tabla 1. Tratamientos experimentales expresados como la relación entre las concentraciones de PEG-6000 y el Potencial Osmótico (MPa).

Concentración de PEG-6000 (%)	0	6	9	12	15	18	21
Potencial osmótico (MPa)	0	-0,0657	-0,1247	0,2012	-0,2952	-0,4066	-0,5355

de $p=0,05$. En este caso la homogeneidad de varianzas se comprobó mediante la prueba de F máxima ($p=0,05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa Statistic 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La media del porcentaje de germinación de la variedad CULL-156 a los diez días después de la siembra superó significativamente la de CC-25-9R, con valores de $83,0 \pm 4,8 \%$ y $61,7 \pm 6,1 \%$ respectivamente ($F_{1,28}=11,0$; $p=0,003$). Los porcentajes de germinación sólo mostraron diferencias entre tratamientos ($F_{6,28}=12,7$; $p=1,0 \times 10^{-6}$) al potencial de $-0,5355$ MPa, con un valor de $23,5 \pm 12,0 \%$ (Figura 1). La interacción entre ambos factores no fue significativa ($F_{6,28}=1,1$; $p=0,38$).

El estrés hídrico afecta grandemente el proceso germinativo, el cual se ha señalado como la fase crítica para el establecimiento y desarrollo de las plantas, pues garantiza su supervivencia (Mendoza et al., 2020). El estrés abiótico afecta diferentes indicadores morfológicos y fisiológicos como: el porcentaje de germinación, la longitud de los órganos vegetativos, la masa seca, la masa fresca y el vigor (Maqueira et al., 2021; Torres-Hernández et al., 2022). La disminución del porcentaje de germinación con los incrementos del potencial hídrico puede deberse tanto a cambios en los procesos metabólicos y enzimáticos presentes en las semillas, como al desarrollo de metabolitos inducidos por el estrés; así como a la reducción de la difusión del agua a través del tegumento y su absorción por las semillas, lo que provoca un déficit de hidratación. Valverde (2020) considera que el estrés hídrico es una respuesta fisiológica

de las plantas a la disminución del agua disponible en el ambiente, lo que incide en un desequilibrio en los procesos, dentro de los cuales se encuentra la absorción del agua, en cualquier estado de desarrollo de las plantas. Otros autores plantean que el efecto negativo del polietilenglicol sobre la germinación puede estar relacionado con una disminución en el proceso de imbibición de las semillas, debido al carácter altamente hidrofílico del polímero, que provoca una disminución del potencial osmótico e hídrico del medio (Pérez-Hernández et al., 2018).

Este efecto se muestra en la Figura 2 en términos del porcentaje de inhibición de la germinación. Teniendo en cuenta que este proceso sólo resultó afectado al potencial osmótico de $-0,5355$ MPa (como se muestra en la Figura 1B), el porcentaje de inhibición de la germinación se calculó para este tratamiento.

Los resultados indican que la inhibición provocada a $-0,5355$ MPa no fue significativamente diferente entre cultivares ($t=1,63$; $p=0,18$), a pesar del mejor comportamiento observado en la variedad CULL-156 en todos los tratamientos evaluados (Figura 2). Este resultado confirma lo estresante que resultó el potencial osmótico de $-0,5355$ MPa para ambos cultivares.

Por otra parte, el análisis de la longitud de la raíz evidenció diferencias significativas entre cultivares ($F_{1,42}=155,6$; $p=10,0 \times 10^{-16}$) y tratamientos ($F_{6,42}=37,7$; $p=2,2 \times 10^{-15}$); la interacción entre ambos factores también fue significativa ($F_{6,42}=7,3$; $p=2,3 \times 10^{-5}$). En la variedad CC-25-9R, las diferencias con respecto al control ($78,8 \pm 9,0$ mm) comenzaron a observarse al potencial

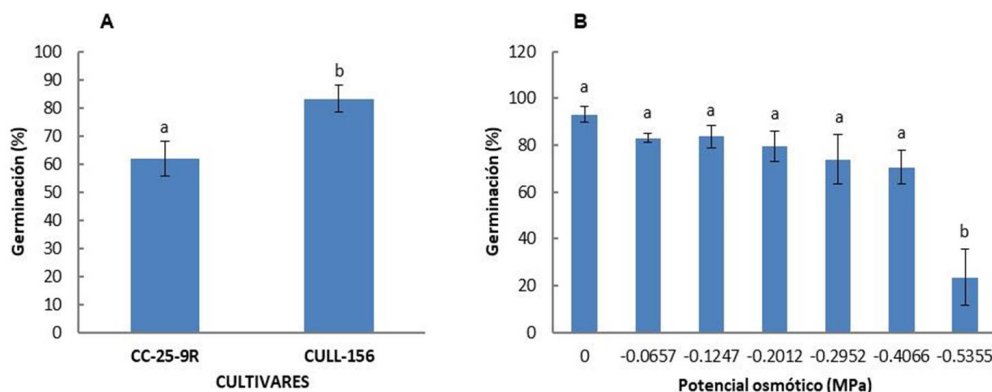


Figura 1. Porcentajes de germinación de dos cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. expuestos a déficit hídrico in vitro (expresado como potenciales osmóticos, MPa). A. la Diferencias entre cultivares ($n=3$). B. Diferencias entre tratamientos ($n=3$). Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey HSD ($p < 0,05$).

osmótico de $-0,1247$ MPa (9 %) y se produjo una reducción gradual en la longitud de la raíz a medida que los potenciales se hicieron más negativos, con valores entre $36,3 \pm 5,2$ mm y $8,5 \pm 3,9$ mm (Figura 3). Las diferencias en la longitud de la raíz entre el potencial de $-0,2012$ MPa (12 %) y $-0,5355$ MPa (21 %) no fueron significativas, lo cual resalta el efecto marcado de la sequía simulada *in vitro* sobre el crecimiento de esta estructura.

Sin embargo, el cultivar CULL-156 comenzó a mostrar efectos adversos a partir de $-0,4066$ MPa (18 %), sin que se observaran diferencias significativas entre este y el potencial osmótico de $-0,5355$ MPa (21 %), con valores de $54,0 \pm 5,3$ mm y $31,8 \pm 2,5$ mm respectivamente. En el rango de potenciales entre $-0,0657$ MPa (6%) y $-0,2952$ MPa (15 %), se alcanzaron valores entre $67,5 \pm 5,2$ mm y $77,0 \pm 2,0$ mm, todos similares al control con $104,8 \pm 12,0$ mm (Figura 3).

A partir de estos resultados se calculó el porcentaje de inhibición de la raíz (Figura 4), el cual mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{1,36} = 56,0$; $p = 7,8 \times 10^{-9}$) y tratamientos ($F_{5,36} = 37,8$; $p = 2,3 \times 10^{-13}$). La interacción entre ellos también fue significativa ($F_{5,36} = 12,5$; $p = 4,7 \times 10^{-7}$). En el cultivar CC-25-9R la inhibición se incrementó gradualmente a medida que los potenciales osmóticos se hicieron más negativos, con valores entre $53,6 \pm 6,0$ % y $90,3 \pm 3,3$ %, a partir de $-0,1247$ MPa (Figura 4). En CULL-156 la inhibición se produjo al potencial de $-0,5355$ MPa (21 %), con un valor de $69,2 \pm 1,6$ %; sin que se observaran diferencias significativas con la reducción encontrada a $-0,4066$ MPa, que fue de $47,9 \pm 2,0$ % (Figura 4).

Los resultados de la longitud del hipocótilo también evidenciaron diferencias significativas entre cultivares ($F_{1,42} = 57,2$; $p = 2,3 \times 10^{-9}$) y tratamientos ($F_{6,42} = 85,5$; $p = 0,0$); la interacción entre ambos fue igualmente significativa ($F_{6,42} = 4,7$; $p = 0,001$). En los dos cultivares estudiados las diferencias significativas con respecto al control comenzaron a notarse al potencial osmótico de $-0,1247$ MPa (9 %) (Figura 5).

En el caso de CC-25-9R, la diferencias entre el valor observado a ese potencial (9 %) y a $-0,2012$ MPa (12 %) no fueron significativas, con valores de $26,5 \pm 3,9$ mm y $13,0 \pm 1,2$ mm,

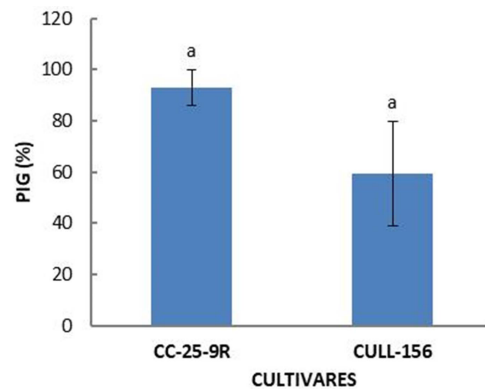


Figura 2. Porcentajes de inhibición de la germinación (PIG) de dos cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. expuestos a déficit hídrico, al potencial osmótico de $-0,5355$ MPa. Letras iguales no difieren significativamente según la prueba de t de Student ($n=3$).

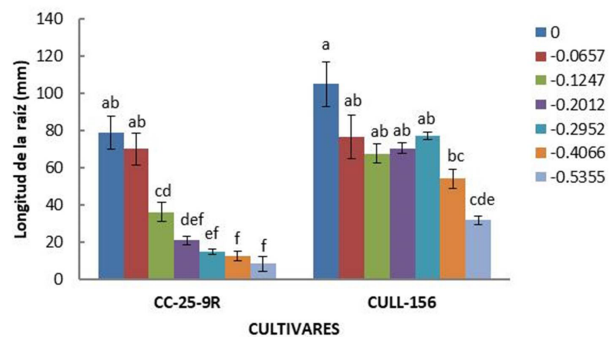


Figura 3. Longitud de la raíz de los cultivares *Phaseolus vulgaris* L. CC-25-9R y CULL-156, expuestos a déficit hídrico *in vitro*. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey HSD ($n=4$).

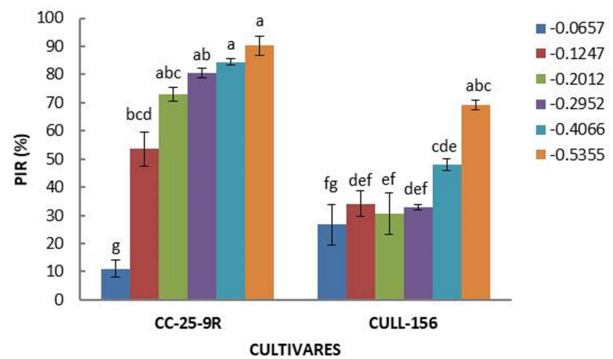


Figura 4. Porcentaje de inhibición de la raíz (PIR) de los cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. CC-25-9R y CULL-156, expuestos a déficit hídrico *in vitro*. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey HSD ($n=4$).

respectivamente. Asimismo, el efecto del déficit hídrico sobre la longitud del hipocótilo en el rango de $-0,2012$ MPa y $-0,5355$ MPa fue similar, con valores de $9,3 \pm 1,1$ mm; $8,0 \pm 1,2$ mm y $1,3 \pm 1,2$ mm respectivamente (Figura 5). Sin embargo, en CULL-156 la longitud de la raíz fue similar entre los potenciales de $-0,1247$ MPa (9 %)

y $-0,2952$ MPa (15 %), con valores de $48,3 \pm 7,7$ mm; $40,0 \pm 1,0$ mm y $24,3 \pm 1,3$ mm. Los efectos más negativos sobre esta estructura se encontraron a $-0,4066$ MPa (18 %) y $-0,5355$ MPa (21 %), con resultados de $10,5 \pm 0,5$ mm y $8,3 \pm 1,3$ mm. A estos potenciales no se encontraron diferencias entre genotipos.

El análisis del porcentaje de inhibición del crecimiento del hipocótilo revela que el efecto de la sequía simulada *in vitro* fue significativamente diferente entre cultivares ($F_{1,30} = 13,6$; $p = 0,0009$), con una media superior de $86,4 \pm 2,3$ % para la variedad CC-25-9R, en comparación con la alcanzada por CULL-156, de $79,8 \pm 4,3$ % (Figura 6). Las diferencias entre tratamientos también fueron significativas ($F_{4,30} = 32,2$; $p = 1,9 \times 10^{-10}$). En este caso el efecto negativo se incrementó gradualmente a medida que los potenciales osmóticos se hicieron más negativos, con valores entre $66,6 \pm 2,4$ % y $96,1 \pm 1,3$ %. La interacción entre ambos factores no fue significativa ($F_{4,30} = 2,2$; $p = 0,09$).

Resultados similares fueron encontrados por Torres-Hernández et al. (2022) al evaluar estos índices en la variedad de frijol Delicia, donde encontró que el polietilenglicol disminuyó significativamente el crecimiento de las raíces a todas las concentraciones estudiadas. Los tratamientos correspondientes a 6, 9 y 12 % de PEG disminuyeron la longitud de las raíces en un 69,8; 77,6 y 90,4 % respectivamente, en comparación con el tratamiento control. La concentración 15 % del agente osmótico inhibió completamente el desarrollo radical. En el caso de los resultados presentados en este estudio no

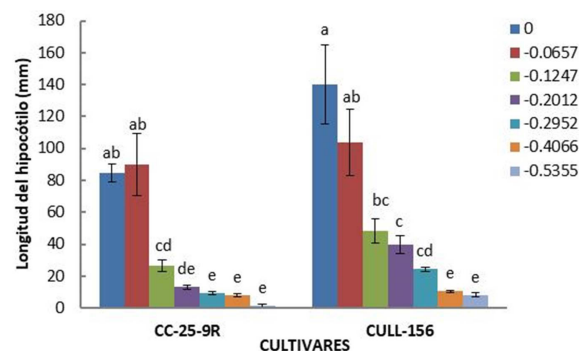


Figura 5. Longitud del hipocótilo de los cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. CC-25-9R y CULL-156, expuestos a déficit hídrico *in vitro*. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey HSD (n=4)

hubo inhibición completa de la longitud de los indicadores de crecimiento en los tratamientos de estrés para ambos cultivares.

La disminución de la longitud de las raíces y la parte aérea de las plántulas, puede estar relacionada con el estrés osmótico de los tejidos en presencia del agente estresante (Romero-Félix et al., 2021). En condiciones de bajo potencial hídrico ocurre la salida de agua de las células vegetales, para compensar la diferencia de potencial osmótico entre los tejidos del vegetal y el medio. Esto provoca a su vez, una disminución de la presión de turgencia que se requiere para la expansión y el crecimiento celular (Mendoza et al., 2020). Otro factor que pudo afectar el crecimiento de las plántulas está relacionado con el estrés oxidativo que se genera en condiciones de estrés osmótico. Guerrero et al. (2023), en estudios realizados con variedades de frijol común cultivadas en suelo, bajo regímenes de riego diferentes, encontraron que el déficit hídrico

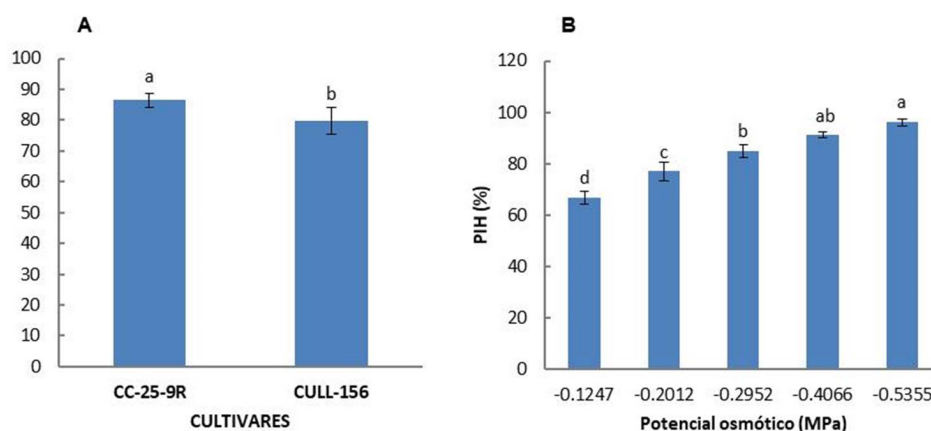


Figura 6. Porcentaje de inhibición de la longitud del hipocótilo (PIH) de los cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. CC-25-9R y CULL-156 expuestos a déficit hídrico *in vitro* (expresados como potenciales osmóticos, MPa). A: Diferencias entre cultivares (n=4). B: Diferencias entre tratamientos (n=4). Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey HSD.

provoca una disminución del alargamiento de los órganos del dosel de la planta. Un suelo en proceso de sequía puede tener su origen en una reducción de la capacidad de absorción de agua y la disminución provoca efectos negativos sobre los procesos de transpiración y fotosíntesis, relaciones hídricas, desarrollo del área foliar, floración, diferenciación y el establecimiento de los órganos reproductores. La respuesta de las plantas al estrés hídrico presenta mecanismos complejos que incluyen cambios moleculares y se extienden a todo el metabolismo, lo que influye además en la morfología y fenología de éstas, al acortar el ciclo del cultivo (Culqui *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

- Los tratamientos de déficit hídrico proporcionados por el PEG afectaron el porcentaje de germinación, así como la longitud de la radícula y el hipocótilo de forma moderada, ya que hubo germinación y crecimiento al potencial osmótico de -0,5355 MPa (21% PEG). Los cultivares CC-25-9R y CULL-156 parecen presentar tolerancia a la sequía en un estado de desarrollo temprano, destacándose el cultivar CULL-156.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Culqui, Y.L.; Neri, J.; Valqui, N.C.V.; Mori, J.B.; Huaman, E.H.; Oliva, M. (2002). Efecto del estrés hídrico sobre el comportamiento morfo-fisiológico de cinco genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Científica Pakamuros, 9(2): 73-86, ISSN: 2522-3240. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i2.183>.
- Expósito, L.J. (2019): Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. X Congreso Cubano de Meteorología. Habana Libre, La Habana, Cuba.
- FAOSTAT, F. (2021). La Producción mundial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), [en línea], Inst. FAOSTAT, Roma Italia, Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Guerrero, D.L.; González, P.B.L.; Jeréz, M.E.I.; Morales, G.D.; Dell'Amico, R.J.; Santa Cruz, S.A. (2023). Comportamiento de plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. Rev Cie Téc Agr 32 (4). On-line ISSN 2071-0054
- Karimzadeh-Soureshjani, H.; Nezami, A.; Kafi, M.; Tadayon, M. (2020). The effect of deficit irrigation on dry matter partitioning, mobilization and radiation use efficiency of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 51(3): 307-326 <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1705323>.
- Maqueira-López, L.A.; Roján-Herrera, O.; Solano-Flores, J.; Santana-Ges, I.M.; Fernández-Márquez, D. (2021). Productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Parte I. Rendimiento en función de variables meteorológicas. Cultivos Tropicales, 42(3): Publisher: Ediciones INCA, ISSN: 0258-5936, Disponible en: <https://scielo.sld.cu>
- Mendoza, R.M.F.; Veitía, O.; Martirena, R.A.; Rojas, R.L.; Torres, D.; Hernández, S.; Rivero, L. (2020). Respuesta diferencial de tres cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. al estrés hídrico *in vitro* inducido por PEG-6000. Biotecnología Vegetal, 20(4): 351-359, ISSN 2074-8647, RNPS: 2154. ISSN 1609-184
- ONEI-CUBA: Anuario estadístico de Cuba 2020. Edición 2021, [en línea], Inst. Oficina Nacional de Estadística e Información, Infome anual, La Habana, Cuba, 2021, Disponible en: <http://www.onei.cu>.
- Pérez-Hernández Y., Navarro-Boulantier M., Rojas-Sánchez L., Fuentes-Alfonso L., Sosa-del Castillo M. (2018). Efecto del estrés hídrico en la germinación de semillas de *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. UDG-110. Pastos y Forrajes [Internet]. 41(4):243-52. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942018000400002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Polania, J.; Poschenrieder, C.; Rao, I.; Beebe, S. (2016): Estimation of phenotypic variability in symbiotic nitrogen fixation ability of common bean under drought stress using ^{15}N natural abundance in grain, *European Journal of Agronomy*, 79: 66-73, Publisher: Elsevier, ISSN: 1161-0301. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.05.014>.
- Romero-Félix, C.S.; López-Castañeda, C.; Rueda, C.G.; Kohashi-Shibata, J.; Martínez Miranda-Colín, S.; Aguilar-Rincón, V.H. (2021). Variabilidad en características morfo-fisiológicas del frijol común bajo sequía terminal. *Agrociencia*, 55: 471-485. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i6.2554>.

Torres-Hernández, Ll.; Sosa-del Castillo, M.; Pérez-Hernández, Y.; Rodríguez-Izquierdo, L.; Cortés-Martínez, Y.; Liriano-González, R. (2022). Efecto del polietilenglicol-6000 en la germinación y crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Delicias' *Cultivos Tropicales* 4 (3): e06. ISSN

impreso: 02. 8-5936 Ministerio de Educación Superior. Cuba. ISSN digital: 1819-4087
Valverde, O.J.C, (2020): Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.). Instituto Tecnológico de Costa Rica. 23 (1). <https://doi.org/10.14483/2256201X.14786>