

Comportamiento de plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego



<https://cu-id.com/2177/v32n4e06>

Behavior of Common Bean Plants (*Phaseolus vulgaris* L.) Subjected to Two Irrigation Systems

✉ Lilisbet Guerrero-Domínguez*, ✉ Betty Leydis González-Pérez, ✉ Eduardo Iván Jerez-Mompie,
✉ Donald Morales-Guevara, ✉ José Dell'Amico-Rodríguez, ✉ Arasay Santa Cruz-Suárez

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: Con el objetivo de estudiar el comportamiento de plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego se realizó el presente ensayo durante los meses de enero a abril de 2021 en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Para ello se utilizaron semillas de la variedad de frijol negro Triunfo 70 sembradas en seis canaletas de hormigón de 2,60 m de largo por 0,60 m de ancho (1,56 m²), que contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. Se establecieron dos tratamientos de riego que consistieron en aplicar el 100% (R100) de la ETc (Evapotranspiración estándar del cultivo) y otro que donde se regó 50% (R50) de la ETc. Se monitoreó la humedad del suelo y se realizaron evaluaciones de algunas variables del crecimiento, así como el contenido de clorofilas totales (SPAD). Al final del experimento se evaluó el rendimiento, sus componentes y variables del tamaño de los granos. Los resultados indicaron que la fase reproductiva resultó la más sensible a la deficiencia hídrica y los porcentajes de reducción fueron más elevados en la superficie foliar, en comparación con otras variables del crecimiento, lo cual influyó en la producción de masa seca. La cantidad de vainas y número de granos por planta tuvieron un efecto directo en el comportamiento del rendimiento, en comparación con la masa de 100 granos y el número de granos por vaina. El rendimiento se redujo en condiciones de estrés, pero las variables del tamaño del grano se mantuvieron similares en ambas condiciones.

Palabras clave: semilla, estrés hídrico, crecimiento, rendimiento.

ABSTRACT: In order of studying the behavior of common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to two irrigation regimes, this trial was carried out during the months from January to April 2021 at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA). For this, seeds of the Triunfo 70 black bean variety were used, planted in six concrete gutters 2.60 m long by 0.60 m wide (1.56 m²), which contained Ferralitic Red Leached soil. Two irrigation treatments were established that consisted of applying 100% (R100) of the ETc (Standard Evapotranspiration of the crop) and another that irrigated 50% (R50) of the ETc. Soil moisture was monitored and evaluations of some growth variables were carried out, as well as the content of total chlorophylls (SPAD). At the end of the experiment, the yield, its components and variables of the size of the grains were evaluated. The results indicated that the reproductive phase was the most sensitive to water deficiency and the reduction percentages were higher in the leaf surface, compared to other growth variables, which influenced the dry mass production. The number of pods and number of grains per plant had a direct effect on yield behavior, compared to the mass of 100 grains and the number of grains per pod. Yield was reduced under stress conditions, but grain size variables remained similar under both conditions.

Keywords: Seed, Water Stress, Growth, Yield.

*Author for correspondence: Lilisbet Guerrero-Domínguez, e-mail: liligd@inca.edu.cu

Recibido: 23/03/2023

Aceptado: 01/09/2023

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas comestibles más importantes, por constituir un complemento nutricional indispensable en la alimentación. Esta especie proporciona una fuente significativa de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta humana (Polania *et al.*, 2016; Calero-Hurtado *et al.*, 2018).

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, México y Uganda (FAOSTAT, 2018). En Cuba se cosecharon unas 73 mil hectáreas de frijoles en 2020 con una producción total de 65 toneladas y rendimiento agrícola promedio de 0,89 t.ha⁻¹ (ONEI-Cuba (2021), que no satisfacen las demandas debido a la elevación del nivel de consumidores y el cambio climático (Hernández *et al.*, 2015; Domínguez Suárez *et al.*, 2019).

El frijol común en Cuba se consume en forma de granos secos y se dedica exclusivamente al consumo humano. Se considera un alimento estratégico y constituye junto al arroz, la dieta básica de los cubanos, en la que el frijol aporta alrededor de la quinta parte de las proteínas totales consumidas (Morales-Guevara *et al.*, 2017).

El cultivo de frijol, al igual que otros cultivos de importancia económica, es afectado durante su crecimiento y desarrollo por factores ambientales adversos como: precipitación, temperatura, humedad, viento, luminosidad y mala distribución en gran proporción del área cultivada (Karimzadeh-Soureshjani *et al.*, 2020). Debido a que la especie se cultiva principalmente en condiciones de temporal, cuyas siembras se establecen desde finales de mayo hasta principios de julio y es afectado por las plagas y enfermedades. Así mismo, como factores edáficos que varían entre localidades como: topografía, tipo de profundidad del suelo, para formar un ambiente de producción complejo del cultivo de esta leguminosa durante el año (Maqueira-López *et al.*, 2021).

Se plantea que el 60% de la producción mundial de frijol se obtiene en condiciones de déficit hídrico, por lo que este factor es quien más contribuye en la reducción del rendimiento después de las enfermedades (Prieto-Cornejo *et al.*, 2019). La sequía es uno de los estreses más importantes, inhibe el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos, por lo que afecta la sostenibilidad de la agricultura (Romero-Félix *et al.*, 2021). Una mejor comprensión de los rasgos fisiológicos asociados con el crecimiento, las relaciones hídricas de las plantas y la eficiencia del uso del agua en condiciones de déficit hídrico puede contribuir a seleccionar criterios para mejorar la respuesta del frijol común a la sequía (Ramírez-Cabral *et al.*, 2021).

Teniendo en cuenta lo antes señalado, el presente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar el comportamiento de plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante los meses de enero a abril de 2021 en condiciones semicontroladas en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Para ello se utilizaron semillas de la Variedad de frijol negro Triunfo 70.

Se sembraron 6 canaletas de hormigón de 2,60 m de largo por 0,60 m de ancho (1,56 m²) que contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (Hernández *et al.*, 2015).

Se utilizaron dos tratamientos de riego, uno en el que se les suministró a las plantas el agua correspondiente al 100% de la ETc (Evapotranspiración estándar del cultivo) y otro en el que sólo se le suministró el 50 % de la ETc. Los tratamientos ensayados fueron:

- R100, regado al 100% de la ETc.
- R50, regado al 50% de la ETc.

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) se calculó mediante el Programa CropWat 8.0 utilizando una serie de datos de 30 años (1990-2020) de la estación meteorológica de Tapaste perteneciente a la red nacional del Instituto de Meteorología, ubicada aproximadamente a 300 m del área experimental.

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c$$

donde:

ET_c-evapotranspiración del cultivo [mm·d⁻¹],

K_c-coeficiente del cultivo [adimensional],

ET_o-evapotranspiración del cultivo de referencia [mm·d⁻¹].

Los coeficientes de cultivo K_c empleados fueron los siguientes:

K_c. inicial= 0.15, K_c. medio= 1.10 y K_c. final= 0.65

Durante el período comprendido entre el 20 y 25 de enero el riego fue de 3 mm diarios en ambos tratamientos para garantizar una germinación y crecimiento inicial homogéneos. A partir de ese momento el riego se aplicó según correspondió a cada tratamiento.

La humedad del suelo (%) se determinó a los 28, 42 y 61 días después la siembra (DDS), mediante una sonda TDR (Reflectometría en Dominio del Tiempo) Field Scout TDR 100 System, Spectrum Technologies, Inc. En cada tratamiento se realizaron 4 mediciones a 20 cm de profundidad. Se consideró lluvia efectiva cuando esta fue superior a 3 mm.

Determinación del crecimiento

A los 28, 42 y 61 DDS se determinó la longitud y diámetro de los tallos, la superficie foliar y la masa seca de la parte aérea

La longitud de los tallos se determinó con una regla graduada medida desde la base del tallo hasta la base de la última hoja emergida, el diámetro del tallo se determinó justamente en su base con el auxilio de un pie de rey digitalizado.

La superficie foliar se midió utilizando un integrador de área foliar AMP-300 y las masas secas se obtuvieron por secado en estufa de tiro forzado a 80 °C hasta peso constante.

Contenido relativo de agua

El contenido relativo de agua (CRA) se determinó 28, 42 y 61 DDS, según la metodología de [Turner \(1983\)](#) en 4 plantas por tratamiento a las 9 am.

Para el cálculo del valor se utilizará la siguiente ecuación:

$$CRA = \left[\frac{(M_f - M_s)}{(M_t - M_s)} \right] \cdot 100 \%$$

donde:

M_f : es la masa fresca en el momento del muestreo,

M_s : es la masa seca de las hojas después de secadas en estufa a 80 °C hasta masa constante

M_t : es la masa turgente de las hojas tras su saturación en agua destilada durante 24 horas a 4 °C en la oscuridad.

Contenido total de clorofilas en unidades SPAD

Se tomaron 10 hojas por tratamiento y se midió a los 28, 42 y 61 DDS utilizando un Medidor Portátil de Clorofila MINOLTA. SPAD 502 Plus.

Evaluación del rendimiento

Para la evaluación del rendimiento y sus componentes, se cosecharon 10 plantas al azar en cada contenedor (30 plantas por tratamiento) a las que se les determinó el número de vainas por planta, el número de granos por vaina, número de granos por planta, la masa fresca de 100 granos y el tamaño de los granos (Largo, ancho y espesor) con el empleo de un pie de rey. Además, se evaluó el rendimiento expresado en g por planta.

El análisis de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5 y las medias se compararon mediante el test de rangos múltiples de Tukey. La graficación de los resultados se realizó mediante el programa SIGMA PLOT 11.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la [Figura 1](#) se representa el contenido de humedad del suelo en diferentes momentos del ciclo del cultivo, las cuales se mantuvieron sin muchas

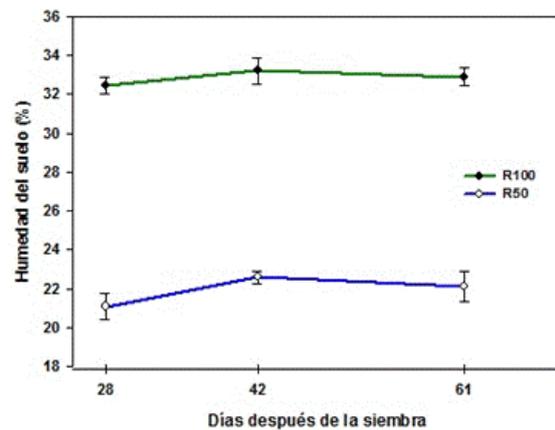


FIGURA 1. Humedad del suelo en base a masa seca en los tratamientos en que se desarrollaron plantas de frijol sometidas a dos regímenes de riego.

variaciones. El porcentaje de humedad del suelo en el tratamiento con mayor suministro de agua R100 osciló entre 32-33% y en el de menor suministro de agua R50 entre 21-23%, apreciándose diferencias de aproximadamente un 10% entre los tratamientos evaluados.

El comportamiento seguido por la humedad presente en el suelo en el momento de realización de los muestreos durante el ciclo del cultivo, garantizó que las plantas en el tratamiento R50, estuvieran sometidas a condiciones de estrés por deficiencia hídrica en el suelo, y de acuerdo con la capacidad de campo del suelo que conformó el sustrato en el que se desarrollaron las plantas, representó aproximadamente un 50% de la capacidad de campo en el tratamiento más bajo.

Hay que señalar que la disponibilidad de agua en el suelo depende del suministro que se le realice al mismo, ya sea por riego o por la lluvia, además de la capacidad del suelo para retenerla [Pachés \(2019\)](#), en presencia de materia orgánica en el suelo, como es el caso del presente trabajo, lo que permite una capacidad de retención de la humedad mayor, de ahí que aplicar un 50% de la evapotranspiración, no signifique que la humedad en el suelo, pueda ser reducida en la misma proporción.

Como se aprecia en la [Figura 2](#), a los 28 y 61 días después de la siembra se observaron diferencias estadísticamente significativas tanto en la longitud de los tallos como en el diámetro de los mismos. El tratamiento con mayor suministro de agua R100 alcanzó los mejores resultados en comparación con el de menor suministro de agua R50.

En ambas variables a los 42 días después de la siembra, no se presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos, quizás porque estas variables en esa fase, resultan poco alteradas por el efecto del estrés. Por otra parte, se ha señalado que no todas las fases del cultivo resultan susceptibles en la

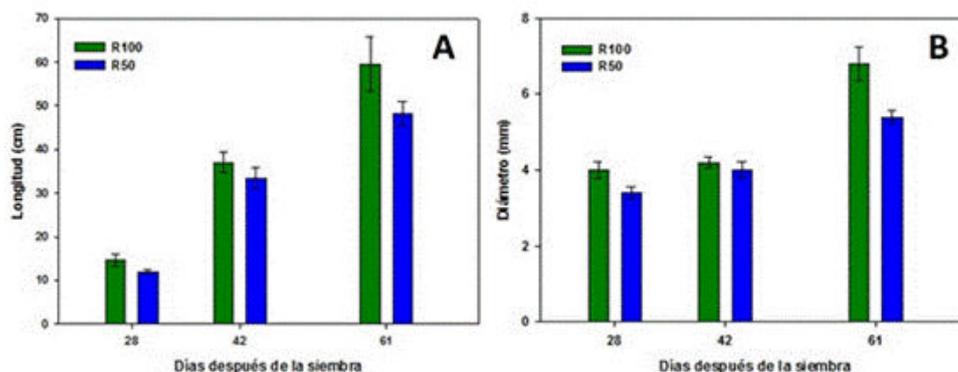


FIGURA 2. Longitud (A) y diámetro (B) de los tallos de plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

misma magnitud, independientemente de la variable analizada.

La disminución en el alargamiento de los órganos del dosel de la planta en un suelo en proceso de sequía puede tener su origen en una reducción de la capacidad de absorción de agua y la disminución en la tasa de producción de células [Romero-Félix et al. \(2021\)](#) y agregan estos autores que el déficit hídrico del suelo inicia efectos negativos sobre los procesos de transpiración y fotosíntesis, relaciones hídricas, desarrollo del área foliar, floración, diferenciación y establecimiento de los órganos reproductores, cuando el suelo alcanza un punto crítico en el contenido hídrico.

Al analizar la [Figura 3](#) se observó que la superficie foliar de las plantas se vio beneficiada con el tratamiento de mayor abastecimiento de agua R100 a los 42 y 61 días posteriores a la siembra, sin embargo, a los 28 días después de la siembra el comportamiento entre tratamientos fue semejante. Es de destacar que las diferencias entre los dos tratamientos incrementaron en la medida en que aumentó el tiempo de exposición a la condición de estrés, respecto al tratamiento bien abastecido. Autores como [Romero-Félix et al. \(2021\)](#) comprobaron que las reducciones mayores ocurrieron en las etapas de floración, formación de la semilla y madurez fisiológica, pero no en estadios iniciales, aunque esto depende también del genotipo empleado en cuanto a tolerancia a condiciones de baja disponibilidad de agua en el suelo.

La superficie foliar resulta fundamental como indicador de procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la transpiración. La variación de la superficie foliar es una de las respuestas macroscópicas más tempranas en plantas que sufren déficit hídrico, ya se habían comprobado, en el caso de la altura y del diámetro del tallo, comportamientos diferentes [\(Passioura, 2002\)](#).

Esta variable se relaciona directamente con la capacidad fotosintética [Toebe et al. \(2010\)](#), contribuyendo al aporte de fotoasimilados que son empleados en los distintos procesos fisiológicos que tienen lugar en las plantas.

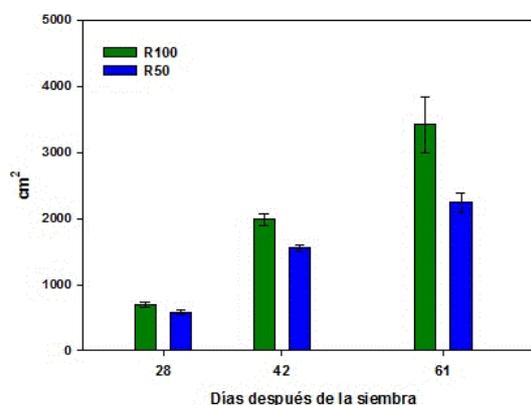


FIGURA 3. Superficie foliar de plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

El déficit hídrico es uno de los factores que más rápido y con mayor intensidad altera el crecimiento de las plantas, de hecho, se ha demostrado que la utilización de diferentes regímenes de riego con distintos niveles de abastecimiento hídrico al suelo, provocaron una disminución tanto de la altura de la planta, diámetro del tallo y la superficie foliar, en la medida que las plantas fueron recibiendo una menor cantidad de agua [\(Jerez-Mompies y Martín-Martín, 2012; Abdelraouf et al., 2013\)](#).

Las respuestas de las plantas al estrés hídrico presentan 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 [\(Culqui et al., 2021\)](#). Este mismo autor plantea que estos mecanismos en algunos casos permiten la adaptación y supervivencia a periodos más prolongados de déficit hídrico, y se dan a nivel de toda la planta o en tejidos específicos, con la finalidad de reducir la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). Entre estos mecanismos se encuentran: la defensa frente al daño oxidativo, mediante el sistema antioxidante enzimático y no enzimático; el cierre estomático (con repercusión en el intercambio gaseoso

y el estado hídrico de la planta) y el ajuste osmótico; entre otros.

Se debe destacar que esta variable permite determinar el estado de nutrición, predecir el crecimiento, la absorción de carbono, la tasa de transpiración, el aporte de hojarasca al suelo, el uso eficiente del agua y la conversión de fotoasimilados (Ramírez-Cabral *et al.*, 2021). Por lo tanto, para lograr una máxima productividad biológica, el vegetal debe alcanzar una magnitud de la superficie foliar elevada en momentos tempranos del desarrollo y que ésta permanezca activa durante la mayor parte de la vida de la planta. La reducción en la misma trae consigo una menor captación de la radiación solar, que provoca disminución de la fotosíntesis y producción de masa seca, lo que afecta el rendimiento de las plantas.

El desarrollo del área foliar es muy importante para la productividad de la planta, porque al reducirse la disponibilidad de humedad en el suelo desde el inicio de la floración y la formación de las vainas, disminuye el crecimiento vegetativo, el rendimiento de semilla y la eficiencia en el uso del agua (Vallejos-Barra *et al.*, 2019).

En la Figura 4 se representa el comportamiento de la masa seca del tallo y de las hojas; donde se alcanzaron los mejores resultados en el tratamiento más abastecido de agua R100 en todos los momentos evaluados, excepto en la masa seca del tallo a los 42 días después de la siembra, donde no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados mostraron que las plantas que se sometieron al 100 % de la capacidad máxima de retención de humedad presentaron una mayor acumulación de masa seca en sus órganos que las que recibieron menor aporte hídrico, lo que se corresponde con resultados informados en el cultivo del frijol (Pang *et al.*, 2017).

Los valores más altos de la masa seca en hojas (B), se corresponden con los mayores valores de superficie foliar en cada uno de los momentos evaluados y en el caso del tallo, a los 42 días después de la siembra, no

se presentaron diferencias significativas, lo que está en plena correspondencia con los valores detectados en la altura y diámetro del tallo en ese mismo momento.

Se reconoce a la biomasa total de la planta, como una medida del balance que se establece entre los procesos de fotosíntesis y respiración y, a la superficie foliar por planta o por unidad de área ocupada por estas, como la capacidad que tiene la misma de sintetizar esa biomasa (Morales-Guevara *et al.*, 2017). La masa seca resulta el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud de la capacidad del sistema de asimilación de la planta (Maqueira-López *et al.*, 2021).

En la Figura 5 se presenta el contenido relativo de agua, en el tratamiento R50 a los 42 días después de la siembra, se presentaron diferencias significativas con respecto a la evaluación realizada a los 62 días, mientras que en el tratamiento bien abastecido R100 no se encontraron diferencias entre los diferentes momentos, por lo que las plantas de ese tratamiento estuvieron siempre bien abastecidas de agua.

Los resultados superiores se obtuvieron en el tratamiento mejor abastecido, mientras que los valores más bajos se encontraron en los tratamientos con un 50 % de humedad, donde entre el primer y segundo muestreo, no se presentaron diferencias significativas. Otros autores como Lara-Acosta *et al.* (2019) han informado que un menor CRA está relacionado con una baja tasa fotosintética, principalmente debido a una limitación por cierre de estomas, la cual se refleja en valores bajos de la conductancia estomática y de transpiración. Todo lo cual crea modificaciones en comportamiento de las plantas.

La presencia de un menor valor del contenido relativo de agua en las plantas menos abastecidas, además de esa condición, puede estar asociado a que, en esas plantas, se puede producir un incremento en la densidad estomática, como vía para suplir la demanda de CO₂ en aras de producir fotosintatos, a costa de una mayor pérdida de agua, de ahí que los valores de la variable analizada disminuyan bajo esa condición, tal

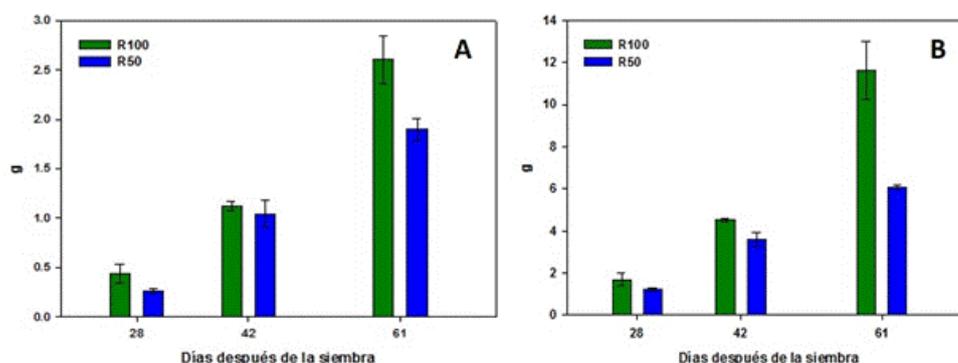


FIGURA 4. Masa seca del tallo (A) y de las hojas (B) de plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

y como han señalado (DeLaat *et al.*, 2014; Torabian *et al.*, 2018).

Por otra parte, se ha señalado que el funcionamiento estomático es el mecanismo a través del cual las plantas regulan la pérdida de agua y la ganancia de carbono, y estos órganos responden rápidamente a los cambios ambientales (Nemeskéri *et al.*, 2018).

En la Figura 6 se presenta el contenido de clorofilas totales expresado como unidades SPAD determinado en diferentes momentos del ciclo del cultivo. Se puede apreciar que fue mayor en el tratamiento de R100 a los 28 y 61 días posteriores a la siembra, no siendo así a los 42 días donde el tratamiento R50 presentó el contenido de clorofila más elevado. Sin embargo, los mayores porcentajes de reducción del contenido de clorofilas totales, se manifestó en la última evaluación, lo cual coincide con la etapa de producción.

Este comportamiento del tratamiento R50, está relacionado con el alcanzado en las variables altura de las plantas y diámetro del tallo en ese mismo momento, no así con la superficie foliar alcanzada, pues de acuerdo con los resultados, los mayores valores de clorofila, no propiciaron en ese momento un mayor incremento de la superficie foliar.

Las clorofilas son moléculas fundamentales para la realización de la fotosíntesis. Los valores inferiores en el contenido de clorofilas en las hojas se deben comúnmente a la destrucción de los pigmentos clorofílicos por el incremento de la actividad clorofilasa y la supresión de enzimas de la biosíntesis como la porfobilinógeno desaminasa (Álvarez *et al.*, 2018). Una disminución del contenido de clorofila total bajo estrés hídrico, indica una baja capacidad de los centros de reacción de la luz con el propósito de evitar daños por especies reactivas de oxígeno, ya que la producción de éstas es impulsada principalmente por el exceso de absorción de energía en el aparato fotosintético.

Por otra parte, una disminución del contenido de clorofilas, probablemente debido a una menor disponibilidad de nutrientes para su síntesis, se relaciona con limitaciones en la difusión del CO₂ desde los estomas hacia los espacios intercelulares y con la restricción de la fotofosforilación (Nematollahi *et al.*, 2017).

La evaluación de caracteres morfológicos y fisiológicos determinantes en la expresión del crecimiento y desarrollo de la planta, en ambientes contrastantes de humedad del suelo, pueden ayudar a identificar los factores clave para el mejoramiento bajo

condiciones de estrés, así como poder definir momentos del ciclo del cultivo, en los cuales no es prudente que se presenten condiciones de falta de agua.

El número de vainas por planta (Figura 7A) mostró diferencias significativas entre tratamientos, que no se manifestaron en la variable granos por vaina

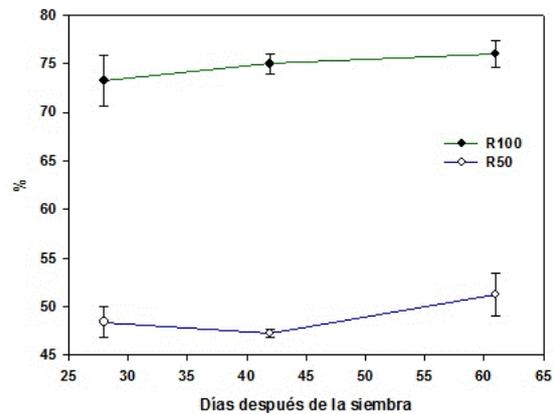


FIGURA 5. Contenido relativo de agua en plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

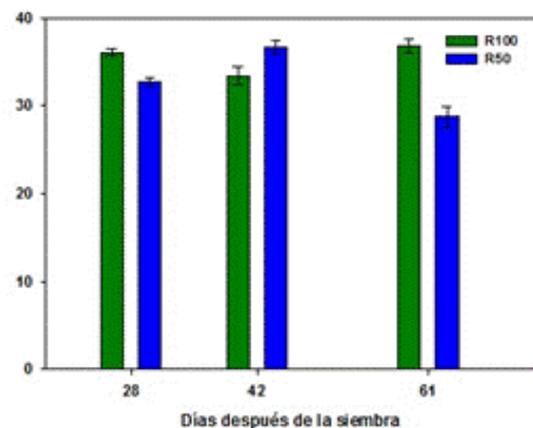


FIGURA 6. Contenido de clorofila (unidades SPAD) en plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

(Figura 7B). De acuerdo con estos resultados el número de granos por vaina parece ser una variable específica de cada variedad, pues la condición de estrés de humedad en el suelo impuesta, no la modificó.

En un trabajo realizado en México, en el que se emplearon dos variedades de frijol sometidas a condiciones de estrés Cardona-Ayala *et al.* (2014), se comprobó una marcada afectación en el número de vainas por planta, en ambas variedades, producto del tratamiento impuesto, pero no se detectaron diferencias en el número de granos por vaina, por lo que ellos consideraron a esa variable como una característica varietal, lo cual coincide con los resultados informados Reyes-Matamoros *et al.* (2014), aunque en su caso ellos usaron un genotipo diferente al empleado en este trabajo.

El análisis del rendimiento y algunos de sus componentes Figura 8, permitió detectar diferencias significativas entre tratamientos, para el número de

granos por planta (Figura 8A), con el mayor valor en las plantas que recibieron el 100% de la evapotranspiración, respecto a las que se regaron al 50%, lo cual está en plena correspondencia con los resultados para el número de vainas por plantas.

Por otra parte, en la masa de 100 granos (Figura 8B) no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí en el rendimiento por planta, expresado en este caso como gramos por planta (Figura 8C), y fue mayor en el tratamiento que no se sometió a estrés hídrico, aspecto que en lo fundamental se debe al daño provocado por el estrés hídrico en las estructuras reproductivas [Cardona-Ayala et al. \(2014\)](#) que dieron origen al número de vainas, como ya se había analizado.

El déficit hídrico disminuye la calidad de la producción y afecta significativamente el rendimiento; dado por la disminución en la cantidad de granos y el número de vainas, cuando ocurre durante los estadios de crecimiento, floración y formación de granos ([Polania et al., 2016](#)). En tal sentido, [Pérez-Iriarte et al. \(2021\)](#), al evaluar cinco cultivares de frijol común en dos condiciones de humedad, encontró que el número de vainas por planta se redujo entre un 24-53 % en todos los cultivares ante la condición de estrés. De igual forma disminuyó el número de granos por planta, así como la masa fresca de 100 granos, aspecto que no coincide con los encontrados en el presente trabajo.

El rendimiento es la resultante del comportamiento de las diferentes variables del crecimiento, en su interacción con los factores ambientales y de la expresión genética de cada cultivar, por lo que cualquier alteración en ellos provoca modificaciones en el comportamiento del mismo.

El análisis de las variables morfométricas en los granos (Figura 9) permitió conocer algunas características de los mismos, tales como el largo, el ancho y su espesor. En ninguna de las variables evaluadas se detectaron diferencias significativas entre el tratamiento bien abastecido de agua y el sometido a estrés, por lo que se puede plantear que no tuvieron efecto directo en el comportamiento del rendimiento.

Si bien no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las variables morfométricas evaluadas, hay que señalar que estas variables tienen una estrecha relación entre ellas y en particular con la masa del grano [Namugwanya et al. \(2018\)](#), lo cual podría ser de interés evaluar en futuros trabajos.

Desde una perspectiva ecofisiológica, las respuestas adaptativas que confieren a las plantas capacidad para tolerar la sequía (sobrevivir en condiciones de estrés severo), tendrán posiblemente un efecto negativo en términos de rendimiento ([Mex-Álvarez et al., 2021](#)).

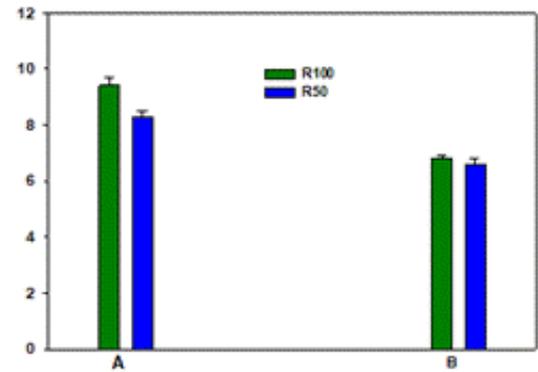


FIGURA 7. Número de vainas por planta (A) y gramos por vaina (B) en plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

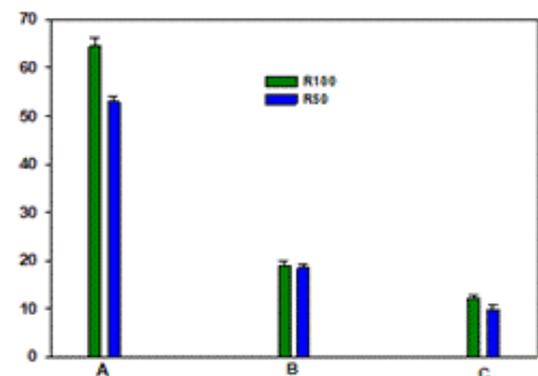


FIGURA 8. Número de granos por planta (A) masa de 100 granos (B) y rendimiento (g por planta, C) en plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

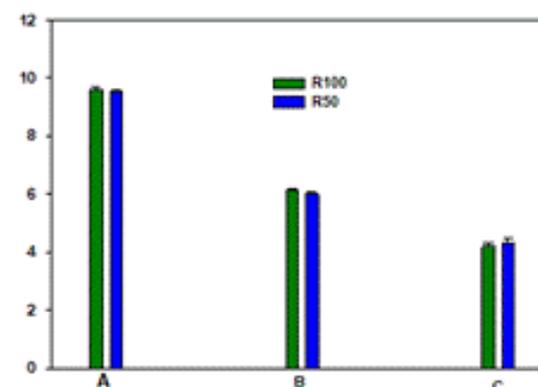


FIGURA 9. Variables morfométricas de los granos, largo (A) ancho (B) y espesor (C) en plantas de frijol sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- A partir del análisis de las diferentes variables evaluadas, se comprobó que la fase reproductiva resulta la más sensible a la deficiencia hídrica, debido a las reducciones que provoca tanto en las variables del crecimiento, como del rendimiento.
- Los porcentajes de reducción resultan más elevados en la superficie foliar, en comparación con las otras variables del crecimiento evaluadas, lo cual influye de manera importante en la producción de masa seca.
- Dentro de los componentes del rendimiento, la cantidad de vainas por planta y el número de granos por planta tienen un efecto directo en el comportamiento del rendimiento, en comparación con la masa de 100 granos y el número de granos por vaina que no variaron por la condición de estrés impuesta.
- El rendimiento se reduce en condiciones de estrés, pero las variables morfológicas del grano se mantuvieron similares en ambas condiciones, lo que permite definir que las mismas no influyen en el comportamiento alcanzado por el rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELRAOUF, R.; EL-HABBASHA, S.; HOZAYN, M.; HOBALLAH, E.: "Water stress mitigation on growth, yield and quality traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) using biofertilizer inoculation.", *Journal of Applied Sciences Research*, 9(3): 2135-2145, 2013, Publisher: American-Eurasian Network for Scientific Information, ISSN: 1819-544X, Disponible en: <https://www.swissconsortium.ch>.
- ÁLVAREZ, S.; RODRÍGUEZ, P.; BROETTO, F.; SÁNCHEZ-BLANCO, M.J.: "Long term responses and adaptive strategies of *Pistacia lentiscus* under moderate and severe deficit irrigation and salinity: Osmotic and elastic adjustment, growth, ion uptake and photosynthetic activity", *Agricultural Water Management*, 202: 253-262, 2018, Publisher: Elsevier, ISSN: 0378-3774, Disponible en: <https://www.swissconsortium.ch>
- CALERO-HURTADO, A.; QUINTERO-RODRÍGUEZ, E.; OLIVERA-VICIEDO, D.; PÉREZ-DÍAZ, Y.; CASTRO-LIZAZO, I.; JIMÉNEZ, J.; LÓPEZ-DÁVILA, E.: "Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes", *Cultivos Tropicales*, 39(3): 5-10, 2018, Publisher: Ediciones INCA, ISSN: 0258-5936, Disponible en: <https://scielo.sld.cu>.
- CARDONA-AYALA, C.; JARMA-OROZCO, A.; ARAMÉNDIZ-TATIS, H.; PEÑA-AGRESOTT, M.; VERGARA-CÓRDOBA, C.: "Respuestas fisiológicas y bioquímicas del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) bajo déficit hídrico", *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2): 250-261, 2014, Publisher: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Universidad Pedagógica, ISSN: 2011-2173.
- CULQUI, Y.L.; NERI, J.; VALQUI, N.C.V.; MORI, J.B.; HUAMAN, E.H.; OLIVA, M.: "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, 2021, ISSN: 2522-3240, DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i2.183>.
- DELAAT, D.M.; COLOMBO, C.A.; CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.: "Induction of ferritin synthesis by water deficit and iron excess in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)", *Molecular Biology Reports*, 41(3): 1427-1435, 2014, Publisher: Springer, ISSN: 0301-4851, DOI: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i6.2554>.
- DOMÍNGUEZ SUÁREZ, A.; DARIAS RODRÍGUEZ, R.; MARTÍNEZ DÁVALOS, Y.; ALFONSO NEGRÍN, E.: "Tolerancia de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) a condiciones de sequía en campo", *Centro Agrícola*, 46(3): 22-29, 2019, Publisher: Editorial Feijóo, ISSN: 0253-5785, Disponible en: <https://scielo.sld.cu>.
- FAOSTAT, F.: *La Producción mundial de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*, [en línea], Inst. FAOSTAT, Roma Italia, 2018, Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- HERNÁNDEZ, J.; PÉREZ, J.; BOSCH, I.; CASTRO, S.: *Clasificación de los suelos de Cuba*, Ed. Ediciones INCA, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 93 p., 2015, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- JEREZ-MOMPIES, E.; MARTÍN-MARTÍN, R.: "Comportamiento del crecimiento y el rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosum* L.) Spunta", *Cultivos tropicales*, 33(4): 53-58, 2012, Publisher: Ediciones INCA, ISSN: 0258-5936, Disponible en: <https://scielo.sld.cu>
- KARIMZADEH-SOURESHJANI, H.; NEZAMI, A.; KAFI, M.; TADAYON, M.: "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, 2020, Publisher: Taylor&Francis, 2020, ISSN: 0010-3624, DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1705323>.

- LARA-ACOSTA, D.; COSTALES-MENÉNDEZ, D.; NÁPOLES-GARCÍA, M.C.; FALCÓN-RODRÍGUEZ, A.: “Pectimorf® y Azofert-F® en el crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *Cultivos Tropicales*, 40(4): 2019, Publisher: Ediciones INCA, ISSN: 0258-5936.
- MAQUEIRA-LÓPEZ, L.A.; ROJÁN-HERRERA, O.; SOLANO-FLORES, J.; SANTANA-GES, I.M.; FERNÁNDEZ-MÁRQUEZ, D.: “Productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Parte I. Rendimiento en función de variables meteorológicas”, *Cultivos Tropicales*, 42(3): 2021, Publisher: Ediciones INCA, ISSN: 0258-5936, Disponible en: <https://scielo.sld.cu>
- MEX-ÁLVAREZ, R.M.; GARMA-QUEN, P.N.; YANEZ-NAVA, D.; GUILLEN-MORALES, M.M.; NOVELO-PÉREZ, M.I.: “Caracterización morfológica de *Phaseolus vulgaris* en Campeche, México”, *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 52(1): 32-38, 2021, ISSN: 2221-2450.
- MORALES-GUEVARA, D.; DELL AMICO-RODRÍGUEZ, J.; JEREZ-MOMPIE, E.; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, P.; ÁLVAREZ-BELLO, I.; DÍAZ-HERNÁNDEZ, Y.; MARTÍN-MARTÍN, R.: “Efecto del Quitomax® en plantas de (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. II. Variables Fisiológicas”, *Cultivos Tropicales*, 38(4): 92-101, 2017, Publisher: Ediciones INCA, ISSN: 0258-5936, Disponible en: <https://scielo.sld.cu>.
- NAMUGWANYA, M.; TENYWA, J.S.; OTABBONG, E.: “Response of common bean genotypes grown in soil with normal or limited moisture, with special reference to the nutrient phosphorus”, *Agronomy*, 8(8): 132, 2018, Publisher: MDPI, ISSN: 2073-4395, DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8080132>.
- NEMATOLLAHI, D.; EISVAND, H.R.; SANAVI, A.; AKBARI, N.; ISMAILI, A.: “The effects of various levels of water deficit stress on forage yield and physiological characteristics of four cultivars of clover (*Trifolium* spp) under low input condition”, *Iranian Journal of Plant Physiology*, 7(3): 2125-2134, 2017, Disponible en: <https://www.sid.ir/FileServer/JE/1036720170308>.
- NEMESKÉRI, E.; MOLNÁR, K.; PÉK, Z.; HELYES, L.: “Effect of water supply on the water use-related physiological traits and yield of snap beans in dry seasons”, *Irrigation Science*, 36: 143-158, 2018, Publisher: Springer, ISSN: 0342-7188, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0571-2>.
- 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>.
- PACHÉS, M.: “El agua en el suelo: fuerzas de retención”, *Universidad Politécnica de Valencia*, 31(3): 1-10, 2019.
- PANG, J.; TURNER, N.C.; KHAN, T.; DU, Y.-L.; XIONG, J.-J.; COLMER, T.D.; DEVILLA, R.; STEFANOVA, K.; SIDDIQUE, K.H.: “Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set”, *Journal of Experimental Botany*, 68(8): 1973-1985, Publisher: Oxford University Press, 2017, ISSN: 0022-0957, DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw153>.
- PASSIOURA, J.: “Soil conditions and plant growth”, *Plant, Cell & Environment*, 25(2): 311-318, 2022, Publisher: Wiley Online Library, ISSN: 0140-7791, Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1046/j.0016-8025.2001.00802.x>.
- PÉREZ-IRIARTE, C.; SÁNCHEZ-DELGADO, M.; RAZURI-RAMÍREZ, L.; ENCISO-GUTIÉRREZ, A.: “Dose of irrigation and coefficient of the culture (Kc) in the production of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lima, Perú.”, 2021, Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve>.
- POLANIA, J.; POSCHENRIEDER, C.; RAO, I.; BEEBE, S.: “Estimation of phenotypic variability in symbiotic nitrogen fixation ability of common bean under drought stress using ¹⁵N natural abundance in grain”, *European Journal of Agronomy*, 79: 66-73, 2016, Publisher: Elsevier, ISSN: 1161-0301, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.05.014>.
- PRIETO-CORNEJO, M.R.; MATUS-GARDEA, J.A.; GAVI-REYES, F.; OMAÑA-SILVESTRE, J.M.; BRAMBILA-PAZ, J.J.; SÁNCHEZ-ESCUADERO, J.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M.A.: “Evolución de la superficie cultivada de frijol e impacto económico de la sequía sobre su rendimiento bajo condiciones de temporal en México”, *Revista fitotecnia mexicana*, 42(2): 173-182, 2019, Publisher: Sociedad Mexicana de Fitogenética AC, 2019, ISSN: 0187-7380.
- RAMÍREZ-CABRAL, N.; GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, R.A.; CID-RÍOS, J.A.; CRUZ-BRAVO, R.: “Variedades de frijol pinto, una alternativa para mitigar los efectos del cambio climático en el noroeste de Zacatecas”, *Revista Científica Semestral Investigación, Desarrollo e Innovación*, 4(2): 91-100, ISSN: 2594-150X.
- REYES-MATAMOROS, J.; MARTÍNEZ-MORENO, D.; RUEDA-LUNA, R.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, T.: “Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero”, *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(2): 191-203, 2014, ISSN: 2334-2501, Disponible en: <https://www.swissconsortium.ch>.

- ROMERO-FÉLIX, C.S.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; KOHASHI-SHIBATA, J.; MARTÍNEZ-RUEDA, C.G.; MIRANDA-COLÍN, S.; AGUILAR-RINCÓN, V.H.: “Variabilidad en características morfo-fisiológicas del frijol común bajo sequía terminal”, *Agrociencia*, 55: 471-485, 2021, DOI: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i6.2554>.
- TOEBE, M.; BRUM, B.; LOPES, S.J.; CARGNELUTTI FILHO, A.; REIS DA SILVEIRA, T.: “Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais”, *Ciência Rural*, 40: 445-448, 2010, Publisher: SciELO Brasil, ISSN: 0103-8478.
- TORABIAN, S.; NAVATHE, S.; SHAKIBA, M.; MOHAMMADI NASAB, A.D.; TOORCHI, M.: “Exogenous spermidine affected leaf characteristics and growth of common bean under water deficit conditions”, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(11): 1289-1301, 2018, Publisher: Taylor&Francis, ISSN: 0010-3624, Disponible en: <https://www.swissconsortium.ch>.
- TURNER, F.J.: *Metamorphic petrology: Mineralogical, field, and tectonic aspects*, Ed. McGraw-Hili Book Co., segunda edición ed., 1983.
- VALLEJOS-BARRA, O.; PONCE-DONOSO, M.; HEINRICH, P.; DOLL, U.: “Área y biomasa foliar total de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser en zona Andina, Región del Maule, Chile”, *Colombia forestal*, 22(2): 5-14, 2019, Publisher: Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital, ISSN: 0120-0739, DOI: <https://doi.org/10.14483/2256201x.14312>.

Lilisbet Guerrero-Domínguez, Ing., Aspirante a Investigador, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: liligd@inca.edu.cu.

Betty Leydis González-Pérez, Ing., Especialista, Especialista, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Eduardo Iván Jerez-Mompie, Dr.C., Investigador Auxiliar, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Donaldo Morales-Guevara, Dr.C., Investigador Titular, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

José Dell'Amico-Rodríguez, Dr.C. Investigador Titular, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Arasay Santa Cruz-Suárez, Ing., Aspirante a Investigador, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: **Conceptualización:** L. Guerrero, E. Jerez. **Curación de datos:** L. Guerrero, E. Jerez. **Análisis formal:** L. Guerrero, E. Jerez, B. González. **Investigación:** L. Guerrero, E. Jerez, B. González, D. Morales, J. Dell'Amico, A. Santa Cruz. **Metodología:** L. Guerrero, E. Jerez. **Supervisión:** L. Guerrero, E. Jerez, B. González, D. Morales. **Validation:** L. Guerrero, E. Jerez, B. González. **Visualization:** L. Guerrero, E. Jerez, B. González. **Redacción–borrador original:** L. Guerrero, E. Jerez, B. González, D. Morales. **Redacción, revisión y edición:** L. Guerrero, E. Jerez, B. González.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.