

Respuesta del cultivo del frijol al riego deficitario controlado en diferentes momentos de su ciclo biológico



Response of Bean Crops to Controlled Deficit Irrigation Applied at Different Stages of their Biological Cycle

<https://cu-id.com/2177/v33n2e03>

^{id}Donaldo Medardo Morales-Guevara*, ^{id}José Miguel Dell'Amico-Rodríguez,
^{id}Lilishbet Guerrero-Domínguez, ^{id}Arasay Santa Cruz-Suárez

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: Las investigaciones se realizaron en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas ubicado en la provincia de Mayabeque, Cuba, con el objetivo de, determinar la respuesta del cultivo del frijol al riego deficitario controlado aplicado en diferentes momentos de su ciclo biológico. El trabajo se realizó en dos momentos de siembra (enero y octubre de 2021) en condiciones semi-controladas. Se utilizaron semillas del cultivar Triunfo 70 las que fueron sembradas en contenedores de hormigón, se estudiaron tres momentos de suspensión del riego durante 15 días, en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), de floración (SF) y de llenado del grano (SLL) y un control regado al 100 % de la ETc. Al concluir las suspensiones del riego, se evaluaron la humedad del suelo, indicadores del crecimiento y los componentes del rendimiento. En SC en el segundo experimento redujo la longitud del tallo, el número de hojas y el área foliar. La masa seca aérea disminuyó en ambos experimentos, la masa de 100 granos y los gramos por planta. En SF, redujo la longitud del tallo, el contenido relativo de clorofilas (CRC), la masa de 100 granos y el rendimiento en gramos por planta y en SLL, solamente el CRC. De los resultados se puede concluir que la etapa menos sensible a la deficiencia hídrica fue la del llenado del que provocó la menor afectación del rendimiento.

Palabras clave: humedad del suelo, contenido relativo de agua, contenido relativo de clorofilas, crecimiento, rendimiento.

ABSTRACT: The research was conducted at the National Institute of Agricultural Sciences located in Mayabeque province, Cuba, with the aim of determining the response of bean crops to controlled deficit irrigation applied at different stages of their biological cycle. The study was carried out during two planting seasons (January and October 2021) under semi-controlled conditions. Seeds of the Triunfo 70 cultivar were sown in concrete containers, and three irrigation suspension periods of 15 days were studied: during the vegetative growth stage (VG), flowering stage (FS), and grain filling stage (GFS), along with a control group irrigated at 100% of the ETc. After the irrigation suspensions, soil moisture, growth indicators, and yield components were evaluated. In VG during the second experiment, it reduced stem length, leaf number, and leaf area. Above-ground dry mass decreased in both experiments, as well as the mass of 100 grains and grams per plant. In FS, it reduced stem length, relative chlorophyll content (RCC), mass of 100 grains, and yield in grams per plant, while in GFS, only the RCC was affected. Based on the results, it can be concluded that the grain filling stage was the least sensitive to water deficiency, causing the least impact on yield.

Keywords: Soil Moisture, Relative Water Content, Relative Chlorophyll Content, Growth, Yield.

INTRODUCCIÓN

El frijol es la leguminosa más significativa en el consumo humano, constituye un complemento nutricional indispensable en la dieta diaria de más de 300 millones de personas en el mundo, es un elemento importante en los sistemas de producción agrícola (Calero *et al.*, 2018).

El cambio climático es uno de los fenómenos más importantes y estudiados de nuestra era y puede tener un profundo impacto en la agricultura, debido fundamentalmente a la ocurrencia de escasas precipitaciones (Ottaiano *et al.*, 2021).

En América Central y el Caribe el frijol se produce en suelos de baja fertilidad que reducen el rendimiento

*Autor para correspondencia: Donaldo Medardo Morales-Guevara, e-mail: dmorales@inca.edu.cu

Recibido: 10/10/2023

Aceptado: 13/03/2024

En América Central y el Caribe el frijol se produce en suelos de baja fertilidad que reducen el rendimiento del cultivo (Beaver *et al.*, 2021). En Cuba en particular, gran parte de la producción de este grano se alcanza en condiciones de escasos sistemas de riego.

Esta región ha sido históricamente afectada por eventos hidrometeorológicos extremos, siendo las sequías uno de los fenómenos que más pérdidas ha dejado al sector agropecuario, lo que compromete el acceso de la población a alimentos inocuos y nutritivos (Calvo *et al.*, 2018).

La sequía es un peligro natural que puede ocasionar graves impactos en los distintos sectores socioeconómicos de un estado o una nación. Es capaz de perturbar drásticamente las actividades humanas, el desarrollo social y el ambiente, de lo cual ningún país, por desarrollado que sea, puede librarse por completo (Ortega, 2018).

El 60% de la producción mundial de frijol se obtiene en condiciones de déficit hídrico, resultando este factor el que más contribuye en la reducción del rendimiento después de las enfermedades.

El déficit hídrico afecta su productividad en dependencia de entre otros factores de la etapa fenológica en que éste ocurra (Reyes *et al.*, 2014).

También, es uno de los factores ambientales que más afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas. Bajo condiciones de estrés hídrico, el crecimiento disminuye de manera proporcional a la severidad y a la magnitud de la condición de estrés y, si éste no es letal y se mantiene estable por un tiempo, la planta se puede recuperar (Rodríguez *et al.*, 2021).

En la agricultura de regadío, la práctica de riego es uno de los procesos más complejos que debe realizar el agricultor debido a la multitud de factores implicados en el manejo del agua, requiriéndose de información técnica para el conocimiento preciso entre el agua aplicada y el rendimiento de los cultivos (Dominguez *et al.*, 2014).

Existen estrategias de riego que permiten reducir la frecuencia y cantidad de riego en los cultivos con efectos mínimos en los rendimientos convencionales si se validan en escala local, como la aplicación del riego deficitario en función del desarrollo fenológico de las plantas (Mendoza *et al.*, 2016).

Por lo antes señalado, es que este trabajo se realizó con el objetivo de, determinar la respuesta del cultivo del frijol al riego deficitario controlado aplicado en diferentes momentos de su ciclo biológico

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante dos ciclos del cultivo, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en los 22°58'00"N y 82°09'00"O y a 138 m snm.

Para ello se utilizaron 12 contenedores de hormigón de 2,60 m de largo por 0,60 m de ancho (1,56 m²) que

contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de la provincia de Mayabeque (Hernández *et al.* 2015) de la zona que forma parte de la llanura cársica Habana-Matanzas (Castillo *et al.*, 2020).

En cada contenedor se sembraron semillas de frijol de la variedad Triunfo 70 dispuestas en dos hileras y con una separación entre ellas de 0,40 m y 0,10 m entre plantas (52 plantas por contenedor).

Los tratamientos utilizados consistieron en suspender el riego (SR) durante 15 días en diferentes momentos, en la etapa de crecimiento vegetativo desde los 15 a los 30 días posteriores a la siembra (SC), otro en el que la suspensión se realizó desde los 30 a los 45 días, etapa de floración (SF), otro con suspensión del riego desde los 50 a los 65 días, etapa de llenado de los granos (SLL) y un tratamiento control en el que las plantas fueron abastecidas durante todo el periodo con el 100 % de la ETc (evapotranspiración estándar del cultivo).

El riego se aplicó mediante un sistema automatizado de micro aspersión y la entrega del agua se controló mediante válvulas colocadas convenientemente en los laterales de riego de cada tratamiento. Los valores de pH y conductividad eléctrica del agua aplicada al cultivo durante el experimento fueron de 7,8 y 0,58 dS/m, respectivamente.

Para evitar el efecto de las precipitaciones o del rocío, durante el periodo de suspensión del riego, se colocó una manta de nylon transparente sobre y sin hacer contacto con las plantas.

Los riegos consistieron en la reposición de la evapotranspiración estándar del cultivo (ETc) acumulada durante los días precedentes al riego, el que se realizó tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes). Las plantas antes y después de la suspensión del riego (SR) recibieron el 100 % de la ETc.

A cada contenedor se le adicionó 1 kg de estiércol vacuno para mejorar su fertilidad y la estructura del sustrato.

La evapotranspiración de Referencia ETo (mm), la evapotranspiración estándar del cultivo ETc (mm) y los requerimientos de riego (ETc= ETo*Kc) se obtuvieron mediante el Programa CropWat.8. Este programa se actualizó con una serie histórica de datos meteorológicos de 31 años (1990- 2021) correspondientes a la estación meteorológica de Tapaste que pertenece al Instituto Nacional de Meteorología distante aproximadamente a 200 m del sitio experimental y para el cálculo de ETo y ETc se utilizaron los valores medios mensuales.

Los coeficientes de cultivo (Kc) empleados fueron: Kc inicio = 0,26, Kc medio= 1,08 y Kc final= 0,52 (Pérez *et al.*, 2021).

Las evaluaciones de crecimiento, humedad del suelo, contenido relativo de agua y de clorofilas, se realizaron a los 30, 45 y 65 días después de la siembra

(DDS) coincidiendo con la culminación de los períodos de suspensión del riego en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), floración (SF) y llenado de los granos (SLL).

Para las determinaciones del contenido relativo de agua, el contenido relativo de clorofilas (medidos con un SPAD) y de crecimiento se tomaron diez repeticiones por tratamiento.

Las evaluaciones realizadas consistieron en determinar la humedad del suelo, el contenido relativo de agua a las 7 horas solares y antes de aplicar el riego de reposición, la longitud y el diámetro de los tallos, la masa seca de los tallos, de las hojas y de la parte aérea, la superficie foliar, las tasas relativas, absolutas y de asimilación neta y la relación de área foliar, el contenido relativo de clorofilas en unidades SPAD, el número vainas por planta y de granos por vaina, la masa de 100 granos, las dimensiones de los granos y la producción por planta.

Las relaciones de crecimiento se determinaron por el método funcional (Barrientos *et al.*, 2015).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, se tomaron 10 plantas de cada repetición (30 por tratamiento).

El análisis de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5 y las medias se compararon mediante las pruebas de las Mínimas Diferencias Significativas o la de rangos múltiples de Tukey según correspondiera y para graficar los datos se utilizó el programa Sigma Plot 11.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como muestra la Figura 1 en todos los casos, la humedad del suelo en los tratamientos en que el riego se suspendió durante 15 días descendió significativamente, con valores incluso inferiores al 50 % del alcanzado en el tratamiento control (100 % de la ETC).

Este comportamiento de la humedad permite afirmar que las plantas fueron sometidas durante ese período a un estrés de moderado a severo.

Este resultado demuestra que las plantas a las que se les suspendió el riego en diferentes momentos de su ciclo biológico, estuvieron sometidas a períodos de estrés hídrico en el suelo, lo que creó una situación muy diferente para su funcionamiento fisiológico, aspecto que ha sido señalado por otros autores (Romero *et al.*, 2019).

El contenido relativo de agua (Figura 2) refleja un comportamiento similar al mostrado por la humedad del suelo, lo que confirma la existencia de estrés hídrico tanto en el suelo como en la planta.

Este indicador representa el grado de saturación de agua de la planta ante una determinada condición de abastecimiento hídrico en el suelo, el mismo mantiene una estrecha relación con procesos como la transpiración, la fotosíntesis, sobre todo, la transpiración que es la que determina la absorción de agua y nutrientes hacia el interior de la planta, lo que promueve la realización de los demás procesos que intervienen en la fisiología de la planta. Es uno de los indicadores utilizados por su utilidad, para medir la tolerancia de las plantas a las condiciones de estrés hídrico (Zegaoui *et al.*, 2017).

Resultados similares han sido informados por otros autores cuando han sometido las plantas de este cultivo a diferentes niveles de humedad en el suelo y tratadas con diferentes bioestimulantes (Dell Amico *et al.*, 2017; Estrada *et al.*, 2018).

La Tabla I muestra las dimensiones de los tallos, las masas secas de tallos, hojas, de la parte aérea y la superficie foliar. Se aprecia que las variables relacionadas con el crecimiento del tallo no se diferenciaron del tratamiento control en ninguna de las variantes utilizadas, lo que pudiera indicar que el periodo de estrés no fue lo suficientemente prolongado para lograr una diferenciación significativa entre los tratamientos. Sin embargo, tanto la masa seca de las hojas como de la parte aérea de los tratamientos con suspensión del riego, sí se diferenciaron del tratamiento control, lo que está relacionado con la acumulación de fotoasimilados en ese órgano de elaboración, lo que repercute directa y significativamente en el comportamiento de esas variables.

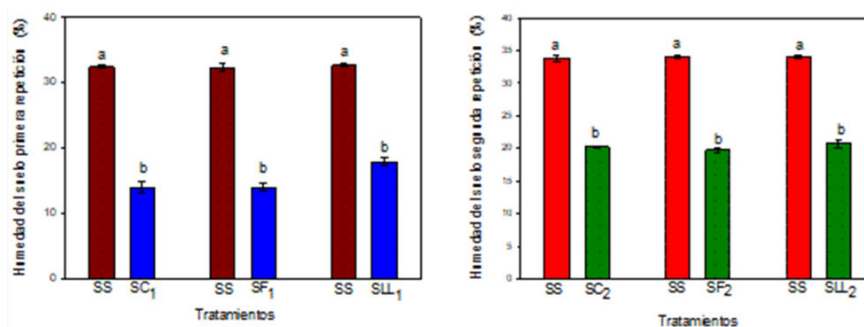


FIGURA 1. Humedad del suelo al concluir los períodos de suspensión del riego (SR) durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), de floración (SF) y de llenado del grano (SLL). Las barras sobre las columnas corresponden a los errores estándar de las medias y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$ según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa).

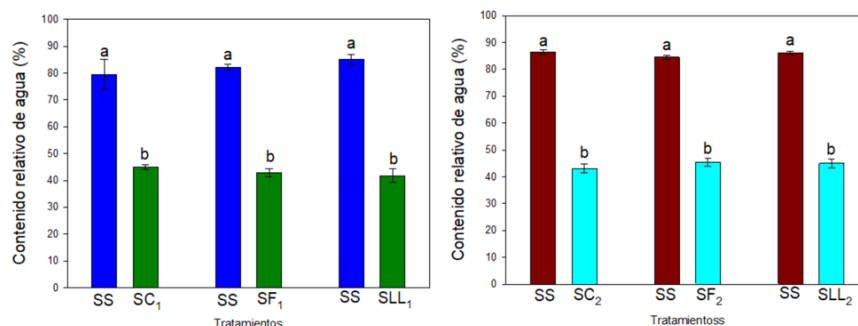


Figura 2. Contenido relativo de agua al concluir los períodos de suspensión del riego (SR) durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), de floración (SF) y de llenado del grano (SLL). Las barras sobre las columnas corresponden a los errores estándar de las medias y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$ según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa).

TABLA I. Efecto de los tratamientos de RDC en las tres fases de desarrollo de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en diferentes indicadores de su morfología. Letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$ según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa).

Primera repetición						
Tratamientos	Longitud del tallo (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Masa seca del tallo (g)	Masa seca de las hojas (g)	Masa seca aérea (g)	Superficie foliar (cm ²)
100 % ETc	14.56	4.00	0.44	3.09 a	3.99 a	1312.04 a
Suspensión en la etapa de crecimiento vegetativo (SC ₁)	13.06	3.20	0.39	1.63 b	2.03 b	995.54 b
MDS	1.57	0.27	0.11	0.09	0.182	111.2
100 % ETc	37.02	4.20	1.20	4.94 a	6.07 a	2158.83 a
Suspensión en la etapa de floración (SF ₁)	35.00	3.80	1.12	2.79 b	4.02 b	1759.15 b
MDS	2.85	0.30	0.08	0.17	0.20	139.93
100 % ETc	59.60	6.80	2.61	12.67a	15.27 a	3698.19 a
Suspensión en la etapa de llenado del grano (SLL ₁)	55.20	6.40	1.87	6.930b	8.80 b	2244.73 b
MDS	6.68	0.55	0.31	1.20	1.25	400.18
Segunda repetición						
100 % ETc	53.12	0.146 a	0.95	2.97 a	3.92 a	1793.38 a
Suspensión en la etapa de crecimiento vegetativo (SC ₂)	54.50	0.106 b	0.90	2.33 b	3.23 b	1443.14 b
MDS	3.16	0.01	0.06	0.14	0.20	86.71
100 % ETc	90.86	0.46	1.33	3.28 a	4.61 a	1834.82 a
Suspensión en la etapa de floración (SF ₂)	74.68	0.48	1.10	2.87 b	3.97 b	1571.00 b
MDS	13.55	0.03	0.11	0.12	0.12	75.34
100 % ETc	87.60	0.48	3.87	6.72 a	10.60 a	3892.69 a
Suspensión en la etapa de llenado del grano (SLL ₂)	85.20	0.48	3.81	5.17 b	8.98 b	2958.24 b
MDS	4.79	0.03	0.26	0.46	0.38	256.85

Esta respuesta indica que la masa seca de la parte aérea estuvo determinada por la masa seca de las hojas. Otros autores han informado un comportamiento similar de la masa seca de los tallos al evaluar el efecto de la aplicación de algunos bioestimulantes de conjunto con fertilizantes nitrogenados (Martínez *et al.*, 2017).

Por otra parte, tanto las masas secas de las hojas, la de la parte aérea y la superficie foliar mostraron diferencias estadísticamente diferentes en los tres momentos en que se suspendió el riego, se observa

una mayor depresión de la superficie foliar en la etapa de llenado de granos la cual pudo ser consecuencia de una ligera caída de hojas en la etapa final de su desarrollo, en las plantas sometidas a un déficit hídrico, también puede estar asociada con una disminución del tamaño de las hojas, aspectos que han sido señalados en trabajos donde se ha relacionado el comportamiento del contenido relativo de agua con el tamaño de las hojas (Borjas *et al.*, 2015).

La respuesta mostrada por estas variables indica que las plantas manifestaron un posible mecanismo de

evasión del cultivo al déficit hídrico, reduciendo la superficie evaporativa y de esta manera reducir la tasa del uso de agua de la planta y por tanto, conservar o evitar la pérdida de agua durante los eventos de estrés hídrico (Luna-Flores *et al.*, 2012; Valverde-Otárola & Arias, 2020).

Efectos similares en cuanto al comportamiento morfofisiológico de diferentes genotipos de frijol producidos por el estrés hídrico ha sido informado por otros autores (Culqui *et al.*, 2021) y también en otros cultivos, como Gliricidia Sepium (Valverde-Otárola & Arias, 2020).

Al concluir cada período de suspensión del riego (Tabla II), se realizó el análisis de las relaciones de crecimiento siguientes: Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), Tasa de Asimilación Neta (TAN) y Relación de Área Foliar (RAF), se pudo observar, que las tasas más bajas se alcanzaron en los tratamientos en los que las suspensiones de riego se realizaron en plena etapa vegetativa (15-30 días) y en la de floración (30-45 días), lo que confirma la sensibilidad del proceso de crecimiento de las plantas ante una deficiencia hídrica, sin embargo, cuando la suspensión ocurrió en la etapa de llenado de grano (momento en que las plantas ya han alcanzado prácticamente su máximo crecimiento) los valores obtenidos son superiores significativamente a los encontrados en las etapas antes señaladas aunque inferiores a cuando no se interrumpió el riego.

Por su parte, la RAF mostró los mayores valores en las plantas que en algún momento estuvieron sometidas a una deficiencia hídrica.

Se aprecia una fuerte depresión del crecimiento cuando las plantas fueron sometidas a la suspensión del riego en las etapas más tempranas de su desarrollo, resultando para la TRC de la siguiente forma, 42 % en la etapa de crecimiento vegetativo (SC), 38 % en la etapa de floración (SF) y un 13% en la etapa de llenado de grano (SLL), mientras que la TAN varió en un 64 %, 57 % y 21% en las etapas antes mencionadas, igual comportamiento mostró la TAC, mientras que la RAP reflejó un incremento de 31%, 29 % y 12 % respecto al tratamiento que fue irrigado durante todo el ciclo del cultivo, respuesta que está en correspondencia con el comportamiento de la superficie foliar.

Se encontró una mayor relación entre la TAN y la TRC en la medida en que el periodo de estrés se aplicó en etapas más tardías del desarrollo de las plantas, resultando este componente fisiológico el que aporta una mayor contribución en la variación del crecimiento, aspecto que también ha sido señalado en estudios realizados donde la luz ha sido el factor estresante (García *et al.*, 2018).

En la Figura 3 se exponen los resultados obtenidos al evaluar los contenidos totales de clorofilas medidos en unidades SPAD.

Se aprecia que sólo se encontró una ligera disminución de los valores entre los tratamientos cuando la suspensión se realizó en la etapa de llenado del grano, lo que demuestra que las plantas mantuvieron un estado nutricional muy similar entre los tratamientos utilizados fundamentalmente en lo que respecta al nitrógeno.

TABLA II. Tasas relativas y absolutas de crecimiento, de asimilación neta y relación de área foliar en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al concluir el período de suspensión del riego. Letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamientos para $p \leq 0.05$ según Tukey

Tratamientos	Primera repetición			
	Tasa relativa de crecimiento (g g día ⁻¹)	Tasa absoluta de crecimiento (g día ⁻¹)	Tasa de asimilación neta (g cm ⁻² día ⁻¹)	Relación de área foliar (cm ² g ⁻¹)
100 % ETc	2.81 a	15.26 a	125.58 a	121.66 c
Suspensión en la etapa de crecimiento vegetativo (SC ₁)	0.89 d	2.24 c	15.36 c	216.94 a
Suspensión en la etapa de floración (SF ₁)	1.29 c	3.77 c	28.14 c	204.79 a
Suspensión en la etapa de llenado del grano (SLL ₁)	2.03 b	8.27 b	66.13 b	166.38 ab
Es \bar{X}	0.07	0.90	8.32	15.36
Segunda repetición				
100 % ETc	2.12 a	8.24 a	65.07 a	160.33 b
Suspensión en la etapa de crecimiento vegetativo (SC ₂)	1.22 c	2.23 d	23.31 c	209.41 a
Suspensión en la etapa de floración (SF ₂)	1.31 c	3.80 c	27.72 c	206.41 a
Suspensión en la etapa de llenado del grano (SLL ₂)	1.84 b	6.61 b	51.21 b	179.59 ab
Es \bar{X}	0.06	0.27	2.21	11.71

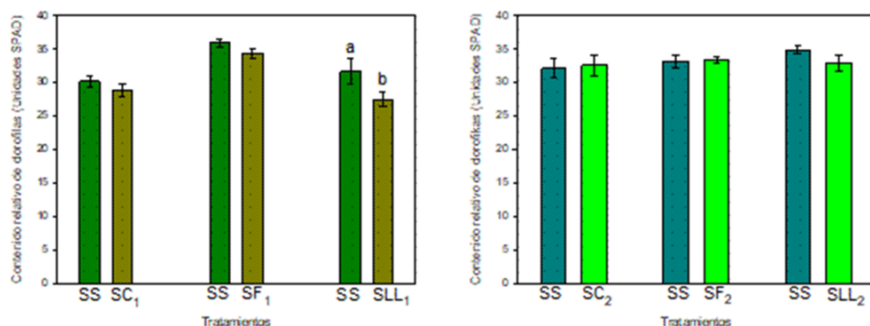


FIGURA 3. Contenidos totales de clorofilas al concluir los períodos de suspensión del riego (SR) durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), de floración (SF) y de llenado del grano (SLL). Las barras sobre las columnas corresponden a los errores estándar de las medias y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$ según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa).

Las determinaciones del contenido relativo de clorofilas están siendo muy utilizado actualmente para conocer de una forma rápida y no destructiva los tenores de clorofilas presentes en las hojas de las plantas, ya que sus medidas están estrechamente relacionadas con su estado nutricional, fundamentalmente de nitrógeno

La concentración de pigmentos fotosintéticos se relaciona con la concentración foliar de nitrógeno, por lo que de forma indirecta se puede conocer la deficiencia o exceso del elemento, puede servir como fundamento técnico para sugerir el manejo adecuado del cultivo, en busca de potenciar la eficiencia fotosintética, calidad y el rendimiento (Castañeda *et al.*, 2018).

Este resultado indica que las plantas de manera general estuvieron suficientemente abastecidas de nutrientes, principalmente de nitrógeno por lo que la disponibilidad de este no constituyó una limitante para su normal crecimiento y desarrollo, respuesta que concuerda con los resultados informados en estudios donde se evaluó esta variable en plantas de frijol cultivadas con diferentes niveles de humedad en el suelo y tratadas con aplicaciones foliares de un bioestimulante (Morales *et al.*, 2017a).

A partir de este resultado se puede inferir que el sistema fotosintético de las hojas mantuvo su integridad, lo que garantizó condiciones favorables para el desarrollo de las plantas.

La ligera disminución del contenido de clorofila en la etapa de llenado del grano, puede ser atribuida a una posible inhibición de la síntesis de este pigmento debido a la edad de la planta conjuntamente con la activación de su degradación por la enzima clorofilasa (Taïbi *et al.*, 2016).

El color de las hojas de las plantas tiene un significado especial y constituye un recurso muy valioso como marcador morfológico en los programas de mejora. También ha sido aceptado que el color de la hoja puede ser ancestral para la progenie, lo que constituye un acercamiento importante para obtener materiales de reproducción (Guo *et al.*, 2018).

En la [Tabla III](#) se muestra el análisis del rendimiento y sus componentes. En primer lugar, se puede apreciar que los tratamientos utilizados en la primera repetición, no ejercieron efecto ni en el número de granos por vaina, ni en la masa de 100 granos, mientras el número de vainas si se afectó significativamente por las suspensiones de riego siendo la realizada en la fase de floración la que limitó en mayor medida esta variable, en la segunda repetición, todas las variables analizadas, mostraron diferencias entre los tratamientos.

Por otra parte, al evaluar el tamaño de los granos dado por el largo, ancho y espesor, se pudo notar que fue el tratamiento en el que la suspensión del riego se realizó en la etapa de llenado del grano, el único que provocó una disminución significativa de sus dimensiones, lo que conllevó a que el rendimiento fuera inferior al del tratamiento sin suspensión del riego,

Por último, la producción por planta fue afectado de manera significativa cuando la suspensión del riego se realizó durante la etapa de floración, siguiéndole en orden la suspensión en la etapa vegetativa y aunque sin diferir con este tratamiento, el que la suspensión se realizó en la etapa de llenado del grano, resultando la suspensión en esta etapa la que menos afectó esta variable.

Se puede apreciar, que el número de vainas fue la variable que determinó la producción obtenida por planta, su efecto se hizo más notable en el tratamiento con suspensión del riego en la etapa de llenado del grano, la que mostró los mayores valores después del tratamiento control.

Destaca en sus resultados, que este tratamiento fue el que presentó los menores valores de las dimensiones que caracterizan el tamaño de los granos, variables que seguramente influyeron en la masa de los granos y por tanto motivaron las diferencias con el tratamiento que fue irrigado durante todo el ciclo del cultivo con la adición del 100 % de la evapotranspiración estándar de cultivo acumulada desde los riegos que le precedieron. Aun así, los

TABLA III. Rendimiento y sus componentes de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a suspensiones del riego en diferentes momentos de su ciclo biológico. Letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamientos para $p \leq 0.05$ según Tukey

Tratamientos	Primera repetición						
	Vainas por planta	Granos por vaina	Masa de 100 granos (g)	Largo de los granos (mm)	Ancho de los granos (mm)	Espesor de los granos (mm)	Producción por planta (g)
100 % ETc	9.23 a	6.30	20.18	9.64 a	6.26 a	4.35 a	11.73 a
Suspensión en la etapa de crecimiento vegetativo (SC ₁)	7.76 b	6.48	19.56	9.68 a	6.36 a	4.51 a	9.84 bc
Suspensión en la etapa de floración (SF ₁)	7.08 c	6.60	19.62	9.46 a	6.33 a	4.60 a	9.17 c
Suspensión en la etapa de llenado del grano (SLL ₁)	8.09 b	6.50	19.57	9.18 b	5.82 b	3.93 b	10.29 b
Es \bar{X}	0.09	0.11	0.22	0.09	0.05	0.06	0.26
Segunda repetición							
100 % ETc	10.40 a	5.49 a	18.98 a	9.86 a	6.45 a	4.99 a	10.83 a
Suspensión en la etapa de crecimiento vegetativo (SC ₂)	9.13 b	5.40 ab	18.31 b	9.63 ab	6.15 b	4.78 b	9.03 c
Suspensión en la etapa de floración (SF ₂)	9.21 b	5.22 c	18.14 b	9.52 b	6.15 b	4.78 b	8.72 c
Suspensión en la etapa de llenado del grano (SLL ₂)	10.19 a	5.37 bc	18.59 ab	9.41 b	6.01 b	4.41 c	10.17 b
ES \bar{X}	0.30	0.06	0.19	0.10	0.06	0.05	0.36

valores de esta variable no difirieron estadísticamente entre ambos tratamientos, al igual que el número de vainas por plantas, pero con valores absolutos inferiores en el tratamiento con estrés hídrico.

Este aspecto puede estar relacionado con una menor capacidad de la planta para lograr un crecimiento pleno de las células que conforman el grano.

Las dimensiones de los granos encontradas en este trabajo concuerdan con las informadas por otros autores al evaluar el comportamiento de esta variable en frijoles comerciales en las condiciones de México. (Morales *et al.*, 2017b).

Oros autores han informado que la deficiencia hídrica en el suelo durante el período de floración e inicio de la formación del grano de frijol, redujo el rendimiento por planta (Romero *et al.*, 2019).

Es bien conocido que una deficiencia hídrica en el suelo afecta los diferentes procesos que finalmente determinan la productividad de las plantas, tales como, el intercambio gaseoso caracterizado por la conductancia estomática y la asimilación del carbono, así como, la transpiración que juega un importante papel en la absorción de los nutrientes y su movimiento a través de la planta, aspectos que pueden explicar el comportamiento mostrado por las plantas cultivadas en las condiciones antes señaladas (Aguilar *et al.*, 2017).

Esta ligera diferencia en el rendimiento entre las plantas con suspensión del riego en la etapa de llenado

del grano respecto al tratamiento bien irrigado, resulta interesante en dos direcciones, la primera en que define a esta etapa como la menos sensible a la deficiencia hídrica y la otra en que según otros autores, en tales condiciones se incrementa la síntesis de metabolitos con capacidad para inhibir la síntesis de algunas de las enzimas involucradas con el metabolismo de los carbohidratos, dando lugar a la obtención de semillas de frijol con un mayor efecto hipoglucemiante (Herrera *et al.*, 2019).

Se encontró además, que cuando el estrés ocurrió durante la etapa de crecimiento vegetativo, el número de granos por vaina no se afectó, contrario a lo que ocurrió cuando el riego se suspendió en la etapa de floración y también en la de llenado del grano en que aun surgen nuevas vainas, aspecto que puede estar dado porque al existir una deficiencia hídrica en el suelo se ve afectada la absorción de los nutrientes, la transpiración y el intercambio gaseoso entre el medio y la planta y la producción de biomasa, lo que repercute en la eficiencia fotosintética y por tanto en la formación y masa de los granos, lo que provoca la disminución del rendimiento (Castañeda *et al.*, 2006).

La disminución del rendimiento y sus componentes en condiciones de deficiencia hídrica en el suelo ha sido atribuida a la abscisión de estructuras reproductivas y a la limitación de los fotoasimilados para la formación y llenado de los granos (Ishiyaku y Aliyu, 2013).

CONCLUSIONES

Se puede señalar que la suspensión del riego durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y llenado del grano de plantas de frijol de la variedad Triunfo 70, provocó una deficiencia hídrica en el suelo que repercutió negativamente en el contenido relativo de agua, la acumulación de materia seca en la parte aérea, las relaciones de crecimiento y en la producción por planta. También se puede señalar que la suspensión del riego en la etapa de llenado del grano, fue la variante menos sensible a la deficiencia hídrica, al provocar la menor afectación en la producción, respecto al tratamiento bien irrigado durante todo el ciclo biológico del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, B.G.; PEÑA V, V.C.; CASTRO, R.R.; LARA, A.J.P.; CRUZ, C.E.; ROJAS, V.A.: “Efecto del vermicompost y estrés hídrico en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): parámetros productivos y relaciones hídricas”, *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 86: 28-39, 2017, ISSN: 1851-5657. DOI: [10.32604/phyton.2017.86.028](https://doi.org/10.32604/phyton.2017.86.028)
- BARRIENTOS, H.; DEL CATILO, C.R.; GARCÍA, M.: “Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero”, *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2(1): 76-86, 2015, ISSN: 2409-1618, 2518-6868.
- BEAVER, J.S.; GONZÁLEZ, A.; LORENZO, G.; MACCHIAVELLI, R.; PORCH, T.G.; ESTEVEZ-DE-JENSEN, C.: “Performance of Mesoamerican bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines in an unfertilized oxisol”, *Agronomía Mesoamericana*, : 701-718, 2021, ISSN: 2215-3608, DOI: [10.15517/am.v32i3.44498](https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44498).
- BORJAS, R.; REBAZA, D.; JULCA, A.: “Contenido hídrico de dos variedades de olivo (*Olea europaea* L.) en el Valle de Cañete, Lima-Perú”, *Scientia Agropecuaria*, 6(3): 147-154, 2015, ISSN: 2077-9917, DOI: [10.17268/sci.agropecu.2015.03.01](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.01).
- CALERO, A.; QUINTERO, E.; OLIVERA, D.; PÉREZ, Y.; CASTRO, I.; JIMÉNEZ, J.; LÓPEZ, E.: “Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes”, *Cultivos Tropicales*, 39(3): 5-10, 2018, ISSN: 0258-5936.
- CALVO, O.D.; QUESADA, L.D.; HIDALGO, H.; GOTLIEB, Y.: “Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano”, *Agronomía Mesoamericana*, 29(3): 695-709, 2018, ISSN: 2215-3608, DOI: [10.15517/ma.v29i3.30828](https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828).
- CASTAÑEDA, C.S.; ALMANZA, P.J.; PINZÓN, E.H.; CELY, G.; SERRANO, P.: “Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker”, *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2): 329-337, 2018, ISSN: 2011-2173, DOI: [10.17584/rcch.2018v12i2.7566](https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7566).
- CASTAÑEDA, M.C.; CÓRDOVA, L.; GONZÁLEZ, V.A.; DELGADO, A.; SANTACRUZ, A.; GARCÍA, G.: “Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico”, *Interciencia*, 31(6): 461-466, 2006, ISSN: impreso 0378-1844 on-line 2244-7776.
- CASTILLO, Y.; GONZÁLEZ, F.; HERVIS, G.; RIVERO, L.H.; CISNEROS, E.: “Impacto del cambio climático en el rendimiento del maíz sembrado en suelo Ferralítico Rojo compactado”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(1): 49-60, 2020, ISSN: 2306-1545.
- CULQUI, Y.L.; NERI, J.; VALQUI, N.C.V.; MORI, J.B.M.; HUAMAN, E.H.; OLIVA, M.: “Efecto del estrés hídrico sobre el comportamiento morfofisiológico de cinco genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *Revista Científica Pakamuros*, 9(2): 73-86, 2021, DOI: [10.37787/pakamuros-unj.v9i2.183](https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i2.183).
- DELL AMICO, J.; ALOMÁ, D.; JEREZ, E.; RODRÍGUEZ, P.; ÁLVAREZ, I.; MARTÍN, R.; DÍAS, Y.: “Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de Pectimorf® en el desarrollo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)”, *Cultivos Tropicales*, 38(3): 129-134, 2017, ISSN: versión impresa: 0258-5936 versión on line 1819-4087.
- DOMÍNGUEZ, A.; PÉREZ-, Y.; SOSA, M.; BAINBRIDGE, D.; REA, R.: “Efecto del estrés hídrico sobre la germinación de genotipos de frijol común en condiciones experimentales de sequía”, *Avanzada Científica*, 17(1): 1-15, 2014, ISSN: 1029-3450.
- ESTRADA, W.; CHÁVEZ, L.; JEREZ, E.; NÁPOLES, M.C.; MACEO, Y.; CORDOVÍ, C.: “Efecto del Azofert® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego”, *Centro Agrícola*, 45(4): 20-26, 2018, ISSN: versión impresa: 0253-5785 versión on line 2072-2001.
- GARCÍA, K.D.; ROMO, R.L.; PEREIRA, C.J.; GÓMEZ, R.: “Tasa relativa de crecimiento en plántulas de dos poblaciones de *Magnolia pugana* (Magnoliaceae) en distintos niveles de luz y fertilidad del suelo”, *Revista de Biología Tropical*, 66(2): 622-633, 2018, ISSN: 0034-7744 on-line 2215-2075. DOI: [10.15517/rbt.v66i2.33394](https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33394).
- GUO, C.; RU, L.; WANG, M.; LIU, H.; ABID, K.; MUHAMMAD, A.; ZHEN, G.: “Variation in leaf color and combine effect of pigments on physiolo-

- gy and resistance to whitefly of pepper (*Capsicum annum* L.)”, *Scientia Horticulturae*, 229: 215-225, 2018, ISSN: 0304-4238, DOI: [10.1016/j.scienta.2017.11.014](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.014).
- HERNÁNDEZ, J.; PÉREZ, J.; BOSCH, I.; CASTRO, S.: *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, Ed. INCA, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 93 p., 2015.
- HERRERA, M.; LOZADA-CARLOS, M.M.; SERVÍN-PALESTINA, M.: “Efecto diferencial del suministro de agua de riego en frijol sobre la capacidad de inhibición de enzimas digestivas”, *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4: 66-71, 2019, ISSN: 2448-7503.
- ISHIYAKU, M.; ALIYU, H.: “Field evaluation of cowpea genotypes for drought tolerance and Striga resistance in the dry savanna of the North-West Nigeria.”, *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 7(1): 47-56, 2013, ISSN: 1819-3595, DOI: [10.3923/ijpb.2013.47.56](https://doi.org/10.3923/ijpb.2013.47.56).
- LUNA, W.; ESTRADA, H.; JIMÉNEZ, J.; PINZÓN, L.: “Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias”, *Terra Latinoamericana*, 30(4): 343-353, 2012, ISSN: 0187-5779.
- MARTÍNEZ, L.; MAQUEIRA, L.; NÁPOLES, M.C.; NÚÑEZ, M.: “Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados”, *Cultivos Tropicales*, 38(2): 113-118, 2017, ISSN: versión impresa: 0258-5936 versión on line 1819-4087.
- MENDOZA, C.; SIFUENTES, E.; CRAMER, W.; MACÍAS, J.: “Response of surface-irrigated corn to regulated deficit irrigation”, *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 8(1): 29-40, 2016, ISSN: 2007-4026. DOI: [10.5154/r.inagbi.2016.03.001](https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2016.03.001).
- MORALES, D.; DELL AMICO-RODRÍGUEZ, J.; JEREZ, E.; RODRÍGUEZ, P.; ÁLVAREZ, H.J.G.; DÍAZ, Y.; 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, 2017a, ISSN: versión impresa: 0258-5936 versión on line 1819-4087.
- MORALES, M.E.; PEÑA, C.B.; GARCÍA, A.; AGUILAR, G.; KOHASHI, J.: “Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie”, *Agrociencia*, 51(1): 43-62, 2017b, ISSN: versión impresa 1405-3195 versión on line 2521-976.
- ORTEGA, D.: “Medidas para afrontar la sequía en México: una visión retrospectiva”, *Revista de El Colegio de San Luis*, 8(15): 77-105, 2018, ISSN: versión impresa 1665-899X versión online 2007-8846. DOI: [10.21696/rcsl8152018743](https://doi.org/10.21696/rcsl8152018743).
- OTTAIANO, L.; DI MOLA, I.; CIRILLO, C.; COZZOLINO, E.; MORI, M.: “Yield performance and physiological response of a maize early hybrid grown in tunnel and open air under different water regimes”, *Sustainability*, 13(20): 11251, 2021, ISSN: 2071-1050, DOI: [10.3390/su132011251](https://doi.org/10.3390/su132011251).
- PÉREZ, C.; SÁNCHEZ, M.; RAZURI, L.; ENCISO, A.: “Dosis de riego y coeficiente del cultivo (Kc) en la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Lima, Perú.”, *Revista Ingeniería UC*, 28(3): 349-359, 2021, ISSN: versión impresa 1316-6832, versión on line: 2610-8240. DOI: [10.54139/revinguc.v28i3.44](https://doi.org/10.54139/revinguc.v28i3.44).
- REYES, J.; MARTÍNEZ, D.; RUEDA, R.; RODRÍGUEZ, 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: 2334-250.
- RODRÍGUEZ, L.A.; SALAS, M.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, V.; CAMPOS, R.A.; CRUZ, W.O.; CRUZ, M.; GORDILLO, A.; GUEVARA, F.S.: “Efecto fisiológico de la disponibilidad de agua y nitrógeno en plantas de guayaba”, *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 24: 19, 2021, ISSN: 1870-0462. DOI: [10.56369/tsaes.3391](https://doi.org/10.56369/tsaes.3391).
- ROMERO, C.S.; LÓPEZ, C.; KOHASHI, J.; MIRANDA, S.; AGUILAR, V.H.; MARTÍNEZ, C.G.: “Changes in yield and its components in bean under irrigation and drought”, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(2): 351-364, 2019, ISSN: 2007-0934. DOI: [10.29312/remexca.v10i2.1607](https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1607).
- TAÏBI, K.; TAÏBI, F.; ABDERRAHIM, L.A.; ENNAJAH, A.; BELKHODJA, M.; MULET, J.M.: “Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L.”, *South African Journal of Botany*, 105: 306-312, 2016, ISSN: 0254-6299, DOI: [10.1016/j.sajb.2016.03.011](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.03.011).
- VALVERDE, J.C.; ARIAS, D.: “Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp””, *Colombia forestal*, 23(1): 20-34, 2020, ISSN: impreso 0120-0739, electrónico 2256-201x. DOI: [10.14483/2256201X.14786](https://doi.org/10.14483/2256201X.14786).
- ZEGAOU, Z.; PLANCHAIS, S.; CABASSA, C.; DJEBBAR, R.; BELBACHIR, O.A.; CAROL, P.: “Variation in relative water content, proline accumulation and stress gene expression in two cowpea landraces under drought”, *Journal of Plant Physiology*, 218: 26-34, 2017, ISSN: 0176-1617, DOI: [10.1016/j.jplph.2017.07.009](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.07.009).

Donaldo Medardo Morales-Guevara, Dr.C., Inv. Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta postal N° 1, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba, CP 32700.

José Miguel Dell'Amico-Rodríguez, Dr.C., Inv. Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta postal N° 1, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba. CP 32700, e-mail: amico@inca.edu.cu.

Lilisbet Guerrero-Domínguez, Inv., Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta postal N° 1, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba. CP 32700, e-mail: dmorales@inca.edu.cu

Arasay Santa Cruz-Suárez, Inv. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta postal N° 1, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba. CP 32700, ORCID: s Lajas. Mayabeque, Cuba. CP 32700, e-mail: arasay@inca.edu.cu.

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

CONTRIBUCIONES DE AUTOR: Conceptualización: D. Morales Curación de datos: D. Morales Análisis formal: D. Morales, J. Dell'Amico. **Investigación:** D. Morales J. Dell'Amico, L. Guerrero, A: Santa Cruz. Metodología: D. Morales. **Supervisión:** D. Morales. Validación: D. Morales, A. Santa Cruz Visualización: D. Morales, A: Santa Cruz. **Redacción-borrador original:** D. Morales, J. Dell'Amico. **Redacción-revisión y edición:** D. Morales, J. Dell'Amico, L. Guerrero.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a fines de identificación, no existe ningún compromiso promocional relacionado con los mismos, ni para los autores ni para el editor.

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/)