



EFECTO DEL QUITOMAX® EN PLANTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) SOMETIDAS A DOS REGÍMENES DE RIEGO. I. CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

QuitoMax® effect in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.)
under two irrigation regimes. I. Growth and yield

Donaldo Morales Guevara✉, José Dell'Amico Rodríguez,
Eduardo Jerez Mompie, Pedro Rodríguez Hernández,
Idioleydis Álvarez Bello, Yusnier Díaz Hernández
y Roberqui Martín Martín

ABSTRACT. This work was conducted in order to evaluate the effect of QuitoMax® on the growth and yield of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) under two irrigation regimes. For this seed of the variety of Tomeguín black beans planted in concrete channels of 2,60 m long and 0,60 m wide (1,56 m²) in two separate rows were placed 0,40 m was used a plant spacing of 0,11 cm for a total of 44 plants per channel, each treatment had three replicates. The treatments consisted of applying 100 (R100) percent ETc. (Standard evapotranspiration) and 50 (R50) percent of ETc, counting in each irrigation treatment a variant in which 200 mg ha⁻¹ QuitoMax® were applied to the 20-25 days after sowing and a similar dose start flowering and another in which the bioestimulante was not applied. Evaluations were made stem length, stem diameter, number of leaflets, leaf area per plant, number of pods per plant, number of grains per pod and fresh mass of 100 grains, and the yield was estimated by unit area. The analysis of the results indicated first that the bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) are affected when subjected to a regime of insufficient irrigation and secondly that the two applications of QuitoMax® were able to improve the behavior of the different variables evaluated under insufficient water supply conditions.

Key words: grains, dry mass, chitosan, leaf surface, pods

RESUMEN. Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del QuitoMax® en el crecimiento y el rendimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. Para ello se utilizaron semillas de la variedad de frijol negro Tomeguín sembradas en canaletas de hormigón de 2,60 m de largo por 0,60 m de ancho (1,56 m²). Se colocaron dos hileras separadas a 0,40 m y una separación entre plantas de 0,11 cm para un total de 44 plantas por canaleta, cada tratamiento contó con tres réplicas. Los tratamientos utilizados consistieron en aplicar el 100 (R100) por ciento de la ETc. (Evapotranspiración estándar del cultivo) y el 50 (R50) por ciento de la ETc, contándose en cada tratamiento de riego una variante en la que se aplicaron 200 mg ha⁻¹ de QuitoMax® a los 20-25 días posteriores a la siembra y una dosis similar al inicio de la floración y otra en la que no se aplicó el bioestimulante. Las evaluaciones realizadas fueron longitud de los tallos, diámetro de los tallos, número de folíolos, superficie foliar por planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina y la masa fresca de 100 granos, así como, se estimó el rendimiento por unidad de superficie. El análisis de los resultados indicó en primer lugar, que las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se ven afectadas al ser sometidas a un régimen de riego insuficiente y en segundo lugar que las dos aplicaciones de QuitoMax®, fueron capaces de mejorar el comportamiento de las diferentes variables evaluadas en condiciones insuficiente de abastecimiento hídrico.

Palabras clave: granos, masa seca, quitosano, superficie foliar, vainas

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una legumbre de grano muy importante en las Américas y partes de África donde sirve como fuente vital de proteína, vitaminas y nutrientes minerales (1).

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal No.1,
San José de las Lajas, Mayaguebe, Cuba, CP 32 700

✉ dmorales@inca.edu.cu

El manejo adecuado de la nutrición de las plantas y el control eficiente de las plagas que las afectan, constituyen dos elementos esenciales para obtener una alta productividad y calidad en la producción agrícola; así como, la aplicación indiscriminada de productos químicos puede ocasionar perjuicios al medio ambiente, crear resistencia por parte de los microorganismos fitopatógenos y causar daños a la salud humana (2). La práctica del biocontrol de las enfermedades en los vegetales muestra una alternativa viable en relación con el método químico tradicional.

Entre los productos estudiados para el biocontrol, se destaca el polisacárido de quitosana encontrado naturalmente en la pared celular de algunos hongos. Ha sido obtenido comercialmente a partir de la quitina, destacándose por su biocompatibilidad, biodegradabilidad, baja toxicidad, alta bioactividad y actividad microbiana (3), así como, también se ha encontrado una estimulación del crecimiento, el desarrollo y los rendimientos en cultivos de interés (4).

Aunque no se conocen con exactitud los mecanismos por el cual la quitosana estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, se ha planteado (5), que las mismas están involucradas en procesos fisiológicos, evitando las pérdidas de agua por vía de la transpiración. En tal sentido, se ha demostrado la presencia de cierre estomático en plantas asperjadas con quitosano, lo que sugiere que el efecto estimulante del crecimiento luego del cierre estomático podría estar relacionado con un efecto antitranspirante en la planta (6), señalándose además que la aplicación foliar de quitosano en papa redujo los efectos del estrés hídrico (7).

En el cultivo del frijol son escasos los trabajos que abordan la interacción estrés hídrico-quitosano. Sin embargo, se ha planteado que el estrés hídrico perjudica el crecimiento de las plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y disminuye el contenido de nutrientes y pigmentos fotosintéticos (8), así como la concentración de hidratos de carbono en los brotes; afectando el rendimiento y su calidad representada por elementos nutritivos, proteínas y carbohidratos y señala que el quitosano aplicado sobre las hojas a una concentración de 200 mg L⁻¹, aumenta el crecimiento, el rendimiento y su calidad, tanto en condiciones de estrés como no estresadas.

Por otra parte, se ha señalado a partir de los resultados encontrados en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), que uno de los aspectos a través de los cuales el quitosano estaba influyendo en la reducción de la transpiración es que este producto incrementa los niveles de ácido abscísico (ABA) en las hojas tratadas, el cual activa el cierre parcial de los estomas (9).

De igual forma, se ha planteado que el frijol es extremadamente sensible al estrés hídrico y al calor (10) presente con frecuencia en forma simultánea en las etapas fenológicas más sensitivas de la planta para la

formación del rendimiento, inicio de la floración, inicio de crecimiento de las vainas y llenado de grano en las áreas de secano. Este tipo de estrés abiótico disminuye el rendimiento y calidad de la producción; así como, el déficit hídrico afecta significativamente el rendimiento dado por la disminución de la cantidad de granos y el número de vainas, cuando ocurre durante los estadios de crecimiento, floración y formación de grano.

Teniendo en cuenta lo antes señalado, el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del QuitoMax® en el crecimiento y el rendimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante los meses de enero a abril de 2013 en el área central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Se sembraron 12 canaletas de hormigón de 2,60 m de largo por 0,60 m de ancho (1,56 m²) que contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (11). En cada canaleta fueron sembradas 44 plantas de frijol negro de la variedad Tomeguín dispuestas en dos hileras separadas a 0,40 m y un espaciamiento entre plantas de 0,11 m.

Se utilizaron dos tratamientos de riego, en cada uno de ellos se realizaron dos aplicaciones de QuitoMax® a razón de 200 mg ha⁻¹. La primera a los 20 días posteriores a la siembra y la segunda al inicio de la floración. Se contó con dos tratamientos en los que no se aplicó el producto, dando lugar a cuatro tratamientos distribuidos según un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones (tres canaletas por tratamiento). Los tratamientos ensayados fueron:

- ◆ R100, regado al 100 por ciento de la ETc. (Evapotranspiración estándar del cultivo)
- ◆ R50, regado al 50 por ciento de la ETc.
- ◆ R100 + QuitoMax®
- ◆ R50 + QuitoMax®

El riego se aplicó mediante un sistema de micro aspersión automatizada y la entrega del agua se controló mediante válvulas colocadas en cada tratamiento.

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) se calculó utilizando los datos de una estación meteorológica cercana (aproximadamente a 200 m del experimento) y se empleó el método de FAO Penman-Monteith (12). La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_o * K_c \quad [1]$$

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 21 y 26 de enero el riego fue de 3 mm diarios en todos los tratamientos para garantizar una germinación y crecimiento inicial homogéneos. A partir de ese momento el riego se aplicó según correspondió a cada tratamiento. Se consideró lluvia efectiva cuando esta fue superior a 3 mm. Otras atenciones culturales fueron realizadas por igual en ambos tratamientos.

Los datos graficados de las temperaturas máximas, mínimas, de radiación solar y lluvia corresponden a los valores decenales obtenidos.

La humedad del suelo (%) se determinó semanalmente, mediante una sonda TDR (Reflectometría en Dominio del Tiempo) Field Scout TDR 100 System, Spectrum Technologies, Inc. En cada tratamiento se realizaron 30 mediciones (10 en cada contenedor) a 20 cm de profundidad.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO

A los 20, 29 y 42 días posteriores a la siembra (DPS) se determinó la longitud y diámetro de los tallos, el número de folíolos, la superficie foliar y las masas secas de raíz, tallo, hojas y totales.

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.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

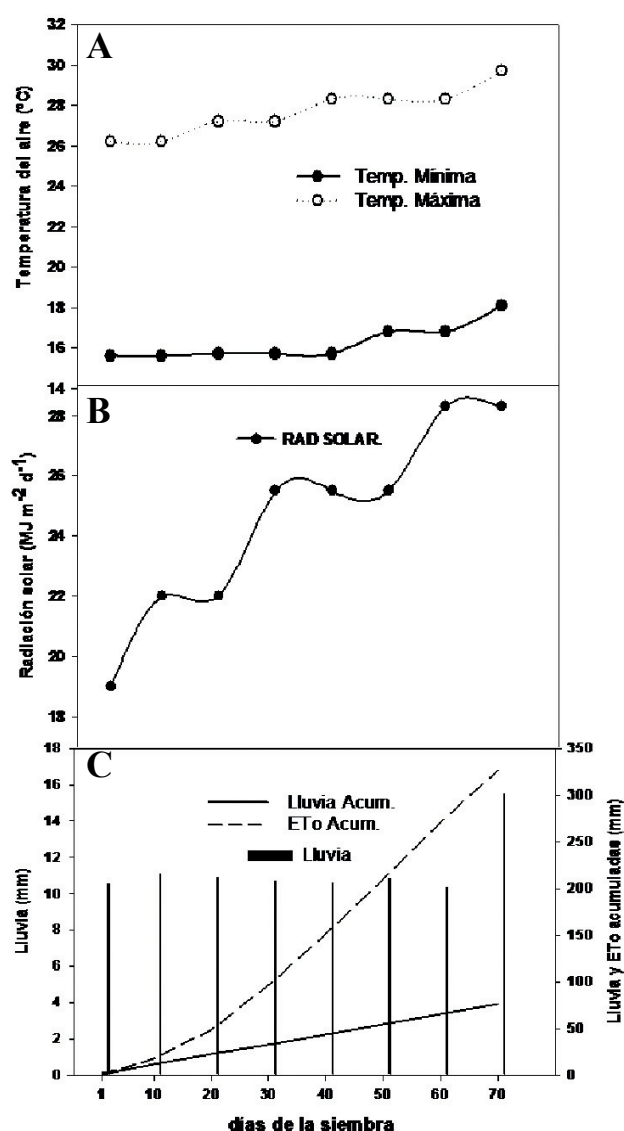
Para la evaluación del rendimiento y sus componentes, se cosecharon 10 plantas al azar en cada canaleta (30 plantas por tratamiento) a las que se les determinó el número de vainas por planta, el número de granos por vaina, la masa fresca de 100 granos y además, se determinó el rendimiento total de cada canaleta ($g\ m^{-2}$). Las masas secas de los órganos, la de 100 granos y el rendimiento se determinaron con una balanza analítica con una precisión de 0,00001g.

Las labores culturales y fitosanitarias se realizaron de acuerdo a lo planteado en las Guías Técnicas para el cultivo del frijol (13).

Para el procesamiento de los datos y la comparación de medias en cada momento evaluado, se utilizó el Programa estadístico SPSS 19.0 para Windows (14). La graficación de los resultados se realizó mediante el programa SIGMA PLOT 11.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de temperaturas y de lluvia evidencian que el período experimental se caracterizó por ser relativamente caliente y seco, como se puede observar en las figuras (Figura 1A y C), debido fundamentalmente a que las temperaturas mínimas y máximas tuvieron muy poca variación y sus rangos de valores estuvieron entre 16 y 18 °C las mínimas y entre 26 y 30 °C las máximas y la lluvia acumulada fue de 77 mm equivalentes solo a 6,4 mm semanales.



Temperatura del aire (°C), radiación solar ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$), lluvia acumulada (mm) y Evapotranspiración estándar (ET_0) acumulada (mm)

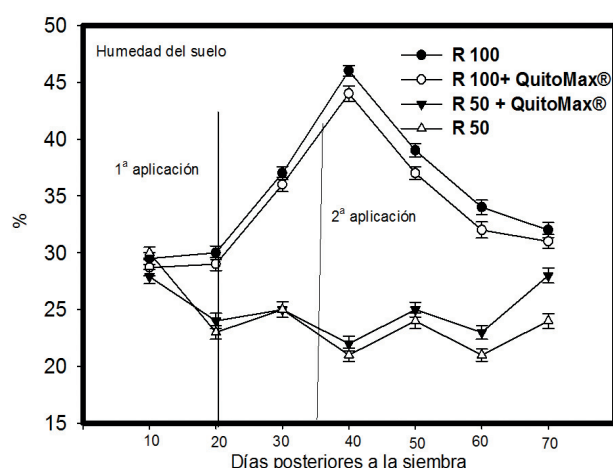
Figura 1. Condiciones ambientales durante el período experimental

Por otra parte, la radiación solar (Figura 1B) mostró un rango de valores entre 19 y 28 $\text{Mj m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y los valores más altos se presentaron al final del experimento. La demanda hídrica climática acumulada (ETo) en el período fue de 327 mm, lo que representa una evapotranspiración media diaria de 5 mm.

En general, excepto las temperaturas que fueron relativamente cálidas, aunque se plantea que el frijol puede cultivarse con temperaturas promedio que oscilan de 15 a 27 °C, con una óptima de 25 °C (15), en otros trabajos se ha encontrado que el frijol soporta hasta 50 °C sin que se produzcan daños en sus células (16); los valores de las precipitaciones y de ETo, son típicas de los meses en que se realizó el experimento.

Los componentes del clima juegan un rol importante en la vida de los organismos vivos y de la naturaleza en su conjunto, de ahí que se haya planteado que los impactos directos del cambio climático en los sistemas naturales, económicos y sociales (17, 18), por altas temperaturas y cambios en los patrones de lluvia, son cada vez más evidentes, siendo el sector de la producción primaria uno de los más afectados negativamente.

En la Figura 2 se representan las variaciones del contenido de humedad del suelo, donde se pudo apreciar que en los tratamientos de riego R100 y R100+QuitoMax® la humedad del suelo siempre se mantuvo por encima del 27 % y a los 40 DPS alcanzó valores máximos de alrededor de 46 % con muy pocas diferencias entre ambos.



Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha=0,5$

Figura 2. Variación estacional del contenido de agua del suelo en los tratamientos a 20 cm de profundidad

En cuanto a R100 y R100+QuitoMax® los valores de esta variable estuvieron entre el 20 y el 30 % y sólo se encontraron diferencias entre ellos a partir de los 40 DPS. Estos resultados evidencian el efecto de los tratamientos de riego aplicados al cultivo.

Como se aprecia en la Figura 3, tanto la longitud de los tallos como sus diámetros presentaron un comportamiento muy parecido, mostrando a los 29 días posteriores a la siembra los mayores valores en el tratamiento con menor suministro de agua (R50) y sin la aplicación de QuitoMax®; así como, a los 42 días, el tratamiento con la mayor disponibilidad de agua (R100) y sin la aplicación de producto, mostró los menores valores con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos.

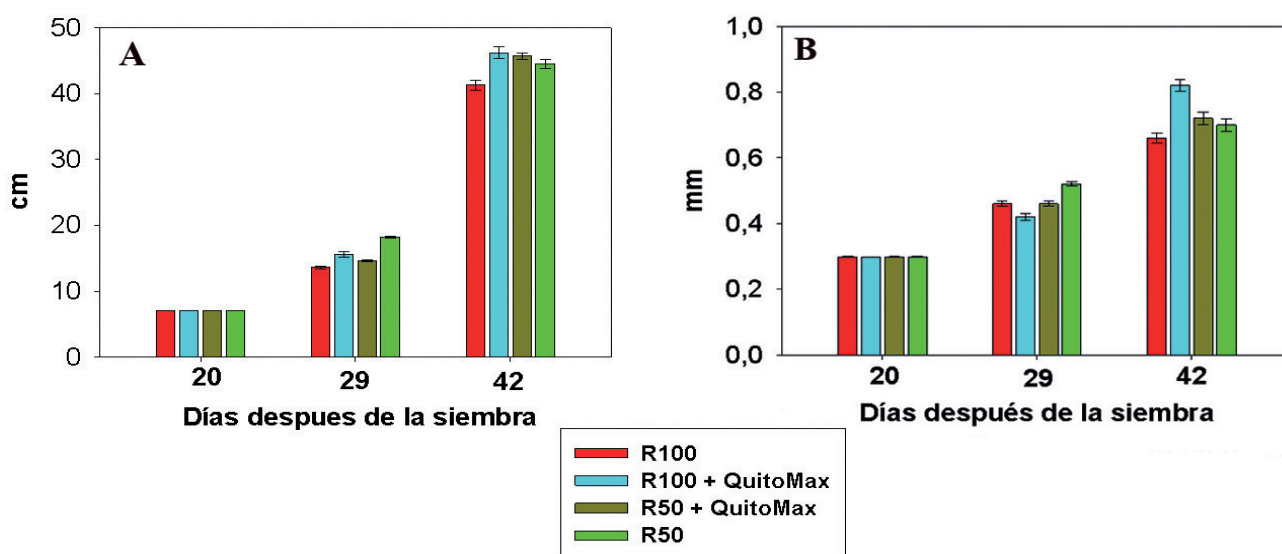
Resalta en ambas variables el tratamiento en el que además de contar con la mayor disponibilidad de agua, se le adicionó el producto bioestimulante (R100 + QuitoMax®) al presentar los mayores valores absolutos, incluso con diferencias significativas en lo que respecta al diámetro de los tallos.

Al analizar la respuesta mostrada por estas variables, se pudo constatar que este comportamiento coincide con el informado por otros autores quienes encontraron resultados favorables en el crecimiento expresado mediante la longitud de los tallos y las raíces, sus masas frescas y secas, la superficie foliar y los contenidos de clorofila en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* superstryke) (4).

Al valorar los resultados alcanzados en cuanto al número de folíolos por planta (Figura 4A) se puede apreciar que a los 29 días posteriores a la siembra las plantas tratadas con QuitoMax® y con menor disponibilidad de agua sin producto superaron significativamente al tratamiento con mayor cantidad de agua disponible y que no recibió las aplicaciones de QuitoMax® destacándose los tratamientos con la menor disponibilidad de agua; sin embargo, a los 42 días el número de folíolos se hizo mayor en los tratamientos que recibieron las aplicaciones del producto y con mayor cantidad de agua disponible.

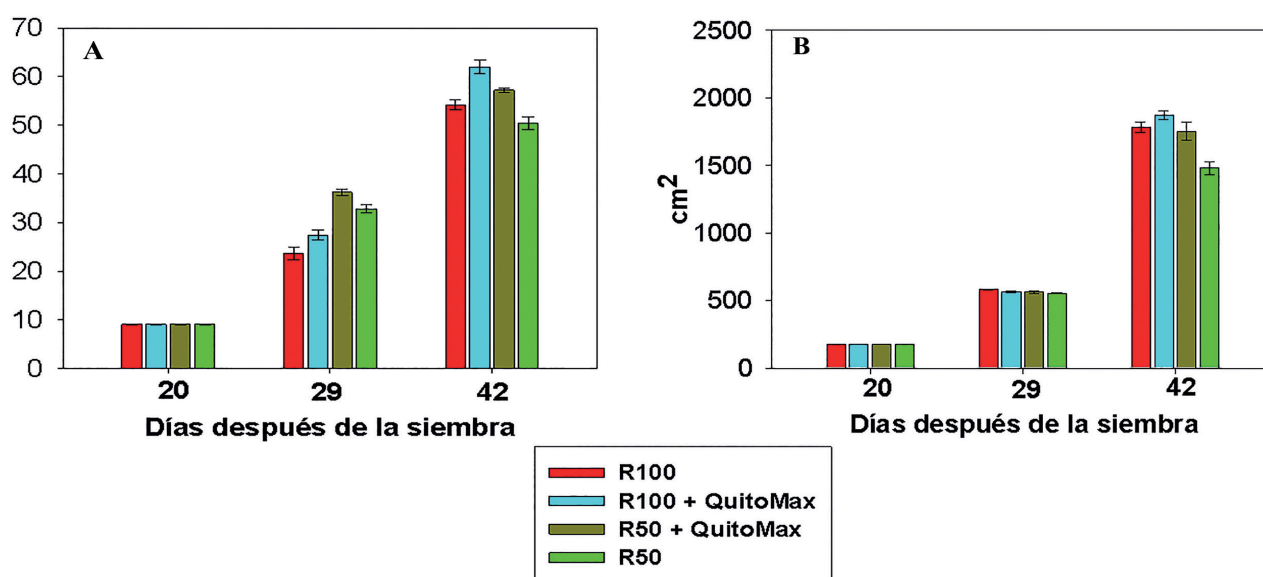
La superficie foliar (Figura 4B) mostró un comportamiento similar entre los tratamientos a los 29 días, pero a los 42 la respuesta estuvo en concordancia con el comportamiento del número de folíolos, lo que resulta lógico si se tiene en cuenta que la segunda variable depende en gran medida de la primera, siempre y cuando no se altere por efecto de los tratamientos el tamaño de los folíolos.

El déficit hídrico es uno de los factores que más rápido y con mayor intensidad altera el crecimiento de las plantas, así se demostró que la utilización de regímenes de riego con diferentes niveles de abastecimiento hídrico provocaron una disminución tanto de la altura de la planta, como del número de hojas, la superficie foliar y del contenido de clorofilas totales en la medida que las plantas fueron recibiendo una menor cantidad de agua (19).



Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,5$

Figura 3. Longitud (A) y diámetro de los tallos (B) de plantas de frijol tratadas con QuitoMax® y sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico



Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,5$

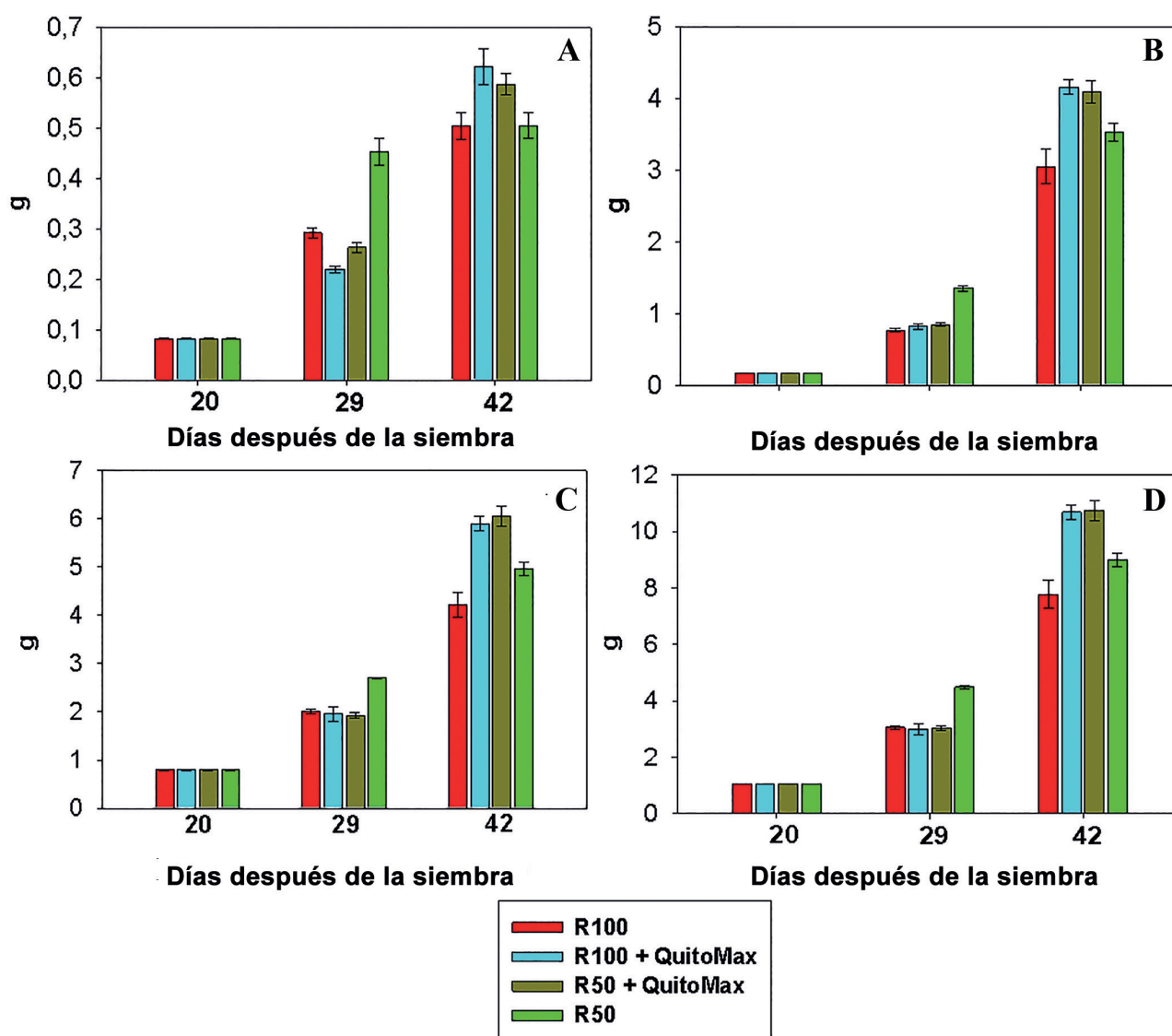
Figura 4. Número de folíolos (A) y superficie foliar (B) de plantas de frijol tratadas con QuitoMax® y sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico

Al valorar el comportamiento de las masas secas de los diferentes órganos (Figuras 5A, B, C) se pudo observar que a los 29 días posteriores a la siembra, el tratamiento con el menor suministro de agua y que sin aplicaciones del bioestimulante (R50), fue el que mostró los mayores valores de masa seca con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos; sin embargo, a los 42 días fueron los dos tratamientos que contaron con las aplicaciones

de QuitoMax® los que reflejaron los mayores valores con diferencias significativas respecto a los demás.

El tratamiento (R100) mostró los menores valores en diferentes órganos, lo que está en concordancia con el comportamiento reflejado por la longitud y el diámetro de los tallos.

La respuesta encontrada en relación con la masa seca total (Figura 5D) está estrechamente vinculada con la mostrada por los indicadores que le dieron origen.



Las barritas sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,5$

Figura 5. Masa seca de la raíz (A), del tallo (B), de las hojas (C) y total (D) de plantas de frijol tratadas con QuitoMax® y sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico

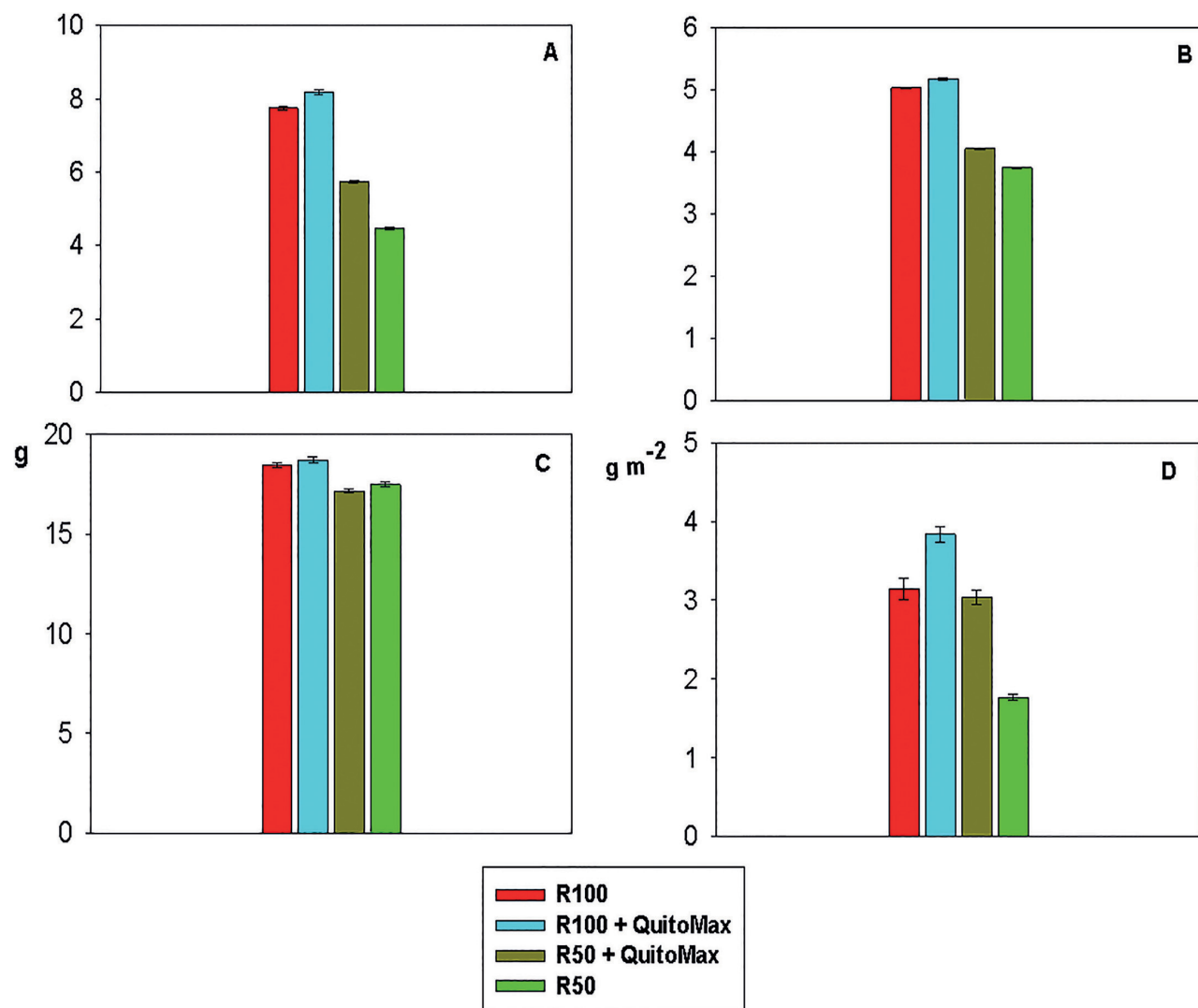
Se aprecia en las figuras que fueron en primer lugar las hojas seguidas de los tallos los que más contribuyeron a la acumulación de materia seca por las plantas.

El hecho de que las plantas mostraran mejor respuesta en cuanto a la acumulación de materia seca en sus órganos en el tratamiento a los 42 días al que se le suministró el 50 % del agua (R50) respecto al que recibió la totalidad del agua necesaria (R100), está en concordancia con otros autores quienes han señalado que el crecimiento de las plantas no es susceptible al déficit hídrico en todas las condiciones y estadios de su crecimiento (20); también se ha destacado el rol que juegan los reguladores del crecimiento en el comportamiento de estas variables ante condiciones de estrés hídrico (21), lo que explica

la respuesta mostrada por los tratamientos con diferente abastecimiento hídrico con la aplicación del QuitoMax®.

Afectaciones en el aumento de la masa seca como consecuencia de un suministro de agua limitado fue informado para el cultivo de *Sesbania* [*Sesbania Sesban* (L.) Merrill.] (22).

La Figura 6 muestra la respuesta encontrada al valorar el rendimiento y sus componentes. Se aprecia en las Figuras 6A y B que fueron los tratamientos mejor abastecidos de agua los que alcanzaron un mayor número de vainas por planta y número de granos por vaina, diferenciándose estadísticamente de los menos abastecidos, siendo a su vez entre estos últimos el que no recibió las aplicaciones de QuitoMax® el que menores valores de estas variables alcanzó.



Las barras sobre los valores medios representan el intervalo de confianza de las medias, $\alpha = 0,5$

Figura 6. Número de vainas por planta (A), número de granos por vaina (B), masa fresca de 100 granos (C) y rendimiento (D) de plantas de frijol tratadas con QuitoMax® y sometidas a dos niveles de abastecimiento hídrico

De igual forma se aprecia que el tratamiento mejor abastecido de agua y con las aplicaciones del bioestimulante (R100+QuitoMax®) fue el que reflejó los mayores valores de estas variables.

La masa fresca de 100 granos fue igualmente favorecida en los tratamientos mejor hidratados, sobresaliendo ligeramente el tratamiento R100+QuitoMax®.

Por su parte, el rendimiento alcanzado con los diferentes tratamientos es el reflejo de la respuesta de los componentes evaluados, resaltando los tratamientos que recibieron las aplicaciones de QuitoMax®. En primer lugar el que además del producto contó con mayor disponibilidad de agua al mostrar rendimientos significativamente superiores a los demás tratamientos y el que con menor

abastecimiento hídrico y la aplicación de producto fue capaz de equiparar su rendimiento con el mejor abastecido sin producto. El menos abastecido y sin producto fue el que mostró los menores rendimientos.

Respuestas similares en cuanto al incremento del número de vainas y número de granos por vaina al aplicar reguladores del crecimiento sobre las plantas, fueron informadas al evaluar el efecto de la aplicación de Biobras-16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (23).

También se ha señalado que las condiciones de sequía en el suelo producen una disminución significativa de los componentes del rendimiento asociados a la producción de granos y legumbres; así como, en el rendimiento agrícola en el cultivo del frijol (24, 25) al igual que cuando se aplicó un régimen de riego restringido (26).

Incrementos en el rendimiento de los cultivos estimulados por la aplicación de quitosana, también han sido informados al evaluar el efecto de aplicaciones foliares de en cowpea (*Vigna unguiculata* L.) (27).

Estas respuestas de las plantas pudieran estar relacionadas según se ha planteado por otros autores (28), con limitaciones estomáticas que repercuten en la capacidad fotosintética de las plantas encontrándose que a los 17 días de sequía, la fotosíntesis empezó a registrar valores cercanos a cero cuando el contenido de humedad del suelo se redujo hasta alrededor del 40 % de la capacidad de campo y que en tales condiciones la proporción de clorofila a/clorofila b, fue significativamente más baja, mientras que el contenido de malondialdehído fue significativamente más alto, en plantas bajo estrés hídrico.

Otro aspecto que pudo afectar el rendimiento y sus componentes en las condiciones de menor abastecimiento hídrico, es lo relativo a la abscisión de estructuras reproductivas, que se producen en períodos de falta de agua lo que conlleva a una limitación de fotoasimilados para la formación y llenado de los granos (29).

También estos resultados pudieran tener su explicación en una posible acumulación de proteínas "ASR", de las que se ha informado a partir de observaciones realizadas en una célula vegetal provenientes de plantas sometidas a estrés hídrico (30), la presencia de una sorprendente concentración de la misma en el citoplasma. Se ha conocido de la acción de estas proteínas para otorgar resistencia al estrés hídrico, por lo que se señala que varios laboratorios se encuentran intentando generar plantas transgénicas, mediante la inserción del gen que codifica esta proteína.

La mayor abundancia de esta proteína se encontraría en la raíz, que es donde más rápidamente se detecta la señal primaria de escasez de agua. Es probable que una señal molecular sea transportada por el xilema hacia la parte aérea.

El gen que codifica esta proteína no se encontraría en especies vegetales originarias de zonas tropicales y lluviosas. Lo que sorprendió a estos investigadores, fue encontrarla en concentraciones abundantes en el citoplasma de la célula, debido a que no es habitual en este tipo de proteína, que se comporta como un factor de transcripción génica.

A partir de esta observación, se puede deducir que tendría alguna función en el citoplasma.

En orden a expresar una hipótesis, es probable que funcione en el citoplasma como 'chaperona', es decir, actuaría de manera que evitara los procesos de desnaturalización de proteínas ya formadas.

Se supone que ASR ayuda al plegamiento de otras proteínas, de manera que adquieran la conformación correcta en el espacio. Esto sucedería ante el riesgo que supone a la planta situaciones límites por estrés, en este caso hídrico.

CONCLUSIONES

- ♦ El QuitoMax® aplicado en dos momentos del desarrollo del cultivo a dosis de 200 mg ha⁻¹ aumenta el crecimiento y el rendimiento de las plantas.
- ♦ Por otra parte, se sugiere continuar los estudios relacionados con esta temática teniendo en cuenta que el QuitoMax® podría ser un material prometedor utilizado para reducir el efecto nocivo del estrés hídrico en las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dorcinvil, R.; Sotomayor-Ramírez, D. y Beaver, J. "Agronomic performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines in an Oxisol". *Field Crops Research*, vol. 118, no. 3, 2010, pp. 264-272, ISSN 0378-4290, DOI 10.1016/j.fcr.2010.06.003, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429010001413>>.
2. Ramos, B. L. R.; Montenegro, S. T. C. y Pereira, S. N. "Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura". *Revista Iberoamericana de Polímeros*, vol. 12, no. 4, 2011, pp. 195-215, ISSN 0121-6651, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/AGO11/ramos.pdf>>.
3. Falcón-Rodríguez, A.; Costales, M. D.; Martínez, T. M. A. y Gordon, T. A. "Respuesta enzimática y de crecimiento en una variedad comercial de tabaco (*Nicotiana tabacum*, L.) tratada por aspersión foliar de un polímero de quitosana". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 1, 2012, pp. 65-70, ISSN 0258-5936, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362012000100010&lng=es&nrm=iso&tng=pt>.
4. Sheikha, S. A. y Al-Malki, F. M. "Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications". *European Journal of Scientific Research*, vol. 50, no. 1, 2011, pp. 124-134, ISSN 1450-216X, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.eurojournals.com/ContentPages/2260576305.pdf>.
5. Kim, S.-K. *Chitin, chitosan, oligosaccharides and their derivatives: biological activities and applications*. Ed. CRC Press-Taylor & Francis, 2011, Boca Raton, 643 p., ISBN 978-1-4398-1603-5.
6. Bittelli, M.; Flury, M.; Campbell, G. S. y Nichols, E. J. "Reduction of transpiration through foliar application of chitosan". *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 107, no. 3, 2001, pp. 167-175, ISSN 0168-1923, DOI 10.1016/S0168-1923(00)00242-2, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192300002422>>.

7. Iriti, M.; Picchi, V.; Rossoni, M.; Gomarasca, S.; Ludwig, N.; Gargano, M. y Faoro, F. "Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure". *Environmental and Experimental Botany*, vol. 66, no. 3, 2009, pp. 493-500, ISSN 0098-8472, DOI 10.1016/j.envexpbot.2009.01.004, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847209000288>>.
8. Abu-Muriefah, S. S. "Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under water stress conditions". *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, vol. 3, no. 6, 2013, pp. 192-199, ISSN 2251-0044, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.677.9215&rep=rep1&type=pdf>>.
9. Jiao, Z.; Li, Y.; Li, J.; Xu, X.; Li, H.; Lu, D. y Wang, J. "Effects of Exogenous Chitosan on Physiological Characteristics of Potato Seedlings Under Drought Stress and Rehydration". *Potato Research*, vol. 55, no. 3-4, 2012, pp. 293-301, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-012-9223-8, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11540-012-9223-8>>.
10. Reyes-Matamoros, J.; Martínez-Moreno, D.; Rueda-Luna, R. y Rodríguez-Ramírez, T. "Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero". *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. 1, no. 2, 2014, pp. 191-203, ISSN 2334-2501, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.reibci.org/publicados/2014/julio/2200132.pdf>>.
11. Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Ed. Ediciones INCA, 2015, Mayabeque, Cuba, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
12. Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D. y Smith, M. *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* [en línea]. (ser. Estudio FAO Riego y Drenaje, no. ser. 56), Ed. FAO, 2006, Rome, Italy, 299 p., ISBN 92-5-304219-2, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>>.
13. Faure, Á. B. *Guía Técnica para la producción del Frijol común*. 1.ª ed., Ed. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 30 de julio de 2013, La Habana, Cuba, ISBN 978-959-7210-67-2.
14. IBM Corporation. *IBM SPSS Statistics* [en línea]. versión 19.0, [Windows], Ed. IBM Corporation, 2010, U.S., Disponible en: <<http://www.ibm.com>>.
15. Barrios, E. J.; López, C.; Kohashi, J.; Acosta, J. A.; Miranda, S. y Mayek, N. "Avances en el mejoramiento genético del frijol en México por tolerancia a temperatura alta y a sequía". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 34, no. 4, 2011, pp. 247-255, ISSN 0187-7380, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802011000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es>.
16. Castro, N. S. "Temperatura óptima y etapa fenológica para determinar la termoestabilidad de la membrana celular en maíz y frijol". *Phyton*, vol. 82, no. 2, 2013, pp. 249-254, ISSN 1851-5657, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1851-56572013000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=en>.
17. Lal, R.; Delgado, J. A.; Gulliford, J.; Nielsen, D.; Rice, C. W. y Pelt, R. S. V. "Adapting agriculture to drought and extreme events". *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 67, no. 6, 2012, p. 162A-166A, ISSN 0022-4561, 1941-3300, DOI 10.2489/jswc.67.6.162A, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.jswnonline.org/content/67/6/162A>>.
18. Al-Kaisi, M. M.; Elmore, R. W.; Guzman, J. G.; Hanna, H. M.; Hart, C. E.; Helmers, M. J.; Hodgson, E. W.; Lenssen, A. W.; Mallarino, A. P.; Robertson, A. E. y Sawyer, J. E. "Drought impact on crop production and the soil environment: 2012 experiences from Iowa". *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 68, no. 1, 2013, p. 19A-24A, ISSN 0022-4561, 1941-3300, DOI 10.2489/jswc.68.1.19A, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.jswnonline.org/content/68/1/19A>>.
19. Abdelraouf, R. E.; El-Habbasha, S. F.; Hozayn, M. y Hoballah, E. "Water Stress Mitigation on Growth, Yield and Quality Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Using Biofertilizer Inoculation". *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 9, no. 3, 2013, pp. 2135-2145, ISSN 1819-544X.
20. Akram, M. "Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stages". *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, vol. 36, no. 3, 2011, pp. 455-468, ISSN 2408-8293, DOI 10.3329/bjar.v36i3.9264, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.banglajol.info/index.php/BJAR/article/view/9264>>.
21. Ashraf, M.; Akram, N. A.; Al-Qurainy, F. y Foolad, M. R. "Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients". *Advances in Agronomy*, vol. 111, 2011, pp. 249-296, ISSN 0065-2113, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201500175698>>.
22. Ali, Z.; Ashraf, M.; Qurainy, F. y Khan, M. S. "Appraising drought tolerance in local accessions of sesbania (*Sesbania sesban* (L.) merril.) using biomass production, relative membrane permeability and photosynthetic capacity as selection criteria". *Pakistan Journal of Botany*, vol. 47, no. 3, 2015, pp. 845-850, ISSN 0556-3321, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://inis.iaea.org/Search/search.aspx?orig_q=RN:46087457>.
23. Rosabal, A. L.; Martínez, G. L.; Reyes, G. Y. y Núñez, V. M. "Resultados preliminares del efecto de la aplicación de Biobras-16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 3, 2013, pp. 71-75, ISSN 0258-5936, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362013000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es>.

24. Boudet, A. A.; Boicet, F. T. y Oduardo, C. R. "Rendimiento y sus componentes en variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de sequía en Rio Cauto, Granma". *Centro Agrícola*, vol. 42, no. 3, 2015, pp. 61–68, ISSN 0253-5785, 2072-2001, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://oaji.net/articles/2016/2674-1453142631.pdf>>.
25. Meriño, Y.; Boudet, A.; Boicet, T.; Ladrón de Guevara, E. A. y Palacio, A. J. "Rendimiento y tolerancia a la sequía de seis variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de campo". *Centro Agrícola*, vol. 42, no. 1, 2015, pp. 69–74, ISSN 0253-5785, 2072-2001, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_1/cag10115.pdf>.
26. Cardona-Ayala, C.; Jarma-Orozco, A.; Araméndiz-Tatis, H.; Peña-Agresott, M. y Vergara-Córdoba, C. "Physiological and biochemical responses of the cowpea bean (*Vigna unguiculata* L. Walp.) under a water deficit". *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 8, no. 2, 2014, pp. 250-261, ISSN 2011-2173, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2011-21732014000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es>.
27. Farouk, S. y Amany, A. R. "Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress". *Egyptian Journal of Biology*, vol. 14, no. 1, 2012, pp. 14-16, ISSN 1110-6859, DOI 10.4314/ejb.v14i1.2, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.ajol.info/index.php/ejb/article/view/78592>>.
28. Aguilar-Benítez, G.; Peña-Valdivia, C. B.; García-Nava, J. R.; Ramírez-Vallejo, P.; Benedicto-Valdés, S. G. y Molina-Galán, J. D. "Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato". *Agrociencia*, vol. 46, no. 1, 2012, pp. 37-50, ISSN 1405-3195, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952012000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es>.
29. Ishiyaku, M. F. y 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*, vol. 7, no. 1, 1 de enero de 2013, pp. 47-56, ISSN 1819-3595, DOI 10.3923/ijpb.2013.47.56, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://www.scialert.net/abstract/?doi=ijpb.2013.47.56>>.
30. Ricardi, M. M.; Guaimas, F. F.; González, R. M.; Burrieza, H. P.; López-Fernández, M. P.; Jares-Erijman, E. A.; Estévez, J. M. y Iusem, N. D. "Nuclear Import and Dimerization of Tomato ASR1, a Water Stress-Inducible Protein Exclusive to Plants". *PLOS ONE*, vol. 7, no. 8, 2012, p. e41008, ISSN 1932-6203, DOI 10.1371/journal.pone.0041008, [Consultado: 16 de febrero de 2017], Disponible en: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0041008>>.

Recibido: 5 de enero de 2016

Aceptado: 4 de enero de 2017