



## III CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2017

Puebla, Pue., del 28 al 30 de noviembre de 2017

### PRODUCTIVIDAD DE AGUA DE RIEGO EN DOS VARIEDADES DE FRIJOL EN INVERNADERO

Saúl Prado Serrano<sup>1</sup>; Guillermo Jesuita Pérez Marroquín<sup>1\*</sup>; Fabiel Vázquez Cruz<sup>1</sup>;  
Miguel Servín Palestina<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, C.P. 73965, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México.

Correo electrónico: guillermopma@hotmail.com – Teléfono: 2225985019 (\*Autor de correspondencia)

<sup>2</sup>Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Km 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, C.P. 98500, Calera, Zac. México.

#### Resumen

La fase de crecimiento vegetativo de la planta de frijol (*P. vulgaris* L.) comprende una serie de etapas sin las cuales no ocurriría la formación de frutos y en la cual el aumento de materia seca depende del comportamiento fisiológico y del hábito de crecimiento. Se evaluaron dos variedades; Victoria y Dalia de las cuales se determinó la acumulación de biomasa, área foliar, lámina aplicada, índice de área foliar, tasa de asimilación neta (TAN), relación biomasa grano y productividad del agua de riego. Se realizó un análisis temporal (biomasa (BIO) y área foliar (AF)), las evaluaciones se dividieron en 4 muestreos de acuerdo con el ciclo fenológico del cultivo, los resultados obtenidos en productividad del agua para la variedad victoria con un valor de 1.1667 kg m<sup>-3</sup> usando en la etapa vegetativa un nivel de agua de 50% y en la etapa de productiva de 100% del a excepción de la variedad victoria que presentó mayor respuesta de productividad con un valor de 1.6000 kg m<sup>-3</sup> cuando se somete a estrés hídrico madures fisiológica. Por lo tanto, se tiene que en cuanto a transformación de grano con respecto al agua es mayor en los tratamientos que recibieron una lámina de agua menor en la etapa vegetativa que en la etapa reproductiva.

**Palabras clave:** índice de crecimiento, lámina de riego, uso eficiente del agua.



## Introducción

El análisis de crecimiento es una aproximación cuantitativa, que usa datos simples y básicos, para la descripción e interpretación de las plantas que crecen bajo ambiente natural, seminatural o controlado, el crecimiento es un aumento constante en el tamaño de un organismo, acompañado de procesos como la morfogénesis y la diferenciación celular (Taiz y Zeiger 2006). Mohr (1995), define que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes. Hay dos metodologías para efectuar el análisis de crecimiento, a) Análisis tradicional o clásico (Gardner *et ál.* 2003) y b) análisis funcional o dinámico (Flórez *et ál.* 2006). La fotosíntesis tiene que ver con la forma cómo las plantas transforman la energía solar en energía química liberando al mismo tiempo oxígeno y agua para almacenar la energía en forma de carbohidratos. La respiración se refiere al proceso mediante el cual las plantas toman oxígeno y desprenden dióxido de carbono. Ambos procesos son inversos. Con base en esto, la acumulación de biomasa tiene una estrecha relación entre la materia seca y el grano producido. El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis de crecimiento y productividad en el uso de agua en las variedades de frijol Dalia y Victoria sometidas a dos niveles de humedad, para dar una recomendación de una aplicación óptima de agua en estas variedades y así contribuir con los productores de frijol a mejorar sus técnicas de producción y hacer más eficiente el uso del agua.

## Materiales y métodos

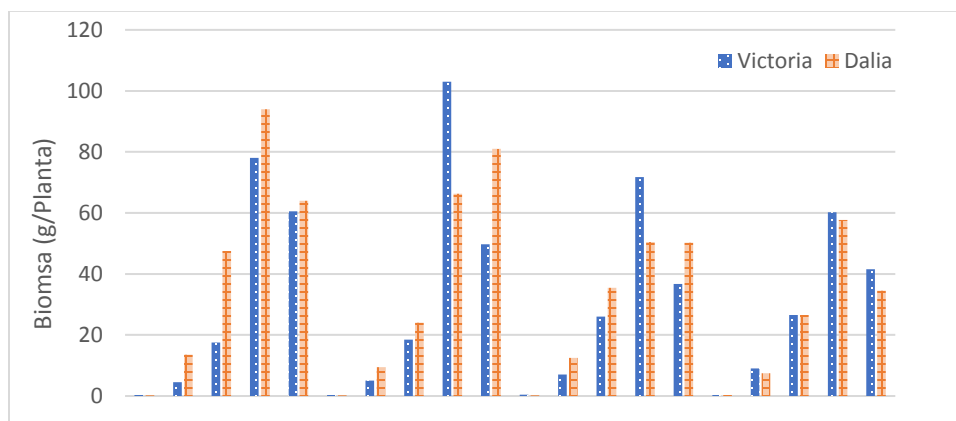
El experimento se realizó en un invernadero localizado en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC-INIFAP), ubicado a 22° 54' latitud Norte y 102° 39' longitud Oeste a una altitud de 2,197 m. La temperatura media anual es de 14.6 °C, con acumulación promedio de horas frío de noviembre a febrero de ~ 600 unidades frío (UF). La precipitación media anual es de 416 mm, de los cuales el 75 % ocurre durante el verano (junio a septiembre) y el resto durante el invierno. El experimento se estableció el 16 de agosto del 2016 donde se sembró frijol variedad Victoria (V1) y Dalia (V2), con una densidad de siembra de 131, 500 plantas por ha en el invernadero. Se establecieron ocho tratamientos en dos niveles de tensión de agua en el suelo 100% = -10 a -20 cbar, 50% = -35 a -45 cbar, en combinación con su etapa de desarrollo. La etapa comprendió desde la siembra hasta inicio de floración (E1) y la etapa dos (E2), de floración hasta madurez fisiológica. Dicha tensión se midió mediante el uso de sensores de humedad de suelo wátermark, previamente calibrados para la zona de estudio, fueron colocados a 30 cm de profundidad por duplicado para cada tratamiento. T1= 10-20 y 10-20, T2=10-20 y 50-60, T3= 50-60 y 10-20 y T4=50-60 y 50-60 cbar de lectura del sensor para E1 y E2 respectivamente para ambas variedades. El riego se aplicó cuando alcanzó su límite máximo y se recuperó la humedad hasta su límite más bajo para cada tratamiento. El agua se aplicó con un sistema de riego por goteo con cintilla calibre 6 mil con separación entre emisores de 20 cm y un gasto de descarga de 1.02 lph manejadas a una presión de 8 psi, con una separación entre líneas regantes de 76 cm, en cada parcela experimental se instaló un medidor volumétrico de ½" de diámetro para corroborar el

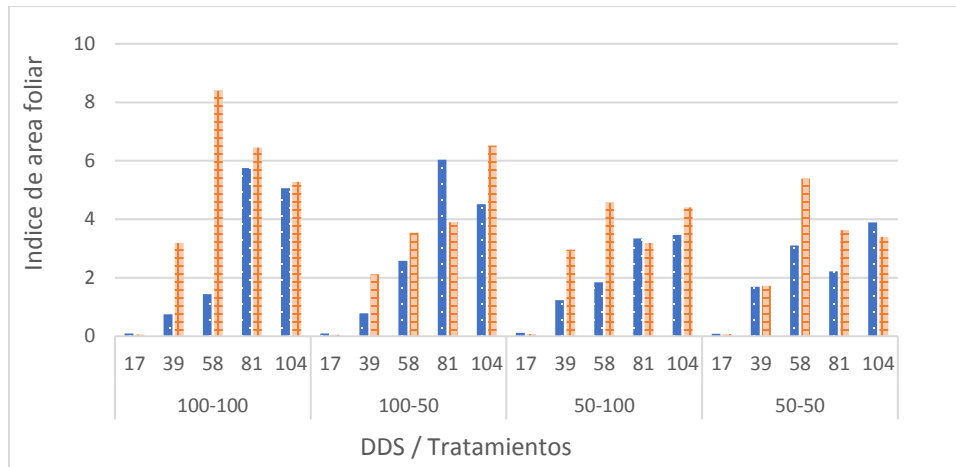


volumen aplicado. Previo al inicio de riego se realizó un muestreo gravimétrico y se recuperó la humedad al 100% y 50% de humedad aprovechable para los tratamientos 100 y 50 % respectivamente. La unidad experimental fue de 3 surcos de 0.76 m de ancho por 6 m de largo. La parcela útil fue el surco central con 2.5 m de largo; donde se realizaron 5 muestreos a los 17, 39, 58, 81, y 104 DDS, donde se tomaron dos plantas para determinar área foliar (AF) y Biomasa (BIO). En la cual se realizó un análisis de crecimiento con la metodología descrita por Gardner *et al.* (2003). La cosecha de grano se realizó de manera manual. Las variables calculadas fueron: Biomasa (BIO; g/planta), Índice de área foliar (IAF), Tasa de asimilación neta (TAN) y Relación de materia seca con grano maduro (RMG; %) y productividad de agua de riego (PA; kg m<sup>-3</sup>). El análisis estadístico que se utilizó fue un diseño factorial 2<sup>3</sup> establecidos en campo como bloques completos al azar, el factor A corresponde niveles de humedad en la primer etapa factor B corresponde a los niveles de humedad en la segunda etapa y el factor C la variedad. A los resultados que se obtuvieron se les practicó el análisis de varianza, para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos, la comparación de medias de Tukey se realizó en el paquete estadístico SAS.

## Resultados y discusión

Con el manejo de riego las láminas acumuladas que se aplicaron fueron: 100-100 = 198.5-183.6 mm 100-50 = 198.5 – 61.2 mm 50-100=102.9-183.6 mm y 50-50=102.9-91.8 mm para E1 y E2 respectivamente. En la Figura 1, se puede observar la acumulación de biomasa e índice de área foliar para todos los tratamientos de las dos variedades donde se puede deducir que la generación de biomasa es mayor para los tratamientos donde se aplica más agua en la etapa 1 para ambas variedades, en los tratamientos a los que se les aplico menos agua en la etapa 1 se observa una disminución de biomasa es decir la acumulación de materia seca se define por la aportación de agua en la etapa vegetativa tal como lo menciona Servín (2015), según Madueño *et al.* (2006), indican que en las plantas de frijol el estrés hídrico o falta de agua provoca una reducción en el área foliar, variable muy correlacionada con la acumulación de biomasa.

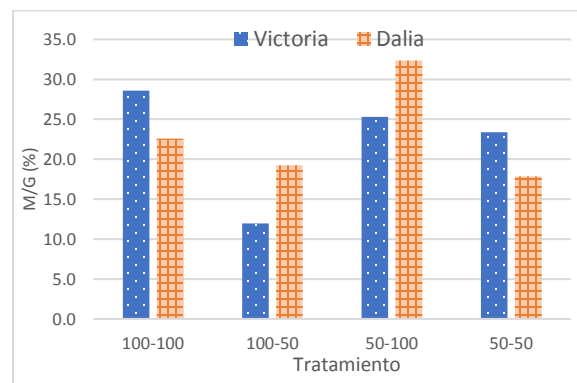




**Figura 1.** Acumulación de materia seca e Índice de área foliar para dos variedades de frijol sometidas a dos niveles de humedad en Zacatecas, México.

El patrón de crecimiento de un organismo se describe por medio de la curva sigmoidea. Según Steward (1969) se observan tres fases en la curva sigmoidea: i) Fase de retardación: ocurre cuando las plantas comienzan a perder biomasa durante el proceso de germinación. A medida que se desarrolla el embrión se van agotando las reservas de la semilla. ii) Fase logarítmica: en ella el crecimiento se da rápidamente y de forma lineal. iii) Fase de envejecimiento: el crecimiento comienza a decrecer disminuyendo por ende la biomasa.

En la Figura 2, se observa que los tratamientos con mayor aportación de agua en la etapa 2, las cuales mostraron mayor relación de grano en relación con la biomasa, de igual manera se puede observar que la variedad victoria es más susceptible a estrés en etapa reproductiva con respecto a la variedad dalia y la capacidad de adaptación es mejor cuando inician su etapa vegetativa y reproductiva bajo estrés hídrico.



**Figura 2.** Relación grano vs biomasa.

### Productividad del agua (WP)

Los resultados obtenidos en cuanto a WP (Tabla 1) presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.5$ ), siendo estadísticamente mejores los tratamientos T6 ( $1\ 5667\ \text{kg m}^{-3}$ ) y T8 ( $1\ 6000\ \text{kg m}^{-3}$ ). Los valores de productividad óptimos para el frijol obtenidos a partir de las



funciones agua-rendimiento modeladas, están en el rango reportado por González *et al.* (2011), a partir de los datos experimentales de campo realizadas en distintas condiciones de suelo y clima, los cuales reportan para el frijol valores de productividad entre 0.53 y 0.97 para un rango de Etc de 280 a 372 mm con valores de rendimiento entre 1.6 y 2.6 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 1.** Comparación de medias para la variable productividad de agua en cultivo.

Tratamiento	E1	E2	V	WP (kg m <sup>-3</sup> )
T1	50	100	1	1.1667 ab
T2	50	50	1	1.2333 ab
T3	100	100	2	0.8333 ab
T4	100	50	2	0.6667 b
T5	50	100	1	1.3667 ab
T6	50	50	1	1.5667 a
T7	100	100	2	0.6333 b
T8	100	50	2	1.6000 a
C.V. (%)				4.89622
DMS				0.8016

C.V. = Coeficiente de variación. Valores con la misma letra de columnas no difieren estadísticamente ( $P \leq 0.5$ ), DMS= Diferencia mínima significativa, E1= Etapa 1, E2= Etapa 2, V= Variedad, MS= Materia seca, WP=Productividad de agua.

Sin duda una de las estrategias para elevar la productividad del agua es la tecnificación y modernización del riego agrícola. De acuerdo con Acosta *et al.* (2005), para el cultivo de frijol el sistema que mejor se adapta para aumentar la producción de frijol y elevar la productividad del agua es el riego por goteo con una eficiencia de 97.9%.

## Conclusiones

En la variedad Dalia la producción de grano es mayor cuando se estresa el cultivo en la etapa vegetativa y se aporta a mayor cantidad de agua en la etapa reproductiva; en cambio la variedad Victoria presenta una mayor respuesta de productividad cuando se somete a estrés hídrico desde inicio de la siembra hasta madurez fisiológica. La transformación del agua en grano es mayor en los tratamientos que recibieron una lámina de agua menor en la etapa vegetativa, en la etapa reproductiva cuando se incrementó la lámina se obtuvo mayores rendimientos de grano siendo superior la variedad Victoria.

## Referencias bibliográficas

Flórez, V., D. Miranda, B. Chaves, L. Chaparro, C. Cárdenas y A. Farías. (2006). Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en rosa y clavel en los sistemas de cultivo en suelo y en sustrato. En: Flórez, V., A. De la C. Fernández,



D. Miranda, B. Chaves y J.M. Guzmán (eds.). Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Gardner, .P, Pearce, B. & Mitchell, L. (2003). Physiology of crop plants. Blackwell publishing company. Iowa, 326 p.

Gardner, M., Snee,M., Hall, A., Powell, C., Downes S & Terrell, D. (1990). Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria. Br Med J 300: 423-429

Madueño, M. A., García, J. D., Martínez, J., & Rubio, C. (2006). Germinación y crecimiento de frijolillo *Rhynchosia minima* (L.) DC con diferentes potenciales osmóticos. *Terra Latinoamericana*, 24(2), 187-192.

Mohr, L. B. (1995). Impact analysis for program evaluation (second ed.). Newbury Park, CA: Sage, 336 p.

Servín, P. M. (2015). Sistema para programar y calendarizar el riego en los cultivos en tiempo real. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, México.

Steward, J. W. (1969). The Tailed Amphibians of Europe. London: Newton Abbot.

Taiz, E. & Zeiger, E. (2006). Fisiología vegetal/Plant physiology (No. 581.1). Universitat Jaume I. 1907 p.

Ugalde-Acosta, F. J., Villar-Sánchez, B., López-Salinas, E. y Tosquy-Valle, O. H. (2005). Verificación de tecnología para frijol de riego en la región centro del estado de Veracruz, México. *Terra Latinoamericana*, 23(1), 599-604.