

Nota técnica:

Optimización de riego en frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp en suelos de la altiplanicie de Maracaibo

Technical note:

Watering optimization in cowpea *Vigna unguiculata* L. Walp in the highland of Maracaibo

M. V. Labarca¹, S. C. Mora¹, S. F. Silva¹, B. Bracho², C. Castro de Rincón², O. Mavares³ y A. Higuera⁴

Resumen

Para medir el comportamiento del cultivo del frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp bajo diferentes láminas de riego, se estableció un ensayo en el Campo Experimental "Ana María Campos" de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, la cual posee suelos de textura franco arenosa a arenosa clasificados taxonómicamente como Typic Haplargid. El material utilizado fue la variedad Ojo Negro Original y el mutante ON-30(6). La unidad experimental fue una parcela de 7,75 m², con 5 surcos de 3 metros de longitud, con una separación de 0,5 m entre hilos y 0,1 m entre plantas; con un diseño experimental completamente aleatorizado. Los tratamientos se arreglaron en parcelas divididas con 4 repeticiones, ubicando en las parcelas principales las variedades y en las parcelas secundarias las láminas de riego (tratamientos). Los tratamientos fueron: 1) Aplicación de una lámina neta constante a lo largo del cultivo, 2) Lámina neta variable equivalente a la óptima máxima, 3) 80% de la lámina óptima máxima durante todo el ciclo del cultivo, 4) 80% de la lámina óptima máxima durante la aparición de la primera hoja trifoliolada, 5) 80% de la lámina óptima máxima durante la etapa de llenado de vainas. Las variables estudiadas fueron peso de semillas/planta, número de vainas/planta, número de semillas/vaina, peso de 100 semillas y número de semillas/planta. El análisis estadístico indicó que no hubo diferencias significativas entre las variedades, tratamientos o la interacción entre ellos ($P > 0,05$). Aún cuando el análisis estadístico no muestra diferencias a nivel del 6%, el peso de semillas/planta fue levemente superior al resto de los tratamientos cuando se aplicó 80% de la lámina óptima máxima durante la aparición de la primera hoja trifoliolada. La variedad Ojo Negro Original mostró un peso promedio de semillas/planta de 18,60 g y el mutante 17,67 g. Se determinó que el cultivo del frijol presenta un consumo de agua que varía con la fase de

Recibido el 11-02-1999 • Aceptado el 17-05-1999

1. Estudiantes de Pre-grado de la Facultad de Agronomía, LUZ.
2. Departamento de Estadística de la Facultad de Agronomía, LUZ.
3. Departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía, LUZ.
4. Departamento de Agronomía de la Facultad de Agronomía, LUZ.

crecimiento y desarrollo de la planta, no requiriéndose una lámina de aplicación de agua constante a lo largo del ciclo del cultivo.

Palabras Clave: *Vigna unguiculata*, optimización, riego.

Abstract

In order to measure the behavior of cowpea crop, *Vigna unguiculata* L. Walp, under different irrigation sheets an essay was established in the experimental farm "Ana María Campos" College of Agriculture, Universidad del Zulia. The soils had a sandy-loam to sandy texture. There were classified taxonomically as Typic Haplargid. Cowpea Ojo Negro original variety and ON-30 mutants were used in an experimental unit of 7.75 m², which were made five 3 m length furrows, with a separation of 0.5 m between rows and 0.1 m between plants, in a completely randomized experimental design. The treatments were in a split plot design with 4 repetitions, with the varieties in the main plot and the treatments in the second ones. Treatments were as follows: 1) Applying a net sheet constant throughout the crop cycle; 2) A net variable sheet equivalent to the maximum; 3) 80% of the sheet equivalent to the optimum maximum throughout the crop cycle 4) 80% of the sheet equivalent to the maximum in the second phase (vegetative growth); 5) The same as treatment four but in the fourth growth phase (full of pods). The variable studied were: weight of seeds/plant, number of pods/plant, number of seeds/pod, weight of 100 seeds, and number of seeds/plant. The statistical analysis showed that there were not significant differences between varieties, treatments or their interactions ($P > 0.05$). Even though the statistical analysis did not show significant differences, the fourth treatment barely exceeded the rest of the treatments. The variety ON showed a middle weight of seeds/plant of 18.6 g/plant, and the mutant showed 17.67 g. The results showed that similar irrigation sheets are not necessary through the cycle of cowpea, because the requirements of this crop are different throughout vegetative and reproductive phases.

Keys words: *Vigna unguiculata*, optimization, irrigation.

Introducción

Al frijol se le ha considerado tradicionalmente como un cultivo de subsistencia para la población. Este cultivo tiene gran importancia por su alto valor nutritivo, y representa una alternativa para sustituir el consumo de proteína de origen animal que cada día se hace más difícil de adquirir por su alto costo. Hoy día, Venezuela como

país en desarrollo vive en una etapa crítica de transición, requiriéndose la implementación de programas sociales que reactiven la economía de los pequeños y medianos productores del campo, con la intención de ofrecer a los sectores más empobrecidos de la sociedad alimentos proteicos de calidad diferente a la proteína de origen ani-

mal, y así disminuir su consumo. Dentro de estas acciones gubernamentales puede citarse el programa de alimentos estratégicos (PROAL); el cual ha considerado al frijol, cultivo tradicional que ha servido de subsistencia para la población, por su importancia como alimento de alto valor nutritivo.

En estudios realizados anteriormente se ha determinado que las necesidades de agua para obtener una producción máxima con un cultivo de 60-120 días, varían entre 300-500 mm de acuerdo al clima (1). Las necesidades durante el período de maduración de las semillas dependen en gran parte, de que la evapotranspiración del cultivo durante ese período sea relativamente pequeña, debido a la desecación de las hojas (4).

El límite superior de producción de un cultivo viene determinado por las condiciones edafoclimáticas y por el potencial genético del mismo. Por ello, la utilización eficiente del agua en la producción de un cultivo sólo puede lograrse cuando la planificación, el proyecto y la operación de suministro del agua y del sistema de distribución estén orientados a atender, tanto en cantidad como en tiempo, las necesidades de agua del cultivo. Esto incluye los períodos de escasez de agua, imprescindibles para un crecimiento

óptimo y un alto rendimiento, evitándose pérdidas de rendimiento en periodos de escasez de agua (3).

En el país, el cultivo del frijol se ha venido manejando en condiciones de secano o mediante sistemas de riego en los cuales se aplican láminas de agua constantes a lo largo del ciclo del cultivo. Actualmente, debido al crecimiento poblacional, el agua se ha convertido en un recurso escaso, que se debe usar racionalmente en la agricultura, ya que su disponibilidad compete con el consumo humano y el consumo industrial.

Para realizar un proyecto utilizando riego es importante tener la curva del cultivo con el cual se va a trabajar, dicha curva está conformada por una serie de coeficientes (Kc), que representan la necesidad hídrica de un cultivo en condiciones de suelo, así como la humedad disponible, ambiente, capacidad genética y fisiológica de la planta que no la limiten para generar su máxima producción. Esta curva varía principalmente con las fases de desarrollo del cultivo, y en cierto modo, con la velocidad del viento y la humedad del aire que prevalezca en ese momento (5). El presente estudio tuvo como objetivo determinar el consumo óptimo de agua del cultivo del frijol.

Materiales y métodos

Localización y suelos. El ensayo se realizó en la Granja Experimental "Ana María Campos" de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, localizada en el Municipio San Francisco, estado Zulia,

a 20 msnm, con una temperatura media anual de 29°C y una precipitación promedio de 400-600 mm/año, y corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical, según clasificación de zonas de vida de Holdridge (6).

Los suelos son de textura franco arenosa a arenosa, clasificados taxonómicamente como Typic Haplargid, familia francosa fina y presenta un horizonte argílico superficial que varía entre los 0-50 cm, con un pH de 6,5 y densidad aparente de 1,70 g/cm³, y una infiltración básica de 1,51 cm/hora. Las características del agua de riego son pH de 6,58, C.E de 410 mmhos, lo que la clasifica dentro del tipo C2S1 (8).

Establecimiento y manejo del ensayo. La unidad experimental fue una parcela de 7,75m². Previo a la siembra se preparó el suelo, se niveló y se aplicó fertilizante fosfato diamónico en dosis de 100 Kg/ha. El riego se realizó por surcos de 3 m de longitud con una frecuencia de 7 días. El número de hilos fue de 5, dos como borduras y 3 efectivos. La distancia entre ellos fue de 0,5 m y entre plantas de 0,1 m. Para la siembra se utilizó la variedad Ojo Negro original (ON) y el mutante ON 30(6). Ambas variedades de semillas tienen color crema e *hilum* negro. Se sembraron dos semillas/punto y la superficie utilizada fue de 630 m². El control de malezas se hizo al momento de la siembra aplicando una mezcla de herbicidas pre-emergentes (linuron + metacloro), utilizando 3L de linuron y 1L de metacloro, 21 días después de la misma se realizó una limpieza manual.

Las variables a medir fueron peso de semillas/planta, número de vainas/planta, número de semillas/vaina, peso de 100 semillas y rendimiento/parcela. Los tratamientos aplicados fueron: tratamiento 1 (T₁) el cual consistió en aplicar una lámina neta constante a lo largo del cultivo de 48mm/semana

durante 9 semanas. En el tratamiento 2 (T₂) se aplicó una lámina neta variable equivalente a la óptima máxima. Dicho valor fue calculado multiplicando el valor de la lámina neta constante de cada semana por el coeficiente de cultivo (Kc) para cada semana (7). En el tratamiento 3 (T₃) se aplicó el mismo T₂ menos un 20 % a través del cultivo. En el tratamiento 4 (T₄) se le aplicó el T₂ menos un 20 % en la fase 2 (crecimiento vegetativo) y T₅ fue T₂ menos un 20 % en la fase 4 (llenado de vainas). Es importante aclarar que durante los primeros 21 días después de efectuar la siembra todas las unidades experimentales recibieron una lámina neta constante. Los valores correspondientes a cada tratamiento se presentan en el cuadro 1.

De las cinco hileras sembradas se cosecharon tres, dejando las hileras uno y cinco como bordura. En cada hilera efectiva se cosecharon a mano todas las plantas en forma individual, desprendiendo de cada una de ellas todas sus vainas para luego contar las mismas, así como el número de semillas por vaina, y posteriormente tomar el peso de las semillas por planta y el peso de 100 semillas por cada tratamiento.

Metodología estadística. El diseño estadístico utilizado fue completamente aleatorizado con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron arreglados en parcelas divididas, ubicando en las parcelas principales a las variedades y en las parcelas secundarias a los tratamientos. El modelo aditivo lineal utilizado se describe a continuación: $Y_{ijk} = \mu + V_i + E(a) + T_k + (V.T)_{ik} + E(b)$. Donde: Y_{ijk} = Varia-

ble respuesta. m = Media general de la población. V_i = Efecto debido a la i -ésima variedad. $E(a)$ = Error de la parcela principal. T_k = Efecto asociado al k -ésimo tratamiento. $(V.T)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción entre la i -ésima variedad y el i -ésimo tratamiento. $E(b)$ = Error de la parcela secundaria.

El estudio de los datos se hizo empleando un análisis de varianza para todos los tratamientos aplicados en el ensayo. Las comparaciones en-

tre las medias de los tratamientos se realizaron mediante la prueba de Tukey (7). Considerando que las variables número de vainas/planta y número de semillas/planta son discretas y no tienen un comportamiento normal se aplicó la transformación raíz cuadrada (2). Los datos fueron procesados a través del sistema de análisis estadístico (SAS) aplicando el modelo lineal general o GLM (7).

Resultados y discusión

La variación en la cantidad de agua aplicada durante el ciclo vegetativo del frijol (figura 1) influye muy poco en los rendimientos, mientras esté comprendida en el rango establecido entre la evapotranspiración máxima del cultivo (ETC) y la evapotranspiración potencial de la zona (cuadro 1). Así mismo, se puede notar que una reducción del agua aplicada a través del ciclo en un rango menor al 20 % influye levemente en los rendimientos, mientras que en algunos casos puede hasta incrementarlos, como es el caso del efecto causado por el tratamiento 4, en el cual, una reducción en la aplicación del agua en la segunda fase elevó someramente la producción del cultivo (figura. 2).

El peso de semillas (figura 3) expresado en g/planta para la variedad ON-Original y el mutante ON-30(6) con respecto a los tratamientos aplicados, demostró la no existencia de diferencias significativas ($P > 0,05$) en cuanto a variedad, tratamientos o la interacción entre ellos. Sin embargo, aun cuando el análisis estadístico no

muestra diferencia al 5%, el peso de semilla/planta fue levemente superior en el tratamiento 4 al compararlo con el resto de los tratamientos. La variedad mostró un promedio de semillas/planta de 18,6 g y el mutante, un promedio de 17,67 g.

Para la variable número de vainas/planta (figura 4) se encontraron diferencias significativas al 6%, obteniéndose los mayores niveles promedio con los tratamientos 4 y 5, mientras que con el tratamiento 3 se reduce el número de vainas/planta en una unidad, lo cual reflejado por ha. se traduce en una disminución de 167.000 vainas; equivalente a 167 kg.

Para la variable número de semillas/planta (figura 5) no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos y variedades, posiblemente atribuibles a que dichas características presentan una alta heredabilidad en este cultivo. En la variable peso de 100 semillas (figura 6) y número de semillas/vaina (figura 7) no hubo diferencias significativas entre variedades y tratamientos.

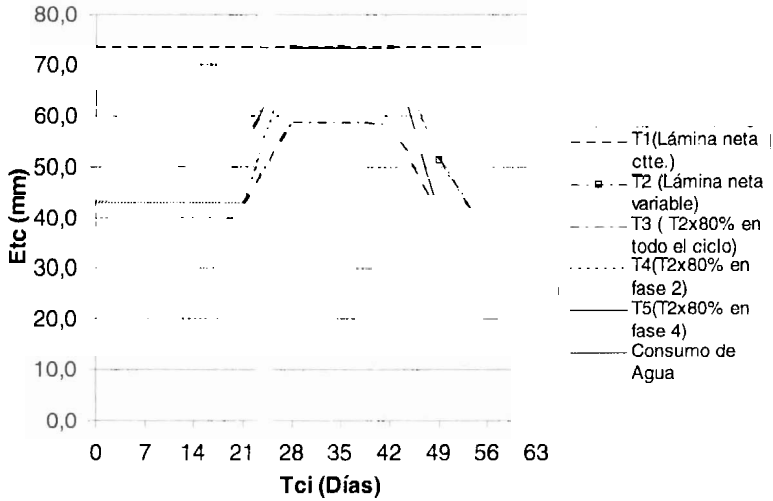


Figura 1. Láminas de riego aplicadas a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo

Los resultados del trabajo también demuestran una posible economía de agua en la aplicación del riego. Existen diferencias notables en la cantidad de agua aplicada a través del ciclo del cultivo, (cuadro 1) ya que entre el tratamiento 1, en el cual se aplicó la mayor cantidad de agua, y el tratamiento 4 en el que se obtuvo el mayor rendimiento, existe una diferencia en la aplicación del riego de

118,3 mm, equivalentes a un volumen de 1.183.000 litros de agua/ha. en el ciclo.

En general, lo recomendable para la zona en que se realizó el trabajo es que en el cultivo del frijol los riegos deben ajustarse a la demanda de agua del cultivo para necesidad variable en el ciclo, tal como se refleja en los datos presentados en el cuadro 1 para el tratamiento 4.

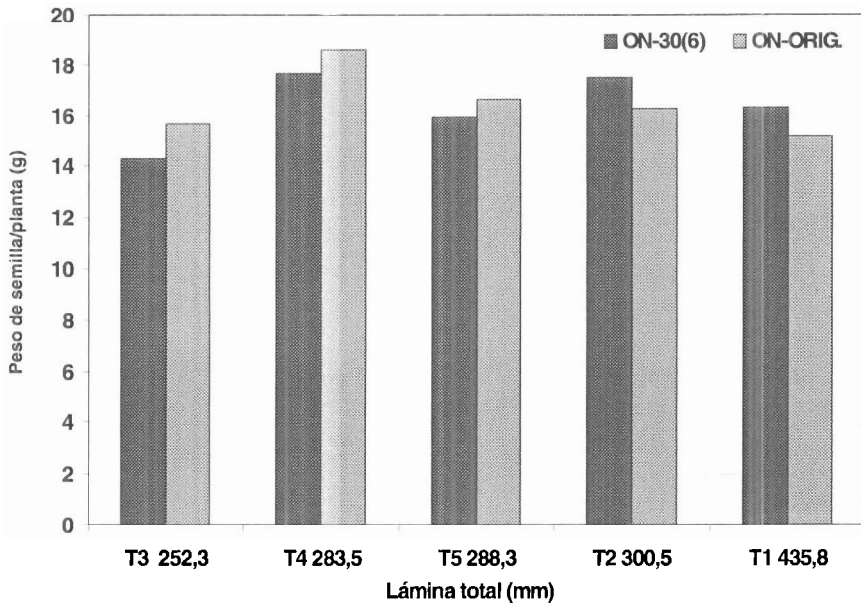


Figura 2. Relación entre el rendimiento del cultivo y la lámina total de agua aplicada

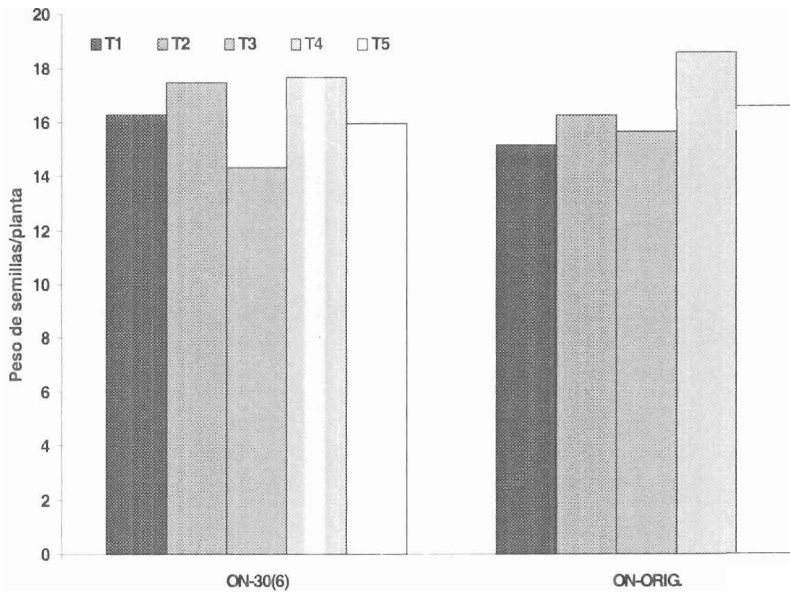


Figura 3. Peso de semilla por planta para los diferentes tratamientos aplicados a la variedad ON-ORIG. y el mutante ON-30(6)

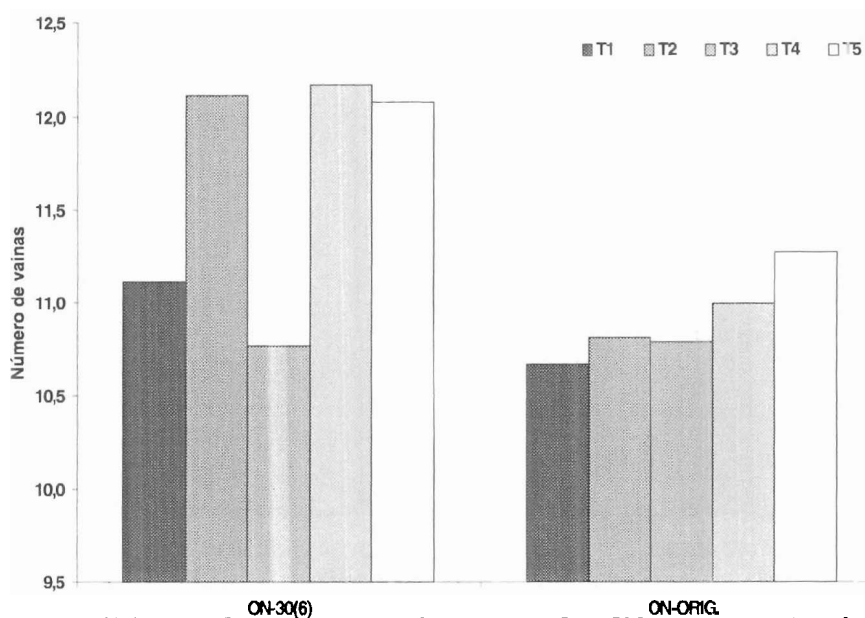


Figura 4. Número de vainas por planta para los diferentes tratamientos aplicados a la variedad ON-ORIG. y el mutante ON-30(6)

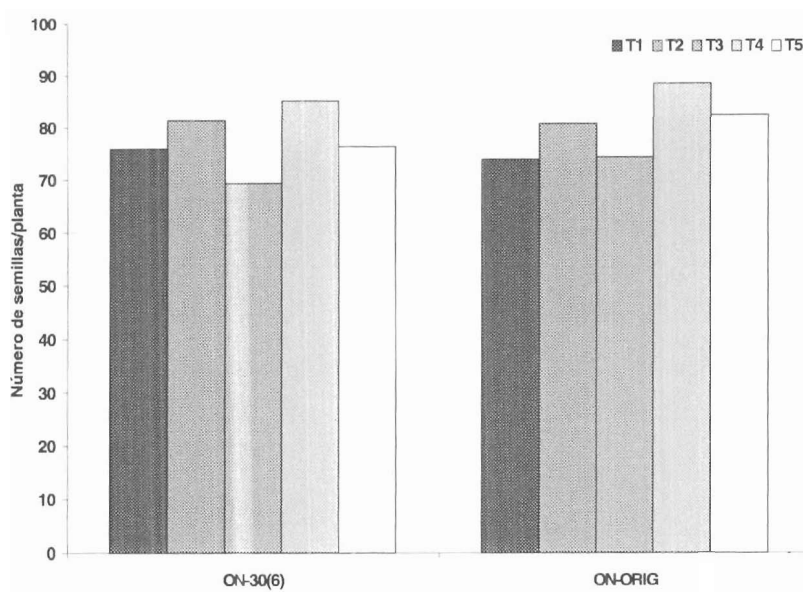


Figura 5. Número de semillas por planta para los diferentes tratamientos aplicados a la variedad ON-ORIG. y el mutante ON-30(6)

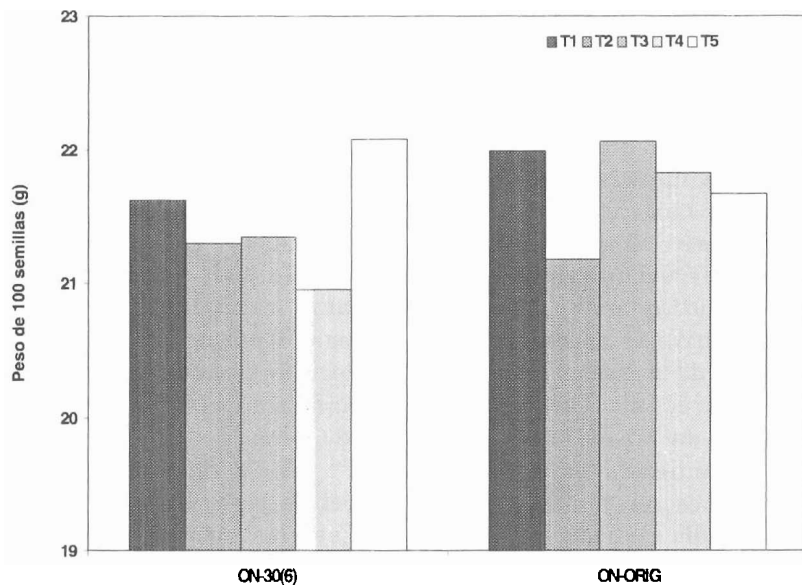


Figura 6. Peso de 100 semillas para los diferentes tratamientos aplicados a la variedad ON-30(6)

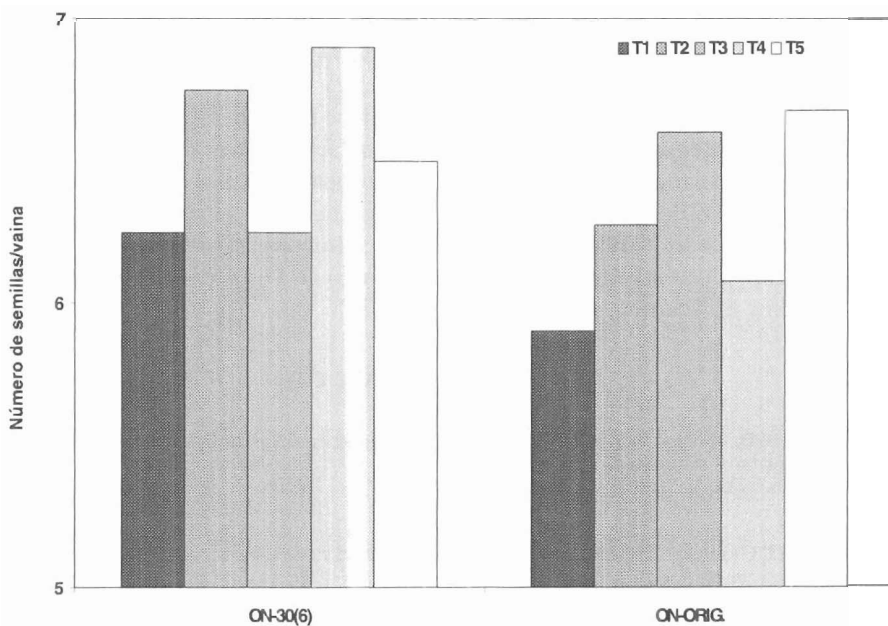


Figura 7. Número de semillas por vaina para los diferentes tratamientos aplicados a la variedad ON-ORIG. y el mutante ON-30(6)

Conclusiones

Según el análisis estadístico se puede concluir que no existen diferencias significativas ($P > 0.05$), en cuanto a variedades, tratamientos y la interacción entre ellos en ninguna de las variables estudiadas, lo que demuestra que las láminas de agua a aplicar al cultivo se pueden reducir, dependiendo de la fase en la que éste se encuentre, sin afectar los rendimientos del mismo.

Se recomienda para futuras investigaciones relacionadas con el tema en estudio realizar una prueba de enraizamiento que corrobore que el rendimiento obtenido en el tratamiento 4, el cual superó levemente el rendimiento del resto de los

tratamientos, obedece al estrés hídrico que se provocó a la planta en la fase 2, el cual favoreció el crecimiento de las raíces de manera ortotrópica en busca de aguas sub-superficiales.

Se podría zonificar el cultivo, garantizando la siembra del mismo en zonas donde jamás se ha sembrado sin riego (en secano), pero se dispone de la lámina de agua requerida, es decir 283,5 mm.

En la zona en que se realizó el trabajo, las aplicaciones de riego deben ajustarse a las necesidades variables del cultivo, para poder reducir en esa forma los costos del riego sin afectar la producción.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su gratitud al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de La Universidad del Zulia (CONDES) por haber financiado parte de esta investigación, a nuestros tutores por orientarnos y dedicarnos parte de su

valioso tiempo, al personal que labora en la Granja Experimental "Ana María Campos", a nuestros compañeros de Facultad y en especial a Juan Carlos Negrette por su incondicional colaboración. Gracias a Dios, por ser la luz que nos guía.

Literatura citada

1. FABI, M 1990. "Necesidades Hídricas de los Cultivos". Centro de Investigación y Tecnología Agraria. Madrid, España. 98 p.
2. Castro de R, Carmen. 1984. "El uso de las Transformaciones". La Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Estadística pp 30-35.
3. Food and Agricultural Organization 1988. "Las Necesidades de Agua de los Cultivos". Serie Riego y Drenaje. 24. Roma, Italia. 194 p.
4. Food and Agricultural Organization 1988. Efectos del Agua sobre el rendimiento de los Cultivos". Serie Riego y Drenaje. N° 33. Roma, Italia. 211 p.

5. Mavares, O. 1997. Determinación de la curva de frijol (*Vigna unguiculata*) en la planicie de Maracaibo. En compendio VII Jornadas Científico-Técnicas. La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. 26 p.
6. Ministerio de Agricultura y Cría. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el Mapa ecológico. pp 74-85.
7. Statistical Analysis System. Institute Inc 1989. Paquete Estadístico para Microcomputadores. 6th. Edition SAS; Institute Inc. Cary, N.C., pp 235-264.
8. Wilhelmus, P., Noguera N., Materano, G., Romero G. 1983. Estudio detallado de la Granja "Ana María Campos". La Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Edafología. Maracaibo, Venezuela.