

RESPUESTA DEL FRIJOL A DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO

Claudio Godoy Avila¹

RESUMEN

Debido a que en la Comarca Lagunera se desconoce la respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de diferentes niveles e intervalos de riegos, se desarrolló un trabajo cuyos objetivos fueron conocer la función de producción del agua, así como cuantificar el efecto de las deficiencias de este elemento en fases fenológicas importantes. El estudio se realizó en el CIFAP-Comarca Lagunera empleando un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas en seis repeticiones. En la parcela principal se estudiaron tres fechas del primer riego de auxilio que fueron: a los 30, 43 y 50 días después de la siembra y en la subparcela se estudiaron tres intervalos de riego después de la aplicación del primer riego de auxilio que fueron de cada dos semanas, cada tres semanas y no aplicación de riegos. Se encontró que la eficiencia del uso del agua fue de 1.21 mg de materia seca por gramo de agua, la función de producción del agua fue de tipo cuadrático, mientras que la relación materia seca total y agua consumida fue lineal y el coeficiente del cultivo (Kc) fue más alto en los tratamientos con el primer riego de auxilio aplicado a los 30 días y regado después cada dos semanas. La producción de frijol y de materia seca total se redujeron de manera significativa a medida que se retrasó la aplicación del primer riego, o bien, cuando se alargó el intervalo entre riegos posteriores, o éstos no se aplicaron.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Phaseolus vulgaris L., consumo de agua, función de producción del agua, eficiencia del uso del agua, coeficiente del cultivo.

SUMMARY

Dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) responses to variations in water supply is unknown in the Comarca Lagunera region of México. Thus, a study was conducted to estimate an equation to predict yield production based on water supply, and to evaluate the effect of water stress on important phenological phases. This study was performed at the CIFAP-Comarca Lagunera. Treatments were assigned to a randomized complete block in a split plot distribution with six replications. The main plot consisted in three application times for the first irrigation dates (30, 43 and 50 days after planting); subplots consisted of three irrigation intervals after the application of the first (every two weeks, every three weeks and no further water application). Water use efficiency was 1.21 miligrams of dry matter per gram of water, the equation was of the 2nd order, and a linear relation was found between total dry matter and water consumption. The crop coefficient (Kc) was higher in the treatment which had the first irrigation applied 30 days after planting and additional irrigations were every two weeks. Grain yield and total dry matter were significantly reduced when the first irrigation was delayed, or when the interval between irrigations was larger than two weeks.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Phaseolus vulgaris L., water consumption, water requirement model, water use efficiency, crop coefficient.

INTRODUCCION

En la Comarca Lagunera, Coahuila (24°30'N, 103°40' L.O.) el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se siembra bajo el calendario de los riegos de auxilio de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.); sin embargo, mientras que a este cultivo se le aplican

¹ Investigador del INIFAP. Programa de Uso y Manejo del Agua. CIFAP-Comarca Lagunera. Apdo. Postal 247. C.P. 27000. Torreón, Coahuila.

cuatro riegos de auxilio, al frijol se le alcanzan a aplicar solamente 1 ó 2 riegos, lo cual se refleja de manera muy drástica sobre la producción promedio regional que para el año de 1987 fue de 0.36 ton/ha. Este bajo rendimiento es un reflejo de la mala planeación en la distribución del recurso agua para este cultivo, debido al desconocimiento que se tiene de la respuesta del frijol a la aplicación de diferentes cantidades de agua. La necesidad de más altas producciones y un uso más eficiente del agua en este cultivo, hacen necesario que las funciones de producción del agua, definida como la relación entre evapotranspiración real y el rendimiento de grano o materia seca total, sean conocidas en forma cuantitativa. Por lo anterior, se realizó el presente trabajo cuyos objetivos principales fueron: a) Conocer la relación que existe entre la materia seca y el agua consumida (función de producción del agua); y b) Cuantificar el efecto de las deficiencias de agua en fases fenológicas importantes sobre la producción de grano y materia seca total incluyendo las raíces.

REVISION DE LITERATURA

Teare y Peet (1982) establecieron que aunque los resultados sobre los efectos que tienen las deficiencias de agua en el frijol son inconsistentes, se podría decir que no existe un consenso sobre la utilidad de aplicar agua de riego durante la fase vegetativa; pero sí se sabe que el aplicar agua durante floración y desarrollo de la vaina incrementa la producción de grano, mientras que deficiencias de agua en esas etapas la reducen.

Fisher y Turner (1978) y Kumar y Khepar (1980) mostraron que la forma de obtener la respuesta del cultivo a diferentes cantidades de agua consumida, es estudiando la relación

que existe entre el rendimiento de un cultivo (expresado ya sea como materia seca o kilogramos de la parte económica) y el consumo de agua a través de la transpiración. Esta relación se conoce como función de producción del agua y su determinación es importante debido a que proporcionan datos básicos para la construcción de modelos reales de producción de los cultivos, los cuales pueden ser usados para encauzar muchas preguntas importantes en la planeación y manejo del agua, y probablemente con buena precisión proporcionen información extrapolable a varias localidades. Por otro lado, Chang (1968) encontró que esta relación es de tipo lineal y que en experimentos de campo es muy difícil evaluar la transpiración, por lo que se utiliza el término evapotranspiración real (ET_r) que considera también las pérdidas de agua por evaporación directa, y es por esto que bajo condiciones de campo la relación entre ET_r y producción de la parte económica de la planta, puede o no ser lineal. Al mismo tiempo, Vaadia (1986) establece que la producción de materia seca y la transpiración son dos procesos regulados por las condiciones de producción del cultivo; y que las condiciones adversas como deficiencias de agua, baja disponibilidad de nutrimentos y alta salinidad, no modifican la relación entre dichos procesos.

Por otro lado, para la relación entre la evapotranspiración y materia seca para el frijol, Siqueira y Palacios (1985) encontraron que un modelo alimentado con valores de humedad residual por etapas fenológicas genera resultados satisfactorios para el caso de rendimiento de grano. Al mismo tiempo, Enríquez (1984) generó algunas relaciones matemáticas para predecir el rendimiento del frijol en función del agua consumida en diferentes etapas fenológicas.

Goldhamer (1989) menciona que el componente más importante del balance de agua es una estimación precisa de la evapotranspiración del cultivo, la cual, de acuerdo a Doorenbos y Pruitt (1975), se puede conocer usando la ecuación $E_{Tr} = E_{Tp} \times K_c$; en donde E_{Tr} y E_{Tp} son la evapotranspiración real y potencial, respectivamente, y K_c se conoce como coeficiente de cultivo. Este coeficiente tiene que ser determinado experimentalmente y su valor varía de día a día al modificarse el crecimiento y el desarrollo del cultivo. La tasa de crecimiento y desarrollo del cultivo cambiará de año a año pero el valor del K_c correspondiente a una fase de crecimiento y desarrollo en particular es fijo.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó durante 1986 en el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP) de la Comarca Lagunera. Los factores estudiados fueron días al primer riego de auxilio, con tres niveles a los 30, 43 y 50 días después de la siembra (dds), e intervalos de riego después de la aplicación del primer riego, también con tres niveles: cada dos semanas, cada tres semanas y sin aplicación de riegos subsecuentes. Los nueve tratamientos resultantes de la combinación de los tres niveles de cada factor (Cuadro 1) se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con seis repeticiones; en la parcela principal se tuvieron las fechas del primer riego de auxilio y en la subparcela los tres intervalos de riego.

El 9 de abril se aplicó el riego de presembrado; el 22 de abril se efectuó la siembra utilizándose la variedad Pinto Laguna 80, en camas de 1.60 m de ancho con dos hileras cada una. La parcela total

fue de 154 m² (16 hileras en 12 m de longitud) y la parcela útil de 25.6 m² (4 hileras de 8 m de longitud).

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en el experimento de riegos en el frijol.

No.	Primer riego de auxilio (dds) ¹	Intervalo entre riegos subsecuentes	Total de riegos aplicados ²
T ₁	30	dos semanas	6
T ₂	30	tres semanas	5
T ₃	30	no riego	2
T ₄	43	dos semanas	6
T ₅	43	tres semanas	5
T ₆	43	no riego	2
T ₇	50	dos semanas	6
T ₈	50	tres semanas	5
T ₉	50	no riego	2

¹ dds: Días después de la siembra.

² A todos los tratamientos se les aplicó un riego de presembrado.

Información acerca de la evapotranspiración acumulada y precipitación ocurridas durante los meses en que se llevó a cabo el experimento se muestran en la Figura 1.

En todas las combinaciones estudiadas y en dos repeticiones, se colocaron tubos de aluminio en el área central de cada parcela para el acceso de la sonda de neutrones. El contenido de agua en el suelo fue medido tres veces por semana durante la estación de crecimiento, a tres profundidades múltiples de 30 cm. La evapotranspiración real (E_{Tr}) para los intervalos entre las mediciones con la sonda de neutrones, fue calculada usándose la siguiente fórmula:

$$E_{Tr} = (A_1 - A_2) (D.A.) (Pr)$$

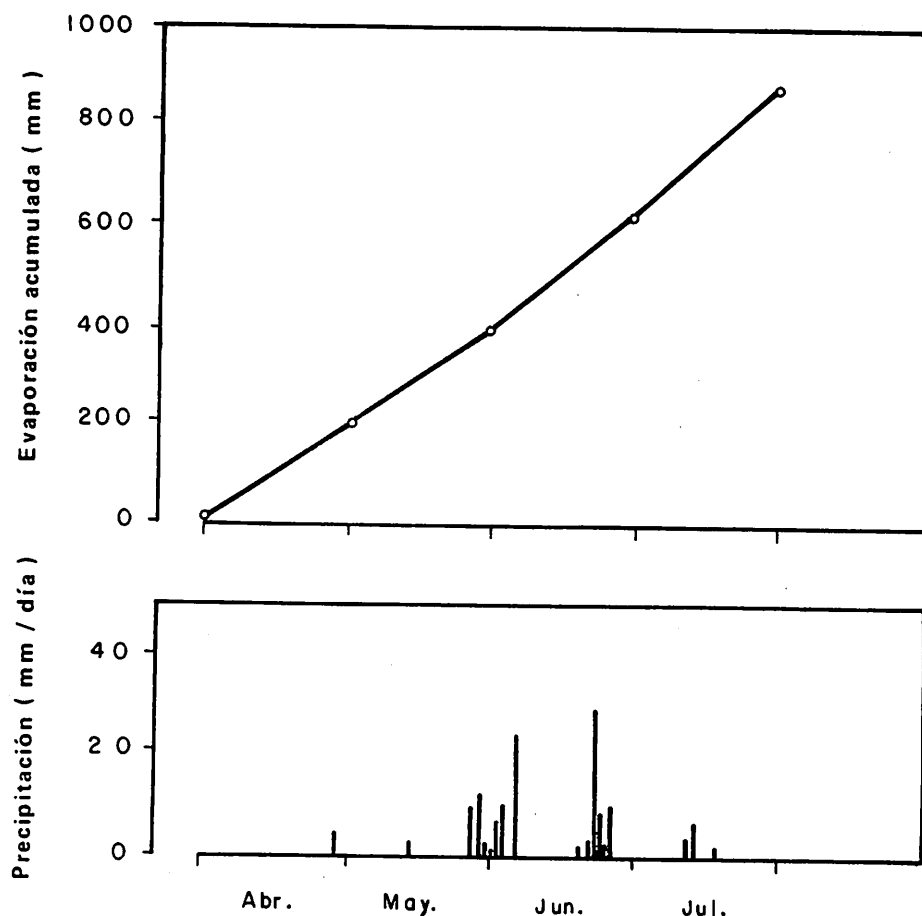


Figura 1. Precipitación y evaporación acumulada que se presentó durante el ciclo vegetativo del experimento de frijol.

donde:

ETr = Evapotranspiración real (cm).
 A_1 = Humedad inicial (%).
 A_2 = Humedad final (%).
 D.A. = Densidad aparente (g/cm^3).
 Pr = Profundidad radicular (cm).

Donde:

ETp = Evapotranspiración potencial (cm).
 E_o = Evapotranspiración registrada en un tanque evaporímetro clase "A".
 K_T = Coeficiente del evaporímetro el cual considera el clima o ambiente que rodea al tanque.

La evapotranspiración potencial (ETp) se obtuvo a partir de la siguiente relación:

$$ETp = (E_o) (K_T)$$

Los coeficientes de cultivo (K_c) para cada tratamiento e intervalo de muestreo se determinaron usando la siguiente relación:

$$K_c = ETr/ETp$$

donde:

Kc = Coeficiente de cultivo.

ETr = Evapotranspiración real (cm) calculada de la disminución de la humedad del suelo medida por medio de la sonda de neutrones.

ETp = Evapotranspiración potencial (cm).

RESULTADOS Y DISCUSION

El coeficiente de cultivo para los nueve tratamientos estudiados se muestra en la Figura 2. Este coeficiente expresa el uso que el frijol hizo del agua disponible en el suelo, a través de la transpiración de la planta y del incremento en la evaporación de la superficie del suelo, sobretodo después de un riego o una lluvia. El coeficiente de cultivo más alto (0.65) fue para el tratamiento de fecha de riego 30 dds (T₁) y regado después a intervalos de dos semanas y varió entre 0.45 y 0.60 para los otros ocho tratamientos; es decir, en T₁ el uso de agua diario fue más alto que en los demás tratamientos. Los tratamientos 1, 3, 4, 5, 6, 8 y 9 cayeron a valores muy bajos de Kc (0.05 y 0.1) cerca del final de la estación de crecimiento, mientras que los tratamientos 2 y 7 alcanzaron valores de 0.27 y 0.32, respectivamente, cerca de la madurez fisiológica.

En el Cuadro 2 se muestra la fecha a la cual se alcanzó el máximo valor de Kc que fue alrededor de junio 5 para los tratamientos 1, 2, 3 y 4; junio 10 para los tratamientos 7 y 8 y entre junio 17 y 29 para los tratamientos 5, 6 y 9. Cabe mencionar que el inicio de la floración y crecimiento de la vaina ocurrió en mayo 26 y junio 2, respectivamente, suponiéndose que en los tratamientos 5, 6, 7, 8 y 9, debido a un valor bajo de Kc, pudieron haberse presentado deficiencias hídricas durante estas fases importantes. Al respecto, Bauder y Ennen

(1981), Stegman y Olson (1976) y Teare y Peet (1982) encontraron que cuando no se presentan deficiencias hídricas durante la floración y desarrollo de la vaina en el frijol la producción se incrementa; mientras que cuando ocurren deficiencias ésta se reduce.

Cuadro 2. Máximos valores de Kc y fechas en que se alcanzó este valor para los 9 tratamientos estudiados.

Tratamiento	Coeficientes de cultivo (Kc)	
	Máximo valor	Fecha en que se alcanzó el máximo valor
T ₁	0.65	junio 5
T ₂	0.60	junio 6
T ₃	0.50	junio 5
T ₄	0.58	junio 6
T ₅	0.52	junio 29
T ₆	0.45	junio 19
T ₇	0.50	junio 10
T ₈	0.54	junio 10
T ₉	0.54	junio 17

Al comparar el uso de agua diario en las tres fecha del primer riego de auxilio estudiadas y con los riegos subsecuentes aplicados cada dos semanas (Figura 3) se encontró que las fechas 2 y 3 fueron muy similares, mientras que en la fecha 1, el uso de agua fue un 40% superior a éstos; lo anterior concuerda con la discusión previa que se hizo de la Figura 2 y Cuadro 2. El máximo consumo de agua se obtuvo en el tratamiento 1 y fue de 0.58 cm/día (Figura 3), el cual es cercano al encontrado por Bauder y Ennen (1981), Briggs y Shantz

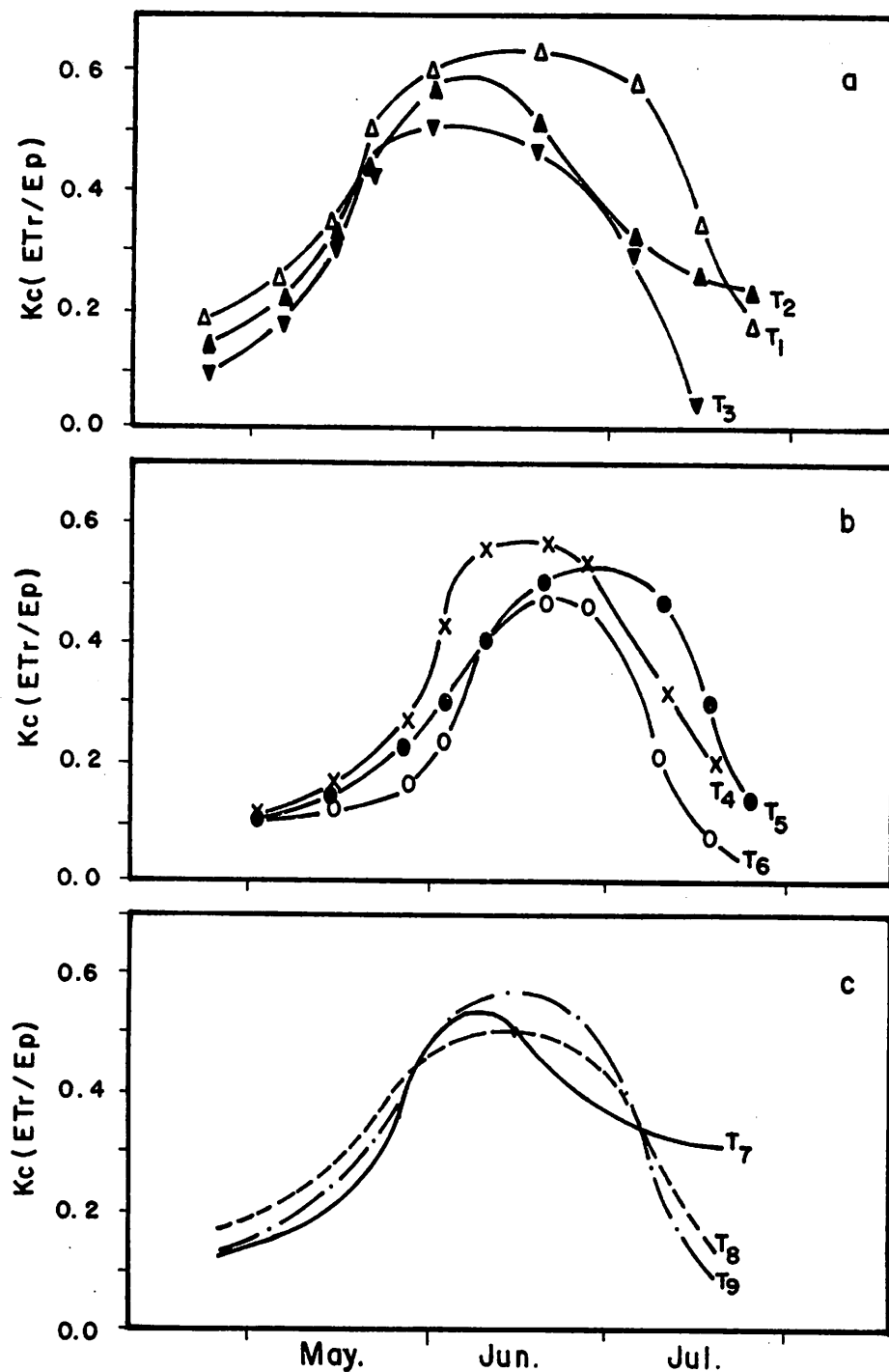


Figura 2. Variación en el coeficiente de cultivo (K_c) para los tratamientos de riego T_1 , T_2 y T_3 (a); T_4 , T_5 y T_6 (b); y T_7 , T_8 y T_9 (c).

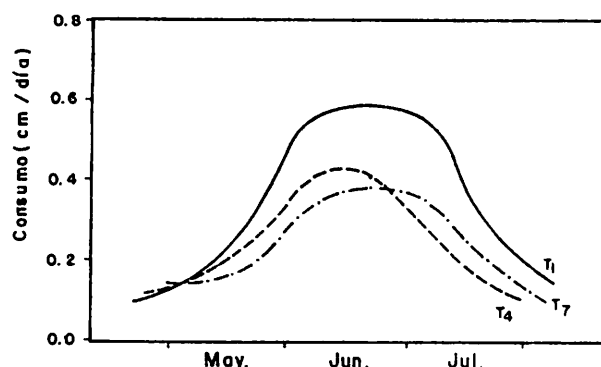


Figura 3. Consumo de agua diario para los tratamientos de inicio a los 30, 43 y 50 días después de la siembra y regados posteriormente cada 2 semanas.

(1982) y Mielke y Peck (1967); quienes obtuvieron un valor máximo para frijol de 0.54, 0.53 y 0.60 cm/día, respectivamente.

El Cuadro 3 muestra el rendimiento de frijol, encontrándose diferencias altamente significativas para la parcela mayor (fecha de primer riego de auxilio) y parcela menor (intervalo de riego) pero no para la interacción.

Se encontró que cuando se dio el primer riego de auxilio a los 30 días, el rendimiento fue estadísticamente diferente y superior a cuando se dio a los 43 días, y éste a su vez al obtenido cuando se dio a los 50 días. Esto significa que a medida que se va retrasando el riego después del inicio de la floración (mayo 26) la producción se reduce de una manera significativa. Además, en este estudio se encontró que esta reducción en producción fue de 6 a 20%. Al respecto, Nelson (1962) encontró que

deficiencias de agua durante floración y desarrollo de la vaina redujeron la producción en un promedio del 22%, mientras que Dubetz y Mahalle (citados por Teare y Peet, 1982) encontraron una reducción de 35% durante el mismo período. Es muy probable que los bajos porcentajes de reducción obtenidos en el presente estudio hayan sido provocados por la presencia de lluvias durante el período de crecimiento de la vaina (Figura 1), lo cual permitió que aun en los tratamientos con intervalo de riego largo, el nivel de humedad aprovechable en el suelo fuera alto. En relación a los intervalos de riego, la presencia de lluvias provocó que no se encontraran diferencias estadísticamente significativas en el intervalo de tres semanas y el no riego, los cuales a su vez fueron estadísticamente diferentes e inferiores al intervalo de cada dos semanas.

En el Cuadro 4 se muestra la producción de materia seca total (grano + paja + raíz); se pueden observar diferencias altamente significativas para fechas de riego de auxilio e intervalos así como para la interacción. Se encontró que cuando el primer riego de auxilio se dio a los 30 días fue estadísticamente diferente y superior a cuando se dio a los 43, el cual a su vez fue mayor al obtenido cuando se dio a los 50 días. A medida que se retrasó el riego a partir de la floración, el rendimiento de materia seca total se redujo en un 15 y 25%.

Para los intervalos de riego estudiados, se encontraron las mismas diferencias que para las fechas del primer riego de auxilio; es decir, a medida que se alarga el intervalo de riego o no se riega, el rendimiento de materia seca total se reduce significativamente. Iniciar los riegos a los 30 días después de la siembra y aplicar luego un intervalo de cada dos semanas se traduce en una mayor producción de materia seca

(Cuadro 4). En relación a la interacción de fechas del primer riego de auxilio con intervalo de riegos se encontró que aplicar el

primer riego de auxilio 30 dds y luego regar con un intervalo de cada dos semanas fue estadísticamente diferente y superior al resto

Cuadro 3. Rendimiento de frijol (kg/ha) de tratamientos resultado de la combinación entre tres fechas del primer riego de auxilio y tres intervalos de riegos subsecuentes.

Primer riego de auxilio (dds)	Riegos subsecuentes al primer riego de auxilio			Media
	Cada dos semanas	Cada tres semanas	Sin riego	
30	2128 (6) ²	1953 (5)	1943 (2)	2008 a ¹
43	1972 (6)	1845 (5)	1865 (2)	1894 b
50	1670 (6)	1709 (5)	1602 (2)	1660 c
Media	1923 a	1835 b	1803 b	

¹ Valores seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Duncan, $\alpha = 0.01$).

² Números entre paréntesis indican el total de riegos aplicados a este tratamiento.

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca total (kg/ha) bajo tres fechas del primer riego de auxilio y tres intervalos de riegos después de la aplicación de éste.

Primer riego de auxilio (dds)	Intervalo de los riegos subsecuentes			Media
	Cada dos semanas	Cada tres semanas	Sin riegos	
30	4423 a ¹	4087 b	3456 bc	3989 a
43	3554 bc	3652 b	2949 cd	3385 b
50	3125 bc	3194 bc	2891 cd	3069 c
Media	3701 a	3644 b	3099 c	

¹ Valores seguidos con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Duncan, $\alpha = 0.01$).

de las combinaciones. Retrasar la fecha de aplicación del primer riego y posteriormente alargar el intervalo de riego o no aplicar agua reducen de una manera drástica la materia seca total.

En la Figura 4 se muestra la relación entre la producción de grano de frijol y la ETr estacional; cada punto en la gráfica, representa el promedio de dos repeticiones para el tratamiento de que se trate, pudiéndose observar que la producción de grano nunca fue inferior a 1563 kg/ha. La máxima ETr corresponde al tratamiento de más agua aplicada. En trabajos realizados por Beese *et al.* (1982), Miller y Hang (1982), Shalhevet *et al.* (1983) y Stewart *et al.* (1977) se establece que la relación entre producción y ETr parece ser lineal, sin embargo, existen otros, como los realizados por Chang (1968), Howe y Rhoades (1955) y Robins y Domingo (1953) en los que esta relación ha sido de tipo cuadrática. En el presente estudio, la más alta correlación se logró con el modelo lineal; sin embargo, bajo este modelo, el valor de la intersección fue de 623.5, lo que se considera irreal, ya que para que se tenga una producción de grano mayor de cero, se requiere que la planta forme una cierta estructura y para que esto suceda, es necesario que se consuma cierta cantidad de agua, ya sea por evaporación directa del suelo o por transpiración, por lo que se considera que el caso del modelo cuadrático es el más adecuado.

Para la relación entre la materia seca total producida y la ETr (Figura 5) los mejores ajustes se obtuvieron usando los modelos lineal y cuadrático, sin embargo, se considera que el lineal es el más adecuado, ya que la pendiente de la línea no es modificada por deficiencias de agua; estos resultados concuerdan con los obtenidos por

Fisher y Turner (1978) quienes encontraron que las deficiencias de humedad en el suelo y nutrimentales, afectan en forma relativamente pequeña la eficiencia del uso del agua (EUA), definida ésta como la materia seca total producida por unidad de agua transpirada.

Downes (1969) y Loomis (1983) calcularon valores medios de EUA de 1.5 y 3.3 mg de materia seca/g de agua, para especies C_3 y C_4 respectivamente. En el presente estudio, para frijol, que es planta C_3 , dicho valor fue de 1.21 mg/g de agua, que es menor al ya mencionado; sin embargo, Fisher y Turner (1978) señalan que si la transpiración y la evaporación del suelo no son separadas, la EUA puede ser reducida entre un 20 a un 50% cuando se trata de cultivos anuales y perennes, respectivamente.

CONCLUSIONES

El coeficiente de cultivo (K_c) fue más alto en el tratamiento con fecha del primer riego a los 30 días después de la siembra y riego posterior cada dos semanas; en este tratamiento, el uso de agua diario fue más alto (40%) que en los demás tratamientos. El rendimiento de grano y la producción de materia seca total disminuyeron de manera significativa a medida que se retrasó la aplicación del primer riego, o bien, se alargó el intervalo de riego o no aplicaron riegos posteriormente.

La relación entre el rendimiento de grano y el agua consumida fue cuadrática, mientras que la relación entre materia seca total y agua consumida fue lineal. La eficiencia en el uso del agua para este cultivo fue de 1.21 mg de materia seca por gramo de agua.

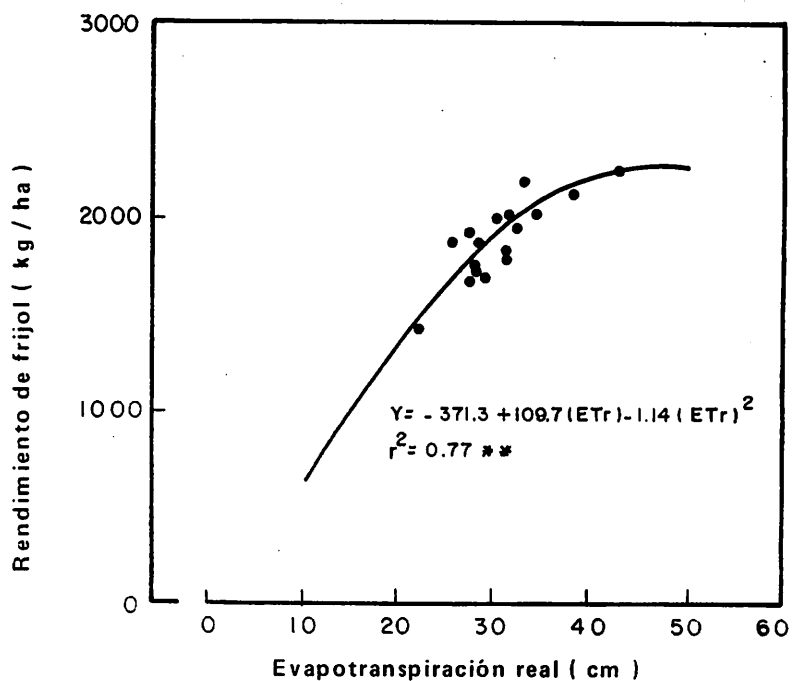


Figura 4. Relación entre rendimiento de frijol por hectárea y la evapotranspiración real (ETr)

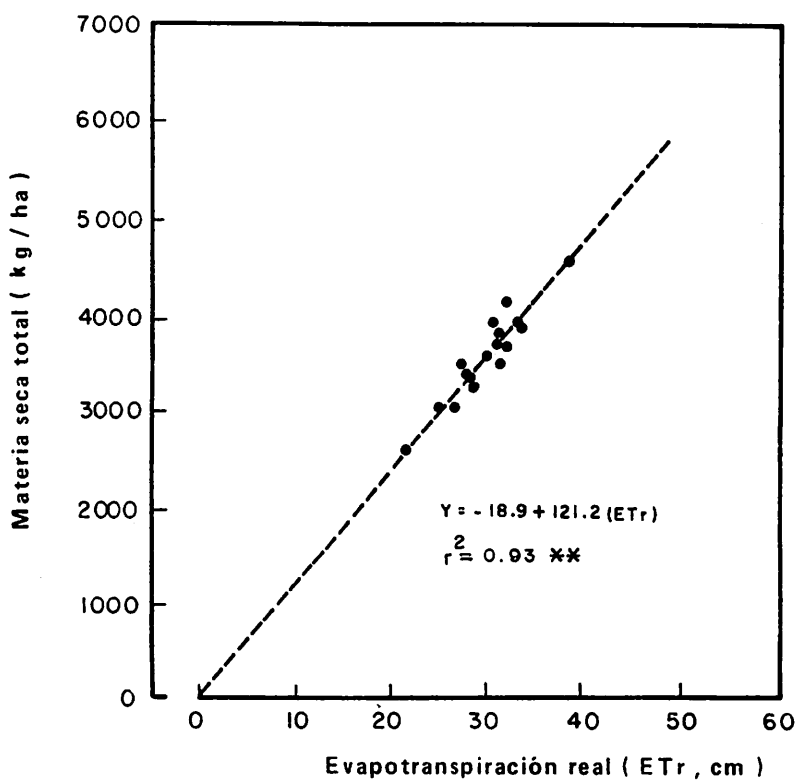


Figura 5. Relación entre la materia seca total incluyendo raíces y la evapotranspiración real (ETr).

BIBLIOGRAFIA

- Bauder, J. W. and M. J. Ennen. 1981. Water use of field crops in eastern North Dakota. N.D. Farm. Res. 38(5):3-5.
- Beese, F., R. Horton, and P. J. Werenga. 1982. Growth and yield response of chile pepper to trickle irrigation. Agron. J. 74:556-561.
- Briggs, L. J. and H. L. Shantz. 1982. The water requirements of plants. II. A review of the literature. USDA Bureau Plant Industry Bull. 285. U.S. Gov. Print Office. Washington, D.C.
- Chang, J. H. 1968. Climate and Agriculture. Aldine Publ. Co. Chicago, Illinois. pp. 150-160.
- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1975. Guide lines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO. U.N. Rome. pp. 1-6.
- Downes, R. W. 1969. Differences in transpiration rates between tropical and temperate grasses under controlled conditions. Planta 88:261-273.
- Enríquez S., M. 1984. Efecto del déficit de humedad en el suelo en tres etapas fenológicas sobre la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. ITESM. México. 53 p.
- Fisher, R. A. and N. C. Turner. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. Ann. Rev. Plant Physiol. 29:277-317.
- Goldhamer, A. D. 1989. Irrigation scheduling. A guide for efficient on farm water management. Univ. of Calif. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21454:23-31.
- Hanks, R. J. 1984. Prediction of crop yield and water consumption under saline conditions. In: Soil Salinity and Irrigation. I. Shainberg and J. Shalhevet (ed.). Ecological Studies 51. Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 198-318.
- Howe, O. W. and H. F. Rhoades. 1955. Irrigation practice for corn in relation to stage of plant development. Proc. Soil. Sci. Soc. Am. 19: 94-98.
- Kumar, R. and S. D. Khepar. 1980. Decision models for optimal cropping patterns in irrigation based crop water production functions. Agric. Water Management 3:65-76.
- Loomis, R. S. 1983. Crop manipulations for efficient use of water. An Overview. In: Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. H. M. Taylor, W. R. Jordan, and T. R. Sinclair (eds.). ASA. CSSA. Madison, Wi. pp. 345-374.
- Mielke, L.N. and N.H. Peck. 1967. Evapotranspiration by snap beans grown in sand nutrient culture. Agron. J. 59:601-604.
- Miller, D. E. and A. N. Hang. 1982. Deficit, high-frequency sprinkler irrigation of wheat. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:386-389.
- Nelson, W. E. 1962. The effect of soil moisture stress at critical stages of growth of some vegetables crops. Ph. D. Thesis, Rutgers State University, New Jersey. pp. 50-60.
- Robins, J. S. and C. E. Domingo. 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. Agron. J. 45:618-621.
- Shalhevet, J., D., Shimishi, and T. Meir. 1983. Potato irrigation requirements in a hot climate using sprinkler and drip methods. Agron. J. 75:13-16.
- Siqueira, P. R. y E. Palacios V. 1985. Función de respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a variaciones de humedad del suelo en tres etapas fenológicas y aspectos fisiológicos. Agrociencia 59:39-54.
- Stegman, E. C. and H. M. Olson. 1976. Water management relationships for irrigated pinto beans. North Dakota Agric. Exp. Stn. Res. Rep. 16.

Stewart, J. J., R. E. Danielson, R. J. Hanks, E. B. Jackson, R. M. Hagan, W. O. Pruitt, W. T. Franklin, and J. P. Riley. 1977. Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil. Utah Water Laboratory PRS 151-1. Logan, Utah.

Teare, I. D. and M. M. Peet. 1982. Crop Water Relations. John Wiley and Sons, Inc. New York. pp. 157-186.

Vaadia, J. 1986. The impact of plant stresses on crop yields. Memorias del Simposium sobre Sequía México-Israel. Pabellón, Aguascalientes. México. pp. 38-42.