



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,
A.C.
México

González Meza, Arnulfo; Hernández Leos, Bertha A.
Estimación de las necesidades hídricas del tomate
Terra Latinoamericana, vol. 18, núm. 1, enero-marzo, 2000, pp. 45-50
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318105>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ESTIMACION DE LAS NECESIDADES HIDRICAS DEL TOMATE Estimation of Water Requirements of Tomato

Arnulfo González Meza¹ y Bertha A. Hernández Leos

RESUMEN

El uso consuntivo o evapotranspiración de los cultivos es un componente básico del ciclo hidrológico en las áreas tropicales donde el riego suplementario ha empezado a crecer. Uno de los aspectos clave en el fomento de la superficie hortícola en la zona henequenera es la aplicación del riego, ya que la mayor parte de los cultivos no pueden prosperar satisfactoriamente en condiciones de temporal. Consecuentemente, es un hecho el desconocimiento de la cantidad de agua que debe ser aplicada al cultivo para su mejor rendimiento, y de la respuesta fisiológica del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a la aplicación de distintas láminas o volúmenes de agua. Una de las técnicas más simples y económicas para estimar la evapotranspiración de los cultivos es el método del tanque evaporímetro. La idea detrás del método es, medir la cantidad de agua evaporada desde un tanque evaporímetro y correlacionarla a la evapotranspiración de los cultivos. Los resultados de la aplicación de este método demostraron que afectar la cantidad de agua evaporada por un coeficiente equivalente a 0.80 generó los rendimientos más elevados de tomate y la mejor eficiencia en el uso del agua.

Palabras clave: *Uso del agua, tanque evaporímetro.*

SUMMARY

Crop water use, or evapotranspiration, is a basic component of the water cycle in tropical areas where supplementary irrigation has started to grow. One of the key aspects in encouraging vegetable cropping in the henequen region is irrigation since most of these crops cannot produce satisfactorily under rainfed conditions. It is a fact that the amount of irrigation water needed to obtain high yields and the physiological response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to different

¹ Campo Experimental Valle de Culiacán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Apartado Postal 356, 80000 Culiacán, Sinaloa, México.

Recibido: Marzo de 1997.
Aceptado: Abril de 2000.

lamina of water are unknown. One of the simplest and cheapest techniques for estimating crop evapotranspiration is the pan evaporation method. The idea behind this method is to measure the amount of water that evaporates from a standard pan and correlate it to crop evapotranspiration. When this method was applied, the results showed that affecting the amount of water evaporated by a coefficient equivalent to 0.80 produced the highest yield of tomato and the most efficient use of water.

Index words: *Water use, pan evaporation.*

INTRODUCCION

El uso consuntivo o evapotranspiración de los cultivos es un componente básico del ciclo hidrológico, particularmente importante en regiones áridas o semiáridas del mundo y en las áreas tropicales donde el riego suplementario ha empezado a crecer.

Internacionalmente, el término evapotranspiración es más común que el de uso consuntivo, pese a que ambos significan casi lo mismo. De hecho, el uso consuntivo incluye el agua que es retenida en los tejidos de las plantas a diferencia del concepto de evapotranspiración. Información sobre el uso consuntivo es esencial en la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos como en el caso del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

El Tomate y sus Necesidades Hídricas en Yucatán

El cultivo del tomate en el noroeste de Yucatán, región conocida como zona henequenera, ocupa el lugar más importante entre las hortalizas sembradas pese a problemas persistentes de virosis aparecidos en los últimos años. La producción de tomate se destina a abastecer principalmente el mercado local y regional durante gran parte del año, y aún otras partes del centro de México.

Por lo anterior, el tomate resulta un cultivo remunerativo y constituye una fuente de trabajo segura a lo largo del año, principalmente por la mano de obra

requerida para el control de maleza, la aplicación del riego y la cosecha.

Uno de los aspectos clave en el fomento de la superficie hortícola en la zona henequenera es la aplicación del riego, ya que la mayor parte de los cultivos no pueden prosperar satisfactoriamente en condiciones de temporal. Ahora bien, aunque la extracción de agua del subsuelo para la irrigación de este cultivo requiere hacerse con un criterio definido que considere la cantidad precisa de agua a ser aplicada, para evitar volúmenes innecesarios que reducen la vida útil de las motobombas, que encarecen los costos de cultivo, y que facilitan la percolación de residuos de pesticidas y materia orgánica hacia el acuífero, con la consiguiente contaminación.

El sistema de riego por manguera (a chorro) es el que se utiliza en más de 95 % de la superficie total de riego. Además, en tomate se desconoce la cantidad de agua que debe ser aplicada al cultivo para su mejor rendimiento, así como la respuesta fisiológica del cultivo a la aplicación de distintas láminas o volúmenes de agua.

Considerando la superficialidad y escasez del suelo de la región, y los peligros potenciales del riego excesivo, el objetivo del presente trabajo fue determinar la cantidad de agua con que debe ser irrigado el cultivo de tomate, con base en criterios técnicos.

Riego en tomate. La aplicación del riego en el cultivo de tomate debe ser cuidadosa, ya que tanto la sequía como el exceso de agua repercuten en la calidad y producción del fruto. Se ha encontrado una correlación estrecha entre sequías intensas y rajaduras en el fruto. El exceso de agua se asocia con la presencia de enfermedades radicales de la planta y, por consecuencia, con bajos rendimientos (Manjarrez, 1980).

Según este autor, el tomate presenta tres períodos críticos de necesidad hídrica: emergencia de plántulas, floración, y cuando los frutos han alcanzado una quinta parte de su crecimiento, aunque otro criterio indica que los tres períodos importantes con relación al riego abarcan: desde el trasplante al inicio de formación del fruto, desde la formación del fruto hasta el primer corte, y el periodo de cosecha que requiere el mayor número de riegos. El exceso de agua, especialmente en los suelos fértiles, causa también un crecimiento considerable de las ramas y baja productividad; por el contrario, si el suelo se seca excesivamente, puede ser la causa de que los frutos se revienten (Richardson y Brauer, s/f).

El éxito o fracaso de un sistema de cultivos en particular puede muy bien depender del programa de manejo del agua seguido. El agua debe estar disponible en el suelo

para reponer las pérdidas por evaporación del suelo y por transpiración de los cultivos, aunque es difícil determinar el contenido óptimo de humedad, y más difícil aún es mantener este contenido de humedad específico durante cierto período de tiempo (Thorne, 1979).

Para determinar el déficit de agua en el suelo a reponer con el riego y la frecuencia con que ello debe hacerse, se requiere conocer las necesidades de agua de los cultivos. Esto ayudará a mantener su rendimiento, acorde con los beneficios que se esperan del regadío (Grassi, 1987).

Las necesidades de agua de los cultivos y la utilización del agua dependen de la integración de factores climáticos, botánicos y edáficos. Los dos primeros determinan la demanda de agua, mientras que la interacción de los dos últimos establece la oferta de agua porque afectan la retención y movimiento de agua en las raíces (Norero, 1984).

Método del tanque evaporímetro. Esta técnica es bien conocida en el mundo dado que es el método más simple y barato para estimar la evapotranspiración (Amayreh, 1995). La cantidad de agua evaporada desde un tanque evaporímetro puede correlacionarse con la evapotranspiración (Allen *et al.*, 1998), y los tanques evaporímetros son una parte integral en la mayoría de las estaciones climatológicas agrícolas.

La evapotranspiración de referencia del pasto (E_{to}) puede ser estimada utilizando la Ecuación 1:

$$E_{to} = K_p E_p$$

Donde E_p es la evaporación del tanque evaporímetro en las unidades deseadas, por ejemplo mm d^{-1} ; K_p es el coeficiente del tanque evaporímetro, adimensional; y E_{to} es la evaporación del cultivo de referencia (pasto) en las mismas unidades que E_p (Doorenbos y Kassam, 1986). Aunque el tanque evaporímetro integra muchos de los factores (viento, radiación solar, humedad, etc.) incluidos en la evapotranspiración, la evaporación de dicho tanque es inanimada y no refleja las características de almacenamiento de calor de un cultivo (Palacios, 1981; Arteaga y Elizondo, 1986). Por tanto, debe tenerse cuidado al interpretar información del tanque evaporímetro, si se desea obtener estimaciones confiables de evapotranspiración. El valor del coeficiente K_p en Ecuación 1 es función de la clase de tanque evaporímetro utilizado y del ambiente que lo rodea (Allen *et al.*, 1998).

Los tanques evaporímetros varían en tamaño y forma. El tanque evaporímetro clase A es el más popular en los

Estados Unidos y en muchos otros países, tiene un diámetro de 121 cm, y 25.5 cm de profundidad. El tanque es usualmente construido de acero galvanizado, y debe ser colocado en una plataforma de madera nivelada. La parte baja del tanque debe situarse 15 cm encima de la superficie. El nivel del agua debe ser mantenido entre 5 y 7.5 cm por debajo del borde superior del tanque. El agua evaporada debe ser reemplazada cuidadosamente, en forma manual o por un sistema de flotador y un tanque de abastecimiento. Los cambios en el nivel del agua son medidos usando un tornillo vernier colocado en un recipiente especial (Jensen, 1969).

El tamaño del tanque evaporímetro puede afectar K_p significativamente en climas áridos, donde los tanques son rodeados por varios metros o más de superficies secas; dicho tamaño es menos importante en climas húmedos, donde los dispositivos son montados dentro de campos cultivados de gran tamaño, tales como pasturas irrigadas. Es significativo el hecho de que los valores más bajos de K_p han sido observados en climas secos y con viento comparados con climas húmedos y con velocidades de viento bajas. En la región tropical se determinó que un K_p de 0.75 para estimar las necesidades de riego fue bastante aceptable (Norero, 1984).

Para el tomate en la zona henequenera, se probaron los coeficientes 0.6, 0.8, 1.0 y 1.2 con el riego por micromangueras y se encontró que el rendimiento de tomate comercial y total se elevó con los valores de 1.0 y 1.2, aunque el de 0.6 fue el más eficiente en el uso del agua (González, 1987).

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en un lote de suelo pedregoso (Litosol) de cinco años de uso consecutivo en las instalaciones del Campo Experimental de la Zona Henequenera (CEZOHE), ubicado en Mocochoá, Yucatán. El lugar se ubica en el municipio de Mocochoá, al noroeste de la ciudad de Mérida, Yucatán, y sus coordenadas geográficas son 21°07' latitud norte y 89°19' longitud oeste, con una altitud de 6 m. El clima del lugar es del tipo caliente subhúmedo; la Figura 1 muestra las variaciones de la temperatura del aire, precipitación y evaporación durante el año.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones. Se probaron cinco tratamientos, que consistieron en la aplicación de diferentes volúmenes de agua (láminas de agua), calculados a partir de los registros diarios de evaporación en un tanque evaporímetro tipo A y afectados por diferentes coeficientes K_p (Ecuación 1) mostrados en el Cuadro 1. Para la determinación de la evapotranspiración del tomate se usaron coeficientes K_c por etapa de cultivo, siguiendo las recomendaciones de Jensen *et al.* (1990). Los riegos se hicieron con el sistema de riego por mangueras, uniendo tramos de manguera de 37 mm de diámetro, dos veces por semana. El agua se depositó libremente en el suelo en la parte central de la parcela experimental, y se evitó el traslape de tratamientos por escurrimiento. Inicialmente se aforó para determinar el tiempo de riego por parcela después de haber

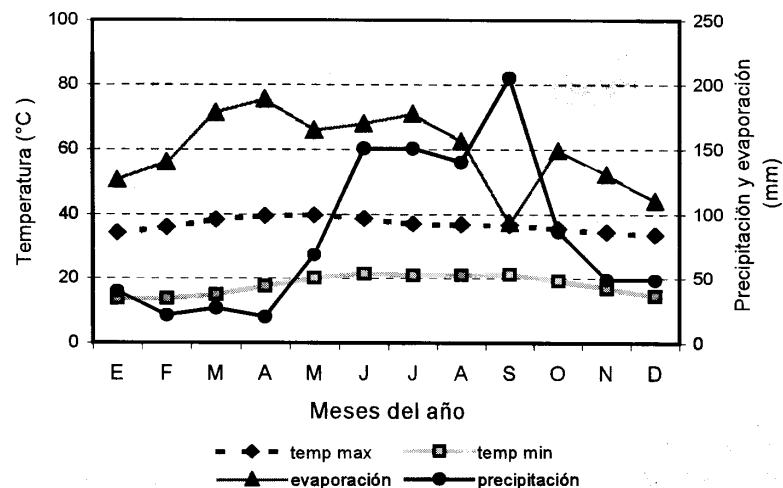


Figura 1. Variación climática en la zona henequenera de Yucatán.

Cuadro 1. Tratamientos de riego aplicados al tomate.

Tratamiento	Coefficiente
A	0.6
B	0.8
C	1.0
D	1.2
E [†]	0.6, 0.8, 1.2, y 1.0

[†] Coeficientes aplicados respectivamente en las siguientes etapas: postestablecimiento, desarrollo rápido, cobertura completa y cosecha.

establecido el volumen de agua necesario en cada tratamiento. La parcela experimental constó de dos hileras dobles de tomate de 6 m de longitud, separadas 2 m que ocuparon 24 m². Como parcela útil se usaron los dos surcos centrales, eliminando 0.75 m a cada uno de los extremos como efecto de orilla. El cultivo se manejó de acuerdo con las recomendaciones fitosanitarias y de aplicación de fertilizantes del Campo Experimental Zona Henequenera. (CEZOHE, 1997).

Durante el desarrollo de este trabajo se evaluaron las siguientes variables: rendimiento de cultivo (total, comercial y rezaga), el contenido relativo de agua, y el contenido de humedad del suelo medidos gravimétricamente. El contenido relativo de agua se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Smart y Bingham (1973), y el contenido de humedad en el suelo tal y como lo describen Hargreaves y Merkle (1998).

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento

El Cuadro 2 presenta los rendimientos de tomate obtenidos en las diferentes categorías, donde destacó el coeficiente 0.8 en las variables rendimiento total, comercial y de tercera "A". La clasificación de tercera categoría o rezaga se subdividió en dos clases o tipos (A y B), para separar el fruto de mala calidad o dañado por plaga (A), y el podrido por contacto con la humedad del suelo (B).

Los rendimientos que se alcanzaron con el coeficiente 0.8 significaron incrementos respectivos de 40 y 33 % con relación al coeficiente 0.6 que fue el más improductivo. En el rendimiento de tercera "B", el coeficiente 1.2 resultó estadísticamente superior, debido a que correspondía al tratamiento con mayor cantidad de agua aplicada y con las mayores cantidades de fruto podrido. Este problema fue de consideración, ya que la proporción de fruto podrido por humedad con relación al rendimiento total osciló entre 8 % para el tratamiento 0.8, y 17 % para el 1.2, lo cual equivale a una pérdida de 108 a 200 cajas por hectárea.

Cuadro 2. Rendimiento (t ha⁻¹) de tomate bajo diferentes tratamientos de riego.

Coeficiente	Categoría			
	Total	Comercial [†]	Tercera A [‡]	Tercera B [§]
0.6	25.5 b	16.0 b	6.8 b	2.7 bcd
0.8	35.8 a	23.9 a	9.8 a	2.7 bcd
1.0	29.2 b	18.0 b	7.5 b	3.7 abc
1.2	28.6 b	16.8 b	6.8 b	5.0 a
0.6-0.8-1.2-1.0	29.7 b	17.5 b	7.8 b	4.4 ab
CV (%)	19	21	18	50
DMS (0.05)	5.72	3.96	1.47	1.53

[†] Tomate con características para ser aceptado en el mercado.

[‡] Tomate no comercializable, de mala calidad y dañado por plaga o enfermedad.

[§] Tomate no comercializable, de mala calidad y dañado por el contacto con la humedad en el suelo.

Medias en columnas con igual letra no difieren estadísticamente.

Rendimiento Total y Comercial por Grupo de Cortes

En rendimiento total no hubo diferencia significativa entre tratamientos evaluados por cortes, aunque globalmente sí existió (Cuadro 2). En el rendimiento comercial tampoco hubo diferencia en los periodos de cortes 1 a 4 y 5 a 9, pero sí en el período 10 a 13, en donde el tratamiento 0.8 fue estadísticamente superior al resto (Cuadro 3).

Volumen y Lámina de Agua Aplicada

El Cuadro 4 muestra los volúmenes de agua aplicada durante el ciclo de cultivo con base en cada uno de los tratamientos. La cantidad de agua aplicada por hectárea osciló entre 3500 y 7000 m³ para los coeficientes 0.6 y 1.2, respectivamente. Los volúmenes de agua correspondieron a láminas de riego de 348, 435, 563, 700 y 530 mm para los coeficientes 0.6, 0.8, 1.0 1.2 y combinados, respectivamente. En la comparación de las láminas de agua aplicadas por unidad de superficie se observó que el coeficiente 0.8 con que más se produjo,

Cuadro 3. Rendimiento comercial (t ha⁻¹) de tomate por cortes.

Coeficiente	Corte no.		
	1 a 4	5 a 9	10 a 13
0.6	0.5 a	5.9 a	9.6 c
0.8	0.3 a	9.0 a	14.7 a
1.0	0.8 a	7.6 a	9.8 c
1.2	0.5 a	6.7 a	9.6 c
0.6-0.8-1.0-1.2	0.5 a	4.9 a	10.9 b
CV (%)	43	40	26
DMS	0.55	5.4	6.4

Medias en columnas con igual letra no difieren estadísticamente.

Cuadro 4. Volumen y lámina de agua aplicada al tomate.

Coefficiente	Volumen de agua m ³	Lámina de agua aplicada mm	Porcentaje relativo
0.6	3478.3	348	50
0.8	4345.5	435	62
1.0	5625.0	563	80
1.2	7000.0	700	100
0.6-0.8-1.2-1.0	5303.0	530	76

representó un ahorro de agua de 20 % con relación al coeficiente 1.0, y de 38 % con relación al coeficiente 1.2 que vendría a representar el manejo del agua común. Los resultados derivados de esta investigación coinciden con los reportados por Obreza *et al.* (1996) y Jones *et al.* (1984), en el sentido de que es posible estimar las necesidades de agua de los cultivos, afectando las láminas de agua evaporadas desde un tanque tipo "A" por un coeficiente de 0.8, y se acercan a los reportados por Norero (1984), cuando indica que en forma genérica, en regiones tropicales, un coeficiente de 0.75 es aceptable.

Eficiencia en el Uso del Agua

En la eficiencia en el uso del agua, calculada con base en el rendimiento comercial y en el total, sobresale el coeficiente 0.8 con valores de 5.5 y 8.3 kg m⁻³, respectivamente, que significaron incrementos de más de 100 % con respecto a los tratamientos más ineficientes (Cuadro 5). Aunque las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas, se observó que el parámetro 1.2 donde más agua se aplicó, fue el más ineficiente por su relación inversa con el rendimiento de fruto y, caso contrario, el coeficiente con mayor eficiencia fue el 0.8.

El tratamiento con los coeficientes parciales (0.6-0.8-1.2-1.0) fue 65 % menos eficiente que el del coeficiente 0.8, demostrando que utilizar coeficientes diferenciales en cada etapa de cultivo no fue adecuado.

Cuadro 6. Contenido de humedad (%) en el suelo bajo diferentes volúmenes de agua.

Coefficiente	Muestreo no.					
	1	2	3	4	5	6
0.6	51 ab	60 ab	66 a	54 abc	63 a	56 a
0.8	41 c	62 a	62 a	62 a	67 a	57 a
1.0	53 a	56 abc	55 a	53 abc	63 a	64 a
1.2	49 abc	51 c	60 a	53 abc	61 a	56 a
0.6-0.8-1.2-1.0	43 bc	53 bc	61 a	48 b	61 a	74 a
CV (%)	16	12	17 a	22	14 a	26 a
DMS	8.6	7.5	12.4	13.5	7.2	21

Medias en columnas con igual letra no difieren estadísticamente.

Cuadro 5. Eficiencia en el uso del agua (kg m⁻³) en diferentes tratamientos de riego.

	Con base en rendimiento	
	Comercial	Total
0.6	4.6 a	7.4 a
0.8	5.5 a	8.3 a
1.0	3.2 a	5.2 a
1.2	2.4 a	4.1 a
0.6-0.8-1.2-1.0	3.3 a	5.6 a

Medias en columnas con igual letra no difieren estadísticamente.

Contenido de Humedad en el Suelo

En el Cuadro 6 se presentan los resultados del análisis de varianza de los muestreos gravimétricos de la humedad en el suelo; se observa que en tres de los seis muestreos se encontraron diferencias significativas. El Cuadro 6 muestra los valores que alcanzó el contenido de humedad en el suelo, que varió entre 41 y 74 %.

Como regla general, se encontró que el efecto de los tratamientos fue inconsistente en los diferentes muestreos de humedad, y esto fue causado por las características irregulares de suelo en cuanto a microrelieve, pedregosidad, contenido de materia orgánica, y volumen edáfico. Debido a lo anterior, no se determinó la relación proporcional entre agua aplicada por los tratamientos y contenido de humedad en el suelo.

No fue posible aplicar el riego en forma completamente uniforme debido a la dificultad y resistencia que significa para el regador mover la manguera. De esta forma, la lámina de riego por unidad de superficie fue variable dentro del mismo tratamiento, aunque el volumen aplicado globalmente fue el adecuado. Esta fue una evidente desventaja del sistema de riego por manguera.

El otro factor en consideración es la irregularidad de los suelos, aun dentro de un mismo tratamiento. La pedregosidad y su distribución, el color, el contenido de humedad y el volumen superficial de suelo crean

Cuadro 7. Contenido relativo de agua (%) en hojas de tomate bajo diferentes tratamientos de riego.

Coeficiente	Muestreo no.				
	1	2	3	4	5
0.6	63 bc	28 c	62 a	38 a	75 a
0.8	65 abc	30 bc	62 a	45 a	69 a
1.0	63 bc	38 ab	62 a	46 a	75 a
1.2	67 ab	29 c	57 a	50 a	70 a
0.6-0.8-1.2-1.0	71 a	39 a	57 a	47 a	67 a
CV (%)	9	20	9	13	13
DMS (0.05)	6.9	7.9	6.3	6.9	8.4

Medias en columnas con igual letra no difieren estadísticamente.

microcondiciones de humedad diversas que traslapan el efecto general de un tratamiento determinado de riego. En esencia, el efecto individual o combinado de los dos factores mencionados, manejo del agua e irregularidad de los suelos, no permitieron que se detectaran las diferencias en el contenido de humedad del suelo por efecto de los tratamientos.

Por otro lado, una condición constante que se establece en relación con la distribución del agua en el perfil del suelo, es el humedecimiento completo de la superficie con el riego por manguera, lo cual contrasta con otros sistemas de riego como el de goteo y microaspersión, los cuales sólo humedecen parcialmente.

Contenido Relativo de Agua

El Cuadro 7 concentra los datos del contenido relativo de agua, los cuales variaron entre 28 y 75 %, y muestra las diferencias significativas para tres de los cinco muestreos. Nuevamente, la inconsistencia en la respuesta por efecto de los tratamientos se atribuyó a las condiciones de humedad en el suelo.

CONCLUSIONES

El rendimiento más elevado de tomate en las categorías total, comercial, y de tercera se logró con el coeficiente 0.8 con 35.8, 23.9 y 12.5 t ha⁻¹, respectivamente. Igualmente, este mismo tratamiento de 0.8 resultó el más eficiente en el uso del agua, con valores de 5.5 y 8.3 kg m⁻³ de agua aplicada. Por lo anterior, afectar las lecturas del tanque evaporímetro por un coeficiente de 0.8 resulta un buen indicador para determinar las

necesidades hídricas del cultivo del tomate en la zona henequenera de Yucatán.

LITERATURA CITADA

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Paper 56. FAO, Roma, Italia.
- Amayreh, J. 1995. Lake evaporation: a model study. Ph. D. Diss. Utah State University, Logan, UT.,
- Arteaga, R.R. y R.M. Elizondo. 1986. La evaporación como un indicador de la evaporación potencial. Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.
- CEZOHE (Campo Experimental de la Zona Henequenera). 1997. Guía para cultivar tomate en la Zona Henequenera de Yucatán. Manuscrito. CIRSE. INIFAP. SAGAR. Mérida, Yucatán.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1986. Yield response to water. FAO Irrig. and Drain. Paper No. 33. FAO, Rome, Italy.
- González, M.A. 1987. Estimación de las necesidades hídricas del cultivo del tomate en los suelos pedregosos de Yucatán. Informe técnico anual del Programa Uso y Manejo del Agua. CEZOHE- INIFAP-SARH.
- Grassi, C.J. 1987. Diseño y operación del riego por superficie. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Hargreaves, G.H y G.P. Merkle. 1998. Irrigation fundamentals. Water Resources Publication. Colorado. USA.
- Jones, J.W., L.H. Allen, S.F. Shih, J.S. Rogers, L.C. Hammond, A.G. Smajstrla y J.D. Martsof. 1984. Estimated and measured evapotranspiration for Florida climate, crops, and soils. Univ. of Florida. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 840.
- Jensen, M.E. 1969. Plant and irrigation water requirements. Sprinkler Irrig. Assoc., Washington, D.C.
- Jensen, M.E., R.D. Burman y R.G. Allen. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE Manual No. 70, Am. Soc. Civil Engineers, New York.
- Manjarrez, J.R.S. 1980. Riegos. El cultivo del tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán. CEVAS-CIAPAN-SARH.
- Norero, A. 1984. La evapotranspiración de los cultivos. Aspectos agrofísicos. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Obreza, T.A., D.J. Pitts, R.J. McGovern y T.H. Spreen. 1996. Deficit irrigation of micro-irrigated tomato affects yield, fruit quality and disease severity. J. Prod. Agric. 9: 270-275.
- Palacios, V.E. 1981. Estimación de los requerimientos de agua de los cultivos para conocer el cuando y el cuanto regar. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Richardson, R.W. y O.H. Brauer. S/F. El tomate, indicaciones generales para su cultivo. Programa Agrícola Cooperativo de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México y la Fundación Rockefeller.
- Smart, E.R. y E.G. Bingham. 1973. Rapid estimates of relative water content. Soil Sci. Soc. Am. J. 37-4: 993-999.
- Thorne, D.M. 1979. Soil-water-plant relations. Soil, water and crop production. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Conn.