

## Niveles de riego en la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en invernadero

Helbert Antonio Mena Martín<sup>1</sup>; Pedro Pérez Gutierrez<sup>1</sup>; Vicente Reyes Oregel<sup>1</sup>; Geovanny Ayora Ricalde<sup>1</sup>; Roger Gabriel Rosado Lugo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México Campus Conkal

Area: Ciencias agropecuarias

### Resumen

Para cuantificar y mejorar el uso eficiente del agua (UEA) en la producción del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en Yucatán, se determinó el efecto de niveles de evapotranspiración potencial (60, 80 y 100%) estimados mediante un tanque evaporímetro clase A sobre 3 genotipos de chile habanero. Se evaluó el contenido de humedad gravimétrica del suelo cada 21 días después del trasplante (ddt), la conductancia estomática (C.E.), tasa transpiratoria (T.T.) con un porómetro y la cantidad de luz con un fluxómetro a los 58, 86, 142 y 190 ddt, se midió la altura y diámetro final del tallo, biomasa seca total y rendimiento de ocho cosechas, así como el índice de cosecha (I.C.) y UEA. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 3<sup>2</sup> con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). No se encontró efecto para la interacción, siendo similares en los mayores niveles de ETo en el contenido de la humedad y diferente el genotipo ITH225 a los 77 ddt, el mismo comportamiento se observó para la biomasa seca total y el rendimiento siendo el mejor genotipo Seminis, sin embargo, ambos factores fueron iguales en la C.E., T.T. y cantidad de luz. Los niveles de ETo fueron

semejantes en la altura y diámetro final del tallo siendo el mejor genotipo ITH225, obteniendo similitud al aplicar los máximos niveles de agua para el I.C.

**Palabras clave:** Estrés, uso eficiente de agua, evapotranspiración potencial, rendimiento.

### Abstract

To quantify and improve the efficient use of water (UEA) in the production of habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq) in Yucatan, the effect of potential evapotranspiration levels (60, 80 and 100%) estimated by means of a class A evaporimeter tank on 3 genotypes of habanero chili was determined. The gravimetric moisture content of the soil was evaluated every 21 days after transplantation (ddt), the stomatic conductance (C.E.), perspirant rate (T.T.) with a porometer and the amount of light with a flowmeter at 58, 86, 142 and 190 ddt, the height and final diameter of the stem, total dry biomass and yield of eight crops were measured, as well as the harvest index (I.I.) and UEA. The treatments were distributed in a random complete block design with a factorial arrangement of 32 with four repetitions. The data were analyzed with the SAS statistical package and the comparison of means using the Tukey test ( $P \leq 0.05$ ). No effect was found for the interaction, being similar in the highest levels of ETo in the moisture content and different

the ITH225 genotype at 77 ddt, the same behavior was observed for the total dry biomass and the performance being the best Seminis genotype, however, both factors were the same in the C.E., T.T. and amount of light. The ETo levels were similar in the height and final diameter of the stem being the best genotype ITH225, obtaining similarity when applying the maximum water levels for the I.C.

**Keywords:** Stress, efficient use of water, potential evapotranspiration, performance

### Introducción

No podríamos entender una agricultura sin el agua. El cambio climático ha modificado los componentes del ciclo hidrológico, principalmente la evapotranspiración y la precipitación (Ojeda, 2011), se ha reportado un incremento de las demandas hídricas de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2007), existen modelos que proyectan un decremento de la precipitación en la mayor parte del territorio (Montero y Pérez, 2008).

La extracción de agua en el país en 2009 ascendió a 80.6 km<sup>3</sup> de esta extracción el 76.75 % se destinó al uso agrícola (CONAGUA, 2010). Sin embargo, la eficiencia de uso es menos de 30%. Hoy en día las estrategias están enfocadas a desarrollar técnicas para hacer un uso eficiente del agua, como reciclar el agua dentro del sistema, elevar la eficiencia de los sistemas de riego y la reutilización del agua residual (Sánchez y Sánchez, 2004).

En México el chile es una hortaliza que forma parte de la dieta de miles de mexicanos, Durante el

2003 se establecieron en México 151,314 ha de chile que representó el 10.5 % de la superficie sembrada en el mundo

La programación y dosificación del riego ha sido uno de los factores importantes que han limitado el incremento de la producción de los cultivos en México (Pérez *et al.* 2008).

Se han realizado trabajos en diferentes cultivos con el objetivo de determinar la cantidad de agua requerida para obtener una buena producción, reducir los costos de operación y la contaminación del manto freático por el lixiviado de sales presentes en el suelo. De los métodos que han tenido resultados satisfactorios para la programación del riego está el del tanque evaporímetro clase “A”, debido a que es practico e involucra factores ambientales para un lugar específico.

Para encontrar el volumen optimo de riego para obtener los mejores rendimientos en chile habanero, se analizó el efecto de niveles de humedad del sustrato en función de la evapotranspiración potencial obtenida mediante un tanque evaporímetro tipo A en la producción de Chile habanero (*Capsicum chinense Jacq*) en invernadero bajo las condiciones climáticas de Yucatán.

### Fundamento teórico

#### Importancia del agua para las plantas

La disponibilidad irregular de agua es un problema mundial aún en zonas de alta precipitación (Wanjura y Upchurch, 2000). El incremento de la población y el desarrollo económico intensifican la

competencia por el agua dulce, y aumentan sus costos (Buendía *et al.*, 2004).

En México la disponibilidad natural media per cápita, ha disminuido de 18,035 m<sup>3</sup>/hab/año en 1950 a 4,416 en el 2006.

La productividad en las áreas de riego es 3.7 veces mayor que la de temporal, y representan más de la mitad de la producción agrícola nacional. La agricultura de riego es el principal factor de desarrollo de zonas áridas y semiáridas, es necesaria una transformación tecnológica y necesita mejorar su productividad y rentabilidad. (Buendía *et al.*, 2004).

### **El agua en las plantas**

El agua representa el 80% o más del peso de las plantas herbáceas y alrededor del 50% de las leñosas (Palacios, 2002). Casi todos los procesos vegetales están directamente o indirectamente afectados por el abastecimiento de agua. La actividad metabólica de células y plantas, se encuentra muy relacionada con el contenido de agua, (Aguilera, 1990). El crecimiento celular es muy sensible al déficit de agua es, la sequía reduce la expansión y el área foliar. (Parra *et al.*, 1999). La fotosíntesis y la transpiración se abaten debido a la reducción de la turgencia, al cierre estomático y al bloqueo a la difusión de CO<sub>2</sub> hacia el mesófilo. (Ludlow y Muchow, 1990).

El éxito o fracaso de un cultivo depende del manejo del agua disponible en el suelo para reponer la pérdida por evapotranspiración. Para determinar la cantidad de agua a reponer y la frecuencia con que debe hacerse, se requiere

conocer las necesidades de los cultivos para mantener su rendimiento, estas dependen de factores climáticos, botánicos y edáficos. Los dos primeros determinan la demanda, la interacción de los dos últimos establece la oferta.

### **Conductancia estomática**

Las estomas son las principales puertas de entrada tanto para la pérdida de agua como para la entrada de CO<sub>2</sub>. Como la capacidad de ganar y asimilar CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis depende de la conductancia estomática, esta última se correlaciona positivamente con el potencial de rendimiento de los cultivos Roche, 2015. La conductancia estomática es el parámetro fisiológico que afecta a la productividad de la planta tanto en condiciones óptimas de crecimiento como de estrés hídrico, Rahnama *et al.*, 2010. La eficiencia en el uso del agua es inversamente proporcional a la conductancia estomática. Las plantas que tienen una conductancia estomática más alta a través de una mayor densidad estomática tienen una mayor tasa de asimilación de carbono y un crecimiento más rápido en condiciones óptimas de crecimiento, pero una menor eficiencia en el uso del agua. James *et al.*, 2008

### **Evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>). y real (ET<sub>r</sub>)**

La necesidad del riego está fundamentada en el conocimiento de la evapotranspiración de los cultivos. Doorenbos y Pruitt (1976) introdujeron el término de evapotranspiración de potencial o de referencia (ET<sub>o</sub>).

## El método del tanque evaporímetro clase

La obtención de la ETo se basa en el conocimiento de las condiciones climáticas, edáficas y de cultivo. De Juan, 1993. Muchas de estas variables son difíciles de cuantificar por falta de equipos o instrumentos, por el costo o por la imposibilidad de monitorearlos eficazmente, por lo que las fórmulas empíricas surgen como una respuesta, estas se basan en condiciones climáticas, agronómicas y edáficas propias de una localidad, la transferencia de estas metodologías de una zona a otra diferente a la que fue desarrollada sigue siendo una problemática.

La ETr se calcula usando la evapotranspiración de referencia, la cual es corregida por un coeficiente de cultivo específico para cada especie agrícola.

Conocer la ETr es primordial para determinar la cantidad de agua a aplicar y la frecuencia de aplicación, (Gurovich, 1985). Existen otros métodos que proporcionan valores muy precisos pero los equipos son costosos, lo que limita su utilidad para muchos productores.

**Coeficiente de cultivo**

El coeficiente ( $K_c$ ) depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la especie de la planta y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su ciclo vegetativo (Aguilera, 1990), El  $K_c$  relaciona la evapotranspiración máxima (ETr) con la evapotranspiración de referencia (ETo) de un cultivo. El valor de  $K_c$  varía con la etapa de desarrollo el cultivo.

**Método del tanque evaporímetro clase A**

"A" tiene como ventaja su simplicidad, mide los efectos integrados del clima a partir de una única medida: la evaporación de una superficie libre de agua. Los bajos costos de instalación y mantenimiento han propiciado su amplia utilización en proyectos y programaciones de riego. Sentelhas y Folegatti, 2003.

La cantidad de agua evaporada puede correlacionarse con la evapotranspiración a partir del coeficiente de tanque ( $K_t$ ), este coeficiente, puede obtenerse con una ecuación indirecta empírica, pero es recomendable calibrar  $K_t$  a partir de la evapotranspiración obtenida por lisímetros o por la ecuación de FAO Penman-Monteith Allen *et al*, 2006, aunque el tanque evaporímetro integra muchos de los factores incluidos en la evapotranspiración, la evaporación de dicho tanque no refleja las características de almacenamiento de calor de un cultivo (Palacios, 2002; Arteaga y Elizondo, 1986). El valor del coeficiente  $K_t$  en la ecuación es función de la clase de tanque evaporímetro utilizado y del ambiente que lo rodea (Allen *et al.*, 2006).

González y Hernández (2000) demostraron que afectar la cantidad de agua evaporada por un coeficiente de 0.80 generó los rendimientos más elevados de tomate y la mejor eficiencia en el uso del agua.

**Diversidad genética del *Capsicum***

En México existe una gran variedad de chiles; entre los cuales se destaca el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con 964 ha y una

producción de 5300 Mg por año, concentrada principalmente en los estados del sureste del país. Yucatán es el principal productor de chile habanero con una superficie sembrada de 708 ha y un volumen de producción de 3295 Mg, seguido por Tabasco, Campeche y Quintana Roo. Aceves *et al*, 2008. Aunque Yucatán es el estado con mayor superficie cultivada, sus rendimientos no alcanzan a cubrir la demanda local necesaria para la producción de salsas y condimentos. El nivel bajo de tecnología de producción y el uso de material criollo degradado en su pureza es la causa principal de bajos rendimientos, aunado a la incidencia de plagas y enfermedades, e insuficiente control de la nutrición y el riego. Rincones, 2009.

### Materiales y métodos

La investigación se realizó en el campus Conkal del TECNM, ubicado en el km. 16.3 de la antigua carretera Mérida-Motul en una estructura protegida de 520 m<sup>2</sup>.

El Trasplante se realizó cuando las plantas tenían 15 cm de altura en bolsas de poliestireno calibre 400, de 0.50 m de altura y 0.40 m de diámetro utilizando como sustrato, bagazo viejo de henequén (30%), suelo negro (40%) y gallinaza (30%).

### Riego y fertilización

Se determinó en el laboratorio el porcentaje de arena, limo y arcilla para estimar la capacidad de campo ( $\theta_{cc}$ ) y el punto de marchitez permanente ( $\theta_{pmp}$ ) mediante las ecuaciones de Bonilla y Cancino, 2021.

$$\theta_{cc} = (0.3333/a)^{1/b} \quad (1)$$

$$\theta_{pmp} = (15 a)^{1/b} \quad (2)$$

Dónde:

$$a = \exp(-4.396 - 0.715 \text{ arcilla} - 4.88 \times 10^{-4} \text{ arena}^2 - 4.285 \times 10^{-5} \text{ arena}^2 \cdot \text{arcilla})$$

$$b = -3.14 - 0.00222 \cdot \text{arcilla}^2 - 3.484 \times 10^{-5} \cdot \text{arena}^2 \cdot \text{arcilla}.$$

Con los valores de  $\theta_{cc}$  y  $\theta_{pmp}$ , se calculó la lámina que almacena el suelo con la ecuación de Tijerina, 2000.

$$Lr = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) Pr \quad (3)$$

Dónde:

Lr= lámina de riego (cm)

$\theta_{cc}$ = Capacidad de campo (%)

$\theta_{pmp}$ =Punto de marchitez permanente. (%)

Pr= profundidad radical. (cm)

Para homogeneizar la humedad inicial del sustrato en todos los tratamientos, se estimó el volumen de agua real, utilizando la ecuación de González y Hernández, 2000.

$$Vol. = Lr \cdot D^2 \quad (4)$$

Dónde:

Vol.= volumen de agua (ml)

Lr.= lamina de riego (cm)

D.= diámetro de la bolsa (cm)

Para recuperar la humedad del sustrato con los riegos posteriores, se estimó la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) con el método del tanque evaporímetro clase A con datos de la estación meteorológica del campus Conkal con la ecuación de Quiñónez, 1997.

$$ET_o = E_o \cdot K_t \quad (5)$$

Dónde:

$E_{To}$  = evapotranspiración potencial (mm día<sup>-1</sup>)

$E_o$  = evaporación en el tanque A (mm día<sup>-1</sup>)

$K_t$  = coeficiente del tanque (adm),

La evapotranspiración real se calculó con la ecuación de Fuentes, 1999.

$$E_{Tr} = E_{To} * K_c \quad (6)$$

Dónde:

$E_{Tr}$  = evapotranspiración real (mm día<sup>-1</sup>)

$E_{To}$  = evapotranspiración potencial (mm día<sup>-1</sup>)

$K_c$  = coeficiente del cultivo (1.0, 0.8, 0.6)

La fertilización se realizó cada segundo día a partir del quinto día después del trasplante (ddt) con el tratamiento 250 N–200 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–300 K<sub>2</sub>O recomendado por Soria *et al.* (2002) utilizando, urea (46 N-00 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-00 K<sub>2</sub>O), ácido fosfórico (85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), nitrato de potasio (13 N-02 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -44 K<sub>2</sub>O) y fosfato monoamónico (12 N-61 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–00 K<sub>2</sub>O) como fertilizantes.

### Tratamientos evaluados

Se evaluaron tres niveles de riego 100, 80 y 60% de la evapotranspiración potencial ( $E_{To}$ ) estimada de un tanque evaporímetro clase A, con tres genotipos de chile habanero, ITH243, ITH225 y Seminis® (Cuadro 1).

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 3<sup>2</sup> con cuatro repeticiones, un total de 36 unidades experimentales, cada unidad experimental constó de tres plantas. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

| Tratamiento    | Factor A                         | Factor B  |
|----------------|----------------------------------|-----------|
|                | Evapotranspiración potencial (%) | Genotipos |
| T <sub>1</sub> | 100                              | ITH243    |
| T <sub>2</sub> | 100                              | TH225     |
| T <sub>3</sub> | 100                              | Seminis   |
| T <sub>4</sub> | 80                               | ITH243    |
| T <sub>5</sub> | 80                               | ITH225    |
| T <sub>6</sub> | 80                               | Seminis   |
| T <sub>7</sub> | 60                               | ITH243    |
| T <sub>8</sub> | 60                               | ITH225    |
| T <sub>9</sub> | 60                               | Seminis   |

Nota: Elaboración propia

### Variables evaluadas

**Humedad del suelo.** Los muestreos se hicieron al azar en cuatro plantas de cada tratamiento, cada 21 días a partir de los 35 días ddt hasta los 182 ddt, utilizando una barrena metálica de dos cm de diámetro, con la cual se extrajeron 10 cm del suelo de cada bolsa, se depositó en una bolsa de papel y se pesaron en una balanza digital (DENVER INSTRUMENT Model PK-2401), este registro fue el peso del suelo húmedo, para obtener el peso seco. se secaron las muestras en una estufa de aire forzado (marca MAPISA Mod. S-2) a 65 ° C hasta peso constante El porcentaje de humedad se obtuvo de manera gravimétrica mediante la de ecuación de Fuentes (1999).

$$\% H = \frac{P_{SH} - P_{SS}}{P_{SS}} \times 100 \quad (7)$$

Dónde:

%H= Humedad gravimétrica (%).

PSH= Peso de suelo húmedo (g).

PSS= Peso de suelo seco (g).

### **Conductancia estomática, tasa transpiratoria y cantidad de luz.**

Las mediciones se hicieron a tres plantas al azar de cada tratamiento tomando una hoja en el dosel medio, los muestreos se realizaron a los 58, 86, 142 y 190 ddt a las 14 horas, estas variables se determinaron con un porómetro (ELWE Lehrsysteme, STEADY POROMETER MODEL L1-1600), las unidades fueron, para la conductancia estomática ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), tasa transpiratoria ( $\text{mmol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y cantidad de luz ( $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ).

### **Altura y diámetro basal de tallo.**

Se midieron cada ocho días a partir del primer día del trasplante hasta la senescencia del cultivo (190 ddt), se midieron las 12 plantas de cada tratamiento con un flexómetro Truper® de 3 m, desde la superficie del suelo hasta el último ápice de la planta, el diámetro basal midió con un vernier digital truper® a 1 cm de la superficie del suelo.

### **Biomasa seca total.**

Se tomaron las 12 plantas de cada tratamiento, recogiendo semanalmente toda la materia seca desprendida de las plantas, se depositó en bolsas de papel, rotulando según el órgano perteneciente (tallo, hoja, raíz y fruto), se secaron y se almacenaron, al final del experimento se cortaron las plantas desde la base del tallo, se separaron con tijeras de podar (marca Truper®) los tallos, hojas, flores y frutos, se depositaron en bolsas de papel

previamente etiquetadas y se secaron en una estufa de aire forzado (marca MAPISA Mod. S-2) a 65 °C hasta peso constante para posteriormente pesar los tallos, hojas, flores y frutos en una balanza digital (DENVER INSTRUMENT Model PK-2401). Para pesar las raíces, estas separaron del sustrato mediante chorro de agua, y se siguió el mismo procedimiento de los otros órganos de la planta. La biomasa seca total fue el resultado de la suma de los pesos de raíz, tallos, hojas, flores y frutos obtenidos individualmente.

### **Volumen radical (Vr).**

Esta se obtuvo al final del experimento, tomando 12 plantas de cada tratamiento. La medición se realizó por el método del volumen desplazado con una probeta con capacidad de dos litros, se separó la raíz de la planta cortándola al inicio de la base del tallo, se agregó 1 L de agua a la probeta (vi), se sumergió la raíz y se registró el volumen (vf), la diferencia del volumen final menos el volumen inicial corresponde al volumen radical.  $V_r = v_f - v_i$

**Diámetro polar y ecuatorial del fruto.** Estos se midieron con un vernier digital truper® en cada cosecha, midiendo cinco frutos al azar del total de los frutos cosechados de cada planta de cada tratamiento.

**Rendimiento final.** Se registró semanalmente a partir de la primera cosecha (85 ddt) hasta los 190 ddt, se tomaron las 12 plantas de cada tratamiento, se pesaron los frutos cosechados en fresco en una balanza analítica. El rendimiento final corresponde a la suma de los rendimientos de cada cosecha.



**Índice de cosecha (IC).** Se obtuvo al final de la investigación para las 12 plantas de los nueve tratamientos, mediante el rendimiento del fruto seco y la biomasa seca total, para el cálculo se utilizó la ecuación 8.

$$IC = \frac{\text{Rendimiento del fruto seco}(g.planta^{-1})}{\text{Biomasa seca total}(g.planta^{-1})}$$

(8)

### Uso eficiente del agua (UEA).

Se obtuvo para las 12 plantas de los nueve tratamientos al final de la investigación, para el cálculo se utilizó la ecuación 9:

$$UEA = \frac{\text{Biomasa seca total}(g)}{\text{Volumen aplicado de agua}(L)} \times 100$$

(9)

## Resultados y discusión

### Humedad del suelo

El primer muestreo de esta variable (56 días ddt) no mostro diferencia estadística entre los tratamientos, hasta esta fecha se aplicó la misma cantidad de agua con el fin de homogeneizar el nivel de humedad de los tratamientos hasta el inicio del experimento.

A partir del segundo muestreo se observa una variación de la humedad hasta los 140 días después del trasplante (ddt), (cuadro 2), debido a la variación en el consumo de agua, debido al crecimiento y el inicio del llenado de fruto. En los dos últimos muestreos se observa un incremento de la humedad debido a que la planta está en un periodo de maduración de fruto y la exigencia de agua en esta etapa es menor. Este periodo coincidió con los meses de enero y febrero meses con

temperaturas más bajas, donde las plantas consumen menos agua para realizar sus funciones.

Cuadro 2. Contenido de humedad del suelo

| ddt         | Contenido de humedad del suelo (%) |         |        |        |        |         |         |
|-------------|------------------------------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
|             | 56                                 | 77      | 98     | 119    | 140    | 161     | 182     |
| Riego (%)   | N. S                               | **      | **     | *      | N. S   | *       | **      |
| 100         | 34.1 a                             | 29.5 ab | 21.9 a | 21.9 a | 19.8 a | 29.3 a  | 37.3 a  |
| 80          | 38.5 a                             | 34.6 a  | 24.5 a | 22.3 a | 24.0 a | 26.3 ab | 34.8 ab |
| 60          | 32.7 a                             | 25.9 b  | 15.7 b | 26.9 a | 21.6 a | 24.0 b  | 32.2 b  |
| $\chi^2$    | 35.1                               | 30      | 20.7   | 23.7   | 21.8   | 26.5    | 34.8    |
| Genotipos   | N. S                               | *       | N. S   | N. S   | N. S   | N. S    | N. S    |
| ITH243      | 36.6 a                             | 33.0 a  | 21.4 a | 27.0 a | 20.9 a | 26.2 a  | 35.0 a  |
| ITH225      | 32.6 a                             | 26.8 b  | 19.2 a | 23.0 a | 20.6 a | 25.2 a  | 33.9 a  |
| Seminis     | 36.2 a                             | 30.4 ab | 21.3 a | 22.9 a | 23.9 a | 26.2 a  | 36.2 a  |
| $\chi^2$    | 35.1                               | 30.0    | 20.6   | 24.3   | 21.8   | 26.5    | 34.7    |
| DMS         | 6.5                                | 5.7     | 5.3    | 6.8    | 5.6    | 4.7     | 4.1     |
| Interacción | N. S                               | N. S    | N. S   | N. S   | N. S   | N. S    | N. S    |
| C.V. (%)    | 18.4                               | 18.8    | 26.3   | 28.3   | 25.2   | 17.4    | 11.7    |

Nota: Elaboración propia

A excepción de los dos últimos muestreos, el tratamiento con el 80% de la  $ET_0$  fue el más alto, pero en todos los muestreos estadísticamente igual al tratamiento 100 %  $ET_0$ , aunque diferente con el 60% de la  $ET_0$ . Los tratamientos generaron efecto únicamente sobre la biomasa seca del fruto y total. Esto coincide con lo encontrado por Martínez y Moreno. (1992), En donde la similitud en los mayores niveles de humedad y un consumo elevado de agua es un mecanismo útil para regular la temperatura de las hojas durante periodos cortos de sequía; sin embargo, en periodos prolongados de sequía esta opción podría ser negativa ya que se abatiría más rápidamente la humedad del suelo.

González y Hernández (2000) observaron que solamente en el primer muestreo de humedad se generaron diferencias, el contenido de humedad vario entre 41 y 74%, contenidos de humedad más elevados a los registrados en este trabajo.



### Conductancia estomática y tasa transpiratoria

Durante el primer muestreo los valores de la CE y TT de la hoja fueron altos y decrecieron al final del cultivo (190 ddt). Los resultados del primer muestreo de estas variables concuerdan con el contenido de la humedad del suelo, el muestreo a los 190 ddt no se relacionan de la misma forma, posiblemente al número de días que pasaron para realizar el muestreo (8 días) o al estado de madurez que tenían las hojas.(cuadro 3) Entre estas variables se observó un paralelismo tal y como lo reporta Salisbury y Ross (1994), que menciona que la CE es la resistencia a la difusión y por lo general es directamente proporcional a la TT. Así mismo en otras especies como frijol y manzano, la alta resistencia estomática a la difusión y la baja transpiración se deben al cierre estomático inducido por el déficit de agua en el suelo, frecuentemente asociado con una acumulación de ácido abscísico (Ludlow y Muchow, 1990).

Cuadro 3. Conductancia estomática y tasa transpiratoria

|                | Conductancia estomática              |           | Tasa transpiratoria |           |
|----------------|--------------------------------------|-----------|---------------------|-----------|
|                | mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> |           |                     |           |
|                | Inicio                               | Final     | Inicio              | Final     |
| Riego (%)      |                                      |           |                     |           |
| 100            | 2760.0 a                             | 102.7 a   | 152.8 a             | 5.2 a     |
| 80             | 2937.1 a                             | 108.3 a   | 152.2 a             | 5.7 a     |
| 60             | 2464.1 a                             | 95.3 a    | 207.4 a             | 6.1 a     |
| $\pi^2$        | 2720.4                               | 102.1     | 170.8               | 5.7       |
| Genotipos      |                                      |           |                     |           |
| ITH 243        | 3052.2 a                             | 114.0 a   | 121.3 a             | 4.9 a     |
| ITH 225        | 2365.7 a                             | 88.1 a    | 219.4 a             | 6.4 a     |
| <u>Seminis</u> | 2743.3 a                             | 104.3 a   | 171.7 a             | 5.8 a     |
| $\pi^2$        | 2720.4                               | 102.1     | 170.8               | 5.7       |
| DMS            | 1012.2                               | 36.7      | 151.0               | 5.3       |
| Interacción    | <u>Na</u>                            | <u>Na</u> | <u>na</u>           | <u>na</u> |
| C.V. (%)       | 30.9                                 | 29.8      | 73.5                | 76.9      |

Nota: Elaboración propia.

### Altura y diámetro final del tallo

Pérez *et al.* (2008) encontraron que la mejor altura se obtuvo al aplicar el 80 % de la ET<sub>0</sub> con una longitud de 73.3 cm, mostrando diferencia con un 20% menos de la ET<sub>0</sub>.

Para el caso de los genotipos hubo diferencia en altura, diámetro final y volumen de raíces. El ITH225 sobresalió en todos los casos y fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos, a excepción del diámetro del tallo que fue similar a los otros genotipos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Altura, diámetro basal y volumen de raíces

|                | Tallo          |                  | Volumen de raíces  |
|----------------|----------------|------------------|--------------------|
|                | Altura<br>(cm) | Diámetro<br>(mm) | (cm <sup>3</sup> ) |
| Riego (%)      |                |                  |                    |
| 100            | 84.9 a         | 18.3 a           | 145.4 a            |
| 80             | 87.7 a         | 17.6 a           | 139.2 a            |
| 60             | 85.7 a         | 17.6 a           | 125.4 a            |
| Genotipos      |                |                  |                    |
| ITH 243        | 83.0 b         | 16.5 b           | 116.3 b            |
| ITH 225        | 95.2 a         | 19.0 a           | 176.3 a            |
| <u>Seminis</u> | 80.0 b         | 18.0 ab          | 117.4 b            |
| DMS            | 10.6           | 2.0              | 41.0               |
| Interacción    | <u>N.S</u>     | <u>N.S</u>       | <u>N.S</u>         |
| C.V. (%)       | 12.2           | 11.0             | 29.6               |

Nota: Elaboración propia.

### Volumen de raíces

El volumen de raíces no mostro diferencia estadística entre el material ITH 243 y Seminis. Caraballo y Velázquez (2000) mencionan que la producción de materia seca en las raíces está relacionada en forma directa con la cantidad de agua disponible en el período de mayor requerimiento hídrico y que conforme se

incrementa la tensión de humedad del suelo la producción de biomasa radical y rendimiento de la papa es afectado.

Sabando *et al* 2022 estudiando el comportamiento del desarrollo radicular de la raíz pivotante en las diferentes láminas de riego en el cultivo de tomate. obtuvieron los promedios más altos de profundidad de raíz en laminas al 100% ETc; 120% ETc.

El genotipo ITH225 fue superior en 33.4 y 34.1% a los genotipos Seminis e ITH243, respectivamente. Un sistema radical denso y profundo, es una ventaja, debido a que le permite a la planta sobrevivir a ciertas condiciones adversas como periodos de sequía.

### **Producción y distribución de biomasa seca**

Los resultados obtenidos para la producción y distribución de la biomasa seca se presentan en el Cuadro 5. Únicamente la biomasa seca del fruto y total fueron diferentes, siendo mayores en los niveles de riego más altos. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Godoy *et al.* (2003), Quienes mencionan que al aplicar el 100% de la ET<sub>o</sub> en alfalfa, se obtuvo una mayor producción de materia seca con respecto a 80 y 60% de la ET<sub>o</sub>; asimismo González y Hernández (2000) señalan que aplicando un 80% de la ET<sub>o</sub> se produce una mayor acumulación de materia seca en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum*) bajo las condiciones edafoclimáticas de Yucatán.

En el caso del material genético que mayor resultado generó fue el ITH225, ya que se obtuvo 49.2, 78.2 y 77.6 g•planta<sup>-1</sup> de biomasa seca para

la raíz, tallo y hojas, respectivamente. Este tratamiento fue diferente ITH243 los cuales ambos fueron similares, para el caso de la biomasa seca del tallo el ITH225 presentó diferencias con los genotipos ITH243 y Seminis los cuales fueron 36.06 y 38.76% menores, sin embargo, ambos fueron estadísticamente iguales y para la biomasa seca de la hoja, el genotipo ITH225 fue 21.02 y 30.08% mayor a los genotipos Seminis e ITH243 respectivamente los cuales ambos no presentaron diferencias estadísticas.

En el caso de la biomasa seca del fruto (cuadro 5) al recuperar la humedad del suelo con el 80% de la ET<sub>o</sub> se obtuvo 93.40 g planta<sup>-1</sup> siendo estadísticamente igual con el 100% de la ET<sub>o</sub> el cual fue 9.05% mayor, ambos mostraron diferencias con el 60% de la ET<sub>o</sub> el cual fue 32.13% menor, así mismo con el genotipo Seminis se obtuvo 100.11 g planta<sup>-1</sup> siendo estadísticamente igual con el genotipo ITH243 el cual fue 7.96% menor, sin embargo ambos mostraron diferencias estadísticas con el genotipo ITH225 el cual fue 26.54% menor, cabe señalar que este genotipo fue el que obtuvo la mayor biomasa seca en la raíz, tallo y hoja pero no en el fruto.

Cuadro 5. Producción y distribución de biomasa seca

|                | Raíz                      | Tallo     | Hoja      | Fruto     | Total     |
|----------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                | (g planta <sup>-1</sup> ) |           |           |           |           |
| Riego (%)      | <u>ns</u>                 | <u>ns</u> | <u>ns</u> | **        |           |
| 100            | 36.7 a                    | 60.6 a    | 68.4 a    | 102.7 a   | 267.6 a   |
| 80             | 32.8 a                    | 54.6 a    | 62.8 a    | 93.4 a    | 243.7 ab  |
| 60             | 32.7 a                    | 61.0 a    | 62.0 a    | 69.7 b    | 225.3 b   |
| Genotipos      | **                        | **        | **        | **        |           |
| ITH 243        | 28.6 b                    | 50.0 b    | 54.2 b    | 92.1 a    | 225.0 b   |
| ITH 225        | 49.2 a                    | 78.2 a    | 77.6 a    | 73.5 b    | 273.6 a   |
| <u>Seminis</u> | 29.4 b                    | 47.9 b    | 61.3 b    | 100.1 a   | 238.0 ab  |
| DMS            | 8.2                       | 14.3      | 12.1      | 15.3      | 40.3      |
| Interacción    | <u>ns</u>                 | <u>ns</u> | <u>ns</u> | <u>ns</u> | <u>ns</u> |
| C.V. (%)       | 23.8                      | 24.0      | 18.6      | 17.0      | 16.2      |

Nota: Elaboración propia

Los resultados generados para la biomasa seca total presentados en el cuadro 5, muestran que al recuperar la humedad del suelo con el 100% de la ETo se obtuvo 267.57 g planta<sup>-1</sup> presentando diferencias con el 60% de la ETo el cual fue 15.79% menor, sin embargo al recuperar la humedad del suelo con el 80% de la ETo fue 8.92% menor sin diferencias estadísticas entre ambos, con respecta a la interacción, con el genotipo ITH225 se obtuvo 273.59 g planta<sup>-1</sup> el cual presentó diferencias con el genotipo ITH243 el cual fue 17.77% menor, mientras que con el genotipo Seminis que fue 13.00% menor no generó diferencias estadísticas. Esto concuerda con lo obtenido por Godoy *et al.*, (2003) en la producción de forraje seco en donde en los tratamientos de riego se encontró que 100 y 80% de la ET con riego por goteo subsuperficial (RGS) fueron semejantes entre sí y superiores a los tratamientos con menos riego (60 ETo).

## Diámetro del fruto

No se presentaron diferencias estadísticas en el diámetro polar y ecuatorial del fruto (cuadro 6) para los niveles de ETo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ortega *et al.* (2001), quienes mencionan que el diámetro polar y ecuatorial del fruto de tomate no fue afectado significativamente por el aumento de agua aplicada, Zermeño *et al.*, 2007 en limón italiano, el rendimiento, diámetro y relación de sólidos solubles de frutos en los tratamientos de baja tensión de humedad del suelo fueron estadísticamente superiores. Parrra *et al* 2008 señalan que el calibre de las frutas de durazno no es afectado por déficit hídrico en forma significativa. Holzapfel *et al.*, 2001 obtuvieron en naranjo que el diámetro ecuatorial y polar del fruto con el 100% de reposición de agua y fertirrigación presenta los valores más altos con tendencia a aumentar con un incremento en la aplicación de agua y fertilizante.

Para el caso de los genotipos, el ITH243 fue estadísticamente igual al genotipo Seminis, ambos presentaron diferencias estadísticas con el genotipo ITH225 el cual fue 16.87% menor El genotipo ITH225 presentó diferencia estadística en diámetro ecuatorial con el genotipo Seminis el cual fue 7.56% menor.

Cuadro 6. Diámetro polar, ecuatorial

|         | Diámetro |            |
|---------|----------|------------|
|         | Polar    | Ecuatorial |
|         | (cm)     | (cm)       |
| ETo (%) | N.S      | N.S        |
| 100     | 3.8 a    | 2.5 a      |

|             |       |        |
|-------------|-------|--------|
| 80          | 3.6 a | 2.5 a  |
| 60          | 3.5 a | 2.4 a  |
| Genotipos   | **    | **     |
| ITH 243     | 3.9 a | 2.5 ab |
| ITH 225     | 3.3 b | 2.5 a  |
| Seminis     | 3.7 a | 2.3 b  |
| DMS         | 0.4   | 0.2    |
| Interacción | N.S   | N.S    |
| C.V. (%)    | 10.3  | 6.9    |

Nota: Elaboración propia

### Volumen de agua y rendimiento final

Los niveles de  $ET_0$  más altos no mostraron diferencia estadística en biomasa seca total. Aplicando el riego con 80% de la  $ET_0$  se obtuvo un rendimiento de 493.1 g planta<sup>-1</sup>, mientras que en el riego con 100% de la  $ET_0$  fue 547.6 g planta<sup>-1</sup> con 9.94% mayor volumen de agua utilizado, ambos presentaron diferencias con respecto al tratamiento de 60% de la  $ET_0$ . Perez *et al* 2008, obtuvieron que al regar con el 80% de la  $ET_0$  registraron la máxima producción (cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento, uso eficiente del agua e índice de cosecha

|             | Riego<br>(L planta <sup>-1</sup> ) | Rendimiento<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | UEA<br>g L <sup>-1</sup> | IC<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| $ET_0$ (%)  |                                    |                                          |                          |                                 |
| 100         | 76.3                               | 547.6 a                                  | 0.35 b                   | 0.4 a                           |
| 80          | 63.7                               | 493.1 a                                  | 0.38 b                   | 0.4 a                           |
| 60          | 49.8                               | 326.1 b                                  | 0.43 a                   | 0.3 b                           |
| Genotipos   |                                    |                                          |                          |                                 |
| ITH 243     | 63.3                               | 477.9 a                                  | 0.36 b                   | 0.4 a                           |
| ITH 225     | 63.3                               | 398.4 a                                  | 0.44 a                   | 0.3 b                           |
| Seminis     | 63.3                               | 460.5 a                                  | 0.38 ab                  | 0.4 a                           |
| DMS         |                                    | 94.6                                     | 0.06                     | 0.04                            |
| Interacción | N.S                                | N.S                                      | N.S                      | N.S                             |
| C.V. (%)    | 0                                  | 20.5                                     | 15.5                     | 13.1                            |

Nota: Elaboración propia

Estos resultados coinciden con lo obtenido por Pérez,2019 quien encontró que aplicando el 70% de la  $ET_r$  se obtiene un incremento en el rendimiento del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) de hasta un 32 y 27% con respecto al 60 y 80% de la  $ET_0$ . Mancini y Caliandro 1989, estudiaron el efecto de tres láminas de agua (50, 100 y 150% de la  $ET_r$ ) sobre el rendimiento de tomate en invernadero y observaron los más altos rendimientos con un 100% de la  $ET_r$ . Por el contrario, Ortega *et al*, 2001 indican que el rendimiento total y comercial disminuyó a medida que se aplicaron cantidades de agua menores, aplicando el 150% de la  $ET_r$  alcanzaron las mayores producciones totales. González y Hernández (2000) en un experimento realizado en Yucatán, señalan que modificar la evapotranspiración potencial en un 80% generó los rendimientos más elevados del tomate y la mejor eficiencia en el uso del agua. Núñez *et al*, 2021 encontraron que el peso del grano de maíz fue afectado significativamente por el genotipo evaluado y no por la tensión de humedad del suelo Pérez *et al*, (2019) menciona que al aplicar el 80% de la  $ET_0$  se obtuvo el mejor rendimiento con 23.47 Mg ha<sup>-1</sup> de fruto.

### Índice de cosecha

No existió diferencia estadística en los tratamientos con  $ET_0$  más alto, pero si con respecto al tratamiento con 60 % de  $ET_0$ . Estos resultados concuerdan con los datos encontrados en el trabajo realizado por Martínez *et al*; (2020) evaluando plantas de trigo con riego reducción en

lámina de riego de 1 a 0.8, 0.6 y 0.4 m. no encontraron diferencias para espigas por metro cuadrado, rendimiento biológico, índice de cosecha y rendimiento de grano incrementando paralelamente en función de la lámina de riego.

En los genotipos no se observaron diferencias entre el genotipo Seminis con el genotipo ITH243, sin embargo, ambos presentaron diferencias con el genotipo ITH225 el cual fue 35.71% menor.

### Uso eficiente del agua

Disminuir el nivel de ETo aplicado incrementa la eficiencia de uso del agua, resultados similares a los obtenidos por Bryla *et al.*, (2003) quien encontró la mayor eficiencia al aplicar el 50% de la ETo durante el primer año del cultivo de frijol en comparación con el 100 y 150% de la ETo, los resultados no coinciden con los obtenidos por González y Hernández (2000), que encontraron que recuperar la humedad del suelo en un 80% de la ETo en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) se mejora el rendimiento y resulta más eficiente en el uso del agua. Pérez *et al.*, (2008) mencionan que con el 80% de la ETo se obtuvo una eficiencia de 9.28 kg por cada m<sup>3</sup> de agua. El mejor rendimiento de chile habanero se obtuvo al aplicar 2529.08 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (80% de la ETo) y en el cual se cosecharon 23.47 t ha<sup>-1</sup> de fruto.

Para el caso de los genotipos se presentaron diferencias estadísticas, en donde con el genotipo ITH225 se obtuvo 0.44% de eficiencia presentando diferencias con el genotipo ITH243 el cual fue 18.18% menor, sin embargo, con el

genotipo Seminis que fue 13.63% menor no presento diferencias estadísticas a ambos.

### Conclusiones

Recuperar la humedad del suelo mediante el riego con 20% menos de la evapotranspiración potencial estimada en un tanque evaporímetro clase A bajo las condiciones de clima y suelo de Yucatán, genera las condiciones favorables para la transpiración y la conductividad estomática de la hoja de chile habanero, manteniendo el mismo rendimiento que aplicando el 100 % de ETo así como iguales condiciones de uso del agua, lo que permite utilizar 16.52 % menor volumen, condición favorable en zonas donde el recurso agua es limitado, representando una opción viable para el ahorro de agua y costos de operación por concepto de bombeo.

### Referencias bibliográficas

- Aceves N., L. A., J. F. Juárez L., D. J. Palma L., R. López L., B. Rivera H., J. A. Rincón R., R. Morales C., R. Hernández A. y A. Martínez S. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinese* Jacq.) en el estado de Tabasco. Gobierno de Tabasco, Secretaria de Desarrollo Forestal y Pesca, DEIDRUS-TAB, INIFAP, SAGARPA y Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México.
- Aguilera, C.M. 1990 Relaciones agua, suelo, planta, atmósfera. - 3a edición - México D.F. Universidad Autónoma Chapingo.

Allen, R.G.; Doorenbos, J.; Monteith, L. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, boletín 56, Roma. 298 p.

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.

Bonilla M., Carlos, & Cancino V., José. (2001). Estimación del contenido de humedad del suelo mediante el empleo de funciones de pedotransferencia. *Agricultura técnica* 61(3),326-338.

Buendía-Espinoza Julio C., Palacios-Vélez Enrique, Chávez-Morales Jesús y Rojas-Martínez Basilio. 2004. Impacto del funcionamiento de los sistemas de riego presurizados en la productividad de ocho cultivos en Guanajuato, México. *Agrociencia* 38: 477-486.

Bryla, D. R., T. J. Trout, and J. E. Ayars. 2003. Growth and production of young peach trees irrigated by furrow, microjet, surface drip, or subsurface drip systems. *HortScience* 38: 1112-1116

Caraballo, L. y Velasquez, E. 2000. Respuesta de tres cultivares de yuca a diferentes condiciones

hídricas y fechas de cosecha. *Agronomía Tropical* 50(2):267 - 284

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2010): <http://www.conagua.gob.mx> en 2012.

De Juan, J. 1993. *Agronomía del Riego*. Mundi - Prensa. Madrid.

Doorenbos, J., y W. O. Pruitt. 1977. Crop water requirements. FAO paper 24. Roma, Italia. Pág. 144.

Fuentes Y., J. L. 1999. Manual práctico sobre utilización de suelos y fertilizantes. Mundi-Prensa. España. Pág. 159.

Godoy-Avila, C., A. Pérez-Gutiérrez, C. Torres-E., L. J. Hermosillo y I. Reyes-J. 2003. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 37: 107-115.

González M A, B A Hernández L (2000) Estimación de las necesidades hídricas del Tomate. *TERRA Latinoamericana*. 18:45-50.

Gurovich, L. A 1985 Fundamentos y diseño de sistemas de riego IICA San José, Costa Rica  
Holzapfel, Eduardo A., Lopez, Claudio, Joublan, Jean P., & Matta, Ricardo. (2001). Efecto del agua y fertirrigacion en el desarrollo y producción de



naranjos cv. thompson navel. *Agricultura Técnica*, 61(1), 51-60.

James RA, von Caemmerer S., Condon AT, Zwart AB, Munns R. Variación genética en la tolerancia al componente de estrés osmótico del estrés salino en trigo duro. *Funct. Plant Biol.* 2008;35:111–123.

Ludlow, M.M. and Muchow, R.C. (1990) A Critical Evaluation of Traits for Improving Crop Yields in Water-Limited Environments. *Advances in Agronomy*, 43, 107-153.

Mancini, L. and A. Caliendo. 1989. The effect of irrigation method and regime on greenhouse salad tomatoes. *Irrigazione e Drenaggio* 36:70-73.

Martínez, C.A., Moreno, U. 1992. Expresiones fisiológicas de resistencia a la sequía de dos variedades de papa sometidas a estrés hídrico en condiciones de campo. *Revista Brasileña Fisiología Vegetal*. 4(1):33-38

Martínez C.E, Espitia R. E, Villaseñor M. H., Hortelano S.R, 2020. La productividad del trigo harinero bajo diferentes condiciones de riego *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* volumen 11 número 6

Montero, M. J., y J. L., Pérez. 2008. Regionalización de proyecciones climáticas en México de precipitación y temperatura en superficie usando el método REA para el siglo XXI. In: P. Martínez, y A. Aguilar. Efectos del

Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Mor. Pág. 11-21.

Núñez-Ramírez, Fidel, Escobosa-García, Isabel, Cárdenas-Salazar, Víctor, Santillano-Cázares, Jesús, Ruelas-Islas, Jesús del Rosario, Preciado-Rangel, Pablo, & Díaz-Ramírez, Jairo. (2020). Tensión de humedad del suelo, crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de maíz cultivado en el noroeste de México. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 805-815.

Ojeda, B. W.; E. Sifuentes I.; M. Íñiguez C.; M. J. Montero M. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia* 45, Pág. 1-11

Ortega-Farias, Samuel, Márquez, Javier, Valdés, Héctor, & Paillán, Juan H.. (2001). efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. FA-144) de invernadero producido en otoño. *Agricultura Técnica*, 61(4), 479-487.

Palacios, V. E. (2002). ¿Por qué, cuándo, cuánto y cómo regar?: para lograr mejores cosechas. Trillas, México, DF, p. 214.

Parra-Quezada, R. A., Rodríguez-Ontiveros, J. L., & González-Hernández, V. A. (1999) Transpiración, potencial hídrico y prolina en

zarzamora bajo déficit hídrico. *Terra*, 17(2), 125-130.

Pérez G. A., A. Pineda D. L. Latournerie M., W. Pam P., C. Godoy A. 2008. Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. *Terra Latinoamericana* Vol. 26 (1) Pág. 53,59.

Perez. R. J. 2019 Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) bajo diferentes regímenes de riego. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/7529322>

QUIÑONES, P. H. E. 1997. Necesidades Hídricas de los Cultivos. In: Manual para Diseño de Zonas de Riego Pequeñas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México.

Rahnama A., James RA, Poustini K., Munns R. Conductancia estomática como indicador de tolerancia al estrés osmótico en trigo duro cultivado en suelo salino. *Funct. Plant Biol.* 2010;37:255–263. doi: 10.1071/FP09148.

Rincones C., C. I. 2009. Plan rector. Sistema Producto chile de Yucatán. Secretaria de Fomento Agropecuario y Pesquero, SAGARPA, Comité Estatal Sistema Producto Chile del estado de Yucatán A. C. Mérida, Yucatán.

Roche D. La conductancia estomática es esencial para un mayor potencial de rendimiento de los cultivos C3. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2015;34:429–453. doi: 10.1080/07352689.2015.1023677

Rodríguez, J. A., E. K. Weatherhead, J. W. Knox, and E. Camacho. 2007. Climate change impacts on

irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environ. Change* 7: Pag.149-159.

Sabando G.A, Delgado S.W, Chavarria P.J.

Sabando G.B, 2022 Láminas de riego sobre el Comportamiento del bulbo húmedo y desarrollo radicular del tomate. *Ingeniería Agrícola*, vol. 12, (2)

Salisbury F.B., C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal Grupo Editorial Iberoamérica. México.

Sánchez L. D., A. T. Sánchez. 2004. Uso eficiente del agua, ponencias sobre una perspectiva general temática..

Sentelhas, P.; Folegatti, M. 2003. Class "A" pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (*ET<sub>o</sub>*). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7(1): 111-115.

SEMARNAT. (2011). Estadísticas del agua en México. Coyoacán México DF.

Soria, F. M., J. A. Trejo R., J. M. Tun S. y R. Terán S. 1996. Paquete Tecnológico para la producción de chile habanero. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatán; México.

Tijerina C., L. 2000. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. *Terra* 17: 237-245.

Wanjura, D.F. and Upchurch, D.R. (2000)  
Canopy Temperature Characterizations of Corn  
and Cotton Water Status. Transactions of the  
ASAE, 43, 867-875.

Zermeño, G A, García D.M, Castro M.B,  
Rodríguez. R.H 2007, Tensión de humedad del  
suelo y rendimiento de fruto en limón italiano  
Revista. Fitotecnia. Mex. Vol. 30 (3): 295 – 303,  
2007