

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) bajo diferentes regímenes de riego.

POR:

JAVIER PEREZ RODRIGUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA MÉXICO

Septiembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) bajo diferentes regímenes de riego.

Por:


JAVIER PEREZ RODRIGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el Jurado Examinador:



PhD. Vicente de Paul Alvarez Reyna
Presidente



MC. Edgardo Cervantes Alvarez
Vocal



Dr. Federico Vega Sotelo
Vocal



Ing. Samuel Ortiz Aparicio
Vocal suplente



MC. Javier López Hernández
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) bajo diferentes regímenes de riego.

Por:


JAVIER PEREZ RODRIGUEZ


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título del:


INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

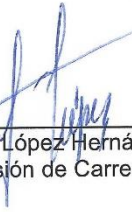
Aprobada por el Comité de Asesoría:


PhD. Vicente de Paul Alvarez Reyna
Presidente


MC. Edgardo Cervantes Alvarez
Vocal


Dr. Federico Vega Sotelo
Vocal


Ing. Samuel Ortiz Aparicio
Vocal suplente


MC. Javier López Hernández
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2019



AGRADECIMIENTO

A Dios, Por haberme permitido llegar y finalizar esta etapa de mi vida, cuidándome cada día de mi vida profesional, dándome fortaleza ganas de seguir adelante.

A mis padres, Por el apoyo incondicional, moral y económico en el trayecto de mi vida profesional.

A mis hermanos, A mi hermana Lupita por su apoyo y haber estado siempre en todo lo que necesité y resolver siempre las dudas que tuve. A mi hermano Tin por siempre contar con su apoyo incondicional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, por cobijarme en mi estancia en la Universidad, y brindarme todas las facilidades en mi formación profesional, como fue el comedor e internado. Gracias.

Al PhD. Vicente de Paul Álvarez Reyna, Por haber contado con su apoyo para esta investigación, y durante toda mi carrera profesional.

A mi comité de asesores, MC. Federico Vega Sotelo, MC. Edgardo Cervantes Alvarez e Ing. Samuel Ortiz Aparicio, por su apoyo incondicional en la elaboración de esta investigación.

A mis profesores y técnicos, Por haberme formado profesionalmente, muchas gracias.

A Lili, Por haber estado junto a mí, en los momentos más felices y difíciles en mi estancia de mi formación profesional, compartir tantos momentos inolvidables y perdonarme muchos de mis defectos y decisiones.

DEDICATORIA

A Dios, TODO HONOR Y TODA GLORIA A DIOS PADRE.

A mi hermana Lupita, Por ser un ejemplo para mi formación, dándome consejos, apoyo económico y moral.

A mi hermano Agustín, Por siempre haber contado con su apoyo y haber estado cuando lo necesitaba.

A mi papa José María, Por ser mi ejemplo como persona a seguir, que a pesar de las dificultades y enfermedades siempre ha demostrado fortaleza, ganas de seguir adelante y perseverancia.

A mi mama Antonia, En especial a ella por ser el pilar fundamental en mi formación personal, haberme transmitido valores, para ser una persona íntegra, honesta, servicial, y jamás haber dudado de mí, mi carrera profesional es una dedicación para ella.

A Lili, Por ser la persona mas importante en mi estancia en la UAAAN-UL.**A mis familiares**, Quienes indirectamente me apoyaron y a mi familia, son parte de este logro

RESUMEN

La escasez de agua es un problema común en muchas partes del mundo, debido a la sobre explotación de los mantos acuíferos y al incremento de la población urbana. Debido a esto y al creciente cambio climático, ha influido y originado que la disponibilidad de agua sea un factor limitante para la producción agrícola. El eficiente uso de agua es una estrategia que permite hacer un uso racional del agua y manejo del recurso en condiciones de baja disponibilidad de agua. El objetivo de la investigación es evaluar la producción de Chile Habanero (*Capsicum chinense jacq*) bajo la aplicación de diferentes láminas de riego de acuerdo con la Evapotranspiración de referencia. El experimento se realizó en el ciclo primavera – verano, durante el periodo de mayo a octubre del 2018, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizado en Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, tres tratamientos (70%, 85% y 100% de la Evapotranspiración de referencia) y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron peso de fruto, número de frutos por planta, producción por corte, rendimiento y eficiencia en uso de agua.

Los resultados obtenidos muestran que la cantidad de agua aplicada al cultivo afectó el número de frutos por planta, producción promedio por corte, rendimiento y eficiencia en uso de agua, excepto el peso de fruto.

Palabras claves: Evapotranspiración, Eficiencia en uso de agua, Sequía, *Capsicum chinense jacq*.

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| AGRADECIMIENTO | I |
| DEDICATORIA..... | II |
| RESUMEN | III |
| ÍNDICE..... | IV |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | VI |
| I INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL..... | 3 |
| 1.2 HIPÓTESIS..... | 3 |
| II REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 ANTECEDENTES..... | 4 |
| 2.2 ESTRÉS HÍDRICO..... | 6 |
| 2.3 GENERALIDADES DEL CHILE HABANERO (CAPSICUM CHINENSE JACQ)..... | 10 |
| 2.4 TAXONOMÍA BOTÁNICA DE CAPSICUM CHINENSE JACQ..... | 11 |
| III MATERIALES Y METODOS..... | 13 |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE INVESTIGACIÓN | 13 |
| 3.2 DATOS CLIMATOLÓGICOS | 13 |
| 3.3 SUELO..... | 14 |
| 3.4 MATERIAL GENÉTICO UTILIZADO | 14 |
| 3.5 PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS..... | 15 |
| 3.6 PREPARACIÓN DEL TERRENO | 15 |
| 3.6.1 Barbecho | 15 |
| 3.6.2 Rastreo | 16 |
| 3.6.3 Emparejamiento..... | 16 |
| 3.6.4 Encamado..... | 16 |
| 3.6.5 Sistema de riego..... | 16 |
| 3.7 TRASPLANTE..... | 17 |
| 3.8 MANEJO DEL CULTIVO..... | 17 |
| 3.9 FERTILIZACIÓN | 18 |
| 3.10 RIEGO..... | 18 |
| 3.11 VARIABLES EVALUADAS | 19 |
| 3.11.1 Peso por fruto (gr). | 19 |
| 3.11.2 Número de frutos por planta..... | 19 |
| 3.11.3 Producción por corte (Ton/ha)..... | 19 |
| 3.11.4 Rendimiento (Ton/ha)..... | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 3.11.5 Eficiencia en uso de agua (Kg/m ³)..... | 19 |
| 3.12 DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 20 |
| 3.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 20 |
| IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 21 |
| 4.1 PESO DE FRUTO..... | 21 |
| 4.2 NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA | 21 |
| 4.3 PRODUCCIÓN POR CORTE | 22 |
| 4.4 RENDIMIENTO | 22 |
| 4.5 EFICIENCIA EN USO DE AGUA..... | 23 |
| V CONCLUSIÓN..... | 24 |
| VI BIBLIOGRAFÍA..... | 25 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| CUADRO 1. PESO DE FRUTO Y NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA, EN CHILE HABANERO BAJO DIFERENTES PORCENTAJES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN UAAAN - UL. 2018..... | 22 |
| CUADRO 2. PRODUCCIÓN PROMEDIO POR CORTE, RENDIMIENTO Y EFICIENTE EN USO DE AGUA, BAJO DIFERENTES PORCENTAJES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN UAAAN - UL. 2018..... | 23 |

I INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso importante para la vida en el planeta, siendo el epicentro del desarrollo sostenible y fundamental para el desarrollo socioeconómico, energía, producción de alimentos, ecosistemas saludables y supervivencia misma de los seres humanos (ONU, 2019). La competencia por el agua entre varios sectores como la agricultura, industria, hidroelectricidad, acuicultura, turismo y consumo urbano impone que la práctica del riego en la producción agrícola sea cada vez más eficiente (Tran, 2011; Zhou, 2015). Siendo la agricultura el mayor usuario de agua, la escasez y mala distribución de este recurso es un factor que limita la producción mundial (Postel, 1998) y como consecuencia existen grandes áreas terrestres sujetas a períodos de sequía, las cuales podrían aumentar como resultado del cambio climático global (Solomon y Cramer, 1993; Petit *et al.*, 1999). En México, las prácticas de riego pueden afectar el ambiente debido al consumo de la reserva acuífera superficial y subterránea, como en la zona norte del país y Valle de México (CNA, 2005). Debido a lo expuesto anteriormente, es necesario desarrollar y adoptar prácticas con alto nivel de eficiencia en uso de agua (Debaeke y Aboudrare, 2004), lo que significa un reto para los agricultores de encontrar alternativas para sustentar la demanda de producción que se requerirá a futuro (FAO, 2017).

La importancia del Eficiente Uso de Agua (EUA) de riego ha incrementado en los últimos años. El método de riego por goteo es una alternativa que contribuye en forma sustentable al aprovechamiento racional del agua al mejorar la eficiencia de riego en la agricultura. Diversos autores mencionan que el riego por goteo mejora

la EUA, principalmente mediante la aplicación eficiente del volumen del agua (Stanghellini et al., 2003 y Kirnak y Demirtas, 2006). En los sistemas de riego por goteo, el agua y nutrientes pueden ser aplicados directamente a la zona radical de los cultivos, teniendo efectos positivos en el rendimiento, calidad, ahorro de agua e incremento en la eficiencia de riego (Phene y Howell, 1984).

En México, el chile habanero es ampliamente consumido especialmente en los Estados de Yucatán, Quintana Roo, Campeche y Tabasco. Yucatán ocupa uno de los primeros lugares de importancia en cuanto a la siembra de esta hortaliza (Tucuch-Haas, 2012). El cultivo de chile habanero bajo condiciones de campo, no se lleva a cabo en forma comercial en las regiones áridas del Norte de México. Esto debido a que la alta temperatura e incidencia solar presentes hacen que la planta tenga un desarrollo raquítrico y una baja producción, lo cual lo hace incosteable. Sin embargo, el chile habanero es un cultivo atractivo ya que su precio en el mercado nacional supera a la de cualquier otro tipo de chile (Villa, 2014). En la Región Lagunera, por ejemplo, se vende entre \$100 y 130 por kilo de fruto fresco; además el chile habanero es un producto que tiene demanda a nivel nacional e internacional por sus múltiples usos (Robledo y Martín, 1988; Jensen y Malter, 1995).

En esta investigación llevada a cabo en el Campo Experimental de la UAAAN UL se pretende determinar la respuesta del chile habanero al estrés hídrico, en función de la aplicación del riego de acuerdo con la evapotranspiración de referencia siendo cien, ochenta y cinco y setenta por ciento de la misma.

1.1 Objetivo general

Evaluar la producción de Chile Habanero (*Capsicum chinense jacq*) bajo diferentes regímenes de riego (% de Evapotranspiración de referencia).

1.2 Hipótesis

La producción de chile es similar bajo diferentes regímenes de riego de acuerdo.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

La agricultura es una actividad económica de alto consumo de recurso hídrico por lo que es imprescindible estimar la eficiencia de utilización del agua en el proceso de transformación insumo-producto (CNA, 2006).

A nivel mundial existe la urgente necesidad de aumentar la eficiencia en uso del agua en la agricultura debido a la creciente escasez del líquido y fuerte incidencia del cambio climático sobre este recurso (Karimi, 2015). El uso del agua en la producción agrícola y desarrollo rural deberá mejorar continuamente para satisfacer los objetivos de la producción de alimentos. El crecimiento económico y el ambiente, será un elemento clave para mantener la seguridad alimentaria y la generación de ingresos entre los agricultores de menores recursos; para lograr lo anterior, se requiere de un manejo adecuado de la infraestructura de hidráulica, para el manejo del agua, el compromiso de los usuarios del agua y el uso de prácticas agrícolas innovadoras (FAO, 2017).

La sequía es un desastre natural de carácter hidrológico más nocivo conocido en el planeta. Su influencia, ha dado lugar a que se le considere como “uno de los mayores desastres naturales, el más frecuente, persistente y de mayores efectos negativos para la producción agrícola, como también de impactos adversos reales y potenciales sobre el medio ambiente (IIRD, 2010). En los últimos años, la sequía causada por el cambio climático global es cada vez más frecuente (Lan, 2011), por lo que las investigaciones relacionadas con la respuesta de las plantas al déficit

hídrico resultan imprescindibles. En las zonas áridas o semiáridas el agua es el factor más importante en la producción agrícola, por lo que el aumento en la eficiencia del agua permite un manejo sostenible del recurso. Una medida para mitigar los efectos de la sequía consiste en el ahorro y Eficiente Uso de Agua (EUA) (Vázquez *et al.*, 2007).

El Eficiente Uso de Agua (EUA), constituye la base científica para proyectar medidas de adaptación y mitigación para la producción agrícola, en condiciones de baja disponibilidad de agua y de sequía (Duarte, 2012). Algunos autores han demostrado, que la EUA es una variable fisiológica clave que indica la habilidad del cultivo para conservar el agua en áreas con limitación hídrica al combinar la resistencia a la sequía y potencial de rendimiento elevado (Zhang, 2010 y Hernández 2015). En las plantas el agua, constituye típicamente de 80 a 95 % de la masa de los tejidos en crecimiento, donde desempeña funciones. La baja disponibilidad de agua en el suelo provoca el estrés abiótico de mayor incidencia en el crecimiento vegetal y mal desempeño de un gran número de funciones en beneficio de las plantas, que en los sistemas agrícolas representa pérdida económica (Quintal, 2012).

La agricultura es una actividad económica de alto consumo de recursos hídricos (CNA, 2006); por lo tanto, es imprescindible estimar la eficiencia de utilización del agua en el proceso de transformación insumo producto. En este proceso, se establecen relaciones como insumos-productos primarios. Obviamente, en la relación agua-rendimiento se busca el incremento en la productividad del

insumo agua en términos de maximizar el rendimiento del producto por unidad de volumen invertido (Sánchez et al., 2006).

2.2 Estrés hídrico

Al analizar la reacción de las plantas al déficit hídrico, lo primero que se observa es el cierre de estomas, mecanismo aparentemente simple y destinado sólo a evitar la caída del potencial hídrico, pero que engloba una serie de ajustes fisiológicos y metabólicos colaterales que incluyen, entre otros, la disminución de la fotosíntesis y alteraciones en el transporte y distribución de fotosintatos, hechos que tienen trascendencia significativa en el funcionamiento normal de la planta (Hanson y Hitz, 1982; Bohnert *et al.*, 1995).

La respuesta más sensible al estrés hídrico es el crecimiento celular; y es durante esta condición que las células permanecen más pequeñas y las hojas tienen menor desarrollo, en consecuencia, se reduce el área foliar fotosintéticamente activa (Parra *et al.*, 1999). Además, en tales condiciones la actividad hidrolítica de las enzimas aumenta considerablemente, el transporte de los iones disminuye y la respiración comúnmente aumenta (Salisbury y Ross., 2000).

Diferentes procesos fisiológicos vegetales pueden ser afectados por la disminución del riego (Pérez *et al.*, 2008). La conductancia estomática se reduce a medida que aumenta el estrés hídrico en hojas a causa del cierre de estomas (Rada *et al.*, 2005); en consecuencia, se incrementa la temperatura de la hoja a niveles que causan daños por calor. Al mismo tiempo se reduce la transpiración foliar y aumenta la resistencia estomática (Parra *et al.*, 1999).

Además, el potencial hídrico de la hoja disminuye al incrementar el estrés hídrico, por lo que hay menor crecimiento vegetativo y producción de biomasa (Ismail, 2010; May *et al.*, 2011). Sin embargo, una reducción moderada de la humedad podría beneficiar a las plantas, pues en cultivos como tomate (*Lycopersicon esculentum*L.) se mejora el rendimiento y uso de agua es más eficiente cuando se riega con 80 % que con 100 % de la evapotranspiración potencial (González y Hernández., 2000).

Las raíces reconocen cambios pequeños de humedad en el suelo, lo que activa una serie de señales químicas (Davies y Zhang., 1991), como la producción de ácido abscísico (ABA) que son transportadas a través del sistema vascular y por algún mecanismo, aún desconocido, regulan el crecimiento e intercambio de gases del vástago; los cuales son procesos fundamentales para regular la pérdida de agua por transpiración a través de estomas (Gowing *et al.*, 1990; Khalil y Grace., 1993; Davies *et al.*, 2002). En torno a este panorama, se ha encontrado que, mediante cambios en las técnicas de riego, es posible manipular la conductancia estomática y mejorar el eficiente uso de agua (Loveys *et al.*, 2000).

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) sometido a tensión hídrica disminuye la altura de planta, diámetro basal, volumen de raíces y biomasa (Pérez *et al.*, 2008; May *et al.*, 2011). El déficit hídrico en *Capsicum annum* se traduce en reducción significativa del potencial hídrico foliar y del rendimiento (Ismail, 2010).

Las respuestas fisiológicas que se han observado en condiciones de estrés se han utilizado recientemente con la finalidad de incrementar el rendimiento de las plantas y eficiencia en uso de agua (Loveys *et al*, 2000).

Es importante entonces estimar los requerimientos hídricos de los cultivos para mejorar su potencial productivo y uso de agua (Quintal, 2012 - Salisbury y Ross, 2000). El índice de aridez constituye un indicador de importancia, el cual relaciona el valor de la precipitación ocurrida, con la evapotranspiración de referencia de la zona (Vázquez *et al.*, 2007), relación importante a tener en cuenta en la selección agronómica de las áreas con limitación de recurso hídrico.

Para suplir la necesidad de agua en el suelo de un cultivo determinado se requiere del riego, y compensar la pérdida sufrida por evapotranspiración que la precipitación no puede suplir. Entonces se precisa, realizar el balance diario del agua presente en la zona radicular, para planificar la lámina y momento de riego (Duarte, 2012).

La escasa disponibilidad del recurso hídrico, unido al alto costo del riego, obliga a adoptar cambios en el manejo de éste, para contribuir a la obtención de producción económicamente rentable, con dotación hídrica inferior a la que los cultivos requieren para su óptimo crecimiento y producción. Para ello es fundamental conocer los efectos del déficit hídrico sobre la producción y calidad de la cosecha a través del manejo en el riego, teniendo en cuenta la evapotranspiración de cultivo, y así establecer lo que se conoce como riego deficitario controlado que surge con el fin de optimizar el uso del recurso hídrico, que como concepto plantea

la reducción de la cantidad de agua aplicada a un determinado cultivo, (Sánchez y Torrecillas., 1995; Ramos, 1999).

El riego deficitario controlado, constituye una estrategia de aplicación del agua para reducir el aporte hídrico en los períodos fenológicos en los que un déficit hídrico controlado no afecta sensiblemente a la producción y calidad de la cosecha para cubrir plenamente la demanda de la planta durante el resto del ciclo del cultivo (Sánchez, 2009).

Los coeficientes de cultivo (K_c) constituyen los principales indicadores para conocer los requerimientos hídricos de la planta. Estos se obtienen relacionando la Evapotranspiración de cultivo (E_{tc}), con la Evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{to}), ésta última determinada a través de la ecuación de Penman Monteith, modificada por FAO. (Allen et al., 2006). Los efectos del estrés hídrico sobre el valor la ET del cultivo se reflejan mediante la reducción del valor del coeficiente del cultivo, afectado por el coeficiente de estrés hídrico (K_s). Este es un factor adimensional de reducción de la transpiración que depende de la cantidad de agua disponible en el suelo y describe el efecto de la reducción hídrica en la planta, en función de la cantidad de agua disponible en el suelo (Allen et al., 2006).

Además, para conocer la reducción relativa de la productividad en función de la reducción de la Evapotranspiración del cultivo generada por falta de agua, se utiliza el factor de respuesta de la productividad (K_y). Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto y la necesidad de crear bases científicas en el país para realizar acciones que contribuyen a la mitigación y adaptación de la sequía,

analizando su evolución dirigida hacia el uso eficiente del agua y de los sistemas de riego, se requiere evaluar la influencia del coeficiente de estrés hídrico en el cultivo a diferentes niveles de humedad en el suelo y predecir su afectación sobre el rendimiento (Duarte, 2012).

2.3 Generalidades del Chile habanero (*Capsicum chinense jacq*)

Capsicum chinense jacq mejor conocido como chile es el nombre común de una planta y su fruto perteneciente a la familia de las Solanáceas que constituye uno de los productos más típicos de la alimentación en México y representa una tradición cultural, ya que se considera como una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica (Long-Solís, 1986). El Chile habanero es originario de América Central y sur de Guatemala, la especie chinense a la cual pertenece se distribuye en México, principalmente en los Estados de Yucatán, Tabasco, Campeche, Veracruz, Chiapas y Quintana Roo (ITA. No. 5, 1996), sin embargo, diversos estudios han definido como centro de origen del género *Capsicum* a una gran área ubicada entre el Sur de Brasil y Este de Bolivia, Oeste de Paraguay y Norte de Argentina. En esta región se observa la mayor distribución de especies silvestres en el mundo (Soria et al., 2002).

La importancia económica del chile se basa principalmente en la utilización de su fruto. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el chile es a nivel mundial el quinto producto hortícola, por superficie cultivada (Ruiz et al., 2011). El chile habanero es uno de los de mayor pungencia o picor en el mundo, su contenido de capsaicina es entre las 200,000 a 500,000 unidades "Scoville" (Bossland, 2014; Long-Solís, 1998 y

Ramírez et al., 2005). Esa cantidad de capsaicina ha sido determinante en el incremento de la demanda de esta especie de chile en el mercado nacional e internacional. La capsaicina tiene amplia utilización en la medicina, cosméticos, pinturas, gases lacrimógenos y salsas (Soria et al., 2002).

2.4 Taxonomía botánica de *Capsicum chinense* Jacq

El chile habanero se clasifica como de clase Angiosperma, subclase Dicotiledóneas, superorden Simpétalas, orden Tubifloral, familia Solanácea, género *Capsicum* y especie *C. chinense* Jacq. Planta de ciclo anual, que puede alcanzar hasta 12 meses de vida, dependiendo del manejo agronómico. Su altura es variable: puede oscilar de 75 y 120 centímetros en condiciones de invernadero. Su tallo es grueso, erecto y robusto; con un crecimiento semideterminado. Las hojas son simples, lisas, alternas y de forma lanceolada, de tamaño variable, lo mismo que su color, el cual puede presentar diferentes tonos de verde, dependiendo de la variedad. Tiene una raíz principal de tipo pivotante, que profundiza de 0.40 a 1.20 metros, con un sistema radicular bien desarrollado, cuyo tamaño depende de la edad de la planta, características del suelo y prácticas de manejo que se le proporcionen; puede alcanzar longitud mayor a 2 metros. La floración inicia cuando la planta empieza a ramificarse. Las flores se presentan solitarias o en grupos de dos o más en cada una de las axilas, y son blancas. Su tamaño varía entre 1.5 y 2.5 centímetros de diámetro de la corola. El número de sépalos y pétalos es variable, de cinco a siete, aún dentro de la misma especie, lo mismo que la longitud del pedúnculo floral. El fruto es una baya poco carnosa y hueca; tiene entre tres y cuatro lóbulos, las semillas se alojan en las placentas y son lisas y pequeñas, con

testa de color café claro a oscuro, y su período de germinación varía entre ocho y quince días. Las plantas presentan en promedio hasta seis frutos por axila; éstos son de un tamaño entre 2 y 6 centímetros. El color es verde cuando son tiernos, y cuando están maduros pueden ser anaranjados, amarillos, rojos o cafés y su sabor siempre es picante, aunque el grado de picor depende del cultivar (Ruiz et al., 2011).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del sitio de investigación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Comarca Lagunera, Torreón, Coahuila México, en el año 2018, ubicado geográficamente, 103° 25' 55" altitud Oeste al Meridiano de Greenwich y 24° 22' 55" latitud Norte, a una altura de 1120 msnm. En el ciclo primavera – verano, durante el Periodo de mayo a octubre del 2018, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizado en Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coach.

3.2 Datos climatológicos

Dadas las condiciones geográficas hostiles de la región, resultado de un clima árido – semiárido, con fuerte variación estacional y precipitación pluvial escasa, concentrada en los meses de julio, agosto y septiembre; variando de 200 mm anuales en la parte baja de la cuenca, donde se localiza la mayor parte de la zona agrícola, hasta 600 mm en la parte alta de la cuenca, ubicada en la Sierra Madre Occidental, que es donde ocurre la precipitación más significativa, las cual genera los escurrimientos superficiales que se utilizan para la sustentabilidad del riego agrícola en la Comarca Lagunera (Cervantes y Franco, 2007). Presenta una temperatura promedio anual de 20°C y fluctúa entre los 28°C y 40°C. Presentando dos periodos bien definidos, el área de la llanura y gran parte de la zona montañosa: el primero comprende siete meses de abril hasta octubre, en los que la temperatura media mensual excede a los 20°C; y el segundo abarca de noviembre a marzo en

la que la temperatura media varía entre los 13.6°C y 19.4°C. Los meses más fríos son diciembre y enero con un promedio de temperatura baja de 5.8°C aproximadamente (CNA, 2000)

3.3 Suelo

Se pueden distinguir tres tipos de suelo en el Municipio de Torreón Coahuila.

Xerosol, suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

Litosol, suelos sin desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros, tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.

Fluvisol, está formado por materiales de depósitos aluviales recientes, está constituido por material suelto que no forma terrones y es poco desarrollado. Se encuentran en lugares cercanos a zonas de acarreo de agua.

Respecto al uso del suelo, la mayor parte del territorio municipal es utilizado para la producción agrícola, siendo menor la extensión dedicada al desarrollo pecuario y el área urbana (H.A de T, 2019)

3.4 Material Genético utilizado

El material genético utilizado fue la variedad Orange, planta de alto rendimiento, con madurez relativa entre los 90 a 100 días. El fruto es de color verde

claro a naranja brillante, con un tamaño aproximado de 5 x 2.5 cm.; de apariencia jugosa y terminado en punta, con paredes delgadas.

3.5 Producción de Plántulas

El proceso de producción de plántula se llevó en el invernadero del Departamento de Horticultura en la misma Universidad, donde se utilizaron charolas de 200 cavidades de poliestireno, desinfectadas con una solución clorada y lavadas con agua y jabón. Posteriormente se recurrió a la siembra del chile habanero, depositando sustrato peat moss y una semilla en cada cavidad. Inmediatamente se cubrió con una bolsa negra y fue colocado en invernadero para su rápida germinación. Presentada su germinación, se manejaron las labores culturales correspondientes; fertilización, riego y manejo, hasta que alcanzó la altura requerida para el trasplante en campo.

3.6 Preparación del terreno

La preparación adecuada del terreno es un aspecto de importancia para el éxito de un cultivo (INIFAP, 2016) y parte fundamental del proceso de producción de los cultivos con fertirriego (Jasso y Martínez, 2003). Las labores realizadas para el establecimiento del experimento fueron las siguientes:

3.6.1 Barbecho

Se inició la preparación de terreno con esta actividad, el cual se debe realizar cuando el suelo tenga la humedad suficiente que permita el desmenuzamiento de los terrenos y que al mismo tiempo se disminuya el esfuerzo del tractor y arado. El cual sirvió para aflojar el terreno, incorporar los residuos de la cosecha anterior,

destruir las plagas del suelo, maleza, mejorar la penetración del agua y aeración del suelo (Jasso y Martínez, 2003)

3.6.2 Rastreo

Después del barbecho se dejó transcurrir un período de veinte días, que permitieron que los factores del clima (temperatura, lluvias y viento) tuvieran efecto sobre la superficie del suelo para que de esta manera se hicieron más eficientes las labores de rastreo que pueden consistir en uno o dos pasos de rastra (INIFAP, 2016). El rastreo elimina la primera generación de maleza, por lo que las labores de deshierbe serán menores (Jasso y Martínez, 2003).

3.6.3 Emparejamiento

Se realizó un emparejamiento con una escrepa, con el fin de aprovechar tanto el agua de lluvia como de riego y evitar encharcamiento. Permitted conducir eficientemente el agua, además de lograr su distribución homogénea y la del fertilizante.

3.6.4 Encamado

Una vez realizadas las labores anteriores, se procedió a marcar el trazo en el campo, y con el implemento agrícola encamadora, se elaboraron nueve camas, con una longitud de once metros y uno punto cinco metros de ancho.

3.6.5 Sistema de riego

1. Se utilizó un sistema de riego por goteo, el cual consistió de una línea principal ya existente en el lugar de la investigación, del cual se sacó una conexión con adaptación para sistema de fertilización por Venturi y Filtración.

Se utilizó cintilla Aqua Traxx (TORO) calibre 6000 con espaciamento entre emisores a veinte centímetros. Se calculó el gasto de la cintilla (Q_c) realizando un aforo de los goteros (Q_g) para determinar el gasto real, y número de goteros (N_g).

$NG = \text{Largo de la cama} / \text{Separación de emisores}$

$Q_c = N_g * Q_g$

Finalmente se realizó una conversión del gasto de la cintilla con el volumen necesario por tratamiento, para conseguir el tiempo de riego.

3.7 Trasplante

El trasplante de plántula se realizó cuando la planta alcanzó una altura de 15 cm. Aplicándose un riego para establecer las condiciones en el suelo para la realización inicial del trasplante. El trasplante se realizó por la tarde, para evitar un posible desequilibrio fisiológico en la plántula. Se utilizó como apoyo, un mango de madera para realizar los hoyos en el suelo y así introducir el cepellón para posteriormente ser cubierta con tierra de forma firme para asegurar el acoplamiento plántula - suelo. Teniendo una población de 16,600 plantas por hectárea.

3.8 Manejo del cultivo

Se mantuvo una constante supervisión y monitoreo a lo largo del ciclo del cultivo, para mantener condiciones favorables, aplicando sus correspondientes labores culturales; deshierbe, aporque, fertilización, control de plagas y enfermedades.

3.9 Fertilización

Se utilizó Solución Steiner compuesta, para la elaboración, se utilizaron Nitrato de Potasio (KNO_3), Sulfato de Magnesio (MgSO_4), Nitrato de Magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) y Ácido fosfórico (H_3PO_4). Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica.

3.10 Riego

El régimen de riego se aplicó de acuerdo a la evapotranspiración de referencia diaria y al porcentaje conforme a los tratamientos evaluados (70%, 85% y 100%).

A continuación, se detallan los cálculos:

1. Primeramente, se midió la evaporación por el método de tanque evaporímetro, consecutivamente se multiplica por el factor K_p (0.80), resultando la evapotranspiración diaria.

$$E_{Tr} = K_p * E_v = L_r$$

2. Ya obtenida la L_r , se multiplicó por el porcentaje de los tratamientos

$$T_1 = L_r * 70\% = L_{r1}$$

$$T_2 = L_r * 85\% = L_{r2}$$

$$T_3 = L_r * 100\% = L_{r3}$$

3. Se calculó el volumen de agua total de aplicación, multiplicando ancho y largo de la cama y el resultado se multiplica por la L_r de cada tratamiento.

$$\text{Vol} - T_1 = L * A * L_{r1}$$

$$\text{Vol} - T_2 = L * A * L_{r2}$$

$$\text{Vol} - T3 = L * A * Lr3$$

3.11 Variables Evaluadas

Las variables evaluadas fueron

3.11.1 Peso por fruto (gr).

El peso de fruto se determinó tomando una muestra de cinco frutos por tratamiento y repetición. Posteriormente fueron pesados en una báscula analítica, dividiendo el peso total de los cinco frutos entre cinco, para la obtención del peso por fruto.

3.11.2 Número de frutos por planta.

Se determinó dividiendo el número de frutos por corte entre el número de plantas por parcela útil (5 plantas).

3.11.3 Producción por corte (Ton/ha).

Se calculó sumando los pesos por corte de los tratamientos, dividiéndose por el número de cortes realizados (9 cortes).

3.11.4 Rendimiento (Ton/ha).

En el experimento se realizaron nueve cortes por parcela por tratamiento. El rendimiento se calculó sumando el peso por corte. La parcela experimental constó de una cama de 2 metros de largo y 1.5 metros de ancho.

3.11.5 Eficiencia en uso de agua (Kg/m³).

Se obtuvo dividiendo la producción (Kg) entre el volumen del agua aplicado (m³).

3.12 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, tres tratamientos (70%, 85% y 100% de la Evapotranspiración de referencia) y tres repeticiones. El lote experimental constó de tres camas de 1.5 metros de ancho y 11 metros de largo. La parcela útil, constó de dos metros lineales en cada cama central.

3.13 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el estudio fueron analizados por medio del paquete statistical análisis system (SAS) Versión 9.4.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso de fruto

La aplicación de agua de diferentes porcentajes de Etr, no afectó el peso de fruto (gr), siendo estadísticamente iguales **Cuadro 1**. Resultados similares a los reportados por Argaez., 2015; Martínez., 2012 y Paulino., 2013, quienes también evaluaron la aplicación de diferentes porcentajes de Etr. A partir de no encontrar diferencia significativa entre tratamientos se obtuvo una tendencia a mayor peso del fruto, al aplicar el 70% de la Etr con un peso de 7.14gr, mayor a 100% y 85% de la Etr que presentaron 7.06 y 7.01 gr siendo similares entre ellos.

4.2 Número de frutos por planta

El análisis estadístico en número de frutos por planta encontró diferencia entre tratamientos **Cuadro 1**. Por lo tanto, el número de frutos por planta fue afectado por la cantidad de agua aplicada. La planta bajo la aplicación del 70% de Etr presentó 13 frutos por planta, siendo superior a la aplicación de 85% y 100% de le Etr, los cuales presentaron 8 y 7 frutos por plantas respectivamente, siendo estos últimos estadísticamente iguales, resultados contrarios a los reportados por Diaz., 2015 que evaluó 80, 100 y 120% de la Etr en chile habanero no encontrando diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 1. Peso de fruto y número de frutos por planta, en chile habanero bajo diferentes porcentajes de Evapotranspiración de Referencia en UAAAN - UL. 2018.

| %Etr | Peso por fruto (gr) | No de Frutos por planta |
|------|------------------------|----------------------------|
| 100 | 7.06 a | 7 b |
| 85 | 7.01 a | 8 b |
| 70 | 7.14 a | 13 a |

Medias con la misma letra en una misma columna son estadísticamente iguales.

4.3 Producción por corte

La producción por corte bajo los diferentes tratamientos evaluados se presenta en el **Cuadro 2**. La aplicación de agua menor del 100% de la Etr no afectó la producción promedio por corte, en virtud que la aplicación del 70% de la Etr presentó la mejor producción por corte superando la aplicación del 85% y 100% de la Etr. El 70% de la aplicación de Etr, presentó una producción promedio por corte de 1.49 Ton / ha, superando, a la aplicación de 85% y 100% de la Etr con 0.98 Ton / ha y 0.96 Ton / ha. Resultados opuestos a los reportados por Argaez., 2015, que al aplicar el 80, 100 y 120 %Etr, no encontró diferencia entre tratamientos.

4.4 Rendimiento

En rendimiento bajo los diferentes porcentajes de aplicación de Etr, se encontró diferencia estadística entre los tratamientos evaluados **Cuadro 2**. El mayor rendimiento se obtuvo aplicando el 70% de la Evapotranspiración de Referencia (Etr), con un rendimiento de 13.41 Ton / ha, superando a la aplicación del 100% y 85% de la Etr, los cuales presentaron rendimientos de 8.21 y 8.26 Ton / ha respectivamente, siendo estos dos últimos similares entre sí, lo que indica que el

rendimiento fue afectado por la lámina de agua aplicada en el cultivo. Resultados contrarios a los reportados por Díaz., 2015, que no encontró diferencia en rendimiento con la aplicación de 80%, 100% y 120% de la Etr.

4.5 Eficiencia en Uso de Agua

La Eficiencia en Uso del Agua (EUA), bajo la aplicación de diferente porcentaje de la Etr, fueron estadísticamente diferente, (**Cuadro 2**). La mayor producción (Kg) por m³ de agua aplicado, se obtuvo aplicando el 70% de la Etr con 1.86 kg/m³, superando la aplicación de 85% y 100% de la Etr, que presentó una producción 1.09 kg / m³ y 0.93 kg / m³ respectivamente. Resultados similares son reportados por *García et al., 2015* quienes concluyeron que a una menor aplicación de la Etr se obtiene mayor producción en el cultivo de Stevia.

Cuadro 2. Producción promedio por corte, rendimiento y eficiente en uso de agua, bajo diferentes porcentajes de Evapotranspiración de Referencia en UAAAN - UL. 2018

| %Etr | Producción por corte (Ton / ha) | Rendimiento (Ton/ha) | EUA (Kg / m ³) |
|------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 100 | 0.96 b | 8.21 b | 0.93 b |
| 85 | 0.98 b | 8.86 b | 1.09 b |
| 70 | 1.49 a | 13.41 a | 1.86 a |

Medias con la misma letra en una misma columna son estadísticamente iguales.

V CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en la que se condujo el presente trabajo se concluye:

La cantidad de agua aplicada al cultivo afectó el número de frutos por planta, producción promedio por corte, rendimiento y eficiencia en uso de agua, pero no el peso de fruto.

VI BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, R., L. PEREIRA, D. RAES & M. SMITH. 2006. Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements, 301pp., in FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Italia.
- Argaez, H.R. 2015. Producción de chile habanero (*Capsicum, chinense Jack.*) bajo diferente densidad de población y regímenes de riego. Tesis. Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN – UL. Torreón, Coahuila. México.
- Bohnert, H. J.; Nelson, D. E. and Jeensen, R. G. 1995. Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell* 7:1099-1111.
- Bosslard, P.W. y S. Walker 2014. "Growing Chiles in New México". NM STATE UNIVERSITY 1: 2-6 p.
- Cervantes, M.C y Franco, A.M. 2017. Diagnostico Ambiental de la Comarca Lagunera. Colegio de Geografía. Facultad de Filosofía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. Cd de México. México.
- CNA. 2000. Comisión Nacional del Agua. Gerencia Regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón Coahuila. p. 23 - 26
- CNA. 2005. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. México. 23-34 pp.

- CNA. 2006. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F., 35 p.
- Davies, W. J. and Zhang, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Ann. Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol.* 42:55-76.
- Davies, W. J.; Wilkinson, S. and Loveys, B. R. 2002. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytol.* 153:449-460.
- Debaeke, P. and Aboudrare, A. 2004. Adaptation of crop management to water limited environments. *Europ. J. Agron.* 21:433-446.
- Díaz, A.R. 2015. Crecimiento y producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jack) bajo diferentes regímenes de riego y arreglo topológico en la Comarca Lagunera. Tesis. Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN – UL. Torreón, Coahuila. Mexico. Pp 16 -21
- Duarte, D.C. Zamora, H.E. L, F.M. 2012. Efecto del coeficiente de estrés hídrico sobre los rendimientos del cultivo de cebolla. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, RNPS-0111, Vol. 21, No. 4, octubre-diciembre, pp. 42-47, La Habana. Cuba.
- FAO. 2017. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Escasez de agua: Uno de los grandes retos de nuestro tiempo. <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/880888/>

- García, E., R. Villafañe, C. Basso y A. Florentino. 2015. Dinámica de la humedad del suelo y su efecto sobre el rendimiento de la stevia. *Venesuelos* 23: 5-10.
- González M A, B A Hernández L 2000 Estimación de las necesidades hídricas del Tomate. *TERRA Latinoam.* 18:45-50.
- Gowing, D. J. G.; Davies, W. J. and Jones, H. G. 1990. A positive rootsourced as an indicator of soil drying in apple, *Malus x domestica* Borkh. *J. Exp. Bot.* 41(233):1535-1540.
- Hanson, A. and Hitz, W. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33:163-203.
- Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
- H. A de T. H. Ayuntamiento de Torreón. 2019. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. www.inafed.gob.mx
- IIRD, 2010 Situación actual de los efectos de la sequía en el sistema agroproductivo del MINAG, Informe acciones realizadas por el IIRD en función de la sequía en el sistema del Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.
- INIFAP. 2016. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Tecnología de Producción de Cebolla en el Altiplano de San Luis Potosí. Tecnología No.13. San Luis Potosí. México

- ITA No. 5. Instituto Tecnológico Agropecuario No.5. 1996. Producción de Chile habanero (*Capsicum chinense*), China Campeche.
- Ismail S M. 2010. Influence of deficit irrigation on water use efficiency and bird pepper production (*Capsicum annum* L.). Meteor. Environ. Arid Land Agric. Sci. 21:29-43.
- Jasso, C.C y Martínez, G.M. 2003. GUIA PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE ANCHO CON FERTIRRIEGO Y ACOLCHADO PLASTICO EN EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSI. INIFAP. Folleto para productores No. 37. San Luis Potosí. México
- Jensen M. H. and A. J. Malter. 1995. Protected agriculture a global review. World Bank Technical Paper Number 253. Washington, D. C. USA.
- Karimi, M., A. Ahmadi, J. Hashemi, A. Abbasi, S. Tavarini, L. Guglielminetti y L. Angelini. 2015. The effect of soil moisture depletion on stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) grown in greenhouse conditions: Growth, steviol glycosides content, soluble sugars and total antioxidant capacity. *Scientia Horticulturae* 183: 93-99.
- Khalil, A. and Grace, J. 1993. Does xylem sap ABA control the stomatal behavior of water stressed sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) seedlings? *J. Exp. Bot.* 44:1127-1134.
- Kirnak H., M. N. Demirtas. 2006. Effects of different irrigation regimes and mulches on yield and macronutrition levels of drip-irrigated cucumber under open field conditions. *J. Plant Nutr.*, 29: 1675-1690
- Lan, P. L.; Zhen, W. Y.; Dong, W.; Yong, L. Z. y Shi, Y. 2011. "Effects of Plant Density and Soil Moisture on Photosynthetic Characteristics of Flag Leaf and Accumulation and Distribution of Dry Matter in Wheat". *Acta Agronómica Sinica*, vol. 37, no. 6, junio de 2011, pp. 1049-1059, ISSN 1875-2780, DOI 10.1016/ S1875-2780(11)60030-8.

- Long – Solís, J. 1998. Capsicum y Cultura: La Historia del Chilli. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México. México
- Loveys, B. R.; Dry, P. R.; Stoll, M. and Mc Carthy, M. G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. Acta Hort. 537:187-197.
- Martínez, de V. V. 2012. Comportamiento del Tomate establecido en diferentes Sustratos y Láminas de Riego. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Torreón, Coahuila, México.
- May L C, A Pérez G, E Ruiz S, A E lc C, A García R. 2011. Efecto de niveles de humedad en el crecimiento y potencial hídrico de Capsicum chinense Jacq. y su relación con el desarrollo de Bemisia tabaci Genn. Trop. Subtrop. Agroecosyst.14:1039-1045.
- ONU. 2019. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. AGUA. LOS DESAFIOS DEL AGUA. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Paulino, L.J. 2013. Producción de chile habanero (*Capsicum chinense*) bajo condiciones de campo en la Comarca Lagunera. Tesis. Ingeniero Agrónomo en irrigación. UAAAN – UL. Torreón, Coahuila. México.
- Parra Q R A, J L Rodríguez O, V A González H. 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. TERRA Latinoam. 17:125-130.
- 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 Latinoam. 26:53-59.

- Petit, J. R. Jouzel, J. Raynaud, D. Barkov, N. I. Barnola, J. M. and Basile, I. 1999. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*. 399:429-436.
- Phene C. J., T. A. Howell. 1984. Soil sensor control if high frequency irrigation. *Trans. ASAE.*, 27(2): 392-396.
- Postel, S. L. 1998. Water for food production: will there be enough in 2025?. *BioScience*. 48:629-637
- Quintal, O. W. Pérez-Gutiérrez, Latournerie, May-Lara, C. Ruiz, S.E. y Martínez, C.A. 2012. USO DE AGUA, POTENCIAL HÍDRICO Y RENDIMIENTO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.). *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35. Xalapa. Veracruz. México
- Rada F, R E Jaimez, C García Núñez, A Azócar, M E Ramírez. 2005. Relaciones hídricas e intercambio de gases en *Theobroma cacao*. Guasare bajo periodos de déficit hídrico. *Rev. Fac. Agron.(LUZ)* 22:112-120.
- Ramírez, J.G., S. Gongora, G., L. A. Perez, M., R. Dzib, E.R., C. Leyva, M.L. 2005. Síntesis de oportunidades e información estratégica para fijar prioridades de investigación y transferencia de tecnología en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). En: *Estudio Estratégico de la Cadena Agroindustrial: Chile habanero*. INIFAP. Mérida, Yucatán. México.
- Ramos, G. C. 1999. "Determinación de funciones de producción y comportamiento del cultivo de la cebolla bajo diferentes láminas de riego y dosis de fertilización fosforada

en San Juan de Lagunillas, Mérida, Venezuela”, Fac. Agron. (LUZ), Revista Universidad de Zulia, 16: 38-51, Venezuela.

Robledo de P. F y V. L. Martín. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. 2ª Edición Mundi-Prensa. Madrid, España. 624p.

Ruiz, L.N., Medina, L.F., Martinez, E.M. 2011. El chile habanero: su origen y usos. Ciencia – Académica Mexicana de Ciencias. Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. México. Pp 70 - 78

Salisbury F B, C W Ross. 2000. Fisiología de las Plantas. Ed. Paraninfo Thomson Learning, Madrid. 758 p.

SÁNCHEZ, B. M. DE J. 2009. Curso AECID. Bases para el manejo de aguas en zonas infradotadas. Relación agua-suelo-planta. La Habana, Cuba.

SÁNCHEZ, B. M. y A. TORRECILLAS. 1995. Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de riego deficitario controlado en cultivos leñosos, pp. 43-63, Ediciones Mundi-Prensa, España.

Sánchez, C. I., Macías, R. H., Heilman, P., González, C. G., Mendoza, M. S. F., Inzunza, I. M. A., & Estrada, A. J. 2006. Planeación multiobjetivo en los distritos de riego de México. Aplicación de un sistema de auxilio para la toma de decisiones. Ingeniería Hidráulica en México, 21(3), 101-111.

Solomon, A. M. and Cramer, W. 1993. Biospheric implications of global environmental change. En: A. M. Solomon y H. H. Shugart (eds) Vegetation dynamics and global change. London, UK: Chapman & Hall. 25-52 pp.

- Soria, M.J., Tun, J.M., Trejo, R.A., Terán, S.R. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Ed. SEP DGETA. Instituto Tecnológico Agropecuario No.2. Conkal, Yucatán. México.
- Stanghellini C., Kempkes F. L. K., Knies P. 2003. Enhancing environmental quality in agricultural systems. *Acta Hort. (ISHS)* 609: 277-283.
- Tran, L. D.; Schilizzi, S.; Chalak, M. y Kingwell, R. 2011. "Optimizing competitive uses of water for irrigation and fisheries". *Agricultural Water Management*, vol. 101, no. 1, 1 de diciembre de 2011, pp. 42-51, ISSN 0378-3774, DOI 10.1016/j.agwat.2011.08.025.
- Tucuch-Haas C. J., Alcántar-González G., Ordaz-Chaparro V. M., Santizo-Rincón J. A. y Larqué-Saavedra, A. 2012. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) CON DIFERENTES RELACIONES NH₄⁺/NO₃⁻ Y TAMAÑO DE PARTÍCULA DE SUSTRATOS. *Red de Revistas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. TERRA LATINOAMERICANA*. Volumen 30. Número 1. Mérida, Yucatán. México.
- VÁZQUEZ, R., A. FERNÁNDEZ, O. SOLANO, B. LAPINEL y F. RODRÍGUEZ. 2007. "Mapa de Aridez de Cuba". *Zonas Áridas* ISSN 1013-445x versión impresa. ISSN 1814-8921 versión electrónica, Perú, 11: 101-110, La Habana. Cuba.
- Villa, C.M. Catalán, V.I. Román, L.A. Macias, R.H. Cabrera, R.D. 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. INIFAP. Mexico.
- Zhang, X.; Chen, S.; Sun, H.; Wang, Y. y Shao, L. 2010. "Water use efficiency and associated traits in winter wheat cultivars in the North China Plain". *Agricultural*

Water Management, vol. 97, no. 8, agosto de 2010, pp. 1117-1125, ISSN 0378-3774, DOI 10.1016/j. agwat.2009.06.003.

Zhou, S.; Han, Y.; Chen, Y.; Kong, X. y Wang, W. 2015. "The involvement of expansins in response to water stress during leaf development in wheat". Journal of Plant Physiology, vol. 183, 1 de julio de 2015, pp. 64-74, ISSN 0176-1617, DOI 10.1016/j.jp|ph.2015.05.012.