

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Producción y eficiencia en uso de agua de chile de árbol diferencialmente
irrigado**

Por:

Diana Vanessa Aguero Montero

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila

Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Producción y eficiencia en uso de agua de chile de árbol diferencialmente
irrigado**

Por:

Diana Vanessa Aguero Montero

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

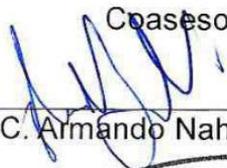
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:


Ph. D. Vicente de Paul Álvarez Reyna
Asesor principal


M. C. Edgardo Cervantes Álvarez
Coasesor


Dr. Ricardo Israel Ramírez Gottfried
Coasesor


M. C. Armando Nahle Martínez


Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Producción y eficiencia en uso de agua de chile de árbol diferencialmente
irrigado**

Por:

Diana Vanessa Aguero Montero

TESIS

Presentado como Requisito parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



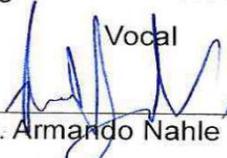
Ph. D. Vicente de Paul Álvarez Reyna
Presidente



M. C. Edgardo Cervantes Álvarez
Vocal



Dr. Ricardo Israel Ramírez Gottfried
Vocal



M. C. Armando Nahle Martínez
Vocal Suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.
Torreón, Coahuila, México.



Diciembre 2023

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios y haberme formado como profesional.

Al PhD. Vicente de Paul Álvarez Reyna, por ser un excelente tutor, por haberme escuchado y apoyado en todo, me ha enseñado que todo es posible, con esfuerzo y dedicación se pueden lograr grandes cosas, gracias por estar siempre constante en este proyecto.

Al mi comité de asesores: Ph. D. Vicente de Paul Álvarez Reyna, M. C. Edgardo Cervantes Álvarez, Dr. Ricardo Israel Ramírez Gottfried y M. C. Armando Nahle Martínez. Así como a mis profesores que me prepararon durante mi carrera.

DEDICATORIAS

A mis padres, Sra. Isaura Minerva Montero Zafra y Sr. Fernando Agüero Quintana por haberme apoyado en cada momento de mi vida, sus consejos y regaños recibidos en estos cinco años, gracias a ustedes terminé esta importante etapa de mi vida.

A mis hermanas, Verónica Agüero Montero y María Agüero Montero por el apoyo que me han brindado durante el trayecto de mi vida.

A mi hermano, Francisco Javier Agüero Montero por el apoyo brindado durante el trayecto de mi carrera.

RESUMEN

Actualmente, el chile de árbol es producido en estados como Jalisco, Nayarit, Aguascalientes, Zacatecas, Chihuahua y Guanajuato, se considera el tipo de chile más utilizado indistinto como en estado verde o seco, para la preparación de salsas. En este estudio se evaluó el crecimiento, producción y eficiencia en uso de agua bajo la aplicación de diferentes láminas de riego en la comarca lagunera, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2022. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con tres tratamientos y ocho repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron 60%, 80%, 100% de la evapotranspiración de referencia (ET_r). Las variables evaluadas fueron longitud de fruto (mm), altura de planta (cm), peso de fruto en verde, número de fruto por planta, rendimiento (kg/ ha), lámina de riego (cm) y eficiencia en uso de agua. En los resultados obtenidos en el estudio se obtuvieron diferencias en altura de planta, peso de fruto, rendimiento, y eficiencia en uso de agua. El mejor resultado en estas variables se obtuvo con la aplicación de una lámina de riego de 49 cm que corresponde al tratamiento de la aplicación de 80 de la evapotranspiración de referencia (ET_r).

Palabras clave: Evapotranspiración, Lámina de Riego, Eficiencia en uso de Agua, Chile de Árbol, Riego

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2	HIPÓTESIS.....	2
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CHILE.....	3
2.2	DOMESTICACIÓN DEL CULTIVO.....	3
2.3	IMPORTANCIA DEL CHILE DE ÁRBOL.....	3
2.4	LA PRODUCCIÓN DE CHILE EN MÉXICO.....	4
2.5	TAXONOMÍA DEL CHILE.....	4
2.6	CHILE DE ÁRBOL	5
2.6.1	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS FAVORABLES PARA EL CULTIVO.....	5
2.6.2	REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS	6
2.6.3	MORFOLOGÍA DEL CULTIVO	6
2.7	PLAGAS DEL CHILE	6
2.7.1	PULGÓN O ÁFIDOS (<i>MYZUS PERSICAE</i>).	6
2.7.2	MINADOR DE LA HOJA	7
2.7.3	MOSQUITA BLANCA (<i>ALEYRODIDAE</i>).	8
2.7.4	BARRENILLO DEL CHILE (<i>ANTHONOMUS EUGENII CANO</i>).	8
2.8	ENFERMEDADES DEL CHILE.....	9
2.9	FERTILIZACIÓN.....	9
2.10	SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	9
2.11	ESTRÉS HÍDRICO	10
2.12	EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	10
2.13	PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN LA COMARCA LAGUNERA	11
2.14	COSECHA	11
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
3.2	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMARCA LAGUNA.....	12
3.2.1	CLIMA	13
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	13
3.4	MANEJO DEL CULTIVO.....	13
3.4.1	MATERIAL VEGETAL.....	13

3.4.2	PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS	14
3.4.3	PREPARACION DEL TERRENO	15
3.4.4	TRASPLANTE	15
3.4.5	LABORES CULTURALES	15
3.4.6	RIEGO.....	15
3.4.7	FERTILIZACIÓN.....	16
3.4.8	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	16
3.4.9	COSECHA	17
3.5	VARIABLES EVALUADAS.....	17
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1	ALTURA DE PLANTA.....	18
4.2	PESO DE FRUTO VERDE	18
4.3	NUMERO DE FRUTOS POR PLANTA.....	19
4.4	LONGITUD DE FRUTO (Cm)	19
4.5	RENDIMIENTO EN VERDE	20
4.6	LÁMINAS DE RIEGO APLICADAS	20
4.7	EFICIENCIA EN USO DE AGUA.....	21
5.	CONCLUSIONES	22
6.	LITERATURA CITADA.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURA.....	vii
Cuadro 3.4.7. Fertilizantes y cantidad utilizados para la preparación de solución Steiner.	16
Cuadro 3.4.8. Cantidad de Insecticidas químicos utilizados.	17
Cuadro 4.2. Altura de planta (cm) y peso de fruto verde del chile de árbol, primavera-verano. UAAAN-UL, 2023.	19
Cuadro 4.3. Numero de frutos por corte y total de chile de árbol.	19
Cuadro 4.7. Uso eficiente del agua de riego por rendimiento y tratamientos aplicados.	21

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 3. 1 ubicación geográfica del sitio experimental. UAAAN-UL, 2022.	12
Figura 3.4.1 Material vegetal utilizado para semilla.	14
Figura 3.4.2 Siembra de chile de arbol. UAAAN-UL, 2022.	14
Figura 3.4.3 Colocacion del sistema de riego.	15

1. INTRODUCCIÓN

El chile es un cultivo nativo de México considerado de importancia a nivel mundial. Durante la época colonial, fue popular en todo el mundo, convirtiéndose en uno de los sabores más importantes de la cocina mundial (Aguirre, 2015). Por la amplificación del cultivo y aporte económico que contribuye su producción, *C. annuum* se considera la especie cultivada con más importancia en todo el mundo, encontrándose la mayor diversidad en México (Aguilar, 2010).

Anualmente se cultivan más de dos millones de toneladas de chile en verde y secos. Se siembran alrededor de 150,000 hectáreas cada año en todo el país, esto corresponde a un valor comercial de aproximadamente 13, 224 mil millones. México es el principal exportador de chiles verdes a nivel internacional y el segundo a nivel mundial (Aguirre, 2015). El cultivo de chile es considerado uno de los más rentables e la región Lagunera, ya que ofrece diferentes medios de producción, tanto para consumo en fresco o deshidratado. En la región el 95% del chile se cultivan en campo utilizando plantas en Almacigo, el resto se cultiva en campo sin labranza (SAGARPA, 2004).

El uso de agua de riego es necesario para la supervivencia y crecimiento de las plantas. El riego por goteo se aplicó a las plantas de chile en 2004 para hacer el uso mas eficiente de los recursos hídricos disponibles, generando mayores beneficios en la eficiencia del uso del agua, evitando perdidas por evaporación y propagación de malezas (Gallardo, 2021).

Se ha demostrado que el riego por goteo reduce uso de agua hasta en un 50% en cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada en comparación con el riego superficial mediante el uso de compuertas múltiples. Además, los rendimientos del trigo y la cebada podrían disminuir un 12% y aumentar unas del 30% en comparación con el maíz (Osornio, 2018).

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento, producción y eficiencia en uso de agua del chile de árbol diferencialmente irrigado.

1.2 HIPÓTESIS

El crecimiento, producción y eficiencia en uso de agua de chile de árbol son afectados por la lámina de riego aplicada.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CHILE

Bolivia es el centro de origen del género *Capsicum* (Eshbaugh, 1977). Las especies domesticadas son originarias de esta zona geográfica (Prohens, 2010). El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanácea, compuesta por 32 especies reconocidas. Sin embargo, 12 son utilizadas por el hombre (Barboza, 2011).

Debido a su excelente adaptabilidad a las condiciones climáticas y del suelo, *C. annuum* es la especie más extendida en el mundo, esta especie se puede encontrar del nivel del mar hasta una altitud de 2500 msnm por lo cual su amplia diversidad morfológica de sus frutos (Zegbe, 2012).

2.2 DOMESTICACIÓN DEL CULTIVO.

El cultivo y domesticación del chile se remonta a México y Centroamérica. Planta perteneciente a la familia de las solanáceas (como los tomate) y al género *Capsicum*. Se encuentran cinco especies domesticadas del género *Capsicum* (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*). La mayoría de las variedades de ají que son cultivadas en todo el mundo pertenecen a la especie *C. annuum*. Aunque es una planta que puede adaptarse como bianual, ya que en el segundo ciclo el vigor de la planta disminuye, los frutos se vuelven más pequeños y de mala calidad (INTARI, 2020).

2.3 IMPORTANCIA DEL CHILE DE ÁRBOL

El cultivo de chile (*Capsicum spp*) es de las siete hortalizas más cultivadas en el mundo, la manufactura se estima en 32 millones de toneladas, formados por China, Turquía y México como los principales países productores (Castilla, 2018).

En 2019 el cultivo de chile contribuyó con el 20.2 por ciento de la obtención de hortalizas del país con un valor de producción de más de 3 millones (SADR, 2018).

La importancia del cultivo de chile proviene del aporte valioso para la producción agrícola local. Esta es una de las opciones que proporciona mayores ingresos para los trabajadores y es la principal fuente de empleo en zonas de riego (150 jornales/ha/año) (Hernández, 2010).

2. 4 LA PRODUCCIÓN DE CHILE EN MÉXICO

La superficie cultivada de chile en México ascendió a 149,114 ha en 2007, con una producción de 2,259,562 toneladas y un costo de fabricación de más de 12 mil millones de pesos (\$12 021 125) nacionalmente. Del total de la superficie plantada en el país, el 40% se reserva al consumo de chile secos y un 60% al consumo de chiles verde (Hernández, 2010).

2. 5 TAXONOMÍA DEL CHILE

El género *Capsicum* al que pertenecen los chiles, corresponden a la familia de las solanáceas, la cual también integra el jitomate y tabaco, está formado por 26 especies, de las cuales 12 son comestibles y 5 domesticadas: *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum pubescens* y *Capsicum baccatum*, las cuales cinco son cultivadas en México, a excepción de *Capsicum baccatum*, perteneciente a Sudamérica.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanaceae

Familia: Solanácea

Género: *Capsicum*

Especie: *annum* L. 1753

2. 6 CHILE DE ÁRBOL

El origen del chile de árbol proviene de la palabra "Cuauchilli" con origen indígena, se identifica por su forma de arbusto de más de 2 m de altura, con frutos de 3 cm de largo por 1.5 cm de ancho de forma triangular (Gallardo, 2021). Aunque este tipo de chile destaca en México por su sabor, textura y picor, características que lo hacen único. Los factores ambientales que intervienen para su adaptabilidad son el clima, el suelo, cantidad de sol y agua durante el desarrollo del chile Yahualica (Rodríguez, 2012).

La planta del chile de árbol no tiene el tamaño de un árbol como su nombre lo indica, sin embargo, la planta suele ser más alta a diferencia de otras variedades. Siendo frutos alargados y delgados, de unos 6-16 cm de largo y 0,2-1,0 cm de ancho, de color rojo brillante, con un pericarpio delgado (Zegbe, 2012).

Principalmente se suele consumir seco, aunque también se puede utilizar en estado verde, es considerado uno de los chiles más picantes. Esta variedad se cultiva principalmente en los altos de Jalisco, aunque también se produce en la costa de Nayarit y sur de Sinaloa, conocido comúnmente como "Cola de Rata" (Aguilar, 2010).

2.6. 1 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS FAVORABLES PARA EL CULTIVO

Se desarrolla a partir de los 2,000 o 1,000 metros sobre el nivel del mar, corresponde a días cortos y días neutros, es decir, alrededor de 12 o 14 horas de luz, la planta requiere mucha luz y una temperatura óptima de 24°C, al menos 3

meses de clima cálido para asegurar que el chile de árbol se desarrolle. Tolerantes a temperaturas mínimas es de 10°-16°C, máxima de 30°C, su temperatura idónea es de 20-28°C, teniendo una humedad relativa alrededor del 75 % favorable para cultivos en crecimiento (Ruiz, 2013).

2.6. 2 REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

Su adaptación a diferente tipo de suelo, como suelo franco arenoso, francos limosos o franco arcilloso con gran contenido de materia orgánica, con un buen crecimiento en profundidades de 50 a 100 cm. Para obtener un crecimiento apropiado se recomienda un pH superior de 5.5 a 6.5, para una correcta asimilación de nutrientes como el nitrógeno que es esencial para el cultivo, se puede obtener de fertilizante al aplicarse durante su desarrollo, también se requiere de suelo con buen drenaje (SIAP, 2010).

2.6. 3 MORFOLOGÍA DEL CULTIVO

La planta tiene múltiples tallos, un hábito vertical y crece hasta 3 pies de altura. Las hojas son anchas alargadas a ovadas variando de lisas a muy pubescentes (peludas) y son de color verde. Las vainas son elongadas, colgantes y puntiagudas, y miden de 2 a 3 pulgadas de largo por 1 pulgada de ancho. Las vainas maduras son de color rojo oscuro pero secas hasta translúcidas. El chile de árbol mide entre 1 a 2 metros (DeWitt et al, 2015).

2. 7 PLAGAS DEL CHILE

2.7. 1 PULGÓN O ÁFIDOS (*MYZUS PERSICAE*).

Las ninfas y los adultos son pequeños y varían en color, de amarillos a verde claro; los adultos miden 1.5 mm, en formas adultas sin alas y aladas. Así mismo los adultos y ninfas se encuentran en la parte inferior de las hojas y brotes, causando

daño en las hojas más maduras. Mientras se alimentan van absorbiendo la savia y contaminando con toxinas que incitan el enrollamiento en sus hojas, crecimiento atrofiado y reduciendo el vigor de la planta. Para combatirlo es necesario sustituir las plantas hospederas de pulgones y ninfas obteniendo con esto un mejor control del virus (Bravo, 2012).

Además, cuando se alimentan secretan residuos pegajosos o azucarados conocido como melaza, en las que se desarrolla un hongo (fumagina) ocasionando que las hojas se tornen negras, interfiriendo con la fotosíntesis. Los pulgones son el principal grupo de insectos vectores de enfermedades en plantas de Chile, como el virus del mosaico de las cucurbitáceas (CMV), virus Y de la papa (PVY), virus del mosaico del tabaco (TMV), virus ETCH del tabaco (TEV), entre otros (Linares et al., 2018).

2.7. 2 MINADOR DE LA HOJA

Durante su ciclo de vida el minador de la hoja permanece en estados inmaduros chupando la savia y alimentándose del mesófilo evitando el daño en la epidermis de la hoja. Causan graves daño en estado de ("minas") como áreas blancas o marrones y en el exterior de las hojas, variando en forma desde pequeños túneles lineales hasta canales anchos. También reducen la capacidad de la fotosíntesis, provocando la caída prematura de las hojas y permitiendo que los fitopatógenos entren en las plantas (Salvo, 2007).

A diferencia de las hembras los machos adultos emergen primero, el ciclo biológico del minador de la hoja suele ser muy corto (15 días), dependiendo de la planta hospedera y si tiene una temperatura favorable. Estimando un promedio de 24 horas después el cual es suficiente para la fertilización de los huevos, este

proceso lo inician al salir el sol y alcanzan su máximo punto a media mañana, el apareamiento puede ocurrir a cualquier hora del día. Las hembras se encargan de hacer pequeñas picaduras en las hojas en las cuales ovipositan y se alimentan (García, 2019).

2.7. 3 MOSQUITA BLANCA (*ALEYRODIDAE*).

Los adultos depositan los huevos en partes jóvenes de la planta, a diferencia de las hembras que ponen sus huevos en el envés de las hojas. Las moscas blancas hembras producen huevos no fecundados de los cuales saldrán sólo machos, de dichos huevos nacerán hembras, cada hembra logra producir alrededor de 200 huevos en toda su vida. Se necesitan entre 30 y 40 días para pasar de huevo a adulto si la temperatura y otros factores ambientales les es favorable (Syngenta, 2022).

Ocasionando daños directos e indirectos a las plantas por alimentarse directamente del floema debilitando la planta por falta de nutrientes y alterando su naturaleza, por ejemplo, el plateado de las cucurbitáceas. Indirectamente la extracción de sustancias azucaradas tiene el efecto de favorecer el crecimiento de hongos en las plantas como la fumagina (Sader & Senasica, 2020).

2.7. 4 BARRENILLO DEL CHILE (*ANTHONOMUS EUGENII CANO*).

Estos insectos pasan por metamorfosis completa, es decir, en etapas de desarrollo de huevo, larva, pupa y adulto. Este insecto es parasitoide por que requiere de una planta para a completar su ciclo de vida, la fase de crecimiento larvario y desarrollo de pupa ocurre dentro del frutos. El adulto vive fuera del fruto, se aparean unos días después de eclosionar y las hembras buscan frutos o botones florales donde ponen sus huevos para producir la próxima generación de picudos.

Los picudos causan daño en tallo, brotes tiernos de la planta y en los frutos de Chile (Torres, 2012).

Para un control apropiado del picudo implica un seguimiento cuidadoso de las poblaciones adultas y el control con insecticidas, sobre todo siendo aplicados por la mañana al atardecer cuando el insecto llega a la superficie de la planta (Avendaño, 2017).

2. 8 ENFERMEDADES DEL CHILE

Las enfermedades más comunes en cultivos de Chile son el tizón tardío, un hongo que ataca la plantación durante la floración, la cenicilla causada por diversos patógenos, como principal tenemos la secadera o marchitamiento del Chile, provocada por los hongos (*Pythium spp*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium spp*, *Sclerotium spp* y *Phytophthora capsici*) (Gallardo, 2021).

2. 9 FERTILIZACIÓN

La obtención de una buena cosecha y calidad del fruto dependen fundamentalmente del uso de fertilizantes, dicha práctica agrícola es ampliamente aceptada a la hora de cultivar hortalizas. En el caso del pimiento, el tratamiento con fertilizantes se realiza de acuerdo con las características fisicoquímicas del suelo donde se tiene el sembradío, las cuales se determinan en base al análisis de laboratorio realizado de muestras de suelo tomadas del mismo campo (Gallardo, 2021).

2. 10 SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Este es un sistema de riego en el que se aplica agua gota a gota sin mojar toda la superficie del suelo debido al control de la presión del agua aplicada. El agua se aplica a unos 35 cm cerca de las plantas, humedeciendo una cierta cantidad de

suelo, donde se desarrolla la mayor parte radicular de la planta. Por otro lado, el agua se proporciona con frecuencia, por lo que el suelo permanece en capacidad de campo y las plantas puedan absorber el agua sin esfuerzo (Fuentes, 1991).

Consiste en el manejo del agua mediante mangueras plásticas con perforaciones (goteros) dispersados en el surco con el fin de humedecer la parte radicular de la planta de forma controlada. El suministro de agua aplicada en cada riego es relativamente poca, debido a que su inversión inicial es alta (Barrantes, 2010).

2. 11 ESTRÉS HÍDRICO

Muchas funciones de las plantas dependen de la disponibilidad de agua en el suelo y una deficiencia de agua puede limitar el crecimiento. El estrés abiótico tiene gran impacto en el crecimiento de las plantas y es de particular preocupación en los sistemas agrícolas donde conduce a pérdidas económicas. La respuesta más sensible al estrés hídrico es la proliferación celular; mediante este estado las células permanecen más pequeñas y las hojas tienen menor desarrollo, en consecuencia, el área foliar fotosintéticamente activa se reduce (Quintal, 2012).

2. 12 EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración se conoce como la pérdida de agua que se da en el suelo causada por dos métodos, la evaporación del agua incluida en el suelo y humedad por agua contenida de las plantas, procesos que surgen de forma simultánea. A rededor de las últimas dos décadas han sido desarrolladas diversas técnicas para determinar la evapotranspiración, que incluye el uso de la covarianza

de torbellinos, lisímetro, relación de Bowen, balance de agua en el suelo y percepción remota (López & Díaz, 2015).

2. 13 PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN LA COMARCA LAGUNERA

La comarca lagunera es una región extremadamente dinámica donde destacan la minería, la agricultura de riego y ganadera, cuenta con grandes zonas industriales. Dentro de los primordiales el uso del agua subterránea incluyen usos agrícolas, publico, municipales, ganaderos e industriales. En total el 87,5% del agua se extrae del manto acuífero para fines agrícolas, el 9.6% del agua se utiliza para el suministro de agua residencial, el 1.9% del agua se utiliza para la industria y el 0.9% para centrales térmicas (Ramírez, 2016).

El cauce del río Nazas ha sido modificado con fines agrícolas, constituido por las presas Lázaro Cárdenas (1946) y Francisco Zarco (1968), ubicadas en la Ciudad Lerdo, Durango, al agregar canales de concreto, lo que provocó la desaparición de la Laguna de Mayrán y su Ecosistema, así como la cantidad de agua recargada del manto acuífero se vio afectada (Ramírez, 2016).

2. 14 COSECHA

Cabe destacar que una cosecha a tiempo es importante. Si los frutos recolectados aún no están fisiológicamente maduros se consideran de menor calidad para el consumo, por el contrario, si son cosechados en etapa de maduración tardía, se considera que la vida postcosecha será corto. Para saber cuándo cosechar es necesario tomar en cuenta la longitud, tamaño y color del pimiento, cortando de acuerdo al color característico según la variedad (Meléndez, 2015).

La recolección se lleva de forma manual y momento de realización depende de la finalidad y uso del producto, su consumo se da en estado fresco (verde) y estado maduro. También es importante saber el ciclo de vida de la variedad de chile elegida para su producción. Una mala cosecha y mal manejo intervienen directamente a la calidad del fruto en el mercado de destino (Meléndez, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El experimento se ubicó en el área experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL situada en la carretera Santa Fe km 4, Torreón, Coahuila México. El campo experimental está ubicado bajo las coordenadas geográficas 103° 22' 15" longitud oeste del meridiano de Greenwich y 25° 33' 23" con latitud norte, a una altitud de 1,120 m sobre el nivel del mar. **(Figura 3.1)**



Figura 3. 1 ubicación geográfica del sitio experimental. UAAAN-UL, 2022.

3.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMARCA LAGUNA

La ciudad de Torreón, donde se estableció la investigación cuenta con una población de 629,639 habitantes, localiza en la parte occidental del sur del estado

de Coahuila, México, coordenadas 103° 26' 33" longitud oeste y 25° 32' 40" latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar (Barrajas, 2012).

3.2. 1 CLIMA

Torreón tiene un clima cálido-seco, con temperaturas anuales de 24°C (pueden alcanzar más de 40°C en verano), a menudo fluyen aire caliente. Las precipitaciones se registran en agosto, septiembre y octubre; con baja probabilidad diciembre, enero, febrero y marzo. El viento predominante es del sur con velocidades de 27 a 44 Km/h. La temperatura desciende hasta -3°C a finales del invierno durando hasta 20 días (Barrajas, 2012).

3. 3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con tres tratamientos de riego (T1=60%, T2=80% y T3=100% de ETr) y ocho repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de frutos, largo de fruto, peso de fruto en verde y diámetro. El fruto se consideró fisiológicamente maduro cuando se presentó un 85% a 100% en cambio de color de verde a rojo.

3. 4 MANEJO DEL CULTIVO

3.4. 1 MATERIAL VEGETAL

La semilla utilizada fue de la variedad Chile de Árbol (*Capsicum annum* 'de árbol') de la empresa HORTAFLOR* para evaluar su comportamiento y desarrollo vegetativo en campo, bajo las condiciones climáticas de la región. **(Figura 3.4.1)**



Figura 3.4.1 Material vegetal utilizado para semilla.

3.4. 2 PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

La siembra se realizó el 13 de enero de 2022 en charolas de 200 cavidades, aplicando el sustrato PRO-MIX, el cual es una mezcla compuesta de turba de musgo fina, ofrece propiedades físicas y químicas óptimas para asegurar el crecimiento de plantas vigorosas. Una vez germinado el 30%, se regó la semilla hasta tener presencia de las primeras hojas verdaderas en las plántulas, posteriormente el 23 de febrero se realizó una aplicación de solución Steiner antes de su trasplante. **(Figura 3.4.2).**



Figura 3.4.2 Siembra de chile de arbol. UAAAN-UL, 2022.

3.4. 3 PREPARACION DEL TERRENO

El día 5 de marzo del 2022 se realizó barbecho, rastreo, nivelación y levantamiento de surcos. El 28 de marzo se instaló la tubería principal para el sistema de riego, las cintillas se colocaron el día 29 de marzo. **(Figura 3.4.3).**



Figura 3.4.3 Colocación del sistema de riego.

3.4. 4 TRASPLANTE

El trasplante se hizo el 30 de marzo de 2022, una vez que dichas plántulas alcanzaron una altura media de 15 a 20 cm y 6 o 10 hojas verdaderas. La plantación en campo se realizó a 30 cm de distancia entre planta y planta a doble surco y una distancia de 1.5 cm entre cama.

3.4. 5 LABORES CULTURALES

El control de maleza se realizó manualmente y con estribos, para facilitar el manejo y no dañar las plantas, esto se realizó durante todo el ciclo.

3.4. 6 RIEGO

El sistema de riego utilizado fue riego por goteo, al inicio del período se aplicó riego cada tercer día, dependiendo la evapotranspiración de referencia (ET_r) fue la lámina de riego aplicada. En la fase de floración y producción el riego se aplicó

diariamente con diferentes tiempos de riego de acuerdo a los tratamientos establecidos.

La lamina de riego (L_r) (m) se calculó multiplicando la E_{Tr} por el porcentaje de cada tratamiento:

$$T1 = 60 \% * E_{Tr}$$

$$T2 = 80 \% * E_{Tr}$$

$$T3 = 100 \% * E_{Tr}$$

3.4. 7 FERTILIZACIÓN

Se realizaron aplicaciones de solución nutritiva Steiner y urea (fertiirrigación), el día 17 de mayo y el 31 de mayo, con la finalidad de proporcionar nutrientes mediante la parte vegetal para un buen desarrollo y producción. Los gramos de fertilizantes utilizados, se muestran en el siguiente **(Cuadro 3.4.7)**.

Cuadro 3.4.7. Fertilizantes y cantidad utilizados para la preparación de solución Steiner.

SOLUCION	FERTILIZANTES	CANTIDAD (100 LT AGUA)
	Nitrato de Calcio $Ca (NO_3)_2$	5.79 gr
	Nitrato de Potasio KNO_3	18.07 gr
Solución nutritiva Steiner	Nitrato de Magnesio $MgNO_3$	6.81 gr
	Sulfato de Magnesio $MgSO_4$	5.34 gr
	Ácido fosfórico H_3PO_4	1.67 ml
	Urea	100 gr

3.4. 8 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las plagas encontradas durante el desarrollo del cultivo fueron: Mosquita blanca y minador de la hoja (*Linomyza sp.*) los cuales se controlaron con la

aplicación de insecticidas químicos. Se presentan los insecticidas utilizados, así como la dosis aplicada. **(Cuadro 3.4.8).**

Cuadro 3.4.8. Cantidad de Insecticidas químicos utilizados.

INSECTICIDA QUÍMICO	DOSIS
Clorpirifos Etil.	0.20 ml en 20 L de agua.
Imidacloprid + Betacyflutrin	1= 0.30 ml en 20 L de agua.
	2= 60 ml en 40 L de agua.

3.4. 9 COSECHA

Las cosechas se realizaron en verde, el 4 de julio, 30 de julio y 4 de agosto, presentando un 50 % de frutos por planta con cierto grado de madurez fisiológica, identificándolo por el color del fruto fue mediante observación. Únicamente se realizaron tres cortes para la evaluación.

3. 5 VARIABLES EVALUADAS

Las variedades consideradas fueron: altura de planta (cm), peso de frutos verdes (gr), numero de frutos, longitud de fruto (mm), rendimiento, lamina de riego y eficiencia en el uso de agua.

3. 6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) versión 1.1.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ALTURA DE PLANTA

En altura de planta el análisis estadístico detecto discrepancia significativa entre tratamientos Cuadro 4. La mayor altura de planta se mostró al aplicar un 80 % de la evapotranspiración de referencia correspondiendo a una lámina de 75.25 cm. Los tratamientos de 60 y 100 % fueron estadísticamente similares con alturas de 69.97 y 70.30 cm respectivamente. La altura de planta obtenida por Pérez-Gutiérrez 2008, quien reporta 73.33 cm bajo condiciones de campo con evaporación 4.3, 5.6 de ETc.

4.2 PESO DE FRUTO VERDE

En peso de fruto no mostro diferencia estadística debido a los tratamientos; de 60 y 100 % de la ETr presentando un peso promedio de, 10.97 y 7.98 gr., respectivamente. Sin embargo, la aplicación del 80 % de la ETr, presento un peso de 15.77 gr., superior al de los tratamientos antes mencionados. Dichos resultados concuerdan con los reportados por Pérez et al. 2008 quien observo que el tratamiento con mayor nivel de humedad (T2, 70 %) fue en el que presento el mayor rendimiento y peso de fruto a diferencia del resto de los tratamientos. El peso medio de frutos derivado en el estudio fue alto en comparación al conseguido por el estudio formado por Quintal et. Al., 2012, quien reporto un peso de 6.4 gr en invernadero. **(Cuadro 4.2).**

Cuadro 4.2. Altura de planta (cm) y peso de fruto verde del chile de árbol, primavera-verano. UAAAN-UL, 2023.

Tratamientos % ETr	Altura de planta (cm)	Peso de fruto
T1 = 60 %	69.95 b	10.97 b
T2 = 80 %	75.25 a	15.77 a
T3 = 100%	70.30 b	7.98 b

valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DMS $\alpha=0.05$.

4.3 NUMERO DE FRUTOS POR PLANTA.

El número de frutos promedio por planta se presenta en **(cuadro 4.3)**. El análisis estadístico no encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en número de frutos por corte y total. Todos presentaron similar número de frutos con valores totales de 546.50, 680.25 y 525.25 frutos respectivamente. Sin embargo, se observa una tendencia a un mayor número de frutos al aplicar el 80 % de la ETr. Resultados similares a los reportados por Langle en el 2011, que obtuvo 536 frutos por planta al aplicar el 75 % de ETr.

Cuadro 4.3. Numero de frutos por corte y total de chile de árbol.

Tratamientos % ETr	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	Total
T1 = 60%	76	301.87	168.62	546.50
T2 = 80%	97	395.62	187.62	680.25
T3 = 100%	53.37	282.12	189.75	525.25

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. DMS $\alpha=0.05$.

4.4 LONGITUD DE FRUTO (Cm)

La longitud de fruto no presentó diferencia entre tratamientos de riego de acuerdo al análisis estadístico realizado. Los valores de longitud de fruto obtenidos

fueron de 5.79, 6.07 y 6.14 cm los cuales son estadísticamente iguales pero diferentes al reportados por Reyes-Ramírez, 2014 quien reporto longitud de fruto de 8.76 cm, 7.54 cm en chile habanero con una lámina de riego de 51 cm. Por su parte Tucuch, 2011 reporta una la longitud de fruto de 4.16, siendo menor a los resultados obtenidos en el estudio. **(Cuadro 4.7).**

4. 5 RENDIMIENTO EN VERDE

En rendimiento el análisis estadístico detecto diferencia entre tratamientos. El mayor rendimiento se presentó al aplicar el 80% de la evapotranspiración de referencia con 15. 77 ton/ ha., seguido por los tratamientos de 60% de ETr con 10.97 Ton/ha el cual fue estadísticamente similar a la aplicación del 100 % de ETr con un rendimiento de 7.98 ton/ha. El rendimiento obtenido en el estudio es bajo ya que solo se realizaron tres cortes, a diferencia de Pérez-Gutiérrez 2008, quien obtuvo un rendimiento total de 23.5 Ton/ha al aplicar un de riego de 80% de la ETr quien realizo 5 cortes. Sin embargo, una mayor cantidad de riego no siempre se traduce en más rendimiento, como el caso observado por Pérez y May-Lara 2012, quienes registraron una disminución de 15 % en el rendimiento de chile habanero al aplicar el 95 % de ETr. **(Cuadro 4.7).**

4. 6 LÁMINAS DE RIEGO APLICADAS

Las láminas de riego aplicadas en los diferentes tratamientos se presentan en **(Cuadro 4.7)**. El cultivo de chile de árbol cuando se aplicó una lámina de riego de 49 cm se obtuvo el mayor rendimiento con 15,778.45 Kg/ha en los tres cortes evaluados. Las láminas de riego de 41 y 55 cm presentaron rendimientos similares con rendimientos de 10974.83 y 7,989.36 Kg/ha. Resultados similares a los

reportados por Godoy et al & Ismail 2010, quienes indicaron que a menor disponibilidad del agua en el suelo es menor también el potencial hídrico.

4.7 EFICIENCIA EN USO DE AGUA

Se muestra la eficiencia en uso de agua en el cultivo de chile de árbol determinada como la producción obtenida en los tres cortes realizados y el volumen de agua aplicado. El tratamiento de aplicación del 80% de ETr, produjo 3.22 kg/ m³ de agua de aplicada. Por su parte, los tratamientos con el 60 % y el tratamiento con el 100% de ETr mostraron eficiencias en uso de agua similares estadísticamente con valores de 2.67 y 1.45 Kg/m³, pero inferiores al tratamiento del 80 % de ETr. Farrell-Poe y Martin 2008, reportan eficiencias de 1.2 y 0.57 kg/m³, inferiores a las obtenidas en este estudio. A diferencia de Pérez-Gutiérrez 2008, quien reporta una eficiencia en el uso de agua de 6.2 y 9.3 Kg/m³ en chile habanero a campo abierto.

(Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Uso eficiente del agua de riego por rendimiento y tratamientos aplicados.

Tratamiento %ETr	Lamina de riego (cm)	Rendimiento (Kg ha)	Uso eficiente del agua (kg/m ³)
T1 60	41	10,974.83 b	2.67 b
T2 80	49	15,778.45 a	3.22 a
T 3 100	55	7,989.36 b	1.45 b

5. CONCLUSIONES

No existió diferencia en longitud y número de frutos por planta bajo los diferentes tratamientos de riego evaluados.

La altura de planta, peso de fruto, rendimiento en verde y eficiencia en uso de agua se vieron afectados por las diferentes láminas de riego aplicadas.

El más alto rendimiento se obtuvo al aplicar una lámina de riego de 49 cm.

La mejor eficiencia en uso de agua fue de 3.22 Kg/m³ de agua aplicada.

6. LITERATURA CITADA.

Aguilar, R. V. H., Corona, T. T., López, L. P., Latournerie, M. L., Ramírez, M. M., Villalon, M. H. Y Aguilar, C. J. A. 2010. Los chiles de México y su distribución. p 49.

Aguirre, H. E., & Muñoz, O. V. 2015. El chile como alimento. p 17.

Avendaño, M. F. 2017. Efectividad biológica de insecticidas para el manejo de la resistencia del picudo del chile. revista iberoamericana de las Ciencias biológicas y Agropecuarias, 16. Vol. 6, núm. 11.

Barboza, G. E. 2011. Lectotypifications, synonymy, and a new name in *Capsicum* (Solanoideae, Solanaceae). *PhytoKeys* 2: pp. 23–38.

Barrajas, B., & Moreno, V. 2012. Factibilidad de la implementación de una planta termosolar para la generación de energía eléctrica en torreón, Coahuila, México. p 1249.

Barrantes, J. L. F. 2010. Manual de recomendaciones en el cultivo de chile (*Capsicum sp*). (INTA). San José, Costa Rica. p 9

Bravo, M. E., López, L P. 2012. AGRO produce. Revista de chile: principales plagas del chile de agua. Campo experimental valles centrales de Oaxaca p 12-15.

Castilla, L. L. 2018. Diversidad genética y variación morfológica de Ecotipos de chile (*Cpsicum spp*) Nativos del Estado. p 7

DeWitt, D., & Lamson, J. 2015. The field guide to peppers. First Edition. Biodiversity Heritage Library. Gera, Germany. p 102.

Farrell-Poe y Martin (2008). Interacción fertilización orgánica- método de riego en el rendimiento y productividad del Agua en el cultivo de Chile Serrano. Artículo de investigación Ciencia y Technol. Agrop. México Vol. 6 Núm. 17-25. Gómez Palacio, Durango, México.

Fuentes, Y. J. L. 1991. Características agronómicas del riego por goteo. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Núm. 17/90.

Gallardo, V. J. 2021. De México para el mundo CHILE YAHUALICA historia, cultivo, usos y denominación de origen. Origen del chile. Primera edición. p 46- 62.

García, A. J. 2019. Daño de *Liriomyza trifoli* (díptera: agromyzidae) en genotipos de chile soledad (*capsicum annum* L.). Entomología agrícola.

INTAGRI. 2020. Cultivo de Chile en México. Serie Hortalizas, Núm. 21. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. p 2-8. Hernández, A. R & Frausto, G. E. 2010. Situación y perspectivas de la producción de chile seco en Zacatecas. Revista de Geografía Agrícola, núm. 45, Texcoco, México. p 4

Ruiz, C. J.A., Medina, G. G., González, A. I. J., Flores, L. H. E., Ramírez, O. G., Ortiz, T. C., Byerly, M. K. F y Martínez, P. R. A. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Primera edición. Libro técnico núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. p 152 y 153.

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.

Linares, R. Serrano, R., & De León, A. 2018. Guía técnica del cultivo de chile dulce. Centro nacional de la tecnología agropecuaria y forestal "Enrique Alvares Córdova", 3-5.

López, A. J., & Diaz, V. T. 2015. Evapotranspiración y coeficientes de cultivo de chile bell en el valle de Culiacán, México. Terra Latinoam. Vol. 33. No 3.

López-López, R., Inzunza-Ibarra, M.A., Sánchez-Cohen, I., Fierro-Álvarez, A. Meléndez, H. L. 2015. Buenas prácticas agrícolas (BPA) para el cultivo de chile. Obtenido de: <https://www.hortalizas.com/cultivos/chiles-pimientos/buenas-practicas-agricolas-bpa-para-preparacion-del-suelo-plantacion-y-cosecha-de-chile>.

Osornio. 2018. Uso eficiente del agua en la agricultura sostenible (I). FIRA. Obtenido de: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Uso-eficiente-del-agua-en-la-agricultura-sostenible-I-20180521-0096.html>, pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) based on two transplanting dates.

Pérez, G. A., May-Lara, Ruiz, S. E. Martínez, C. A. J. 2012. Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Vol. 35. Mérida, Yucatán, México.

Pérez, G. A., Pineda D, Latournerie, M. W., Pam, P. y Godoy, C. A. (2008) Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. TERRA Latinoam. 26:53-59.

Prohens, J. and Rodríguez-Burruezo A. 2010. Advances in genetics and breeding of capsicum and eggplant. On Genetics.

Quintal, O. W. C, Pérez, G. A, Latournerie M. L, May, L. C, Ruiz, S. E y Martínez, C. A. J. 2012. Water use, water potential and yield of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) Vol. 35. Mérida, Yucatán, México.

Ramírez, D. I. 2016. Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del acuífero Principal-Región Lagunera, clave 0523, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, Región Hidrológico-Administrativa Cuenca Centr. Del Nor. Obtenido de SEGOB. Diario oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5441871&fecha=21/06/2016.

Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez E., Latournerie-Moreno, L., Pérez Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G. y Zavala-León, M.J. (2014). Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) AGROCIENCIA. 48(3): 288-293 p.

Rodríguez, L. (2012) Sumario del chile de árbol y la salsa picante de Yahualica. Primera edición. Guadalajara. Centro de Estudios Históricos de la Caxcana. p 537

SADER, & SENASICA. 2020. Dirección general de sanidad vegetal, dirección del centro nacional de referencia fitosanitaria. Obtenido de Ficha Técnica, Mosquita blanca: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600965/Mosquit>

SADR. 2018. El chile es parte de nuestra riqueza mexicana. Por: secretaria de agricultura y desarrollo rural. Obtenido de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-chile-es-parte-de-nuestra-riqueza-mexicana>.

Salvo, A., Valladares, G. R. 2007. Leafminer parasitoids and pest management. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1611. X5016GCA. Córdoba, Argentina.

SIAP. 2010. Un panorama del cultivo del chile. p 3. Obtenido de: <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf>

Sifuentes-Ibarra, E. (2015). Water use efficiency and productivity of habanero

SYNGENTA. 2022. Plagas-Mosca blanca en pimientos. Obtenido de: <https://www.syngenta.es/cultivos/pimiento/plagas/mosca-blanca>

Torres, R. A., y Rodríguez, L. E. 2012. Guía para el manejo integrado de plagas del pimiento bajo invernaderos, con énfasis en el picudo del chile. Koppert México S. A. de C. V. p 9.

Tucuch, H. C., Alcantar, G. G., Ordaz, C. V., Santizo, R. J. y Larque, S. A. 2011. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partículas de sustratos. Terra Latinoamericana, 2012;30: 9-15.

Zegbe, D. J., Valdez, C, R. & Lara, H, A. 2012. Importancia, diversidad genética y situación actual del cultivo de chile en México. In: Cultivo de chile en México. México. p 183