

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN

CAMPUS ENSENADA



T E S I S

**CRECIMIENTO DE PLANTA Y CALIDAD DE FRUTO EN PEPINO (*Cucumis sativus*)
INJERTADO BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS SALINA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTA

EMMANUEL ALEJANDRO VARGAS HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ÁNGEL MANUEL SUÁREZ HERNÁNDEZ

SAN QUINTÍN, ENSENADA, B. C.

NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN

La presente tesis titulada: **CRECIMIENTO DE PLANTA Y CALIDAD DE FRUTO EN PEPINO (*Cucumis sativus*) INJERTADO BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS SALINA**, fue realizado por: EMMANUEL ALEJANDRO VARGAS HERNÁNDEZ, bajo la dirección del comité particular indicado, ha sido aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ

DIRECTOR

DR. ÁNGEL MANUEL SUÁREZ HERNÁNDEZ

SECRETARIO

DR. ONECIMO GRIMALDO JUÁREZ

VOCAL 1

DR. JUAN CARLOS VÁZQUEZ ANGULO

VOCAL 2.

M.C. AURELIA MENDOZA GÓMEZ

VOCAL 3.

M.C. ISIDRO BAZANTE GONZÁLEZ

DEDICATORIA

A mis padres:

Manuel Vargas Rodríguez

María Teresa Hernández Sebastián

Por su gran amor, apoyo y consejos para llegar hasta este momento de mi vida, al motivarme en esforzarme como una persona de bien.

A mi hermana:

Quien me ha brindado su apoyo incondicional.

A mis amigos:

Por los gratos momentos que me regalaron, y por las experiencias que me han transmitido, las cuales me permiten seguir avanzando en mi desarrollo como profesionista.

Maestros:

Por su tiempo y paciencia que han tenido en mi desarrollo profesional. Personas que merecen todo mi admiración y respeto.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le doy las gracias al Dr. Ángel Manuel Suárez Hernández, por el impulso que sembró en mí para iniciar en el ámbito de la investigación, aventurándome en la realización de la presente bajo su dirección.

No fue fácil el proceso, pero durante el transcurso me transmitió sus conocimientos y experiencias que moderaron mis actividades y me motivaron a seguir adelante.

Al Dr. Onécimo Grimaldo Juárez, por reservar un tiempo para brindarme el apoyo intelectual y moral en la realización de este proyecto, sobre todo por la confianza que pude percibir de su parte, así como de los gratos momentos de trabajo en los que aprendíamos mutuamente los cuales fueron de importancia para mi vida, y que sin duda su intervención quedará en mi memoria.

Al Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA), por facilitar moderadamente el equipo básico para la realización de injertos y también por el área suministrada para la preparación y manejo del cultivo de pepino, que sin lugar a dudas tuvo un papel fundamental en este estudio.

A la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín, que fue mi casa de estudios en la cual adquirí mayormente mis conocimientos impartidos por los maestros y maestras que merecen mi reconocimiento pues buscaron prepararme para afrontar problemas relacionados al área de ciencias agrícolas, y a los cuales les agradezco que de una u otra forma me hayan formado académicamente.

A la Subsecretaría de Educación Superior, por el financiamiento parcial del proyecto a través de la Dirección General de Educación Superior Universitaria sometido en la Convocatoria 2018 de PRODEP.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
I. RESUMEN.....	xi
II. INTRODUCCIÓN.....	1
2.1. Hipótesis	2
2.2. Objetivo general y específico	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. El cultivo de pepino.....	4
3.1.1. Producción nacional y estatal	5
3.1.2. Requerimientos del cultivo.....	7
3.1.2.1. Requerimientos climáticos	7
3.1.2.2. Requerimientos edafológicos	8
3.1.2.3. Requerimientos hídricos.....	9
3.1.3. Factores de estrés bióticos.....	11
3.1.3.1. Plagas.....	11
3.1.3.1.1. Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	12
3.1.3.1.2. Mosca blanca (<i>Bemisia tabaco</i>).....	13
3.1.3.1.3. Pulgón (<i>Aphis gossypii</i>).....	14
3.1.3.1.4. Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>).....	15
3.1.3.1.5. Minador de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>).....	16
3.1.3.2. Enfermedades	16

3.1.3.2.1.	Hongos.....	17
3.1.3.2.2.	Bacterias	19
3.1.3.2.3.	Nematodos	20
3.1.3.2.4.	Virus	21
3.1.4.	Factores de estrés abióticos	22
3.1.4.1.	Temperatura.....	22
3.1.4.2.	Déficit hídrico.....	23
3.2.	Salinidad.....	24
3.2.1.	Superficie afectada	24
3.2.2.	Causas de la salinidad.....	25
3.2.3.	Efectos de la salinidad en cultivares de pepino.....	26
3.3.	Alternativas para producción en suelos salinos.....	27
3.3.1.	Manejo agronómico.....	27
3.3.2.	Selección de variedades tolerantes	28
3.3.3.	Inoculaciones	28
3.3.4.	Injertos	29
3.3.4.1.	Tipos de injerto en pepino	29
3.3.4.1.1.	Técnica de empalme	30
3.3.4.1.2.	Técnica de púa por hendidura.....	30
3.3.4.1.3.	Técnica de aproximación.....	30
3.4.	El injerto en la producción de pepino en suelo salino.....	31
3.4.1.	Portainjertos tolerantes a la salinidad	31
3.4.2.	Producción y calidad de pepino injertado en suelo salino.....	32

IV. METODOLOGÍA.....	33
4.1. Ubicación geográfica y condiciones climáticas.....	33
4.2. Material genético y tipo de injerto.....	33
4.3. Tratamientos y diseño experimental.....	34
4.4. Establecimiento y manejo del cultivo.....	34
4.5. Variables evaluadas	35
4.5.1. Variables vegetativas.....	35
4.5.2. Variables químicas	35
4.5.3. Variables de fruto	36
4.6. Análisis estadístico	37
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
5.1. Altura de la planta.....	38
5.2. Diámetro del tallo	39
5.3. Distancia de entrenudo	40
5.4. Número de hojas.....	41
5.5. Peso seco total	41
5.6. Contenido de nitratos.....	43
5.7. Contenido de potasio	43
5.8. Contenido de sodio	44
5.9. Relación de absorción potasio/sodio	45
5.10. Peso de fruto	46
5.11. Longitud de fruto	47
5.12. Diámetro de fruto.....	48

5.13.	Dureza externa de fruto	49
5.14.	Dureza interna de fruto	50
5.15.	Contenido de Grados Brix	51
VI.	CONCLUSIÓN	52
VII.	LITERATURA CITADA.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Resumen Nacional de la producción de pepino en el 2018.....	6
Cuadro 2. Resumen Estatal de la producción de pepino bajo riego en el 2018	7
Cuadro 3. Temperatura diurna y nocturna requerida para el desarrollo del cultivo de pepino	8

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Altura de planta (m) de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	38
Figura 2. Diámetro (mm) de tallo principal de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	39
Figura 3. Distancia de entrenudo (cm) de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	40
Figura 4. Numero de hojas por planta de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	41
Figura 5. Peso seco total (gr) de planta variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	42
Figura 6. Contenido de nitratos (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	43
Figura 7. Contenido de potasio (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	44
Figura 8. Contenido de sodio (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	45
Figura 9. Relación potasio/sodio (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	46
Figura 10. Peso (gr) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	47

Figura 11. Longitud (cm) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino	48
Figura 12. Diámetro (mm) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	49
Figura 13. Firmeza externa (Newton) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	50
Figura 14. Firmeza interna (Newton) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	51
Figura 15. Grados Brix (%) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.....	52

I. RESUMEN

La producción de pepino se ha reducido en el Valle de San Quintín, B. C. por la incidencia de patógenos, temperaturas fluctuantes y la concentración salina de los suelos, causantes de la disminución del crecimiento y desarrollo de la planta, lo cual repercute en el rendimiento por unidad de superficie. En investigaciones recientes se ha probado que especies de hortalizas injertadas sobre patrones híbridos han generado mayor tolerancia hacia condiciones desfavorables donde sería difícil establecer el cultivo.

Por lo anterior en la presente investigación, se utilizó el portainjerto Forticuke F1 en el pepino (*Cucumis sativus*) Tirano con el objetivo de evaluar el crecimiento de planta y calidad de fruto bajo tres niveles de concentración salina. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial AB, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: 1) parámetros vegetativos: altura de planta, diámetro del tallo, distancia de entrenudo, número de hojas y peso seco total, 2) contenido de iones: contenido de NO_3 , K, Na y relación K/Na en savia; 3) parámetros de fruto: longitud, diámetro, peso, firmeza externa e interna y contenido de sólidos solubles.

Los resultados mostraron que la condición injertada mantuvo sus cualidades en los parámetros vegetativos en las diferentes concentraciones salinas (3.0, 4.5 y 6.0 dS m^{-1}). El contenido de NO_3 , K y la relación de K/Na fue favorecido debido a alta permeabilidad en la planta por efecto del portainjerto, así como la restricción del contenido de sodio, sin embargo tanto la planta injertada como la normal se vieron afectadas con el incremento de NaCl. En los parámetros de fruto, el injerto mantuvo las características de fruto, aun cuando la conductividad se encuentra en 6.0 dS m^{-1} . Con base a los resultados obtenidos, el injerto en

pepino es una opción viable para el Valle de San Quintín como una alternativa de producción de hortalizas en suelos moderadamente salinos, con lo cual es posible conseguir una calidad similar a la de plantas cultivadas en suelos sin problemas de sodio.

II. INTRODUCCIÓN

La salinidad de suelos es uno de los principales problemas en todo el mundo, con alrededor de 1 128 millones de hectáreas afectadas (Wicke et al. 2011). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aproximadamente 2.1% de la superficie de agricultura de secano son suelos afectados por la salinidad, y de regadío es del 19.5% (FAO, 2017). En México cerca de 1.649 millones de hectáreas son afectadas por la salinidad (Massoud, 1977).

En la región noroeste de México se ha incrementado los problemas de salinidad por efecto del incremento de temperatura, disminución pluvial y aumento de la concentración salina en agua de riego (Pulido-Madrigal, 2016). En áreas cercanas al océano, la salinidad se incrementa por el transporte de sales en suspensión en el aire al interior del territorio ocasionado por el viento (Zarroca et al., 2011). Este fenómeno ha sido en parte uno de los factores importantes en el incremento del nivel de salinidad en los suelos del valle de San Quintín.

El impacto de la salinidad de suelos es directamente en la reducción de la superficie de cultivo, así como en el rendimiento y calidad de los productos agrícolas. Un alto contenido sales en suelo o en agua genera toxicidad iónica, deficiencia de nutrientes, estrés osmótico y oxidativo en las plantas (Shrivastava y Kumar, 2015), y consecuentemente, repercusiones a nivel molecular, fisiológico y bioquímico (Netondo et al., 2004; Tester y Davenport, 2003). En plantas de pepino cultivados en ambientes salinos se presenta una menor biomasa y producción (Cao et al., 2016), gran parte debido a la alteración de la integridad de la membrana y disminución de la actividad de antioxidantes (Furtana y Tipirdamaz, 2010).

Una de las estrategias para contrarrestar los problemas de salinidad es la lixiviación, para lo cual requiere una gran volumen y flujo continuo de agua (Chu et al., 2016). Manejo que en zonas áridas y semiáridas resulta casi imposible de adoptar debido a la baja disponibilidad de agua (Pulido-Madrigal, 2016). El establecimiento de variedades de pepino tolerantes puede ser una alternativa viable (Furtana y Tipirdamaz, 2010), no obstante, la variedad a cultivar depende de la preferencia del consumidor final. Otra alternativa es la inoculación de cepas bacterianas resistentes a la sequía (Sanjay et al., 2017), aun cuando la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento mitiguen los efectos negativos en condiciones de laboratorio, este efecto puede ser menos o casi inexistente en campo (Bacilio et al., 2017).

El injerto en plantas de pepino irrigados con agua salinas ha demostrado menor efecto negativo de la salinidad sobre el crecimiento y productividad de las plantas, limita la absorción y transporte de Na^+ , favorece la relación de K^+/Na^+ , contenido de clorofila a y b, carotenoides, conductancia estomática y tasa de transpiración (Wang et al., 2017). No obstante, el nivel de tolerancia de salinidad varia con la combinación portainjerto-variedad (Wang et al., 2017). Por lo anterior, en la presente tesis, se evaluó el crecimiento de planta y calidad de fruto en pepino (*Cucumis sativus*) Tirano injertado sobre Forticuke F1 bajo tres niveles de salinidad.

2.1 Hipótesis

La implementación del injerto en los sistemas de producción de pepino en el Valle de San Quintín, favorece el crecimiento de la planta y la calidad de fruto.

2.2 Objetivo general y específico

Evaluar la producción de pepino injertado en ambientes salinos, mediante el análisis del crecimiento de planta y calidad de fruto.

- 1) Evaluar los parámetros de vegetativos de las plantas injertadas en ambientes salinos.
- 2) Determinar el contenido de iones en savia de las plantas injertadas en ambientes salinos.
- 3) Evaluar los parámetros de calidad de fruto de las plantas injertadas en ambientes salinos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El cultivo de pepino

La economía de México se distribuye en diferentes sectores, dentro de los cuales se encuentra el sector agrícola, que abarca mayormente la producción de hortalizas, principalmente con especies para exportación, debido a la importante generación de divisas y empleo en el campo (SAGARPA, 2017). Una de las hortalizas de importancia es el pepino, ocupando el 18^o lugar por la cantidad de divisas que aporta (SIAP, 2018), siendo México un exportador potencial al mercado norteamericano con un 99% de su producción (789, 658 toneladas) y un valor muy bajo de importaciones (2.8 toneladas) de este producto (SE-SIAVI, 2019).

El pepino (*Cucumis sativus* L.) procede de los países de Asia, posteriormente, pasa a Europa y después a América y África. Esta especie pertenece a la familia de las Cucurbitáceas, diferenciado por su número cromosómico diploide de otras especies de *Cucumis* ($2n=12$) por tener $2n=14$ (León, 1987). La planta se caracteriza por ser una planta rastrera o trepadora con tallos principalmente angulosos y espinosos, hojas de color verde oscuro y cubiertas de vellos muy finos, flores de pétalos de color amarillo y fruto en forma de baya (SIAP, 2018).

La especie tiene múltiples usos medicinales, cosméticos y alimenticios (Abu-Reidah et al., 2012), entre los cuales se destacan la planta como remedio para dolores de cabeza, las hojas contiene ferredoxina y cucurbitacina (b y c), la fruta contiene enzimas (proteolítica, erepsina, deshidrogenasa succínicas, oxidasa), ácido ascórbico, vitaminas (B1 y C), ácido ascórbico, el jugo de fruta es nutritivo y empleado también en lociones antiacné, la semilla

es diurética (Kumar et al., 2010). El consumo anual per cápita del pepino es de 1.6 kg en México (SIAP, 2018), mientras que, en Estados Unidos es mayor a 3.6 kg (Statista, 2019). La forma de consumo del fruto queda restringida de acuerdo a las características de las variedades, siendo el tipo de pepino slicer preferido para consumo fresco en ensaladas y el tipo pickle utilizado en curtidos (Sotiroudis et al., 2010).

3.1.1 Producción nacional y estatal

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP, 2018) reporta una superficie sembrada de alrededor de 20 mil hectáreas, las cuales aportan poco más de un millón de toneladas a nivel nacional. Entre las entidades federativas con mayor aporte de producción se encuentran: Sinaloa en primer lugar con un volumen de producción de 358,681 toneladas (t); Sonora en segundo lugar con 253,843 t; Michoacán con el tercer lugar con 103,402 t; Guanajuato con 50,374 t y Baja California con una producción de 49,588 t; después se encuentra Morelos, Yucatán, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, etc. Relativamente los estados con mayor producción generan mayores ingresos, por ejemplo, Sinaloa obtuvo un ingreso de 1, 722, 161, 359 pesos, seguido de sonora con 1, 677, 821, 360 pesos (Cuadro 1).

La producción de pepino en Baja California es mediante riego por goteo y está limitada solo en el municipio de Ensenada principalmente en los valles de San Quintín y Ensenada, con 292 y 349 ha respectivamente (SAGARPA-SIAP, 2018); lo cual generan un volumen de 49587 t con un valor de \$501, 435, 783 pesos (Cuadro 2). La ganancia superior en comparación con otros estados se debe a la cercanía y destino de la fruta a Estados Unidos, siendo México el líder en las exportaciones de hortalizas al mercado norteamericano (Avendaño-Ruiz, 2008).

Cuadro 1. Resumen Nacional de la producción de pepino en el 2018

Estado	Superficie sembrada (Ha)	Volumen de producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Valor de producción (pesos)
Aguascalientes	116.29	4867.50	36.57	\$ 11,799,844.60
Baja California	641.70	49587.53	76.02	\$ 501,435,782.62
Baja California Sur	214.25	13576.15	52.86	\$ 83,717,911.60
Campeche	37.80	411.12	12.23	\$ 2,217,939.60
Chiapas	38.00	590.00	15.53	\$ 1,394,252.60
Chihuahua	53.70	2297.74	28.59	\$ 25,329,158.18
Coahuila	90.80	10330.32	149.04	\$ 59,304,676.20
Colima	571.75	16452.63	27.04	\$ 65,711,056.08
Durango	8.00	613.20	57.82	\$ 3,319,697.86
Guanajuato	1458.38	50373.84	52.37	\$ 273,063,011.33
Guerrero	172.10	2582.28	16.44	\$ 9,696,679.38
Hidalgo	104.50	2313.90	21.02	\$ 11,133,937.76
Jalisco	823.89	21336.32	30.33	\$ 100,687,455.50
México	330.30	7577.50	19.55	\$ 32,523,799.33
Michoacán	3801.60	103402.09	30.34	\$ 406,204,802.67
Morelos	1525.80	49111.30	67.30	\$ 242,461,354.60
Nayarit	176.50	4431.93	19.53	\$ 31,526,688.27
Nuevo León	2.00	300.00	150.00	\$ 2,400,000.00
Oaxaca	51.37	607.54	14.51	\$ 4,003,073.40
Puebla	358.30	7717.92	24.75	\$ 47,223,708.60
Querétaro	19.50	4131.92	203.12	\$ 36,308,788.54
Quintana Roo	105.50	10421.25	67.71	\$ 248,084,970.66
San Luis Potosí	192.34	22587.24	85.49	\$ 204,594,182.02
Sinaloa	4392.48	358681.08	76.55	\$ 1,722,161,359.43
Sonora	2646.81	253842.87	92.72	\$ 1,677,821,360.08
Tabasco	13.00	132.06	10.30	\$ 475,862.45
Tamaulipas	43.00	584.68	13.02	\$ 1,912,924.00
Veracruz	448.00	9824.85	19.99	\$ 45,982,393.94
Yucatán	734.30	36250.92	14.68	\$ 340,820,906.50
Zacatecas	451.50	27109.93	80.84	\$ 136,739,950.38
Nacional	19623.46	1072047.61	52.21	\$ 6,330,057,528.18

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA-SIAP 2018

Cuadro 2. Resumen Estatal de la producción de pepino bajo riego en el 2018

Región	Superficie sembrada (Ha)	Volumen de producción (ton)	Rendimiento (ton ha ⁻¹)	Valor de producción (pesos)
Ensenada	349.70	28114.53	79.54	\$ 307,009,359.92
San Quintín	292.00	21473.00	72.50	\$ 194,426,422.70
Nacional	19623.46	1072047.61	52.21	\$ 6,330,057,528.18

Fuente: base de datos propias tomadas de la SAGARPA-SIAP 2018

3.1.2 Requerimientos del cultivo

El crecimiento y desarrollo de pepino depende de múltiples factores abióticos y bióticos tales como condiciones del clima, tipo y fertilidad de suelo, disponibilidad y calidad del agua, plagas y enfermedades, que en mayor o menor grado van a limitar la producción del fruto. Esta hortaliza se desarrolla muy bien en climas cálidos con temperaturas optimas de 18 a 25 °C, suelos fértiles muy ligeramente ácidos con humedad de suelo a capacidad de campo (Casseres, 1980).

3.1.2.1 Requerimientos climáticos

La planta de pepino es menos demandante en calor que otras cucurbitáceas como melón y sandía, con requerimientos térmicos entre 20 a 30 °C durante el día y 15 a 20 °C en la noche (Castellanos, 2004). En etapa de germinación tanto la temperatura diurna como nocturna debe mantenerse en lo posible sin fluctuaciones, con una óptima de 27 °C. En formación de la planta se requiere de temperaturas diurna/nocturna de 21 °C/19 °C, mientras que, en el desarrollo de fruto la óptima es de 19 °C/16 °C (cuadro 3). La relación de flores femeninas y masculinas depende de la longitud del día, temperatura y variedad (Grubben y Denton, 2004). Durante la noche, valores cercanos a 12 °C promueve la aparición de flores femeninas y superiores a 24 °C beneficia el desarrollo de las flores masculinas (Cheng et al., 2012). Una mayor aparición de flores femeninas a baja temperatura nocturna (12 °C) se debe

a la sobreexpresión de genes (CsPAP-fib) que regulan la diferenciación de flores femeninas (Liu et al., 2018a).

Cuadro 3. Temperatura diurna y nocturna requerida para el desarrollo del cultivo de pepino

Etapa de desarrollo	Temperatura (°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	27	27
Formación de la planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

Fuente: Castellanos, 2004

Temperaturas prolongadas por encima de 25 °C durante el día acelera el crecimiento y desarrollo de la planta, de tal manera que favorece la precocidad de la producción (Grimstad y Frimanslund, 1993). Así mismo, la eficiencia de la conversión de CO₂ asimilado en biomasa vegetal está determinada por el fotoperiodo y la radiación, donde, la duración del fotoperiodo optima fluctúa entre 8-16 h (Cheng et al., 2012). Otro parámetro importante es la humedad relativa durante el crecimiento de las plantas. Esta especie demanda una alta humedad relativa por su alta área foliar que presenta, siendo los valores óptimos de 60 a 70% de durante el transcurso del día y en la noche del 70 a 90% (Castellanos, 2004). Humedades superiores al 90% pueden inducir el desarrollo de enfermedades fúngicas y el problema puede incrementarse con atmosferas saturada de agua.

3.1.2.2 Requerimientos edafológicos

El cultivo de pepino es adaptable a suelos de textura franco-arcilloso (Herda, 2010), el cual, según Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019) es aquel que presentan un porcentaje de arcilla (27-40 %) un poco mayor que el de arena (20-45 %) y limo (15-52%). En este tipo de suelo presenta partículas muy pequeñas de

arcillas llamados coloides que favorece la retención de minerales debido a la capacidad de intercambio catiónico adecuado, mientras que el alto contenido de limo y arena permite un adecuado drenaje (Bojacá y Monsalve, 2012).

Por otro lado, la producción de pepino puede llevarse a cabo en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y preferentemente con suficiente materia orgánica (Jiménez-Ballesta, 2018; Castellano, 2004). La salinidad es un factor muy limitante en el desarrollo de la planta, esta especie se considera como una planta moderadamente sensible al estrés por salinidad (Kirnak, 2006), altas concentraciones de sales dificultan la absorción del agua e induce crecimiento lento, tallos débiles, hojas más pequeñas de color muy oscuro y frutos retorcidos (Castellano, 2004). Otro factor importante es el pH del suelo, que influye en la disponibilidad de los minerales y el desarrollo de organismos microbianos en el suelo (Lammel et al., 2018). En suelos con pH alcalinos la solubilidad de micronutrientes tales como zinc, cobre, manganeso y fierro están limitada, mientras que, en pH ácidos reduce la absorción de fosforo y calcio e induce la toxicidad de aluminio, hierro o manganeso (Foth y Ellis, 1996). El pH del suelo óptimo para esta especie es de 5.8 a 6.5 (Jiménez-Ballesta, 2018), sin embargo, puede soportar un pH de 8 cuando se tiene un alto contenido de materia orgánica (FAO, 2002).

3.1.2.3 Requerimientos hídricos

El cultivo de pepino es una de las hortalizas que requiere grandes cantidades de agua. La planta requiere de 1 a 4 litros diarios de agua durante su ciclo, esta cantidad dependerá de la variedad a cultivar (Castellano et al 2004). Al momento de la plantación en campo se debe tener el suelo húmedo, pero no saturado, debido a que las plántulas antes del trasplante se someten a un proceso de endurecimiento de tejidos mediante un estrés controlado de

humedad por un corto periodo de tiempo, a fin de tener una planta más resistente al trasplante (Bojacá y Monsalve, 2012). A medida que el cultivo es adulto, la biomasa vegetal llega a sombrear el suelo reduciendo la pérdida por evaporación del agua del suelo, el cual, permite programar lapsos mayores de tiempo entre riegos. Sin embargo, cuando el agua utilizada es de mala calidad (altas concentraciones de sales) es necesario aplicar riegos frecuentes de menor volumen, realizando un monitoreo del agua mediante tensiómetro de tal manera que la presión oscile entre 10 a 15 centíbares para evitar asfixia radicular y evadir una zona de alta salinidad (Castellano, 2004).

La cantidad de agua requerida puede variar dependiendo del estado fenológico de la planta, así como las condiciones ambientales, características del suelo y eficiencia de aplicación de riego (Allen et al., 2006). A fin de estimar el volumen de agua que ocupa la planta se pueden emplear diversos métodos (Rahil y Qanadillo, 2015), ya sea riegos basados en tensiómetros o mediante el cálculo de la necesidad neta de agua que es igual a la Evapotranspiración de cultivo (ETc). El ETc se estima utilizando el método modificado Penman – Monteith de la FAO (Allen et al., 1998), el cual considera las condiciones climáticas, edáficas y etapa del cultivo tales como radiación neta, flujo del calor en el suelo, temperatura media diaria del aire, velocidad del viento, déficit de presión de vapor, pendiente de la curva de presión de vapor, constante psicrométrica y el coeficiente de cultivo (Kc). En donde los valores de Kc pueden variar dependiendo del porcentaje de desarrollo del cultivo, considerándose valores de 0.3 a 1.0 para el cultivo de pepino (Snyder et al 2000).

Los parámetros de crecimiento de la planta (altura y biomasa vegetal) y rendimiento del pepino se ven favorecidos al usar el 70% de la evapotranspiración del cultivo, a la vez que se obtiene una mayor eficiencia del uso del agua (33 kg m^{-3}) y consecuentemente un

ahorro significativo de este recurso, en contraste con una eficiencia de agua más baja (19 kg m⁻³) al emplear tensiómetros (Rahil y Qanadillo, 2015). Los caracteres de crecimiento de la planta, el rendimiento y la eficiente del agua pueden mejorar al combinar un nivel de riego al 80% de ETc (aproximadamente 124-151 mm) con niveles de nitrógeno de 360 kg ha⁻¹ (Wang et al 2019; Li et al., 2014).

3.1.3 Factores de estrés bióticos

Durante el ciclo del cultivo de pepino existen factores bióticos tales como parásitos y enfermedades que puede perjudicar la productividad. En etapas fenológicas tempranas la incidencia de *Pythium spp.* puede inducir la muerte prematura de la plántula, en tanto que, hongos como *Botrytis cinérea*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Erysiphe spp.*, *Sphaerotheca fuliginea*, entre otros, puede ocasionar daños económicos irreversibles al cultivo (FAO 2002). Adicionalmente, la presencia de plagas puede ocasionar lesiones en la planta e incluso la muerte dependiendo del grado de infestación, siendo los más frecuentes mosca blanca y araña roja, entre otros.

3.1.3.1 Plagas

Las plagas alteran el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya sea por consumo de la savia o alterando el desarrollo del fruto que consecuentemente se refleja en la reducción de la producción. Entre los insectos más importante del cultivo de pepino se encuentra araña roja, mosca blanca, pulgón, trips y minador de la hoja. Algunos de estos insectos pueden ser vectores potenciales de virus tales como la mosca blanca y trips que pueden transmitir el virus del mosaico del pepino.

3.1.3.1.1 Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Es un acaro plaga más importante del mundo, de comportamiento cosmopolita que a simple vista no es fácil de ver. Es de tamaño cercano a 0.5 mm, forma ovalada y globosa, y de color amarillo a amarillo verdoso con dos machas oscuras en el dorso (Bojacá y Monsalve, 2012). Se desarrolla y prolifera a temperaturas entre 15 y 35 °C, cuanto mayor es la temperatura más rápido se desarrolla, alcanzado el estado adulto en una semana a 30-35 °C, pero a temperaturas superiores a 35 °C disminuye la fecundación de las hembras (Praslicka y Huszar, 2005). Tiene preferencia por el envés de las hojas de la posición tercio medio e inferiores de las plantas, cuando se alimenta sobre células epidérmicas y parenquimatosas estas se llenan de aire, dando como resultado puntuaciones translucidas, y si la intensidad del ataque es muy alto puede producir manchas necróticas llegando a causar la caída de la hoja (Cardona-Mejia y Mesa-Cobo, 2015).

El control de esta plaga puede ser mediante un agente biológico, siendo la principal especie de acarado depredador *Phytoseiulus persimilis*, este depredador se alimenta de 5 a 20 huevecillos o ácaros por día en su estadio adulto, también se alimenta de trips y es caníbal cuando no hay alimento (Nicholls-Estrada, 2008). Otros ácaros depredadores son *Neoseiulus californicus*, *N. fallacies*, *Galendromus occidentales*, *G. pyri*, *Zetzellia mali*, *Euseius tularensis*, entre otros. Así mismo, se pueden emplear hongos entomopatógenos tales como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Hirsutella sp* (Maniania et al., 2008). Otra estrategia de método de control es el empleo de químicos como Carbamatos, Organofosforados, Organoclorados, Piretroides, MAbamectina, Fenpiroximato y Propargita Miticidas organoestánicos, Benzoilureas quitina, METI-acaricida, Compuestos espirocíclicos, Carbazato de hidracina y Lactonas macrocíclicas (Attia et al., 2013).

3.1.3.1.2 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Es un pequeño insecto que se desarrolla de huevecillo a adulto en un lapso de 11 a 14 días en días cálidos del año y de 6 a 12 semanas en los meses fríos (Basu, 1995). Este insecto chupador de savia coloniza y se alimenta del envés de las hojas superiores y/o jóvenes de las plantas, ocasionando amarillamiento al succionar la savia, participa indirectamente en la formación de fumagina (*Cladosporium sp.*) y también es vector potencial de virus (Bojacá y Monsalve, 2012). Existen diferentes biotipos diferenciados por características bióticas y abióticas como distribución geográfica, resistencia química, grado de fecundidad, especialización del huésped, eficiencia de transmisión del geminivirus y capacidad de inducir trastornos fitotóxicos (Ahmed et al., 2010).

Las especies parasitoides eficaces para el control biológico de esta plaga son los himenópteros *Encarsia formosa*, *E. luteoa*, *Eretmocerus mundus* (FAO, 2002), *Eretmocerus californicus* (Nicholls-Estrada, 2008), *Serangium parcesetosum* (Al-Zyoud et al., 2005). *Encarsia formosa* puede producir cinco huevos por día, alimentarse de tres ninfas diarias y matar un promedio de 95 ninfas en un periodo de doce días. Otra alternativa de control es el uso de compuestos químicos (insecticidas) como organofosforados, carbamatos, piretroides, reguladores del crecimiento de insectos y neonicotinoides (Peng et al., 2017). Sin embargo, la mosca blanca es capaz de crear resistencia por el tiempo prolongado a estos compuestos (Hamada et al., 2019). A fin de reducir la tasa de desarrollo de resistencia se puede emplear programas de manejo de plagas mediante la rotación de diferentes modos de acción de los pesticidas (McKenzie et al., 2014).

3.1.3.1.3 Pulgón (*Aphis gossypii*)

Este áfido es un polífago con alta capacidad reproductiva, su tiempo de desarrollo se reduce con el aumento de la temperatura que van desde 13 días a 15 °C a 4 días a 30 °C y tiene una mortandad letal por debajo de 15 °C o superior a 33 °C (Satar et al., 2008). Este insecto puede causar mucho daño al extraer grandes cantidades de savia e introducir toxinas que induce achaparramiento y detiene el desarrollo de la planta (Casseres, 1981). La distorsión o clorosis en las hojas y deformaciones en los tejidos vegetal, así como el crecimiento de fumagina de manera indirecta son otros de los síntomas producto de es insecto (Bojacá y Monsalve, 2012).

Los bracónidos, nábidos, crisópidos y coccinélidos han sido utilizados ampliamente en control biológico especialmente contra áfidos, tales como *Aphidius colemani*, *Nabus ferus*, *Chrysoperla carnea*, *Coccinella septempunctata* y *Hippodamia convergens* (Nicholls-Estrada, 2008; Van-Driesche et al., 2007). Los coccinélidos son depredadores voraces, llamados comúnmente como mariquitas, las larvas de la mariquita de siete manchas (*Coccinella septempunctata*) consumen de 200 a 300 áfidos por día, y los adultos más de 100 (Nicholls-Estrada, 2008). Las larvas de crisopas (*Chrysoperla carnea*) fácilmente se alimentan de áfidos, aunque resulta menos eficiente debido en gran parte a la complejidad física y biótica del ambiente en el cual son colocadas (Van-Driesche et al., 2007). Insecticidas de origen vegetal tales como extracto de chirimoya, extracto de neem pueden ser aplicados para el control de *Tetranychus urticae* y *Aphis gossypii*, siendo más efectivo el extracto de neem en el control de áfidos (Saleem et al., 2019). Los insecticidas de ingrediente activo imidacloprid y spinosad pueden ser usados para el control de este áfido (Reddy, 2016). Otra medida de control es el empleo de insecticidas a base de organofosforados, carbamatos y

piretroides, aunque su continuo y frecuente uso ha permitido el desarrollo de resistencia contra varias clases de insecticidas sintéticos (Koo et al., 2005)

3.1.3.1.4 Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Los trips son pequeños insectos de color amarillo, naranjado y marrones, con tamaño de aproximadamente 1 mm y adultos alados (Paranjape et al., 2015). El ciclo biológico desde huevecillo a adulto es de tres semanas para los machos y dos semanas para las hembras, con un tiempo de vida de 1 a 2 días los machos y de 6 a 7 semanas las hembras (Muniappan et al., 2012). Los estados adultos y larvas succionan la savia causando manchas en las superficies de las hojas inferiores, flores y frutos, que pueden tornarse en tonalidades plateadas con un daño intenso (Janick, 1992). En botones florales o ápices puede interferir con el posterior desarrollo del fruto ocasionando malformaciones, aunado a esto, puede transmitir el virus del mosaico del pepino (Bojacá y Monsalve, 2012).

La liberación de agentes de control biológico como *Amblyseius cucumeris* y *Typhlodromips montdorensis* pueden controlar eficazmente los trips (Reddy, 2016). *Amblyseius cucumeris* es un acaro depredador más comúnmente utilizado para el control de trips, puede alimentarse de ninfas jóvenes y de polen, facilitando su desarrollo en plantas con polen aun en ausencia de su presa (Van-Driesche et al., 2007). Otros agentes de control pueden alimentarse de huevecillos y ninfas jóvenes, tales como *Chrysoperla spp*, *Geocoris sp*, *Orius spp*, *Phytoseiulus persimilis* y *Nabis sp*. (Nicholls-Estrada, 2008). Los ingredientes activos Imidacloprid, profenofos, diafenthiuron y spinosad pueden ser empleados en el control de este insecto (Paranjape et al., 2015)

3.1.3.1.5 Minadores de la hoja (*Liriomyza trifolii*)

Las hembras perforan la superficie de la hoja colocando los huevecillos por debajo de la epidermis de la hoja con su ovopositor y al emerger las larvas jóvenes extraen el tejido foliar, los cuales, generan túneles que a medida que crecen las larvas se ensanchan y al final del tercer estadio estas salen al cortar la cutícula de la hoja (Muniappan et al., 2012). El ciclo biológico desde huevecillo a adulto es de 3 a 9 semanas dependiendo de la temperatura. La tasa de desarrollo se incrementa con temperaturas cercas a 30 °C, superiores a esta condición son desfavorables ocasionando una alta mortandad de larvas (Capinera, 2001).

Los enemigos parasitoides naturales del minador de la hoja son *Diglyphus isaea*, *Dacnusa sinirica* y *Chrysonotomyia formosa*, así mismo se puede utilizar el depredador *Macrolophus caliginosus* (Jacas et al., 2005). El compuesto derivado inicialmente del hongo *Streptomyces avermitalis* (abamectina) permite el control del *Liriomyza trifolii* (Belles, 1988). Los insecticidas generalmente no controlan huevecillos y pupas de *L. trifolii*, y a menudo se vuelven poco eficientes debido al uso continuo, tales como carbamatos, organofosforados, piretroides, abacmetina y cromazina (Dreistadt, 2001), por lo que se recomienda hacer un programa de manejo integrado de plagas, el cual permite la rotación de ingredientes activos.

3.1.3.2 Enfermedades

Las enfermedades pueden agruparse de acuerdo con el agente causal en hongos, bacterias, nematodos y virus, los cuales afectan raíces, tallos, hojas y fruto de las plantas de pepino. Los métodos de control incluyen el uso de variedades resistentes, rotación de cultivo, esterilización del suelo con calor o químicos, uso de semilla certificada, tratamiento de

semilla con calor o químicos, control de plagas y malezas, empleo de agentes biológicos y aplicación de fungicidas y nematicidas (Castellano et al., 2004).

3.1.3.2.1 Hongos

Los hongos patogénicos pueden alimentarse de las partes vivas de las plantas o como saprofitos en la materia orgánica muerta; estos pueden dispersarse de diferentes maneras, la mayoría producen esporas que pueden propagarse por el aire con el viento o a través del agua de lluvia o riego (Koike et al., 2007). Las enfermedades más importantes ocasionados por los hongos en las plantas de pepino son tizón tardío, fusariosis vascular, mildiu polvoriento, mildiu veloso, moho gris, entre otros (Reddy, 2016; Bojacá y Monsalve, 2012).

El tizón tardío es causado por *Phytophthora infestans*, es altamente destructivo en pepino que daña toda la parte aérea de la planta de pepino, ocasionando lesiones en forma de manchas indefinidas al iniciar la infección y después se produce moho blanquecino en hoja y tallo (Bojacá y Monsalve, 2012); en fruto aparece como manchas grasosas y oscuras-oliváceas. El hongo puede sobrevivir por poco tiempo en los restos del cultivo, pero por lo general requiere de una planta hospedera para poder sobrevivir (Forbes et al., 2014).

La fusariosis vascular es la causa de grandes pérdidas económicas en pepino, causado por *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cucumerinum*, ocasiona ahogamiento del tallo o damping off debido a la destrucción de los haces vasculares en etapas tempranas de la planta, y en plantas más adultas inicia con la marchitez de un tallo secundario, seguido de una marchitez a toda la planta (Mace et al., 1981). Al realizar un corte longitudinal por el centro del tallo se puede observar la necrosis de haces vasculares producida por el hongo. Este

patógeno tiene la capacidad saprofítica, pudiendo sobrevivir en el suelo en forma de micelio o como clamidosporas (Nuez-Viñals y Ruiz-Martinez, 1996).

El mildiu polvoriento de las cucurbitáceas es causado por *Sphaerotheca fuliginea*, los síntomas de esta enfermedad aparecen en toda la planta e inicia en las hojas viejas en forma de pequeñas manchas blancas circulares y harinosas que gradualmente se unen cubriendo hojas y tallo dando la apariencia de polvo blanco (Gupta y Thind, 2018). El hongo es un patógeno obligado que tiene que sobrevivir el invierno a expensas de plantas voluntarias o malezas y que posteriormente son fuente de inóculo (Koike et al., 2007).

El mildiu veloso es causado por *Pseudoperonospora cubensis* que ocasiona síntomas iniciales en el haz de las hojas inferiores como mancha angular o rectangular de color verde pálido delimitada por las venas, que posteriormente se vuelven ligeramente cloróticos a amarillo dando una apariencia de mosaico moteado (Koike et al., 2007). Las manchas amarillas se agrandan y tornan necróticas o de color pardo oscuro del centro a los bordes de la hoja a medida que progresa la enfermedad, y finalmente las manchas se fusionan creando áreas marrones grandes (Reddy, 2016). El hongo puede sobrevivir como esporangio durante tres a cuatro meses a temperatura por debajo de congelación (-18 °C) en épocas de frío (Awasthi, 2015).

El moho gris se manifiesta como una podredumbre blanda y acuosa originado por el hongo *Botrytis cinerea* a falta de ventilación en flores, tallos, hojas y frutos (Bojacá y Monsalve, 2012). La espora del patógeno germina y penetra en la superficie del huésped, e induce la muerte de la célula dando como resultado daños severos en los tejidos vegetales (Kronstad, 2000). Este patógeno puede sobrevivir como esclerocio por un largo periodo de

tiempo, esta estructura puede asociarse con restos de plantas muertas o vivas que se encuentran enterradas en el suelo (Elad et al., 2007).

Otros hongos importantes son *Pythium spp.*, *Colletotrichum orbiculare*, *Didymella bryoniae*, *Mycosphaerella cucumis* y *Cladosporium cucumerinum*. La podredumbre de la raíz de *Pythium spp.* (al igual que *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium spp.*, *Sclerotinia spp.*, etc) destruye las raíces en la etapa de plántula, y la base del tallo se pudre (damping-off) dificultando la absorción de agua y nutrientes (Reddy, 2016; Bojacá y Monsalve, 2012). La antracnosis (por *Colletotrichum orbiculare*) se diferencia por presentar manchas amarillas acuosas en las hojas que después se expanden con tonos marrones más o menos circulares, mientras que, en frutos presenta chancros hundidos (Horst, 2008). El chancro gomoso del tallo (por *Didymella bryoniae* y *Mycosphaerella cucumis*) se manifiesta en la base del tallo como zonas de color pardo y acuoso con gotas de exudado (Melgarejo-Nárdiz et al., 2010). La roña (por *Cladosporium cucumerinum*) se distingue por ser lesiones hundidas grises en fruto, que en ocasiones exudan una sustancia gomosa y a medida que progresa la enfermedad el tejido colapsa formando cavidades pronunciadas oscuras (Horst, 2008).

3.1.3.2.2 Bacterias

Las bacterias son microorganismos procariotas unicelulares que carecen de núcleo y poseen una pared celular envolvente (Koike et al., 2007). Las enfermedades más importantes causadas por las bacterias en plantas de pepino son mancha angular y mancha bacteriana de la hoja, y marchitez bacteriana (Sherf y MacNab, 1986). La mancha bacteriana de la hoja es producida por *Xanthomonas cucurbitae* que se manifiesta en forma de moteado en hojas, las cuales inician como pequeñas lesiones húmedas que a medida que progresan se tornan

redondas color castaño con centros traslucidos y halos amarillos que llegan a secarse (Melgarejo-Nárdiz et al., 2010).

La mancha angular de la hoja es producida por *Pseudomonas syringae* pv *lachrymans*, que manifiesta los primeros síntomas como pequeñas manchas acuosas rodeadas o irregulares de 3 a 5mm de diámetro (Harighi, 2007) rodeada por un halo de color blanco-amarillo a marrón. A medida que se desarrollan la enfermedad, las manchas toman una apariencia angular debido a la limitación expuesta por las venas de las hojas (Janse, 2005). Más tarde las zonas infectadas se tornan gris y se muere el tejido, y posteriormente se desprende el tejido muerto dejando grandes huecos irregulares en las hojas (Sherf y MacNab, 1986).

La marchitez bacteriana es ocasionada por *Erwinia tracheiphila*, que inicia con el marchitamiento de la hoja, una a la vez, que posteriormente se prolonga a lo largo del tallo (Howard et al., 1994). Las hojas marchitas toman un color verde oscuro que se tornan cloróticas y finalmente necróticas (Koike et al., 2007). Conforme avanza la enfermedad, la planta colapsará y morirá. Esta enfermedad se puede diagnosticar cortando una hoja desde la base del peciolo, posteriormente de unos minutos presionar con los dedos la superficie cortada y luego retirar lentamente, se puede observar un exudado blanco en forma de hebras pegajoso (Sherf y MacNab, 1986).

3.1.3.2.3 Nematodos

Los nematodos del género *Meloidogyne* causa grandes pérdidas económicas en el rendimiento de cultivos hortícolas (Yang et al., 2015). Este parasito tiene una alta penetración y reproducción en el sistema radicular de pepino (López-Gómez y Verdejo-Lucas, 2017).

Solo el segundo estado juvenil (J2) del nematodo penetra en las raíces y migra al conducto vascular para alimentarse y finalmente completar su ciclo biológico (Abad et al., 2008). Uno de los síntomas más comunes son las agallas producidas en las raíces que impiden el transporte de agua y nutrientes en las plantas, por lo que eventualmente las plantas con alta infestación morirán (Navarrete et al., 2018; Devran et al., 2017).

Entre los nematodos agalladores de mayor importancia en el cultivo de pepino se encuentran *M. incognita* y *M. javanica* (Bojacá y Monsalve, 2012). La estrategia comúnmente utilizada por agricultores para contrarrestar la presencia de nematodos es la aplicación de plaguicidas a base de organofosforados y carbamatos (Jones et al., 2016), Otras alternativas son rotación de cultivo, cultivos de cobertura, variedades resistentes, control biológico y uso de injertos (Giné et al., 2013; Castro et al., 2011).

3.1.3.2.4 Virus

Los virus son entidades subcelulares compuestos por alguna forma de ácido nucleico que está encerrado en una capa de proteína u otra sustancia bioquímica (Koike et al., 2007). Los virus más comunes en el cultivo de pepino son el virus del mosaico, virus del mosaico moteado verde y virus de la vena amarilla. El Virus del mosaico del pepino (CMV) se transmite principalmente por áfidos (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*); presenta síntomas muy variables debido al gran número de aislados diferente del virus (Melgarejo-Nárdiz et al., 2010); las hojas se vuelven moteadas, distorsionadas y arrugadas, con bordes se curvan hacia abajo (Reddy, 2016). El virus del mosaico moteado verde de pepino (CGMMV) se transmite mecánicamente y por semilla; causa moteado y deformación de las hojas, el cual se extiende a los frutos (Melgarejo-Nárdiz et al., 2010). El virus de las venas amarillas del pepino (CVYV) es transmitido principalmente por *Bemisia tabaci*; se caracteriza principalmente por

un amarilleo de venas de las hojas, también puede manifestar moteado en hojas y mosaico en fruto. (Bojacá y Monsalve, 2012; Melgarejo-Nárdiz et al., 2010).

3.1.4 Factores de estrés abióticos

Las plantas interactúan constantemente con factores abióticos, que, en condiciones desfavorables, estas pueden ser agentes causales de daños que repercuten la supervivencia (Ncube et al., 2012). Estos factores inducen cambios morfológicos, fisiológicos, y bioquímicos en el crecimiento y desarrollo de la planta. Algunos de estos factores son las bajas y altas temperaturas, sequía, encharcamiento del suelo, viento y salinidad (Nuez-Viñals y Ruiz-Martínez, 1996). De los cuales, el estrés por frío, calor e hídrico son importantes factores abióticos de estrés para la producción agrícola que continuamente se agrava en todo el mundo (Chen et al., 2019; Wang et al., 2018; Liu et al., 2018b)

3.1.4.1 Temperatura

La planta de pepino al ser de origen de regiones tropicales y subtropicales, se considera que es una especie sensible al frío (Miao et al., 2007) y exhibe alteraciones fisiológicas (llamadas lesiones por enfriamiento) cuando se desarrollan a una temperatura inferior a 12.5 ° C (Chen et al., 2019), tales como disminución drástica de fotosíntesis neta y eficiencia fotosintética, fuga de electrolitos en la célula por daño a la membrana celular, restricción de absorción de agua, reducción de transpiración y cambios enzimáticos (Ahn et al., 1999). Cuando las plantas se desarrollan a temperaturas de enfriamiento aumenta los niveles de especies de oxígeno reactivo (ROS) y malondialdehído induciendo inhibición del crecimiento de las hojas y su posterior marchitamiento (Li et al., 2011). Los frutos en los primeros estados de desarrollo son más susceptibles al estrés por frío (Qian et al., 2013). En algunas regiones, los productores tienden a proteger sus cultivos de siembras tempranas con

túneles de plástico, que posteriormente son retirados cuando estas ya no pueden contener el follaje de las plantas (Howard et al., 1994).

El estrés por calor produce cambios anatómicos, morfológicos y bioquímicos en las plantas. Este fenómeno es causado por altas temperaturas (superior a 40 °C) que afecta la integridad estructural y estabilidad funcional del órgano fotosintética, reducción del contenido de clorofila, y consecuentemente el amarillamiento y senescencia de las hojas de pepino (Wang et al., 2018). Así mismo, produce la fuga de electrolitos en hoja por la pérdida de la estabilidad de la membrana celular (Baninasab y Ghobadi, 2011). Otros síntomas son similares a los generados por el estrés hídrico, tales como reducción del tamaño de las células, conductancia estomática y cierre de estomas (Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2017a). Durante la noche el estrés por calor puede ser potencialmente dañino que las diurnas para la etapa de reproducción, formación de fruto y semillas (Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2017b).

3.1.4.2 Déficit hídrico

El déficit hídrico afecta el metabolismo normal de las plantas, provocando oxidación celular al alterar el equilibrio en los niveles de ROS (aumento en ROS y disminución de la actividad enzimática antioxidante) y restringir la absorción de agua, lo cual se refleja en la caída prematura de hojas (Fan et al., 2017). El daño ocasionado por estrés hídrico aumenta gradualmente a medida que se incremente el tiempo que permanece con déficit de agua. Al tercer día de estrés existe una inhibición en el crecimiento de hoja y un marchitamiento inicial en hojas embrionarias y verdaderas, mientras que a los 12 días se produce marchitamiento en toda la planta (Pustovoitova et al., 2004). La exposición a estrés por déficit hídrico y salinidad

desencadena muchas reacciones comunes en las plantas que conducen a la deshidratación celular (Ouzounidou et al., 2016).

3.2 Salinidad

La salinidad es uno de los principales factores limitantes de los sistemas de producción agrícolas, con efectos negativos en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo (Shahid et al., 2013). El daño ocasionado dependerá del tipo y contenido de sales presentes en el suelo (Chhabra, 1996). Un exceso de sales en suelo es originado de forma natural o antropogénico (Wicke et al. 2011), en donde, la principal causa es por la intervención del hombre. Esta no solo afecta la producción, sino que también altera las propiedades fisicoquímicas del suelo y el equilibrio ecológico del área (Chhabra, 1996).

Las principales combinaciones iónicas que dan lugar a la formación de sales son calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, (Shahid et al., 2013). La salinidad de suelos se mide por medio de la conductividad eléctrica de un extracto de pasta saturada, la unidad más utilizada es el deciSiemens por metro (dS m^{-1}) (Porta et al., 2003). De acuerdo con la cantidad de estos tipos de sales presentes en el suelo, se clasifica como ligeramente salinos $2\text{-}4 \text{ dS m}^{-1}$, sódicos mayor a 4 dS m^{-1} de sodio, moderadamente salinos $4\text{-}8 \text{ dS m}^{-1}$, altamente salinos $8\text{-}16 \text{ dS m}^{-1}$, extremadamente salinos mayor a 16 dS m^{-1} (Wicke et al. 2011).

3.2.1 Superficie afectada

Los suelos afectados por alta concentraciones de sales se estiman de alrededor de 1128 millones de hectáreas (Wicke et al. 2011), en donde, los suelos salinos representan el 60.6%, suelos sódicos el 25.5% y salino-sódicos el 13.9%. De acuerdo a la clasificación de

los suelos salinos: el 53.7% corresponde a suelos ligeramente salinos (2-4 dS m⁻¹), 25.5% a suelos sódicos (mayor a 4 dS m⁻¹ de sodio), 6.1% a suelos moderadamente salinos (4-8 dS m⁻¹), 0.4% a suelos altamente salinos (8-16 dS m⁻¹), 0.4% a suelos altamente salinos (mayor a 16 dS m⁻¹).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aproximadamente 2.1% (32 millones de un total de 1500 millones de hectáreas) de la superficie de agricultura de secano son suelos afectados por la salinidad, y de regadío es del 19.5% (45 millones de un total de 230 millones) (FAO, 2017). En algunos países el área afectada por la salinidad puede ser de hasta el 50% de la superficie de regadío (FAO 2017). En México cerca de 1.649 millones de hectáreas son afectadas por la salinidad (Massoud, 1977).

3.2.2 Causas de la salinidad

En zonas áridas y semi-áridas, donde la evaporación es superior a la precipitación, se ubican los suelos con mayor contenido de sales (FAO, 2017); consecuencia del bajo volumen pluvial de agua y elevadas temperaturas, que no permiten un lavado y transporte de sales solubles, y tienden a concentrar las sales en el suelo y en el agua superficial (Acosta et al., 2011). En la región noroeste se ha incrementado los problemas de salinidad del suelo en 24.1% y 15.8% a perfiles de suelo de 30 y 60 cm de profundidad respectivamente. Las causas que originan este comportamiento se deben al incremento en la temperatura, disminución de la precipitación pluvial, disminución de la disponibilidad de riego y el aumento en la concentración de sales en el agua de riego (Pulido-Madriral, 2016).

El problema se agrava por la geomorfología y uso del suelo, presentando mayor contenido de sales en áreas costeras que el interior del territorio, y en capas superficiales del suelo que en el subsuelo (Yu et al., 2014). La distribución de las sales en zonas costeras puede darse por el transporte de sales en suspensión en el aire al interior del territorio generado por el viento (Zarroca et al., 2011). Adicionalmente, la concentración de sales en suelos ha aumentado progresivamente debido al uso indiscriminado de fertilizantes, convirtiéndose en uno de los principales problemas (Yetisir y Uygur, 2009).

3.2.3 Efectos de la salinidad en cultivos de pepino

La planta de pepino tiene la particularidad de reaccionar rápidamente a los desequilibrios nutricionales, que desencadenan daños perjudiciales en la producción (Rojas-Yaguana, 1993). Esta especie se encuentra clasificada como moderadamente sensible al estrés salino, el cual tolera una conductividad eléctrica en suelo (CE en extracto de suelo) de 2.5 dS m⁻¹, por encima de este valor, el rendimiento disminuirá proporcionalmente en un 13.2% por cada unidad CE (California Fertilizer Association, 2012). Un alto contenido de elementos (Na, Cl, N, Ca, K, P, Fe, Zn y/o otros) en el suelo o en el agua genera toxicidad iónica, deficiencia de nutrientes, estrés osmótico y oxidativo en las plantas (Shrivastava y Kumar, 2015), y consecuentemente, repercusiones a nivel molecular (Tester y Davenport, 2003), fisiológico y bioquímico (Munns y James, 2003; Netondo et al., 2004).

Las plantas de pepino en ambientes salinos presentan menor biomasa y producción (Cao et al., 2016), gran parte debido a la alteración de la integridad de la membrana al incrementarse la peroxidación lipídica. La actividad de antioxidantes como superóxido dismutasa y síntesis de ácido ascórbico se reduce (Azuma et al., 2010), así como menor producción de ascorbato peroxidasa y catalasa por efecto de la alta concentración de sales

(Furtana y Tipirdamaz, 2010). Otra de las alteraciones en las plantas es menor contenido de K^+ , clorofila y agua relativa (Furtana y Tipirdamaz, 2010).

3.3 Alternativas para la producción de pepino en suelos salinos

En las últimas décadas se han propuesto y utilizado diversas estrategias a fin de mitigar el impacto de la salinidad de suelos sobre la producción agrícola. En los que se destaca el manejo agronómico, variedades tolerantes, aplicación de inoculantes, injerto, entre otros (Sanjay et al., 2017; Chu et al., 2016; Furtana y Tipirdamaz, 2010; Huang et al., 2009).

3.3.1 Manejo agronómico

Una de las estrategias para contrarrestar los problemas de salinidad es la lixiviación de sales en el suelo, para lo cual se necesita agua en grandes volúmenes con bajo contenido de sales (Pulido-Madrigal, 2016; Richards, 1974). Riegos continuos o lixiviación con agua de mala calidad (CE superior 7 dS m^{-1}), solo ocasiona el incremento de la salinidad en la superficie de suelo, con una mayor acumulación en el perfil de los primeros 20 cm (Kanzari et al., 2018).

La aplicación de poliaminas como la espermidina puede conferir tolerancia a la salinidad a corto plazo en el pepino, posiblemente a través de la inducción de enzimas antioxidantes y osmóticos (Duan et al., 2008). El empleo de esta amina mitiga la inhibición del crecimiento de la planta inducida por altas concentraciones salinas, aunado a un aumento en la capacidad fotosintética a través de la promoción de actividades enzimáticas en la fijación del CO_2 (Shu et al., 2014). El empleo de la amina putrescina (precursor de espermidina) modera la sobreacumulación de almidón en las hojas de pepino sometidas a estrés salino, evitando la destrucción de los órganos fotosintéticos y la reducción de la

fotosíntesis (Shen et al., 2019). Aplicaciones exógenas de poliaminas como la putrescina pueden aumentar los niveles de poliaminas endógenas a través de la vía arginina descarboxilasa (ADC) induciendo la expresión de actividades enzimáticas involucradas en el metabolismo del almidón.

3.3.2 Selección de variedades tolerantes

El establecimiento de cultivares tolerantes puede ser una alternativa viable, las cuales pueden presentar menor absorción y acumulación de Na⁺ (Furtana y Tipirdamaz, 2010). En el cultivar Inbred 9930 (tolerante a sales) el grado de daño es mínimo en contraste con variedades sensibles, la cual presenta una mayor eficiencia fotosintética y capacidad antioxidante (Tang et al., 2018). La variedad Çengelköy se considera tolerante debido a que aumenta la actividad antioxidante de la superóxido dismutasa, catalasa y ascorbato peroxidasa, así como presentar un menor grado de daño a la membrana y menor concentración de Na y Cl⁻ bajo estrés salino (Furtana y Tipirdamaz, 2010). No obstante, la variedad a cultivar depende de la preferencia del consumidor final.

3.3.3 Inoculaciones

La inoculación con microorganismos benéficos es otra alternativa para contrarrestar los efectos del estrés salino en plantas cultivables, como las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (Egamberdieva et al. 2017). Algunas cepas de *Pseudomonas* son capaces de colonizar el sistema radicular en ambientes desfavorables y estimular la actividad enzimática de antioxidantes lo cual reduce el daño oxidativo inducido por altas concentraciones de sales.

Aplicaciones exógenas de *T. asperellum* en el sistema radicular de plántulas de pepino estimula el mayor crecimiento en condiciones salinas, resultado de inducir la producción de hormonas vegetales (ácido indolacético, ácido abscísico y ácido giberélico) que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Zhao y Zhang, 2015). Sin embargo, aunque la inoculación de microorganismos mitigue los efectos negativos de salinidad en condiciones de laboratorio, este efecto puede ser menos o casi inexistente en condiciones de invernadero o de campo abierto (Bacilio et al., 2017).

3.3.4 Injertos

El injerto es la técnica que consiste en unir dos plantas de diferente especie, el patrón o portainjerto, se busca que promueva el crecimiento, desarrollo y producción de la planta (Hartmann y Kester, 1976). También, se considera que sea un mecanismo para inducir resistencia a enfermedades del suelo, así como a otros factores abióticos adversos tales como bajas temperaturas, salinidad del suelo, etc. (Rivero et al., 2003). La mejora del injerto se debe en gran parte a las características propias que presenta el sistema radicular del portainjerto (Lee, 1994).

3.3.4.1 Tipos de injerto en pepino

Los principales métodos de injerto en planta de pepino son injerto de aproximación, injerto de empalme, injerto de púa por hendidura (Lee et al., 2010). La técnica de injerto influye en el crecimiento del vástago de la variedad a cultivar, siendo más temprana la formación de la unión y haces vasculares por el método de aproximación, y consecuentemente un crecimiento más rápido que las técnicas de empalme y púa por hendidura (Miao et al., 2019).

3.3.4.1.1 Técnica de empalme (Hassell y Memmott, 2008)

Este método se realiza cuando se desarrolla la primera hoja de la variedad y portainjerto. Se cortan totalmente con un ángulo de entre 60 y 65 grados de inclinación ambos tallos de las plantas. Una vez seccionadas, se procede a la unión de los tallos y a su completa inmovilización mediante pinzas o clip para injertos de la medida adecuada, que debe asegurar un correcto ajuste con el fin de asegurar el intercambio de savia de ambas plantas

3.3.4.1.2 Técnica de púa por hendidura (Hassell y Memmott, 2008)

Se injerta cuando aparece la primera hoja verdadera en el patrón. Se corta el tallo de la variedad 1.5 cm por debajo de los cotiledones y se le da forma de bisel de 0.6 a 1.0 cm en su extremo, por ambos lados. Se elimina el brote del patrón y se hace una hendidura entre los cotiledones o por debajo de ellos hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1 a 1.5cm. Finalmente se inserta la púa en la hendidura y se une con la pinza o clip.

3.3.4.1.3 Técnica de aproximación (Hassell y Memmott, 2008)

El injerto se realiza cuando la variedad y el patrón tienen la primera hoja verdadera desarrollada y está apareciendo la segunda. Se realiza una incisión en el portainjerto comenzando justo debajo de los cotiledones en el lado opuesto a la primera hoja, hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1.0 a 1.5 cm de longitud. Se realiza otra incisión en la variedad comenzando 2.0 cm por debajo de la primera hoja verdadera, hacia arriba y hasta el centro del tallo. Posteriormente se ensamblan las dos plantas curvando el tallo de cada una, con lo que se consigue que cada una de las tejidas cortadas se abra y encajen una dentro de la otra, se inmoviliza mediante un clip o pinza. Al cabo de unos días se debe proceder al corte de las hojas de la planta patrón y de las raíces de la variedad.

3.4 El injerto en la producción de pepino en suelo salino

El injerto en plantas de pepino irrigados con altas concentraciones salinas ha demostrado tener menor efecto negativo sobre el crecimiento y productividad, y una mejora en el contenido de clorofila a y b, carotenoides, conductancia estomática y tasa de transpiración (Wang et al., 2017). La biomasa vegetal es promovida por una mayor absorción de macroelementos como nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio aún bajo estrés salino (Huang et al., 2010). No obstante, el nivel de tolerancia de salinidad varía con la combinación portainjerto-variedad (Wang et al., 2017).

Los mecanismos adquiridos en plantas injertadas a condiciones salinas (8 dS m^{-1}) son la regulación del transporte de iones, donde se limita la captación de sodio y promueven la absorción de cationes como calcio, potasio y magnesio (Yetisir y Urgur, 2010). Otro mecanismo es la inducción de la producción de prolina y enzimas antioxidantes (superóxido dismutasa, catalasa y peroxidasa) que eliminan la acumulación de las especies de oxígeno reactivo en la célula (Huang et al., 2010).

3.4.1 Portainjertos tolerantes a la salinidad

Algunos de los portainjertos utilizados en plantas de pepino son provenientes de las especies de chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), calabaza de castilla (*Cucurbita moschata* Duch.), híbridos interespecíficos de calabaza (*Cucurbita maxima* Duch x *C. moschata* Duch.), pepino estrella (*Sicyos angulatus* L.) y pepino africano (*Cucumis metuliferus* E. Mey. Ex Naud), los cuales proporcionan alguna característica de tolerancia a bajas o altas temperaturas, enfermedades, fusarium, nematodos, etc. (Lee et al., 2010).

Los portainjerto TZ48 (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*) y Nun9075 (*Lagenaria siceraria*) empleados en variedad de pepino Falconstar disminuyen la acumulación del sodio en las células de las plantas de pepino (Usanmaz y Abak, 2019). Otra especie de interés agronómico es Black seeded (*Cucurbita ficifolia*), que al ser injertada la variedad de pepino Jinchun, tiene la capacidad de incrementar la producción de enzimas antioxidantes a altas concentraciones (Huang et al., 2010). El híbrido PS313 (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*) promueve, en la variedad Akito, mayores tasas de asimilación netas, índice de SPAD, un mejor estado nutricional (alto contenido de K, Ca, Mg) y selectividad de elementos, en condiciones salinas (Colla et al., 2012).

3.4.2 Producción y calidad de pepino injertado en suelo salino

Bajo condiciones salinas, las plantas de pepino injertadas en *Cucurbita ficifolia* Bouche y *Lagenaria siceraria* Standl generan un mayor rendimiento, producto de un incremento en número de frutos y menor porcentaje de fruto no comercializable, así como, mejora en los parámetros de calidad del fruto tales como mayor contenido de azúcar soluble, acidez titulable y vitamina C (Huang et al., 2009). Sin embargo, se ha reportado que el comportamiento agronómico de la planta injertada con *Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata* depende del tipo de sal, registrándose un mayor rendimiento en ambientes estresados con Na₂SO₄ que con NaCl, esto se atribuye a la incapacidad del portainjerto de restringir la absorción de cloro (Colla et al., 2012).

IV. METODOLOGÍA

4.1 Ubicación geográfica y condiciones climáticas

La presente investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano del año 2019, en un invernadero de baja tecnología cubierto con lámina de policarbonato del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. La ubicación geográfica es 32° 24' 19" de latitud norte y los 115° 11' 48" de longitud oeste, con una altitud de 10 msnm. El clima de la región, según el Sistema de Clasificación Climático de Köppen, modificado por García (1973), lo define como zona con un clima muy árido o muy seco y con régimen de lluvias en invierno. En el año 2019, las condiciones de temperatura promedio fueron de 10 a 35 °C y sin precipitación acumulada al mes de junio de 2019 (METEORED, 2019).

4.2 Material genético y tipo de injerto

El material utilizado como injerto o vástago, fue pepino de tipo americano "Slicer" de variedad Tirano (Enza zaden, Mexico), la cual presenta una planta de estructura semiabierta y fuerte, con frutos de piel lisa color verde intenso, forma cilíndrica y longitud de 22 a 25 cm. El genotipo empleado como portainjerto fue el híbrido de pepino Forticuke F1.

El injerto del pepino se realizó cuando el portainjerto y el injerto presentaron la primera hoja verdadera. El tipo de injerto utilizado fue el de púa de acuerdo a la metodología de Maroto et al., (2002). Posteriormente, las plántulas recién injertadas, se trasladaron a la cámara ambiental con humedad relativa de 75-90% y temperatura de 20 a 25oC, durante un periodo de seis días. Al séptimo día se inició el proceso de aclimatización, que consistió en

bajar la humedad relativa a 60-75%. Las plantas injertadas se mantuvieron por un periodo de 30 días previo al trasplante a macetas.

4.3 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron seis tratamientos que resultaron de la combinación de dos factores de estudio A) condición de la planta (injertada y sin injerto) y B) nivel de salinidad (3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹). Los cuales fueron:

- a. Condición injertada con 3.0 dS m⁻¹ de salinidad
- b. Condición injertada con 4.5 dS m⁻¹ de salinidad
- c. Condición injertada con 6.0 dS m⁻¹ de salinidad
- d. Condición sin injerto con 3.0 dS m⁻¹ de salinidad
- e. Condición sin injerto con 4.5 dS m⁻¹ de salinidad
- f. Condición sin injerto con 6.0 dS m⁻¹ de salinidad

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial AB, con cuatro repeticiones. La unidad experimental consto de cuatro plantas.

4.4 Establecimiento y manejo del cultivo

Las plántulas injertadas fueron trasplantadas a los 30 días posterior al injerto en bolsas de plástico para maceta con una mezcla de sustrato peat moss y arena en una relación 1:3, respectivamente. Las bolsas fueron perforadas para facilitar el drenaje.

Los riegos fueron aplicados manualmente tres veces al día (mañana, medio día y por la tarde). En cada riego se aplicaron 250 ml, a los catorce días posteriores al transplante los riegos fueron con la solución nutritiva 8.00 meq l⁻¹ de K⁺, 8.00 meq l⁻¹ de Ca⁺², 2.70 meq l⁻¹ de Mg⁺², 1.25 meq l⁻¹ de NH₄⁺, 16.00 meq l⁻¹ de NO₃⁻, 2.70 meq l⁻¹ SO₄⁻² y 1.25 meq l⁻¹

H₂PO₄⁻ (Cadahia, 2005). Adicionalmente, se agregó cloruro de sodio para complementar la conductividad eléctrica de 3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹ de conductividad.

4.5 Variables evaluadas

4.5.1 Variables vegetativas

- a. **Altura de planta.** Con cinta métrica se midió la altura de la planta desde los cotiledones hasta la parte apical, expresando los valores en centímetros.
- b. **Diámetro del tallo.** Se consideró el diámetro a la mitad de la altura de la planta, con ayuda de un vernier digital que expresa las unidades en milímetros.
- c. **Distancia de entrenudos.** Con ayuda de una cinta métrica se midió la distancia entre cada hoja iniciando desde las hojas cotiledonales hasta la altura establecida, posteriormente se estimó el entrenudo promedio, registrando los valores en centímetros.
- d. **Número de hojas.** Se contabilizaron las hojas desarrolladas y se anotaron los datos expresándolos en unidades por planta.
- e. **Peso seco total.** Esta cantidad se obtuvo mediante el peso (expresado en gramos) por tratamientos de las plantas correspondientes, las cuales fueron troceadas y depositas en bolsas de papel Kraft, para posteriormente colocarlas en estufa a 70 °C por 72 horas para su secado.

4.5.2 Variables químicas

- a. **Contenido de nitratos en savia.** La información se obtuvo en partes por millón (ppm) en extracto de peciolo de hoja. El peciolo fue cortado en segmentos de un cm y con una prensa para ajos se extrajo el extracto, posteriormente, el extracto fue colocado en sensor de un Cardy-C 141 Horiba para su lectura.

- b. **Contenido de potasio en savia.** La información se obtuvo en partes por millón (ppm) en extracto de peciolo de hojas. El extracto se obtuvo al cortar en pequeños trozos el peciolo, los cuales al colocarlos en una prensa de para ajos se exprimieron. Las lecturas se determinaron con un Cardy-C 131 de Horiba correspondiente a lectura de potasio.
- c. **Contenido de sodio en savia.** La información se obtuvo en partes por millón (ppm) extraído de la savia de las plantas, realizando primero cortes pequeños de la planta para después colocarlo en u exprimidor y realizar la lectura mediante el instrumento previamente calibrado, el equipo utilizado fue Cardy-C 122 de Horiba correspondiente a lectura de sodio.
- d. **Relación de absorción potasio/sodio.** Esta relación se estimó a partir del contenido de potasio y sodio, expresadas en unidades proporcionales.

4.5.3 Variables de fruto.

- a. **Peso.** Se obtuvo el peso promedio de los frutos por planta en cada uno de los tratamientos. Los valores se obtuvieron mediante una báscula digital expresando los valores en gramos.
- b. **Longitud.** Para la obtención de esta variable se utilizó una regla marcada en centímetros, con la cual se midió el largo total de los frutos.
- c. **Diámetro.** Con el apoyo de un vernier digital se midió el diámetro de los frutos, expresando los valores en milímetros.
- d. **Firmeza externa.** Esta se obtuvo con un equipo Chatillon DFS II Digital Force Gage with Integral Loadcell. Las unidades de medida fueron en newtons de fuerza.

- e. **Firmeza interna.** Esta se obtuvo cortando a la mitad el fruto y sobre la pulpa con la herramienta de Chatillon DFS II Digital Force Gage with Integral Loadcell, que expresa las unidades en newtons de fuerza.
- f. **Grados brix.** Se obtuvo mediante una extracción del jugo correspondiente a la pulpa del fruto de cada tratamiento, apoyándose de un refractómetro digital de bolsillo de la marca ATAGO, expresando las unidades en porcentaje (%).

4.6 Análisis estadístico

El experimento se analizó como un diseño en completamente al azar con arreglo factorial, bajo el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad i= 1, \dots, a \quad j = 1, \dots, b \quad k = 1, \dots, c$$

Dónde:

Y_{ij} = variable de respuesta para la k-esima u.e. del nivel i del factor A y del nivel j del factor B.

μ = media general

α_i = efecto del Factor A en el nivel i-ésimo

β_j = efecto del Factor B en el nivel j-ésimo.

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de la interacción AB en los niveles i-ésimo y j-ésimo.

ϵ_{ijk} = Error experimental

El análisis de la información generada se realizó mediante el programa Statistical Analysis System versión 9.0 (SAS, 2004). Las comparaciones de medias se hicieron mediante la prueba de Tukey con un nivel de con un nivel de error de 5%.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Altura de la planta

La altura de la planta de pepino no fue modificada por la condición normal e injertada al utilizar concentraciones salinas de 3.0, 4.5 y 6.0 dS m^{-1} (Figura 1). Los valores obtenidos oscilaron entre 2.1 y 2.6 m, observándose ligeramente una mayor altura en la condición normal con respecto a la injertada. La mayor diferencia se tuvieron cuando la planta se sometió a 4.5 dS m^{-1} , sobresaliendo la condición normal con una diferencia no significativa de 0.13 m. Estos resultados manifiestan ligeras reducciones en la altura de la condición injertada al incrementar la conductividad eléctrica del agua. Estos resultados concuerdan con Chartzoulakis (1992). La leve reducción en la altura de planta de la condición injertada está estrechamente relacionada con la disminución en la distancia de entrenudos tal como se observa en la figura 3.

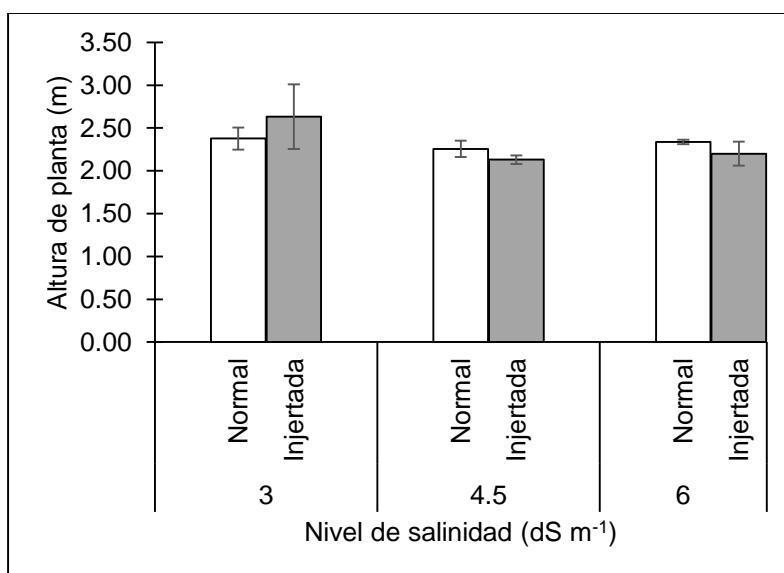


Figura 1. Altura de planta (m) de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.2 Diámetro del tallo

El diámetro de tallo en las plantas de pepino estadísticamente no fue modificado por la condición normal e injertada al manejar diferentes condiciones de salinidad en el sustrato (Figura 2). Los valores registrados se mantuvieron entre 4.5 mm y 5.5 mm, observándose valores superiores en la condición normal con respecto a la injertada. Las mayores diferencias se tuvieron cuando las plantas estuvieron en conductividades eléctricas de 4.5 y 6 dS m^{-1} , observándose en el nivel de mayor salinidad una superioridad significativa de la condición normal con respecto a la injertada en 0.50 mm. Estos resultados muestran la tendencia de ligeros cambios en el diámetro del tallo en la condición normal al variar la concentración salinidad, mientras que la condición injertada se mantiene sin cambios. Resultados similares han sido reportados por Zhu et al. (2008), quienes encontraron que el diámetro del tallo en plantas de pepino injertadas se mantiene sin cambios al tratarlas con NaCl.

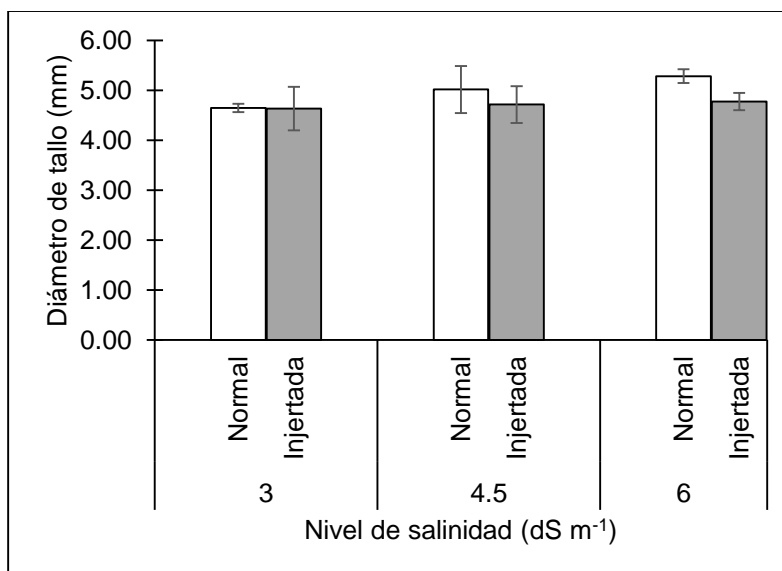


Figura 2. Diámetro (mm) de tallo principal de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.3 Distancia de entrenudo

La distancia de entrenudos en las plantas de pepino no hubo diferencias estadísticas por la condición de la planta a una CE de 3.0, 4.5 y 6 dS m⁻¹ (Figura 3). Los valores fluctuaron entre 10.1 y 12.2 cm, observándose una mejor respuesta en la condición normal en contraste con la planta injertada en las diferentes concentraciones de sales. Estos resultados sugieren que el incremento de la salinidad en el sustrato reduce la distancia de entrenudos independientemente de la condición normal o injertada de la planta, siendo más notable en esta última. La ligera disminución puede estar ligada a la reducción de especies reactivas de oxígeno (ROS) por efecto del injerto como resultado del incremento de actividades enzimáticas antioxidantes (superóxido dismutasa y la ascorbato peroxidasa) a fin de mitigar el estrés salino (Bernstein et al., 2010). Una disminución de ROS inhibe el crecimiento celular en las plantas (Bernstein et al., 2010).

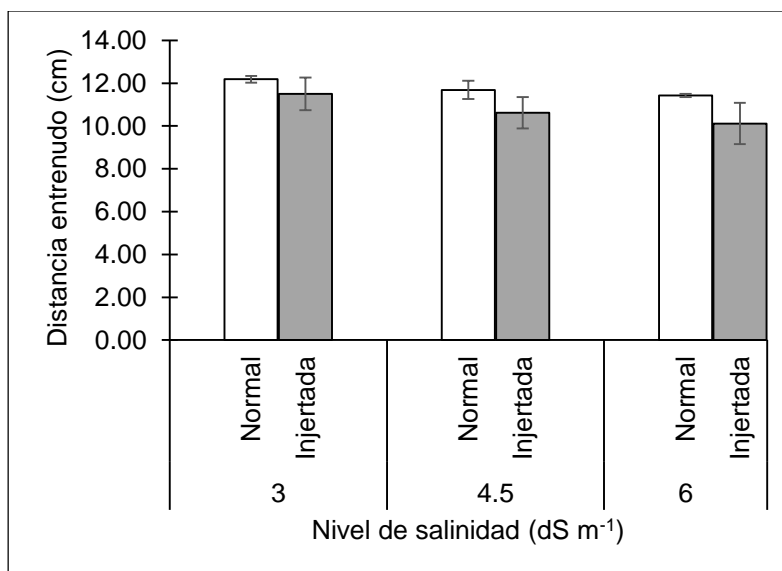


Figura 3. Distancia de entrenudo (cm) de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.4 Número de hojas

El número de hojas se mantuvo sin diferencias estadística entre 26 y 28 por planta en la condición normal e injertada al someterlas en las diferentes condiciones de salinidad del sustrato (Figura 4). La condición normal manifiesta un promedio de 28 hojas en todos los niveles de salinidad, mientras que, el injerto presenta una diferencia entre 1 y 2 hojas. Estos resultados sugieren que el injerto y la concentración salina no afectan el desarrollo de hojas por planta, al menos no en cantidad. Esto se corrobora con el análisis porcentual, que muestra 0.3 y 0.1% de variabilidad en plantas sin modificación alguna, y desigualdades de 6 y 4% aplicando la técnica de mejoramiento.

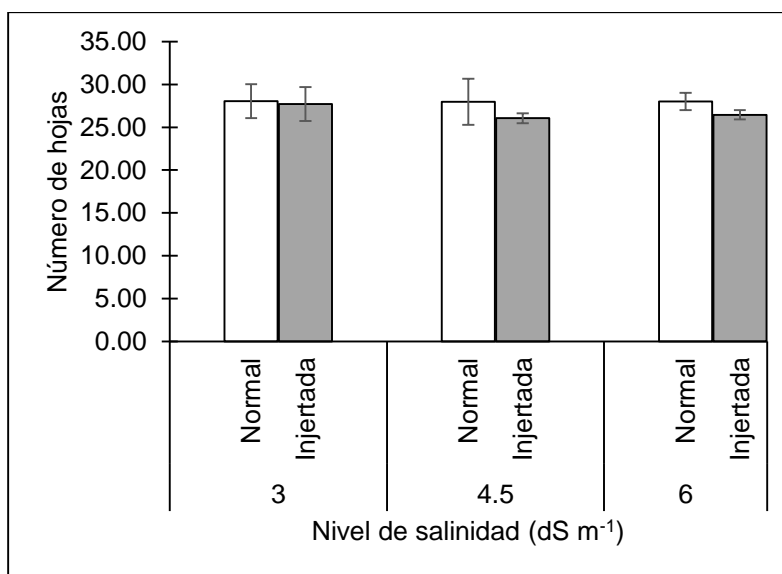


Figura 4. Número de hojas por planta de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.5 Peso seco total

No existen diferencias notables en el peso seco total de la planta entre las dos condiciones al compararse dentro de cada nivel de salinidad (Figura 5). La condición normal registro un valor promedio entre 22.0 y 23.8 gramos de peso seco total en los diferentes

niveles de salinidad, mientras que la condiciones presento menor pesos seco con fluctuaciones entre 20.3 y 22.8 gramos. Estos resultados indican que hay una reducción en peso seco total a medida que se incrementó el grado de salinidad en las plantas normales e injertadas, que representa una disminución de entre 1 a 7% y 8 a 11%, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Usanmaz y Abak (2019), quienes observaron que a medida que incrementa el nivel de salinidad hasta un valor crítico de 5 dS m^{-1} existe una reducción en el peso seco de tallo y raíces plantas injertadas de pepino, mientras que a un grado de salinidad de 7.5 dS m^{-1} incrementa ligeramente al emplear portainjertos híbridos de calabaza RS841 y TZ148. El peso seco de raíces y tallos decrece por efecto de un aumento de la concentración salina en la solución nutritiva, con efectos perjudiciales atribuidos a la concentración de cloruro de sodio (Colla et al., 2012).

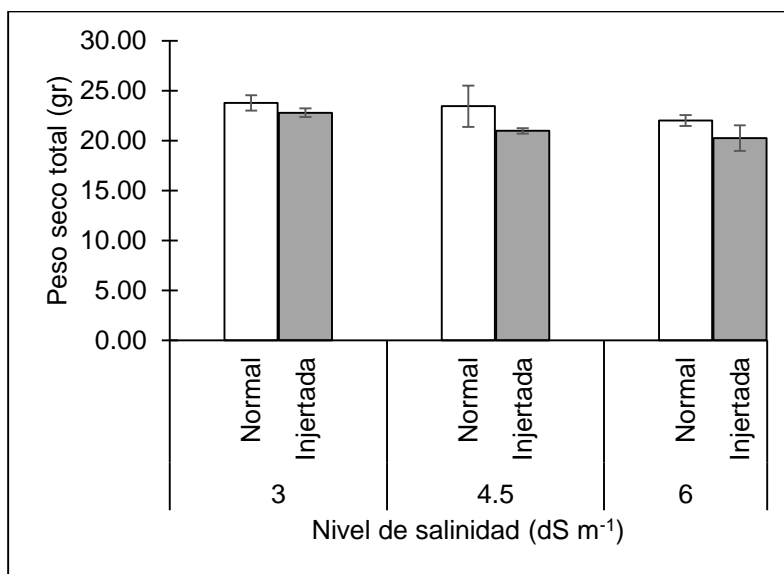


Figura 5. Peso seco total (gr) de planta variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.6 Contenido de nitratos

El contenido de nitrato en savia de las planta de pepino estadísticamente no fue modificado por la condición normal e injertada en un ambiente de CE de 3.0 dS m^{-1} . Al incrementar la CE a 4.5 dS m^{-1} en el sustrato el injerto indujo una mayor absorción de nitratos aproximadamente en 13% más que la condición sin injerto, y este comportamiento se mantuvo en el ambiente de 6.0 dS m^{-1} con un aumento de 17% (Figura 6). Un suministro de altas cantidades de Cl^- en el medio nutritivo disminuye la absorción de nitratos y viceversa. (Mengel y Kirkby, 1987). De acuerdo a la aseveración de Mengel y Kirkby, demuestra que el injerto promueve la absorción de nitratos y puede repeler en cierto grado al ion Cl^- . El antagonismo más común entre iones es el de NO_3^- y Cl^- .

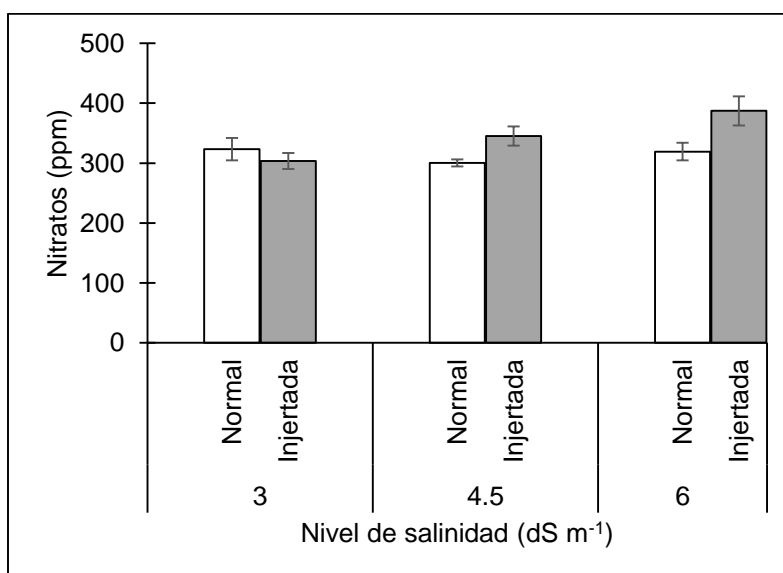


Figura 6. Contenido de nitratos (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.7 Contenido de potasio

El contenido de K^+ en savia de plantas de pepino injertadas fue superior en todos los niveles de salinidad evaluados con respecto a la condición normal, con valores

significativamente considerables en los niveles de 3.0 y 4.5 dS m^{-1} manejados en el sustrato. Sin embargo, existe una tendencia a disminuir este parámetro en 20% en la planta injertada al incrementarse la CE 1.5 unidades. La absorción de K, Mg y otros macroelementos, fueron significativamente influenciados por la interacción patrón-injerto, así como por la conductividad eléctrica (Huang et al., 2010). Usannaz (2019) mostró que el nivel crítico de conductividad fue de 5.0 dS m^{-1} , a partir del cual una mayor o menor concentración disminuye la asimilación de K^+ . Los resultados tabulados de Wang. Q. et al (2017) concuerdan que la absorción de este ion, para el caso de injertos es bajo una conductividad de 3.0 dS m^{-1} .

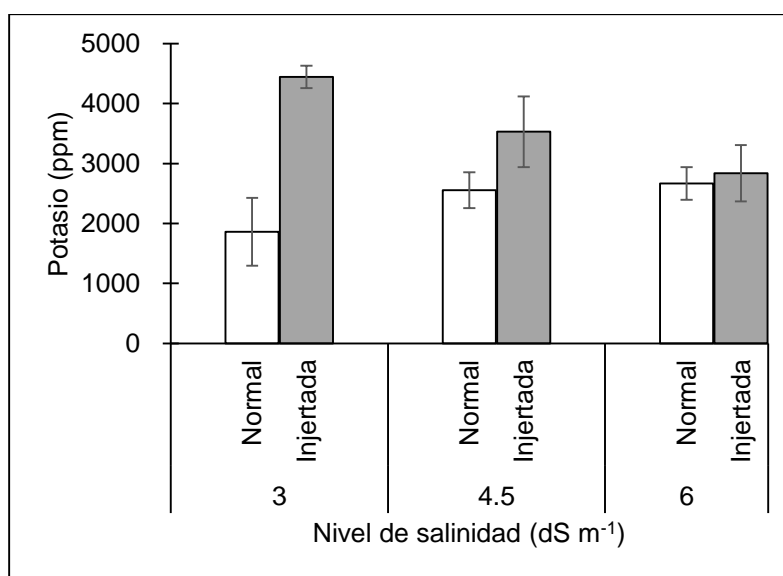


Figura 7. Contenido de potasio (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.8 Contenido de sodio

La concentración de sodio en savia de plantas de pepino se incrementa significativamente con el aumento de la concentración salina en plantas sin injertar, absorbiendo un 31 y 91 % en CE de 4.5 y 6.0 dS m^{-1} , respectivamente (Figura 8). Esta

respuesta difirió al emplear la técnica de injerto, en donde, a una conductividad baja (3.0 dS m⁻¹) y media (4.5 dS m⁻¹) se mantiene sin cambio la cantidad asimilada de Na⁺ en plantas injertadas, con un promedio de 898 ppm. En el ambiente de mayor contenido de sales (6.0 dS m⁻¹) solo ocurre un aumento de 23%, una absorción inferior a las plantas normales. Estos resultados concuerdan con Huang y colaboradores (2009), quienes observaron una menor concentración de Na⁺ y Cl⁻ en frutas y hojas en plantas injertadas de pepino.

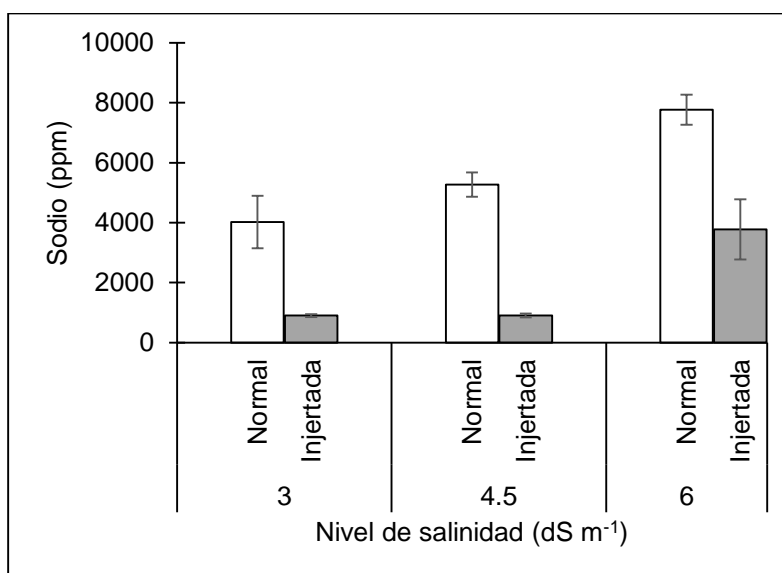


Figura 8. Contenido de sodio (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.9 Relación potasio/sodio

La relación de absorción de K⁺/Na⁺ en las plantas de pepino fue estadísticamente modificado por la condición injertada al someterlas en las distintas concentraciones de sales en el sustrato (Figura 9). La proporción en la captación de K⁺/Na⁺ fue a la reducción de 0.5 a 0.3 en la condición normal de las plantas al desarrollarse en ambientes de 3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹, lo cual indica que a medida que la planta normal absorba una ppm de K⁺ asimilara de dos a tres ppm de Na⁺. En plantas injertadas la relación de K⁺/Na⁺ es favorable, ya que la

planta captara más K^+ que sodio Na^+ . Esta conducta sugiere que la técnica de injerto aumenta la posibilidad de absorción de K^+ aun cuando el potencial osmótico del medio es alto.

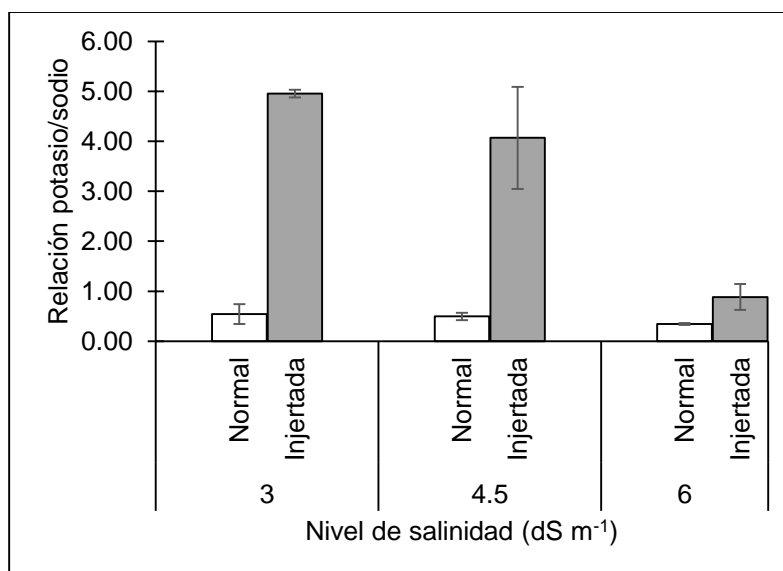


Figura 9. Relación potasio/sodio (ppm) en savia de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.10 Peso de fruto

El peso promedio de fruto presento valores de 154 g a 291 g (Figura 10). Estas diferencias en parte están relacionadas con la condición normal e injertada de la planta, con una tendencia hacia la producción de frutos con mayor peso (231 g a 291 g) en plantas injertadas, que los frutos cosechados de plantas sin injerto (247 a 154 g). Otro factor asociado a la variación es el peso de los frutos fue la CE empleada en el desarrollo de las plantas. En este sentido, los frutos cosechados de mayor a menor peso se relacionan inversamente con la conductividad eléctrica de menor a mayor. Al-Harbi (2018) menciona que el estrés salino disminuye el peso promedio de fruto en forma general. La combinación de la condición (normal e injertada) de la planta y la conductividad eléctrica, muestra valores estadísticamente iguales en los diferentes ambientes salinos a excepción de la conductividad

eléctrica de 6 dS m^{-1} , donde, la condición normal de la planta generó frutos significativamente pequeños. Estos resultados sugieren que la salinidad afecta el desarrollo de la raíz y con ello la asimilación de nutrientes, siendo menor impacto en plantas injertadas. Por su parte Colla y colaboradores (2012) reportan una reducción en peso de 19.0 % y 7.8% en plantas normales e injertadas, respectivamente al aplicar NaCl en la solución nutritiva.

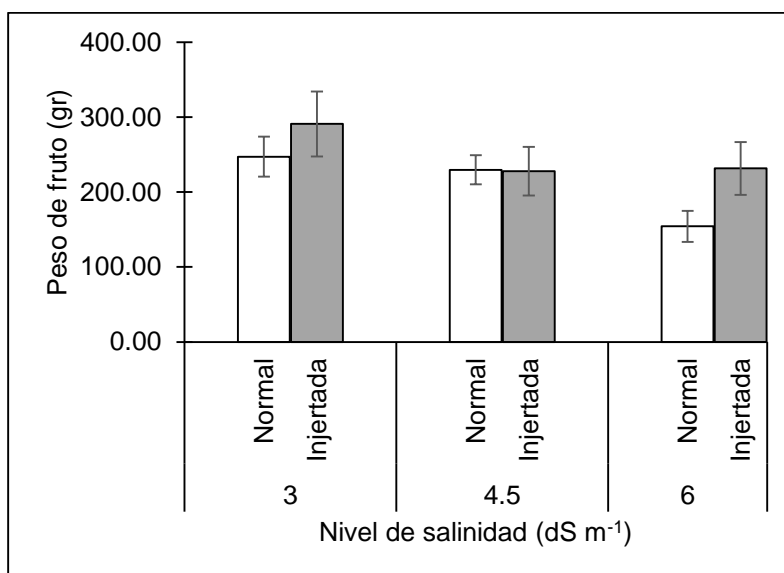


Figura 10. Peso (gr) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.11 Longitud de fruto

Las diferentes condiciones de las plantas produjeron frutos con longitud de 16.3 a 24.5 cm (Figura 11). Las plantas injertadas produjeron frutos de mayor longitud (17.0 a 24.5 cm) que las plantas normales (16.3 a 19.1 cm) en los tres niveles de salinidad, esta característica fue favorecida por el portainjerto a un nivel de 4.5 dS m^{-1} , registrándose la mayor longitud con un valor promedio de 20.9 cm. La disminución de este parámetro en ambas condiciones se debe a la conductividad eléctrica del sustrato, en donde, se muestra una reducción debido a

un incremento en la concentración salina, con menor alteración en las plantas de pepino injertada con el portainjerto Forticuke F1.

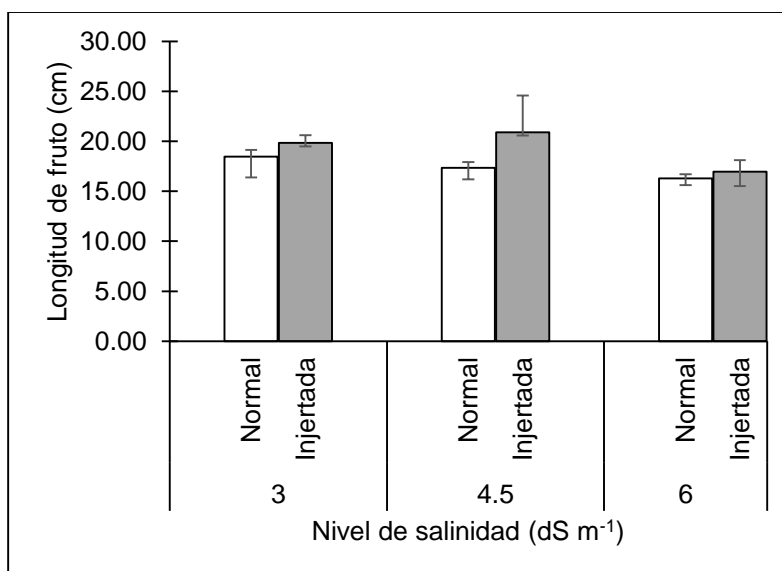


Figura 11. Longitud (cm) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.12 Diámetro de fruto

El diámetro de fruto no fue modificado por la condición injertada en los tres niveles de salinidad (3.0, 4.5 y 6.0 dS m⁻¹), registrando un valor medio entre 45.5 y 47.6 mm (Figura 12). Mientras que, los frutos procedentes de plantas normales presentaron diámetros entre 37.9 a 46.1 mm, con una reducción en este parámetro a medida que se incrementó el nivel de estrés salino, siendo estadísticamente diferente cuando se empleó el nivel de conductividad eléctrica más alto en el sustrato. A una CE de 6.0 dS m⁻¹ se registró el menor diámetro de fruto con 37.9 mm, que significó una reducción de 17.7 %. Lo que implica que el portainjerto Forticuke F1 favorece el diámetro de fruto al mantener el diámetro estándar de la variedad.

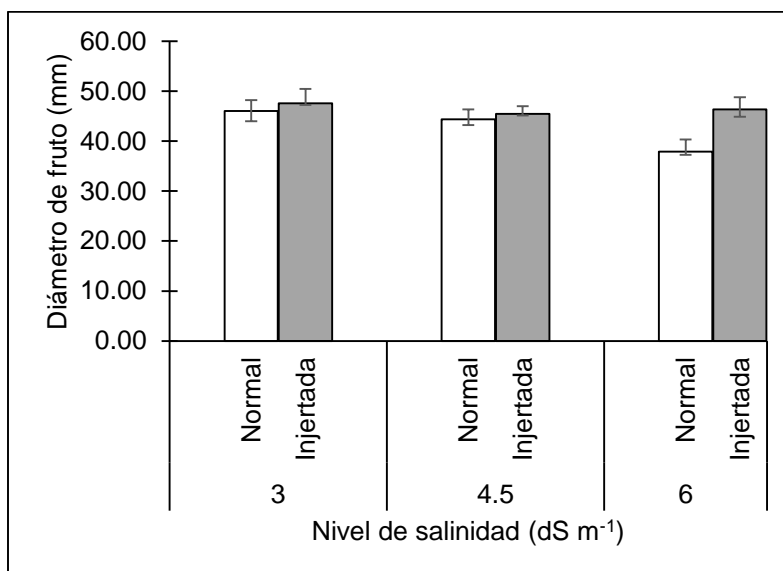


Figura 12. Diámetro (mm) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.13 Firmeza externa de fruto

La firmeza externa se caracteriza por la resistencia que puede ofrecer la cáscara del fruto al daño mecánico al momento de la cosecha, empaque y transporte. Esta característica de la fruta se mantuvo entre 73.6 a 74.2 Newtons (N) en las diferentes combinaciones de la condición de planta y nivel de salinidad (Figura 13). Estas variaciones no fueron estadísticamente significativas por la condición normal e injertada de la planta, ni por las distintas concentraciones salinas. Estos resultados sugieren que la firmeza del epicarpio del fruto no es modificado por el nivel de salinidad ni por el portainjerto Forticuke F1.

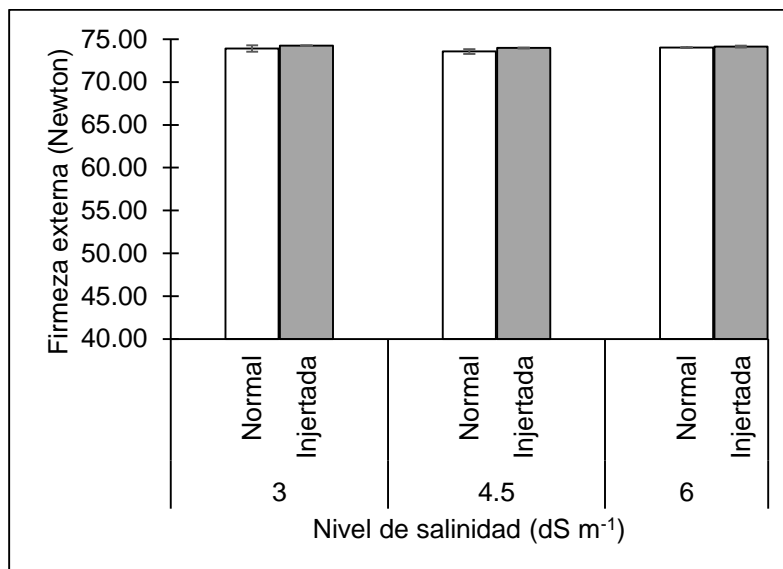


Figura 13. Firmeza externa (Newton) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino.

5.14 Firmeza interna de fruto

La firmeza interna es un indicador de la textura del mesocarpio del fruto. Este parámetro manifestó valores medios entre 73.6 y 74.2 N (Figura 14). La variación en esta característica fue principalmente al grado de salinidad en la que se desarrollaron las plantas normales e injertadas. Cuando los sustratos se sometieron a una CE de 3.0 dS m⁻¹, las plantas sin injertar fueron superiores estadísticamente en 28.9%. A medida que la concentración salina aumento, las plantas normales produjeron frutos con menor firmeza interna, mientras que, los frutos procedentes de plantas injertadas presentaron incrementos en este carácter. Estos resultados sugieren que el portainjerto Forticuke F1 puede favorecer la firmeza interna de los frutos a medida que se incrementa el grado salinidad en el ambiente.

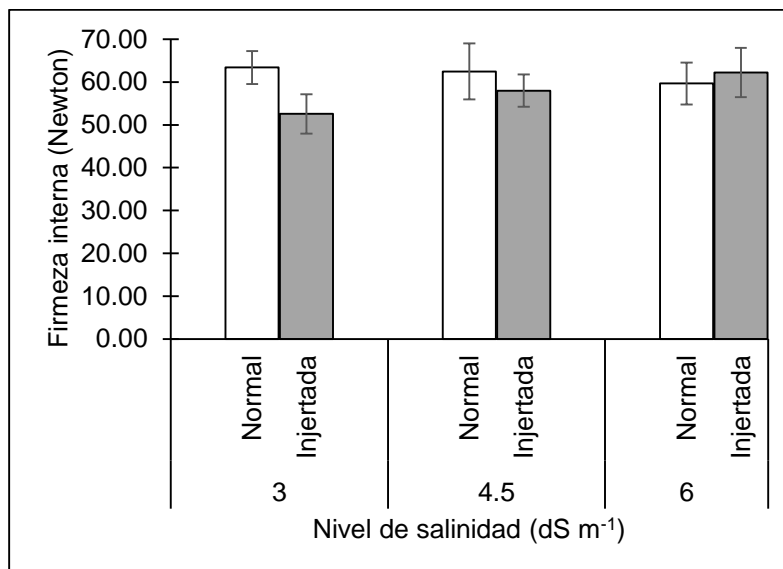


Figura 14. Firmeza interna (Newton) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino

5.15 Contenido de grados Brix

El contenido de azúcar en frutos son la suma de carbohidratos, proteínas, ácidos orgánicos, grasas y minerales, estas mediciones expresadas en grados Brix. Los frutos procedentes de plantas normales e injertadas presentaron valores de 4.7 y 5.0 °Brix (Figura 15). Este contenido no fue alterado por la condición de la planta ni por el nivel de salinidad a la que se sometieron las plantas. Estos resultados sugieren que el portainjerto Forticuke F1 no altera el contenido de grados Brix.

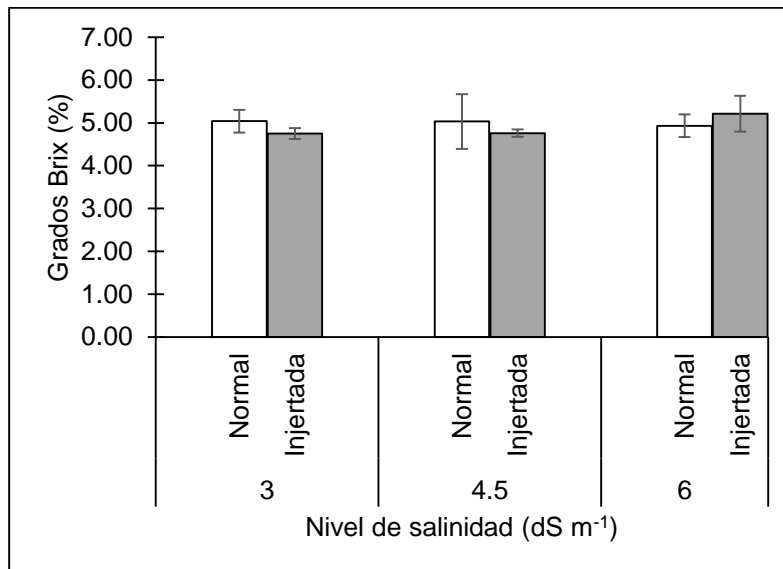


Figura 15. Grados Brix (%) de frutos de la variedad Tirano de pepino en condición normal e injertada bajo condiciones de estrés salino (3, 4.5 y 6 dS m⁻¹)

VI. CONCLUSIÓN

La planta injertada de pepino con el empleo del portainjerto Forticuke F1 es una opción viable para el Valle de San Quintín como una alternativa de producción de hortalizas en suelos moderadamente salinos, con lo cual, se puede alcanzar una calidad similar a la de plantas cultivadas en suelos sin problemas de sodio.

VII. LITERATURA CITADA

- Abad P., Gouzy J., Aury J. M., Castagnone-Sereno P., Danchin E. G., Deleury E., Perfus-Barbeoch L., Anthouard V., Artiguenave F., Blok V. C., Caillaud M. C., Coutinho P. M., Dasilva C., De Luca F., Deau F., Esquibet M., Flutre T., Goldstone J. V., Hamamouch N., Hewezi T., Jaillon O., Jubin C., Leonetti P., Magliano M., Maier T. R., Markov G. V., McVeigh P., Pesole G., Poulain J., Robinson-Rechavi M., Sallet E., Ségurens B., Steinbach D., Tytgat T., Ugarte E., Van Ghelder C., Veronico P., Baum T. J., Blaxter M., Bleve-Zacheo T., Davis E. L., Ewbank J. J., Favery B., Grenier E., Henrissat B., Jones J. T., Laudet V., Maule A. G., Quesneville H., Rosso M. N., Schiex T., Smant G., Weissenbach J. and Wincker P. (2008). Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nature Biotechnology*, 26(8), 909-915.
- Abu-Reidah I. M., Arráez-Román D., Quirantes-Piné R., Fernández-Arroyo S., Segura-Carretero A. and Fernández-Gutiérrez A. (2012). HPLC–ESI-Q-TOF-MS for a comprehensive characterization of bioactive phenolic compounds in cucumber whole fruit extract. *Food Research International* 46, 108-117.
- Acosta J. A., Faz A., Jansen B., Kalbitz K. and Martínez-Martínez S. (2011). Assessment of salinity status in intensively cultivated soils under semiarid climate, Murcia, SE Spain. *Journal of Arid Environments*, 75, 1056-1066.
- Ahmed M. Z., Ren S. -X., Mandour N. S., Maruthi M. N., Naveed M. and Qiu B. -L. (2010). Phylogenetic analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) populations from cotton plants in Pakistan, China, and Egypt. *Journal of Pest Science*, 83, 135-141.
- Ahn S. J., Im Y. J., Chung G. C., Cho B. H. and Suh S. R. (1999). Physiological responses of grafted-cucumber leaves and rootstock roots affected by low root temperature. *Scientia Horticulturae*, 81, 397-408.
- Al-Harbi A. R. (2018). Grafting improves cucumber water stress tolerance in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, (25), 298-304.

- Allen R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italy: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Allen R. G., Pereira L., Raes D. and Smith M. (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. Roma, Italy: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Al-Zyoud F., Tort N. and Sengonca C. (2005). Influence of host plant species of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom. Aleyrodidae) on some of the biological and ecological characteristics of the entomophagous *Serangium parcesetosum* Sicard (Col., Coccinellidae). *Journal of Pest Science*, 78, 25-30.
- Attia S., Grissa K. L, Lognay G., Bitume E., Hance T. and Mailleux A. C. (2013). A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides Biological approaches to control *Tetranychus urticae*. *Journal of Pest Science*, 86, 361-386.
- Avendaño-Ruiz, B. D. (2008). Globalización y competitividad en el sector hortofrutícola: México, el gran perdedor. *El Cotidiano*, 147, 91-98.
- Awasthi L. P. (Ed). (2015). Recent advances in the diagnosis and management of plant diseases. Springer. E-book.
- Azuma R., Ito N., Nakayama N., Suwa R., Nguyen T., Larrinaga-Mayoral J. A., Esaka M., Fujiyama H. and Saneoka, H. (2010). Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae*, 125(3), 171-178.
- Bacilio M., Moreno M., Lopez-Aguilar D.R. and Bashan, Y. (2017). Scaling from the growth chamber to the greenhouse to the field: demonstration of diminishing effects of mitigation of salinity in peppers inoculated with plant growth-promoting bacterium and humic acids. *Applied Soil Ecology*, 119, 327-338.

- Baninasab B. and Ghobadi C. (2011). Influence of paclobutrazol and application methods on high-temperature stress injury in cucumber seedlings. *Journal Plant Growth Regulation*, 30, 213-219.
- Basu A. N. (1995). *Bemisia Tabaci (Gennadius): crop pest and the principal whitefly vector of plant virus*. New York, Estados Unidos: Editorial Routledge.
- Belles X. (Coord.). (1988). *Insecticidas biorracionales*. Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Bernstein N., Shores M., Xu Y. and Huang B. (2010). Involvement of the plant antioxidative response in the differential growth sensitivity to salinity of leaves vs roots during cell development. *Free Radical Biology & Medicine*, 49,1161-1171.
- Bojacá C. y Monsalve O (Ed). (2012). *Manual de producción de pepino bajo invernadero*. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo lozano.
- Cadahia C. (2005). *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- California Fertilizer Association. (2012). *Western fertilizer handbook*. Nueva Jersey, Estados Unidos: Prentice-Hall.
- Cao Y., Tian Y., Gao L. and Chen Q. (2016). Attenuating the negative effects of irrigation with saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) by application of straw biological-reactor. *Agricultural Water Management* 163, 169-179.
- Capinera J. (2001). *Handbook of Vegetable Pests*. Estados Uunidos: Academic press.
- Cardona-Mejia C. y Mesa-Cobo N. C. (2015). *Entomología económica y manejo de plagas*. Valle del Cauca, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia.
- Casseres E. (1980). *Producción de hortalizas*. Costa Rica: IICA.
- Casseres, E. (1981). *Producción de hortalizas*. Costa Rica: IICA.

- Castellanos J. Z. (Ed). (2004). Manual de producción hortícola en invernadero. Mexico: INTAGRI.
- Castro L., Flores L. and Uribe L. (2011). Efecto de vermicompost y quitina sobre el control de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 21-32.
- Chartzoulakis K. S. (1992) Effects of NaCl salinity on germination, growth and yield of greenhouse cucumber. *Journal of Horticultural Science*, 67:1, 115-119.
- Chaves-Barrantes N. F. y Gutiérrez-Soto M. V. (2017a). Respuestas al estrés por calor en los cultivos: I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 237-253.
- Chaves-Barrantes N. F. y Gutiérrez-Soto M. V. (2017b). Respuestas al estrés por calor en los cultivos: II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28, 255-271.
- Chen B., Saltveit M. E. and Beckles D. M. (2019). Chilling-stress modifies DNA methylation level in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedling radicle to regulate elongation rate. *Scientia Horticulturae*, 252, 14-19.
- Cheng G. H., Qin Z. W., Feng Z. and Wang C. H. (2012). The impact of photoperiod and temperature on the sex differentiation of cucumber varieties 'C09-123'. *Northern Horticulture*, 15, 35-37.
- Chhabra R. (1996). Soil salinity and water quality. Estados Unidos: CRC Press.
- Chu L. -L., Kang Y. -H. and Wan S. -Q. (2016). Effect of different water application intensity and irrigation amount treatments of microirrigation on soil-leaching coastal saline soils of North China. *Journal of Integrative Agriculture* 15(9), 2123-2131.
- Colla G., Roupael Y., Rea E. and Cardarelli M. (2012). Grafting cucumber plants enhance tolerance to sodium chloride and sulfate salinization. *Scientia Horticulturae*, 135, 177-185.

- Devran Z., Mistanoglu I. and Ozalp T. (2017). Occurrence of mixed populations of root-knot nematodes in vegetable greenhouses in Turkey, as determined by PCR screening. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124, 617-630.
- Dreistadt S. H. (2001). *Integrated pPest mManagement for fFloriculture and nNurseries*. Canada: Universidad of California.
- Duan J. J., Li J., Guo S. and Kang Y. (2008). Exogenous spermidine affects polyamine metabolism in salinity-stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short-term salinity tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 165(15), 1620-1635.
- Egamberdieva D., Davranov K., Wirth S., Hashem A. and Abd-Allah E. F. (2017). Impact of soil salinity on the plant-growth – promoting and biological control abilities of root associated bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24, 1601-1608.
- Elad Y., Williamson B., Tudzynski P. and Denle N. (2007). *Botrytis: biology, pathology and control*. Springer. E-book.
- Fan H. F., Ding L., Xu Y. L. and Du C. X. (2017). Antioxidant system and photosynthetic characteristics responses to short-term PEG-induced drought stress in cucumber seedling leaves. *Russian Journal of Plant Physiology*, 64(2), 162-173.
- Forbes G., Perez W. y Andrade-Piedra J. 2014. *Evaluación en campo de la resistencia de papa a Phytophthora infestans: Guía para colaboradores internacionales*. Lima, Perú: Centro Internacion de la papa.
- Foth H. D. and Ellis B. G. (1996). *Soil Fertility*. New York, Estados Unidos: Lewis Publishers, CRC Press, Inc.
- Furtana G. B. and Tipirdamaz R. (2010). Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity. *Turkish Journal of Biology*, 34, 287-296.

- García E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Giné A., Bonmatí A., Sarro A., Stchiegel A., Valero J., Ornat C., Fernández C. and Sorribas F J. (2013). Natural occurrence of fungal egg parasites of root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. in organic and integrated vegetable production systems in Spain. *BioControl*, 58, 407-416.
- Grimstad S.O. and Frimanslund E. (1993). Effect of different day and night temperature regimes on greenhouse cucumber young plant production, flower bud formation and early yield. *Scientia Horticulturae*, 53(3), 191-204.
- Grubben G. J. H- and Denton O. A. (Ed). (2004). Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables. Netherlands: PROTA Foundation.
- Gupta S. K. and Thind T. S. (2018). Disease Problems in Vegetable Production. India: Scientific publishers.
- Hamada A., Wahl G. D., Nesterov A., Nakao T., Kawashima M., Banba S. (2019). Differential metabolism of imidacloprid and dinotefuran by *Bemisia tabaco* CYP6CM1 variants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 159, 27-33.
- Harighi B. (2007). Angular leaf spot of cucumber cCaused by *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in Kurdistan. *Plant Disease*, 91(6), 769.
- Hartman H. y Kester D. (1976). Propagación de plantas. Principios y prácticas. México: Continental.
- Hassell R. L. and Memmott F. (2008). Grafting Methods for Watermelon Production. *HortScience*, 43(6), 1677-1679.
- Herda D. J. (2010). From container to kitchen: growing fruits and vegetables in pots. Canada: New Society Publishers.

- Horst R. K. (Ed). (2008). *Westcott's Plant Disease Handbook*. Springer. E-book.
- Howard R. J, Garland J. A. and Seaman W. L. (1994). *Diseases and pests of vegetable crops in Canada*. Canada: The Canadian Phytopathological Society and the Entomological Society of Canada.
- Huang Y., Bie Z., He S., Hua B., Zhen A. and Liu Z. (2010). Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia*. *Environmental and Experimental Botany*, 69, 32-38.
- Huang Y., Tang R., Cao Q. and Bie Z. (2009). Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. *Scientia Horticulturae*, 122, 26-31.
- Jacas J., Caballero P. y Avilla J. (Eds). (2005). *El control biológico de plagas y enfermedades: la sostenibilidad de la agricultura mediterránea*. Castellón, España: Publicacions de la Universitat Jaume I, D.L.
- Janick J. (1992). *Horticultural Reviews*. Estados Unidos: Wiley Interscience Publication.
- Janse J. D. (2005). *Phytopacteriology: Principles and Practice*. Singapur: CABI Publishing.
- Jiménez-Ballesta R. García-Navarro F. J., García-Giménez R., Trujillo-González J. M., Iñigo V. and Asensio C. (2018). Agroecological analysis of cucumber (*Cucumis sativus* L.) crops in orchards in a mediterranean environment. *Journal of Agriculture and Crops*, 4(3), 16-28.
- Jones J. G., Kleczewski N. M., Desaeger J. and Meyer S. F. L. (2016). Evaluation of nematicides for southern root-knot nematode management in lima bean. *Crop Protection*, 96, 151-157.
- Kanzari S., Nouna B. B., Mariem S. B. and Rezig M. (2018). Hydrus-1D model calibration and validation in various field conditions for simulating water flow and salts transport in a semi-arid region of Tunisia. *Sustainable Environment Research*. 28, 350-356.

- Kirnak H. (2006). Effects of irrigation water salinity on yield and evapotranspiration of drip irrigated cucumber in a semiarid environment. In *Biosaline agriculture and salinity tolerance in plants*, 155-162.
- Koike S. T., Gladders P., Paulus A. O. (2007). *Vegetable Diseases: A Color Handbook*. Estados Unidos: Academic press.
- Koo H. N., Lee S. W., Yun S. H., Kim H. K. and Kim G. H. (2015). Feeding response of the cotton aphid, *Aphis gossypii*, to sub-lethal rates of flonicamid and imidacloprid. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 154, 110-119.
- Kronstad J. W. (Ed). (2000). *Fungal Pathology*. Inglaterra: Kluwer Academic Publishers.
- Kumar D., Kumar S., Singh J., Narender, Rashmi, Vashistha B. D. and Singh N. (2010). Free radical scavenging and analgesic activities of *Cucumis sativus* L. fruit extract. *Journal of Young Pharmacists*, 2(4): 365-368.
- Lammel D. R., Barth G., Ovaskainen O., Cruz L. M., Zanatta J. A., Ryo M., de Souza E. M. and Pedrosa F. O. (2018). Direct and indirect effects of a pH gradient bring insights into the mechanisms driving prokaryotic community structures. *Microbiome*, 6, 106.
- Lee J. M. (1994). Cultivation of Grafted Vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *Horticultural Science*, 29(4), 235-239.
- Lee J. M., Kubota C., Tsao S. J., Bie Z., Hoyos-Echevarria P., Morra L. and Oda M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae Reviews*, 127, 93-105.
- León J. (2000). *Bootáanica de los cultivos tropicales*. San José, Costa Rica: Agroamérica.
- Li J., Zhang F., Fang D., Li Z., Gao M., Wang H. and Wu D. (2014). Effects of water and nitrogen supply on the growth and water use efficiency of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under fertigation. *Scientia Agricultura Sinica*, 47(22), 4475-4487.

- Li Q., Yu B., Gao Y., Dai A. -H. and Bai J. -G. (2011). Cinnamic acid pretreatment mitigates chilling stress of cucumber leaves through altering antioxidant enzyme activity. *Journal of Plant Physiology*, 168, 927-934.
- Liu B. B., Li M., Li Q. M., Cui Q. Q., Zhang W. D., Ai X. Z. and Bi H. G. (2018b). Combined effects of elevated CO₂ concentration and drought stress on photosynthetic performance and leaf structure of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. *Photosynthetica*, 56(3), 942-952.
- Liu W., Qin Z., Xin M., Zhou X., Yang J. and Wang C. (2018a). Analysis of CsPAP-fib regulation of cucumber female differentiation in response to low night temperature conditions. *Scientia Horticulturae*, 240, 81-88.
- López-Gómez M. and Verdejo-Lucas S. (2017). Penetration and post-infection development of root-knot nematodes in watermelon. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(4), e1010.
- Mace M. E., Bell A. A. and Beckman C. H. (1981). Fungal wilt diseases of plants. Estados Unidos: Academic press.
- Maniania N. K., Bugeme D .M., Wekesa V. W., Delalibera I. and Knapp M. (2008). Role of entomopathogenic fungi in the control of *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), pests of horticultural crops. *Experimental and Applied Acarology*, 46, 259-274.
- Maroto J. V., Borrego I., Miguel-Gómez A. y Pomares-García F. (2002). El cultivo de la sandía. Madrid, España: Mundi-prensa.
- Martínez, J. J. (2019). METEORED.mx. México. Recuperado de <https://www.meteored.mx/mexicali/historico>.
- Massoud F. I. (1977). Basic principles for prognosis and monitoring of salinity and sodicity. In: Proc. International Conference on Managing Saline Water for Irrigation, 432-454.

- McKenzie C. L., Kumar V., Palmer C. L., Oetting R. D., Osborne L. S. (2014). Chemical class rotations for control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on poinsettia and their effect on cryptic species population composition. *Pest Management Science*, 70(10), 1573-1587.
- Melgarejo-Nárdiz P., García-Jiménez J., Jordá-Gutiérrez M. C., López González, M. M., Andrés-Yebes M. F. y Durán-Vila N. (Coord). (2010). *Patógenos de plantas descritas en España*. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Mengel K. y Kirkby E. A. (1987). *Principios de nutrición vegetal*. Basilea, Suiza: Instituto Internacional del Potasio.
- Miao L., Li S., Bai L., Anwar A., Li Y., He C. and Yu X. (2019). Effect of grafting methods on physiological change of graft union formation in cucumber grafted onto bottle gourd rootstock. *Scientia Horticulturae*, 244, 249-256.
- Miao M., Xu X., Chen X., Xue L. and Cao B. (2007). Cucumber carbohydrate metabolism and translocation under chilling night temperatura. *Journal of Plant Physiology*, 164, 621-628.
- Muniappan R., Shepard B.M., Carner G. and Ooi P. (2012). *Arthropod Pests of Horticultural Crops in Tropical Asia*. Massachusetts, Estados Unidos: CABI Publishing.
- Munns, R. and James R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant Soil*, 253, 201-218.
- Navarrete X., Ron L., Viteri P. and Viera W. (2018). Parasitism of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) chitwood in five wild Solanaceae species. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(1), 8367-8373.
- Ncube B., Finnie J. F. and Van Staden J. (2012). Quality from the field: The impact of environmental factors as quality determinants in medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 82, 11-2.

- Netondo G. W., Onyango J. C., and Beck E. (2004). Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Sciences*, 44, 806-811.
- Nicholls-Estrada C. I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Nuez-Viñals F. y Ruiz-Martínez J. J. (1996). El pepino dulce y su cultivo. Roma, Italia: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2002). El cultivo protegido en clima Mediterráneo. Roma, Italia: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). Recuperado de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). Recuperado de <http://www.fao.org/>
- Ouzounidou G., Giannakoula A., Ilias and Zamanidis P. (2016). Alleviation of drought and salinity stresses on growth, physiology, biochemistry and quality of two *Cucumis sativus* L. cultivars by Si application. *Brazilian Journal of Botany*, 39(2), 531-539.
- Paranjape K., Gowariker V., Krishnamurthy V. N. and Gowariker S. (2015). The pesticide encyclopedia. Inglaterra, Reino Unido: CABI.
- Peng Z., Zheng H., Xie W., Wang S., Wu Q. and Zhang Y. (2017). Field resistance monitoring of the immature stages of the whitefly *Bemisia tabaci* to spirotetramat in China. *Crop Protection*, 98, 243-247.
- Porta J., Lopez-Acevedo M. y Roquero C. (2003). Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España: Mundi-Prensa.

- Praslicka J. and Huszar J. (2005). Influence of temperature and host plants on the development and fecundity of the spider mite *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *AGRIS*, 40(4), 141-144.
- Pulido-Madrigal L. (2016). Cambio climático, ensalitramiento de suelos y producción agrícola en áreas de riego. *Terra Latinoamericana*, 34(2), 207-218.
- Pustovoitova T. N., Zhdanova N. E., and Zholkevich V. N. (2004). Changes in the levels of IAA and ABA in cucumber leaves under progressive soil drought. *Russian Journal of Plant Physiology*, 51(4), 513-517.
- Qian C. -L., Mi H. -B., Zhao Y. -Y., He Z. -P. and Mao L. -C. (2013). Effect of maturity stage on the gene expression of antioxidative enzymes in cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruits under chilling stress. *Journal of Integrative Agriculture* 12(8), 1495-1500.
- Rahil M. H. and Qanadillo A. (2015). Effects of different irrigation regimes on yield and water use efficiency of cucumber crop. *Agricultural Water Management*, 148, 10-15.
- Reddy P.P. (2016). Sustainable crop protection under protected cultivation. Springer E-book.
- Richards L. A. (1974). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ciudad de México, México: Limusa.
- Rivero R. M., Sánchez E., Ruiz J. M. and Romero L. (2003). Influence of temperature on biomass, iron metabolism and some related bioindicators in tomato and watermelon plants. *Journal Plant of Physiology*, 160, 1065-1071.
- Rojas-Yaguana M. A. (1993). Cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L) respondiendo a diferentes dosis de concentraciones de solución nutritiva en condiciones de hidroponía. (Tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- Saleem M. S., Batoool T. S., Akbar M. F., Raza S. and Shahzad S. (2019). Efficiency of botanical pesticides against some pests infesting hydroponic cucumber, cultivated under greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29-37

- Sanjay, P., Jinal, H.N. and Amaresan N. (2017). Isolation and characterization of drought resistance bacteria for plant growth promoting properties and their effect on chilli (*Capsicum annuum*) seedling under salt stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 12, 85-89.
- Satar S., Kersting U. and Uygun N. (2008). Effect of temperature on population parameters of *Aphis gossypii* Glover and *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) on pepper. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115, 69-74.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). *Planeación agrícola Nacional 2017-2030*. Distrito Federal, México: SAGARPA.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP). (2018). Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura>
- Secretaria de Economía – Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SE-SIAVI). (2019). Recuperado de <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). *Atlas Agroalimentario 2012-2018*. Distrito Federal, México: SIAP.
- Shahid S. A., Abdelfattah M. A. and Taha F. K. (2013). *Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation: Innovative thinking and use of marginl soil and water resource in irrigated agriculture*. Springer E-book.
- Shen J. -L., Wang Y., Shu S., Jahan M. S., Zhong M., Wu J. -Q., Sun J. and Guo S. -R. (2019). Exogenous putrescine regulates leaf starch overaccumulation in cucumber under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 253, 99-110.
- Sherf A. F. and MacNab A.A. (1986). *Vegetable Diseases and Their Control*. . Nueva Jersey, Estados Unidos: A Wiley-interscience Publication.

- Shrivastava P. and Kumar R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, 123-131.
- Shu S., Chen L., Lu W., Sun J., Guo S., Yuan Y. and Li J., (2014). Effects of exogenous spermidine on photosynthetic capacity and expression of Calvin cycle genes in saltstressed cucumber seedlings. *Journal of Plant Research*, 127, 763.
- Snyder R. L., Orang M., Bali K. and Eching S. (2000). Basic Irrigation Scheduling (BIS). Recuperado en http://biomet.ucdavis.edu/irrigation_scheduling/bis/BIS.htm
- Sotiroudis G., Melliou E., Sotiroudis T. G. and Chinou I. (2010). Chemical analysis, antioxidant and antimicrobial activity of three greek cucumber (*Cucumis sativus*) cultivars. *Journal of Food Biochemistry*, 34, 61-78.
- Statisa (2019). Statista, Inc. Recuperado en <https://www.statista.com/statistics/257324/per-capita-consumption-of-fresh-cucumbers-in-the-us/>
- Statistical Analysis Software (SAS). (2004). User' Guide: Statistics. Carolina del Norte, Estados Unidos: SAS. Inst.
- Tang Y. -Y., Yuan Y. -H., Shu S. and Guo S. -R. (2018). Regulatory mechanism of NaCl stress on photosynthesis and antioxidant capacity mediated by transglutaminase in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. *Scientia Horticulturae*, 235, 294-306.
- Tester M. and Davenport, R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91, 503-507.
- Usanmaz S. and Abak K. (2019). Plant growth and yield of cucumber plants grafted on different commercial and local rootstocks grown under salinity stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1134-1139.
- Van-Driesche R. G., Hoddle M. S. y Center, T.D. (2007). Control de plagas y malezas por enemigo naturales. Estados Unidos: Forest Health Technology Enterprise Team.

- Wang H., Li J., Cheng M., Zhang F., Wang X., Fan J., Wu L., Fang D., Zou H. and Xiang Y. (2019). Optimal drip fertigation management improves yield, quality, water and nitrogen use efficiency of greenhouse cucumber. *Scientia Horticulturae*, 243,357-366.
- Wang L., Zhou H., Guo S., An Y., Shu S., Lu N. and Sun J. (2018). Exogenous spermidine maintains the chloroplast structure of cucumber seedlings and inhibits the degradation of photosynthetic protein complexes under high-temperature stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40, 47.
- Wang Q., Men L., Gao L. and Tian Y. (2017). Effect of grafting and gypsum application on cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth under saline water irrigation. *Agricultural Water Management*, 188, 79-90.
- Wicke B., Smeets E., Dornburg V., Vashev B., Gaiser T., Turkenburga W. and Faaija A. (2011). The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy Environmental Science*, 4, 2669-2681.
- Yang Y. –X., Wang M. –M., Ren Y., Onac E., Zhou G., Peng S., Xia X. –J., Shi K., Zhou Y. –H. and Yu J-Q. (2015). Light-induced systemic resistance in tomato plants against root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Plant Growth Regulation*, 76, 167-175.
- Yetisir H. and Uygur, V. (2009). Plant growth and mineral element content of different gourd species and watermelon under salinity stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 65-77.
- Yetişir H. and Uygur V. (2010). Responses of grafted watermelon onto different gourd species to salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 33, 315-327.
- Yu J., Li Y., Han G., Zhou D., Fu Y., Guan B., Wang G., Ning K. Wu H. and Wang J. (2014). The spatial distribution characteristics of soil salinity in coastal zone of the Yellow River Delta. *Environmental Earth Sciences*, 72(2), 589-599.
- Zarroca M., Bach J., Linares R. and Pellicer X. M. (2011). Electrical methods (VES and ERT) for identifying, mapping and monitoring different saline domains in a coastal

plain region (Alt Emporda, Northern Spain). *Journal of Hydrology*, 409(1-2), 407-422.

Zhao L. and Zhang Y-Q. 2015. Effects of phosphate solubilization and phytohormone production of *Trichoderma asperellum* Q1 on promoting cucumber growth under salt stress. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(8), 1588-1597.

Zhu J., Bie Z., Huang Y. and Han X. (2008). Effect of grafting on the growth and ion concentrations of cucumber seedlings under NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54, 895-902.