

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Crecimiento, Producción De Biomasa y Actividad Fotosintética De Plantas De Pimiento
Morrón (*Capsicum Annum* L.) a Diferentes Concentraciones De Boro

Por:

JOSÉ RUBICEL GARCÍA CRUZ

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre del 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Crecimiento, Producción De Biomasa y Actividad Fotosintética De Plantas De Pimiento
Morrón (*Capsicum Annum L.*) a Diferentes Concentraciones De Boro

Por:

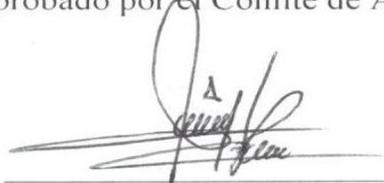
JOSÉ RUBICEL GARCÍA CRUZ

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobado por el Comité de Asesoría:



Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor Principal



Dr. Alonso Méndez López
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Dra. Juana Cruz García Santiago
Coasesor



Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre del 2021

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrido en plagio o conducta académico incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento originar (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propio; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Rubicel García Cruz', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

José Rubicel García Cruz

AGRADECIMIENTO

A **Dios** y a la **Virgen de Juquila**, por permitirme concluir con mis estudios profesionales y por la fortuna de tener salud y una familia que siempre me apoya, por el haber permitido conocer a tantas personas maravillosas al salir de casa y guiarme en cada paso que di.

A mi alma mater.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por todas las oportunidades que me brindó para hacer realidad mis sueños, las enseñanzas académicas y personales fueron excepcionales, espero ponerlas cada día en práctica para poner servirle al campo mexicano y ser una persona de bien, gracias por dejarme formar parte de su historia.

A mi familia.

Carmela, Plinio, Fernanda, Lourdes, Rebeca, Maribel, Crisanto, Silvano, Trinidad, Rodolfo y Andrea por todo su apoyo incondicional, motivación y confianza, durante este camino que a la distancia iniciamos juntos, entre llamadas, mensajes, llenas de sonrisas, enojos y uno que otro regaño, a ustedes, las personas más importantes de mi vida y que siempre sabré que están para mí, de igual forma que estaré para ustedes, sin importar donde nos encontremos.

A mis asesores de tesis.

Dr. Armando Hernández, por haberme aceptado para llevar a cabo este proyecto para la elaboración de mi tesis, para lograr terminar mi formación, por su apoyo durante su realización y su dedicación para la revisión del trabajo, además por todo el conocimiento compartido, pero más aún por su amistad.

Dr. Alonso Méndez, gracias por la atención brindada como tutorado y alumno, por las buenas enseñanzas adquiridas en el mundo de la agronomía.

Dra. Juana Cruz por ser parte de este trabajo, sin su apoyo no hubiera podido realizarlo en tiempo y forma.

A mis compañeros y amigos: José de la Paz, Miguel Alfonso, Salvador, Santillana, Yuritzí, Andrea, Juanita, Sagrario, Nanglis, Marisol y a Tomas Moreno, William Michel, Jorge Anibal, gracias por compartir sus conocimientos y amistad durante esta etapa.

DEDICATORIA

A mi niña Gretell Ariadne que posiblemente en estos momentos no entienda mis palabras, pero para cuando sea capaz, quiero que se dé cuenta de lo que significa para mí, ella es la razón de que me levante cada día esforzándome por el presente y el mañana, es mi principal motivación.

A mi compañera de vida Yesenia Ramírez, por su cariño y paciencia, su ayuda a sido fundamental, ha estado en los momentos más difíciles, este proyecto no fue fácil, pero estuvo motivándome y ayudándome hasta donde su alcance lo permitía, se lo agradezco muchísimo y dedico este trabajo a ella con amor.

A mi madre Mirella por todos sus sacrificios, por todo su amor, por darme el ejemplo de la fortaleza y perseverancia.

A mi padre Fausto por su amor y por su apoyo suficiente para llegar hasta aquí.

A mi hermano Ediberto por apoyarme y sus consejos que me brindó.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
HIPÓTESIS	4
JUSTIFICACIÓN	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Generalidades del pimiento	5
Propiedades nutricionales	5
Importancia económica	6
Función del boro	7
Toxicidad por boro	8
Efectos del boro en la biomasa	9
Importancia del boro en la clorofila	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Localización	10
Material vegetativo	10
Tratamientos	10
Instalación del experimento	11
Producción de plántulas	11
Trasplante	11
Manejo del cultivo	12
Preparación de solución nutritiva	12
Riegos	12
Poda	13
Variables agronómicas	14
Control de plagas y enfermedades	14
Variables a evaluar	15
Diseño experimental y análisis estadístico	16

RESULTADO Y DISCUSIÓN	17
Parámetros vegetativos	17
Comparación múltiple de medias	17
Volúmen de raíz	18
Peso seco de hoja, tallo y raíz	19
Biomasa total	22
Fisiológicas	23
Rendimiento.....	24
CONCLUSIÓN.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional de fruto de pimiento. -----	6
Cuadro 2. concentraciones de B por cada tratamiento requerido. -----	10
Cuadro 3. Efecto de la concentración de B sobre la transpiración, fotosíntesis y conductancia estomática de las plantas de pimiento morrón. -----	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la concentración de Boro en el volumen de la raíz de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media. -----	19
Figura 2. Efecto de la concentración de Boro en el peso seco de la hoja de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media. -----	20
Figura 3. Efecto de la concentración de Boro en el peso seco del tallo de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media. -----	21
Figura 4. Efecto de la concentración de Boro en el peso seco de la raíz de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media. -----	21
Figura 5. Efecto de la concentración de Boro en biomasa total de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media. -----	22
Figura 6. Efecto de la concentración de Boro en el rendimiento de las plantas de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media. -----	24

ESUMEN

El presente trabajo se realizó en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el objetivo de este estudio fué evaluar el efecto de la interacción de diferentes concentraciones de Boro en la solución nutritiva sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de pimiento morrón, debido a que la agricultura actual tiende hacia la búsqueda de alternativas que garanticen el incremento del rendimiento y disminuyan el uso de los químicos. Las plantas fueron cultivadas bajo invernadero, se utilizó perlita y peat moss como medio de crecimiento. Los tratamientos utilizados fueron cinco concentraciones (0.5, 1.5, 3,4.5 y 6) ppm de boro. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 5 tratamientos de 3 repeticiones cada uno, a los datos obtenidos se le realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizado el programa SAS versión 9.0. De acuerdo al análisis de varianza del volumen de raíz no se encontró diferencia significativa, pero con la aplicación de 1.5 y 3.0 ppm de boro fue efectiva en el crecimiento radical. La hoja, tallo, raíz y biomasa seca total se encontraron diferencias significativas, pero en una concentración de 1.5 ppm de boro fue mejor pues, registra mayor producción de biomasa. La conductancia estomática fue menor en las hojas que recibieron 1.5 ppm de B.; mientras que la transpiración y fotosíntesis fue mayor en las plantas que recibieron 3.0 ppm de boro, pero, se obtuvo mayor rendimiento de fruto en las plantas irrigadas con 0.5 ppm de boro, superior a esta disminuye el rendimiento. Lo que demuestra que concentraciones bajas de boro, presentan mayor crecimiento y desarrollo vegetativo en plantas de pimiento, lo que sugiere que las concentraciones altas pueden estar causando una posible toxicidad.

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas constituye una actividad muy importante para el sector agrícola mundial y nacional, entre los cultivos hortícolas de interés económico y nutricional por su consumo fresco o procesado el pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) la producción de pimiento morrón, se ubica en el séptimo lugar a nivel mundial, en (Espinoza *et al.*, 2019) México, ha mostrado un aumento debido principalmente a su exportación a los Estados Unidos y Canadá, lo que genera una importante cantidad de divisas, a nivel nacional la superficie cultivada de esta hortaliza es de 2 641.43 ha con un rendimiento promedio de 42.08 t ha, lo que representa un valor económico de 519 321.21 millones de pesos (Hernández *et al.*, 2018).

La calidad del agua subterránea depende de muchos factores, tales como las características del suelo, la topografía de la región, hasta actividades humanas, para el riego se debe definir tres criterios principales: salinidad, sodicidad y toxicidad. Para evaluar la salinidad es necesario considerar el tipo y cantidad de sales disueltas. La calidad del agua de riego afecta de forma muy relevante a la estabilidad estructural del suelo y a su capacidad para transmitir el agua y el aire, así como a las plantas cultivadas, El grado del daño depende de la asimilación y la sensibilidad del cultivo. Por ejemplo, árboles frutales u ornamentales leñosos generalmente son más sensibles al cloruro, sodio y boro que muchas plantas anuales (Latorre *et al.*, 2010).

Cuando la sodicidad y la salinidad se encuentran presentes en el suelo, se incrementa la presión osmótica del agua del suelo, lo que impide su aprovechamiento por parte de las raíces y se genera además un desbalance nutricional, provocando toxicidad y deficiencias en las plantas, todo lo anterior se traduce en una disminución del rendimiento y la calidad del producto final vegetal y por supuesto en la fertilidad del suelo agrícola (Puñales *et al* 2018). Para México el límite máximo establecido en los criterios ecológicos de la calidad del agua es de 1 mg L (Medina *et al* 2016).

El boro es un elemento que, si bien es esencial y tiene papeles importantes en el metabolismo de los ácidos nucleicos, carbohidratos y proteínas. metabolismo, síntesis de la pared celular, estructura de la pared celular, integridad de la membrana y función, y metabolismo del fenol. Sin embargo, los mecanismos moleculares de estas funciones no se conocen en gran medida. Una función principal del boro a nivel molecular es que retícula pectinas en las paredes celulares de las plantas. Las pectinas son polisacáridos complejos y son componentes importantes de la estructura de la pared celular de la planta. (Uluisik *et al.*, 2018). Sin embargo, para las plantas, su toxicidad se hace presente al rebasar ligeramente su nivel óptimo. Tanto la deficiencia como el exceso de este elemento, se traducen en la disminución del rendimiento y el deterioro de la calidad de los cultivos.

Objetivo General

Determinar el efecto de las diferentes concentraciones de Boro en la solución nutritiva sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas de pimiento morrón.

Objetivos Específicos

1. Obtener la concentración de boro que permite mayor acumulación de biomasa en plantas del pimiento morrón.
2. Determinar la concentración de boro que afecta la actividad fotosintética en las hojas del pimiento morrón.
3. Determinar el efecto de la concentración de boro en el rendimiento de fruto de las plantas de pimiento.

HIPÓTESIS

Las concentraciones aplicadas de boro afectaran de forma significativa el crecimiento y desarrollo de las plantas del pimiento morrón.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la poca información sobre la toxicidad de boro en los cultivos, es necesario determinar las concentraciones óptimas de éste para el desarrollo de las plantas del pimiento morrón.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del pimiento

El pimiento es una planta herbácea anual, de habito perenne en condiciones naturales con un sistema radicular pivotante de profundidades que van desde los 70 hasta los 120 cm, además está provisto de un número elevado de raíces adventicias, presenta un fruto en forma de baya de sabor algo amargo y rico en vitaminas con características muy variables, su peso fluctúa entre unos pocos gramos hasta medio kilo (Consumidor de España, 2009).

Perteneciente al género *Capsicum* de la familia Solanaceae, la cual contiene alrededor de 1250 especies en 18 géneros; entre ellos, aparte de *Capsicum*, se incluyen especies cultivadas muy importantes como: *Solanum*, *Lycopersicon*, *Cyphomandra*, *Physalis*, etc. (Leonel *et al.*, 2016).

Propiedades nutricionales

Los pimientos morrones tienen un alto contenido en agua y son ricos en vitaminas A1, C, B1, B2 y P. Mientras que su contenido en fibra es de un 20 a un 24 % de materia seca, además de ser ricos en hidratos de carbono (Condés-Rodríguez, 2017).

Así como también los frutos tienen un alto contenido de carotenos, fenoles, capsaicinoides, xantofilas y flavonoides, además de tener una alta actividad antioxidante (Chávez-Mendoza *et al.*, 2013). Los cuales se han demostrado científicamente que su consumo es recomendado en caso de hipertensión, gota y cálculos renales. Además, previene ciertos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, aterosclerosis y un retraso en el proceso de envejecimiento, también favorece el desarrollo del feto en mujeres embarazadas por el contenido en ácido fólico y previene determinados tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares y degenerativas (Selahle *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Composición nutricional de fruto de pimiento.

Composición por cada 100g de fruto	
Proteína 1.4 g	Vitamina A 4450 UI
Hidratos de carbono 7.1 g	Tiamina 0.08 mg
Calcio 13 mg	Riboflavina 0.08 mg
Fosforo 30 mg	Niacina 0.5 mg
Hierro 0.6 mg	Ácido ascórbico 204 mg

Importancia económica

Existen muchas variedades de pimientos y se dividen en dulces y picantes. Que puede variar entre los genotipos (rojo, amarillo, naranja, verde, chocolate / marrón, vainilla / blanco, y púrpura), tanto en la etapa madura como en la maduración total (Chávez *et al.*, 2015).

El pimiento se encuentra entre las principales hortalizas el cual se cultiva tanto en campo abierto como en invernadero. Los grandes productores de pimiento a campo abierto se localizan principalmente en zonas desérticas en el norte (Sonora y Sinaloa) y centro del país, los cuales han tenido que detener su expansión debido a la escasez de agua lo que ha dado paso a la producción de pimiento en invernadero (Morales *et al.*, 2013).

En México la mayor parte de la producción de pimiento se destina a la exportación lo que representa un negocio en plena expansión con oportunidades y posibilidades de alta rentabilidad, pues se siembran aproximadamente 5,800 hectáreas en todo el país, con rendimientos a campo abierto que pueden llegar hasta 50 t-ha año (Reséndiz *et al.*, 2010).

Principalmente el destino de exportación del pimiento es el mercado de Estados Unidos y Canadá. Con un alto valor de producción que el año pasado arrojó ganancias en el sector agropecuario local por 73 millones de pesos con los siguientes datos arrojados del 2018 cerraron con un valor de producción estimado en 185.8 millones de pesos (SADER, 2018).

La producción nacional de pimiento se centra principal en una estacionalidad, esto a razón del traslape con la producción de Estados Unidos. Lo cual se ve muy marcada ya que el 79% de nuestra producción será destinada a ese país, esta estacionalidad tiene sus puntos bajos principalmente en los meses de mayo, junio, julio y agosto, en este periodo los precios de comercialización son los más bajos para los productores mexicanos, esto porque los productores americanos están en plena cosecha. Para poder tener remuneraciones viables en México se produce su apogeo en los meses de: noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, obteniendo los mejores precios de comercialización (SIAP, 2017).

Función del boro

El boro es un elemento químico y esencial para la nutrición y crecimiento normal de las especies vegetales que se encuentra ampliamente distribuido en la biosfera usualmente en forma de H_3BO_3 (Broabley *et al.*, 2012; Moreno *et al.*, 2016) ya que promueve la división apropiada de las células, la elongación de células, la fuerza de la pared celular, la polinización, floración, producción de las semillas y la traslación de azúcar. El boro es también esencial para el sistema hormonal de las plantas (Rasheed *et al.*, 2009).

Tanto en una concentración excesiva produce efectos negativos en las plantas, se a reportado que la deficiencia o toxicidad por B disminuyen la conductancia estomática (Bogiani *et al.*, 2013) y así disminuyendo el rendimiento de la producción de los cultivos y afectando inevitablemente diversos sectores de la economía agraria (Ahmad *et al.*, 2012; Reid, 2010).

El correcto diagnóstico de los niveles de boro disponible en los suelos se considera que son de 30 ppm (Gupta & Solanki (2013) que se encuentra estrechamente relacionado con las técnicas adecuadas de fertilización, por ello, resulta sumamente importante que los métodos de determinación de boro disponible sean exactos y representativos de su disponibilidad real para los cultivos (Vera *et al.*, 2017).

Se ha reportado que la deficiencia o toxicidad por B disminuyen la conductancia estomática (gs), transpiración (E) y fotosíntesis neta (Pn), especialmente en hojas jóvenes.

Toxicidad por boro

El B es un micronutriente esencial para el crecimiento de los cultivos ya que está involucrado en varios procesos fisiológicos y bioquímicos en la planta (Niaz *et al.*, 2011) y que se encuentra libre en forma de ácido bórico, mientras que en el citoplasma (pH 7,5) cierta cantidad del B libre se encuentra en tetrahidroxiborato ($B(OH)_4^-$) (Broadley *et al.*, 2012). El exceso de B puede llegar a ser fitotóxico para las plantas causando una reducción del área foliar (Piñero *et al.*, 2017) con presencia de clorosis y parches necróticos en la región marginal de las hojas más viejas, retraso en el desarrollo, e inhibición del crecimiento (Ozturk *et al.*, 2010).

La toxicidad de B en las plantas es debida, por una parte, a la calidad del agua de riego utilizada (pozo) y por otra al exceso de este en los suelos (Rivero, 2015), estos serían aquellos que proceden de sedimentos marinos de regiones áridas o semi-áridas donde la falta de lluvia provoca poca lixiviación; derivados de depósitos geológicamente jóvenes y en general, los derivados de materiales ricos en boro (Guerreiro *et al.*, 2009) y la alteración de la composición de pigmentos es debido a la formación de especies reactivas de oxígeno que se producen a través de la clorofila triplete, lo cual puede inducir daños oxidativos, promueven la degradación de la clorofila o afectando su biosíntesis (Papadakis *et al.*, 2004).

Tanto la deficiencia como el exceso de boro afectan indirectamente el proceso de la fotosíntesis al debilitar los tejidos vasculares responsables del transporte de iones (Shireen *et al.*, 2018), ya sea debido a limitaciones de tipo estomático o no estomático. La respuesta a esta condición de estrés genera múltiples mecanismos los cuales varían de acuerdo a la especie y al estado fenológico de la misma, alterando el metabolismo de los diferentes pigmentos en las plantas (Moreno-Echeverry *et al.*, 2016).

Efectos del boro en la biomasa

El boro influye en la disponibilidad y absorción de otros nutrientes vegetales del suelo. Se observó un aumento aparente en la absorción y translocación de P, N, K, Zn, Fe y Cu en hojas, brotes y semillas después de la aplicación de B en algodón (Ahmed *et al.*, 2011).

Además, se considera esencial para el crecimiento activo de regiones de plantas, tales como puntas de raíz, desarrollo de nuevas hojas y brotes (Rasheed, 2009). El boro se requiere especialmente más en las células meristemáticas que en los maduros tejidos es por eso que; El primer efecto de la deficiencia de boro generalmente aparece en meristemas (Landi *et al.*, 2013).

Importancia del boro en la clorofila

Las variaciones en los parámetros relacionados con la fluorescencia de la clorofila a se han reportado debido a los diferentes niveles de B en la planta. La eficiencia máxima del PSII (F_v/f_m) tiende a disminuir con exceso de B en plantas de *Citrus grandis* y *Ocimum basilicum* (Cares *et al.*, 2015), y este efecto se ve disminuido en plantas de *Solanum lycopersicum* cuando existen sales presentes en la solución del suelo, las cuales ejercen una función antagonista con el B (Guidi *et al.*, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el área de invernaderos del Departamento de Horticultura, cuyas coordenadas geográficas son: 25° 25' 23°55" latitud N, 101°2'5.16 longitud O y 1763 msnm.

Material vegetativo

Las semillas que se utilizó para establecer el experimento son de yellow blocky pepper cv.shir F1 de la casa comercial Zeraim Gedera Syngenta, es una variedad ideal para cultivarse bajo invernadero con producciones destinadas a la exportación.

Tratamientos

Se evaluaron cinco concentraciones de boro, se consideraron los análisis de los minerales del agua de riego. El Ph de la solución que fue ajustado a 6.0 ± 0.1 con H_3PO_4 al 85% y HNO_3 al 55%. Los riegos se llevaron a cabo en forma manual, aplicando de acuerdo a las necesidades hídricas y etapa fenológico del cultivo.

Cuadro 2. concentraciones de B por cada tratamiento requerido.

Tratamientos	B (ppm)
T1	0.5
T2	1.5
T3	3.0
T4	4.5
T5	6.0

Instalación del experimento

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo gótico, el cual cuenta con una estructura con cubierta de plástico alrededor y que se caracteriza por tener un diseño de arcos, siendo esto de tipo ojival, con una altura aproximada de 10m que permite albergar un mayor volumen de aire y proporcionar un mejor microclima e iluminación interior.

Producción de plántulas

Se sembraron semillas de pimiento morrón en charolas de polietileno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss. Se colocó una semilla por cavidad a 3mm de profundidad que se cubrió con el mismo sustrato y se aplicaron riegos con base a las necesidades de la plántula.

Trasplante

Se realizó el trasplante a los 30 días después de la emergencia, cuando las plántulas alcanzaron una altura promedio entre 12 y 15 cm. Los contenedores se llenaron con sustrato a base de peat moss y perlita con una relación de 70/30 (v/v). Se colocó una plántula en cada contenedor cubriendo totalmente el cepellón; a una distancia entre plantas de 50 cm y contenedor de 40 cm con un total de 45 plantas.

Manejo del cultivo

Preparación de solución nutritiva

Se realizó una SN con un 50% de agua de la llave y un 50% de agua destilada, con una modificación de la solución de Steiner (1961), los tratamientos consistieron en 5 concentraciones de B (1.5, 3.0, 4.5 y 6.0ppm) los cuales son elementos nutritivos que son desarrollados en menor cantidad o proporción, pero que son esenciales para las plantas y así lograr el desarrollar en forma normal los procesos fisiológicos que la harán crecer bien y desarrollar frutos.

Riegos

Se efectuaron en forma manual de acuerdo a la edad del cultivo y a las necesidades hídricas de este, después del trasplante cada planta fue regada con 1000 ml de agua, además se aplicó un volumen suficiente de SN para mantener una fracción de lixiviado de 25 %.

Según la FAO (2018), los requerimientos totales de agua son de 600 a 900 mm y hasta 1250 mm para largos períodos de crecimiento y varias cosechas. El coeficiente de cultivo (k_c) que relaciona la evapotranspiración de referencia (E_{To}) con la evapotranspiración máxima (E_{Tm}) es 0.4 después del trasplante, 0.95 a 1.1 durante la cobertura completa y para pimientos frescos 0.8 a 0.9 en el momento de la cosecha. Se considera que aguas de riego con contenidos de B superiores a 4 ppm son inadecuados para las plantas de pimiento (Guerreiro *et al.*, 2009)

El agua subterránea contiene numerosos iones naturales y puede estar contaminada por actividades humanas los cuales influyen seriamente en la utilización agrícola. Además, el agua de riego con iones excesivos también impacta el medio ambiente (Chamú-Baranda *et al.*, 2011). Por ejemplo, los iones más comunes en las aguas subterráneas son el cloruro (Cl^-) y el sodio (Na^+)

particularmente en los acuíferos costeras. Cuando se usa agua con altas concentraciones de Cl y Na para el riego, muchas plantas sufren toxicidad y retraso en el crecimiento lo que resulta en una reducción del rendimiento (Jang *et al.*, 2012).

El agua constituye un recurso indispensable para los cultivos, de modo que el control y seguimiento de su calidad constituye un factor a tener muy en cuenta. Por sus propias características estructurales el agua disuelve y mantiene en suspensión un gran número de sustancias (Delgado *et al.*, 2010).

Lo primero que se observa es el cierre de las estomas, mecanismo aparentemente simple y destinado sólo a evitar la caída del potencial hídrico, pero que engloba una serie de ajustes fisiológicos y metabólicos colaterales que incluyen, entre otros, la disminución de la fotosíntesis y alteraciones en el transporte y distribución de fotosintatos (Rojas *et al* 2007).

Poda

La poda en las hojas y brotes, ayuda al aumento de la ventilación en las partes bajas de la planta, evitando así el exceso de humedad que puede favorecer la incidencia de enfermedades. Esto se realizó de 2-3 veces por semana para eliminar continuamente los nuevos puntos de crecimientos sobre los nudos (chupones); a través de esto se mejorará la calidad de los frutos y se evitará el aborto de brotes, flores y frutos jóvenes.

La poda de formación es más necesaria en variedades precoces de pimiento, porque producen más tallos que las tardías. Aunque la planta de pimiento crece inicialmente con un único tallo, pronto se bifurca para formar dos, e incluso, tres tallos, que continúa produciéndolos a lo largo de todo su ciclo. Con la poda de formación, básicamente se busca dejar dos o tres tallos principales o guías más fuertes que soporten todos los frutos (Pino *et al.*, 2018).

Además, para favorecer un crecimiento vegetativo inicial vigoroso, capaz de soportar la producción, se deben eliminar flores de la primera y segunda coyunturas (o piso) del tallo, generalmente hasta una altura de unos 40 cm.

Variables agronómicas

El experimento finalizó y se procedió a la medición del diámetro del tallo, utilizando un vernier Digital (Caliper), midiendo a 1 cm de la base de la planta. La altura de planta se determinó midiendo desde la base hasta la parte apical de la misma. Los diferentes órganos de la planta se separaron. El sistema radicular se sometió a un lavado con agua de la llave y agua destilada para eliminar el exceso de sustrato, para posteriormente determinar la longitud y volumen de raíz, este último se determinó con método de desplazamiento, utilizando una probeta de 1000 ml. posteriormente las plantas se separaron en raíz, tallo, hojas y flor. Los órganos separados se colocaron en bolsas de papel y posteriormente se introdujeron a un horno de secado a 65°C durante 72 h para obtener el peso de la materia seca de cada órgano, utilizando una balanza analítica. Por medio de la suma aritmética de los pesos secos se obtuvo el peso seco total (PST).

Control de plagas y enfermedades

Es recomendable hacer un seguimiento desde la plantación para asegurar el establecimiento del cultivo. A continuación, se indican los principales aspectos que se deben cuidar para un buen desarrollo de plántulas:

1. Usar un sustrato previamente esterilizado.
2. Usar semilla certificada.
3. Desinfectar charolas germinadoras.
4. El almácigo debe ser un invernadero independiente de las áreas de producción donde no existan otras plantas.
5. Evitar maleza dentro y alrededor del almácigo.

6. Después del trasplante, durante el desarrollo del cultivo y hasta el término del ciclo se deben cuidar (CONEVyT, 2008).

Durante la fase de almácigo, a lo largo del proceso de producción y frecuentemente después de la cosecha, el cultivo se ve afectado por diversos microorganismos que provocan enfermedades y consecuentemente reducen la población de plantas, abaten su potencial productivo y afectan negativamente la calidad y cantidad de chile, los hongos, bacterias, nematodos y virus son los microorganismos más frecuentemente observados en las plantas de chile enfermas en esta región del país (Velásquez *et al.*, 2013).

Los productos químicos a emplear para el control de plagas y enfermedades se deben estar rotando para que las plagas y enfermedades no se hagan resistentes a dichos productos INIFAP (2013).

Variables a evaluar

1. Altura de las plántulas (cm): se determinará midiendo con una regla graduada desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal de la plántula
2. Número de hojas: se determinará mediante conteo directo
3. Número de flores por planta: se determinará mediante conteo directo
4. Número de frutos: se determinará mediante conteo directo
5. Tamaño del fruto (diámetro polar y ecuatorial): se determinará empleando un pie de rey (Vernier)
6. Peso del fruto: se determinará con una balanza
7. Clorofila: se tomarán muestras de las hojas maduras de cada tratamiento las cuales se les determinarán los niveles de clorofila con el medidor SPAD 502 (Novoa, 2002).

Diseño experimental y análisis estadístico.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial (5 x 5), con cinco repeticiones por cada tratamiento se prepararán en base a lo mencionado por Westcot (1985), los datos obtenidos se someterán en un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple. Para la comparación de las medias se utilizará la Prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Parámetros vegetativos

El análisis de varianza realizado a los datos obtenidos, identifico diferencias estadísticas significativas entre las diferentes concentraciones de boro suministrando a las plantas de pimiento, con una confiabilidad de ($\alpha \leq 0.05$) se manifestaron en las variables, por lo que, con estos resultados se aprueba la hipótesis indicando que al menos una de las concentraciones de boro fue diferente a las otras, que se manejaron en las soluciones nutritivas, ya que, está presente una completa y compleja combinación de los nutrientes esenciales para obtener buen desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta, entre los tratamientos de boro suministrando.

Por otro lado, las variables; altura de la planta, clorofila, el peso seco de raíz (PSR), peso seco de la hoja (PSH), peso seco del tallo (PST), diámetro polar de fruto (DPol), diámetro ecuatorial de fruto (DFru), el peso de fruto (PFru), biomasa aérea y total en todas de manifestaron diferencias significativas por lo que el Boro si tiene influencia sobre estos parámetros en el cultivo de pimiento morrón, los coeficientes de variación (CV), registrado en el análisis de varianza se encuentra en el rango de lo que manifiesta que los datos de la cada tratamiento y repetición si tuvieron variación.

Comparación múltiple de medias

En el análisis de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), los componentes de variable vegetativo se identificaron diferencia significativa entre los tratamientos aplicados al cultivo, sin embargo, el comportamiento se presenta de manera diferencial en cada variable; por tal motivo se muestra en la gráfica, la respuesta que se expresó en cada variable es por la influencia de manejo y aplicación de Boro en cada una de las plantas.

El B es un micronutriente que se necesita para la nutrición su crecimiento y desarrollo de todas las plantas, y su disponibilidad en el suelo y el agua de riego, es de gran importancia para la producción de las especies cultivadas, pues ejerce una función de importancia en el equilibrio nutricional, fisiológico y bioquímico de las plantas cultivadas (Arunkumar *et al.*, 2018), Una nutrición adecuada de B es fundamental para obtener altos rendimientos y calidad de los cultivos (Ali *et al.*, 2015).

Volúmen de raíz

De acuerdo al análisis de varianza de volumen de raíz, no se encontró diferencia significativa en las diferentes concentraciones de boro, sin embargo, la aplicación de 1.5 y 3.0 ppm de B se comportaron con una similitud favoreciendo al crecimiento radicular (Figura 1), superior a esta concentración de boro disminuye el volumen de la raíz, no obstante, se muestra que el boro en niveles requeridos, en trabajos similares como el de Vera (2001) se menciona que el boro es requerido primeramente para elongación de la células radicales, y posteriormente para la división de las misma, por otro lado, Desmartis (2012) menciona que con alto contenido de B, es posible observar una tendencia que, a mayor dosis de B aplicada, mayor es la longitud de la raíz y efecto inhibitor del alto contenido, en la (Figura 1) se observa un detrimento a altas concentraciones de boro en el volumen de la raíz de planta de pimiento.

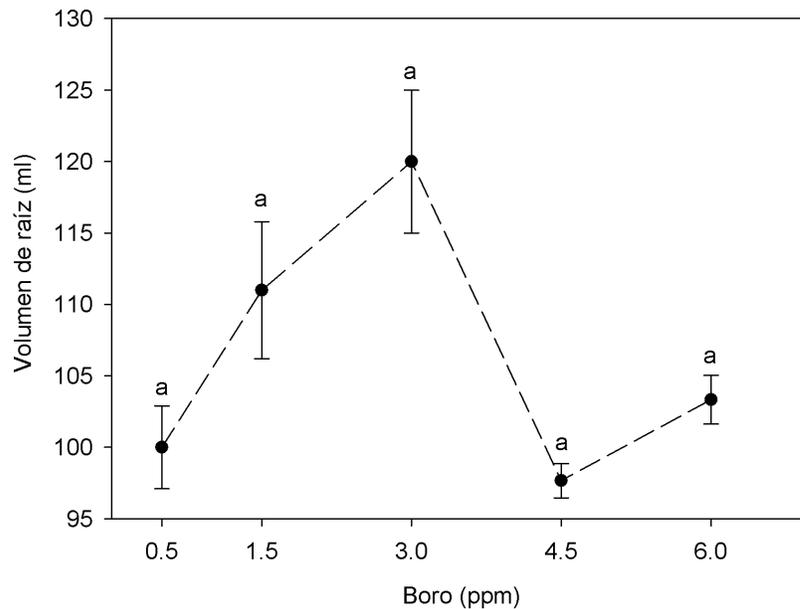


Figura 1. Efecto de la concentración de Boro en el volumen de la raíz de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media.

Peso seco de hoja, tallo y raíz

En cuanto a la biomasa seca de la hoja, la concentración de boro muestra un efecto significativo, observando mayor biomasa de hoja en plantas irrigadas con 1.5 ppm de boro (Figura 2), ya que el boro de manera balanceada en una solución nutritiva puede tener un efecto significativo sobre la longitud, crecimiento y desarrollo de las hojas, un buen manejo se refleja en el aumento de hojas y buen desarrollo, lo cual se encuentra relacionado con la aplicación de boro. En el peso seco del tallo se encontró una diferencia significativa, en la cual, la concentración de 1.5 ppm de boro fue mejor (Figura 3) debido a que se presentó una mayor biomasa, observándose así, un detrimento con las concentraciones más altas de boro independientemente con las que las plantas hayan sido nutridas. En el peso seco de raíz no aparece diferencia significativa (Figura 4), lo cual nos hace pensar que probablemente estemos trabajando con niveles óptimos de boro, en caso de

llegar a producir una toxicidad con las concentraciones más altas de boro. El crecimiento de la planta bajo al incrementar las concentraciones de B en la solución nutritiva, con una reducción de crecimiento en las raíces mayor que en las hojas o el tallo. La concentración de boro incremento en todos los tejidos siguiendo una orden hoja, tallo y raíz.

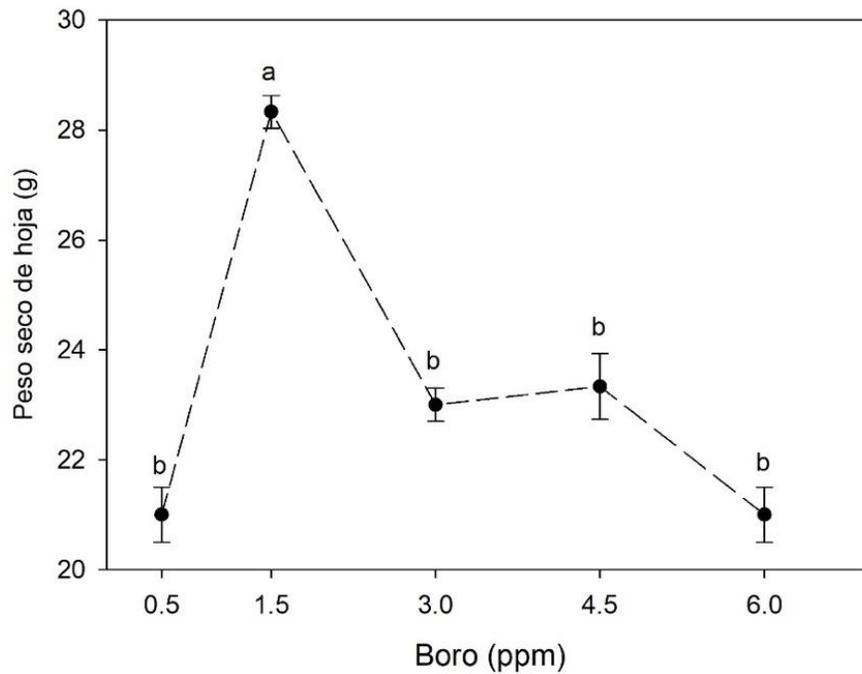


Figura 2. Efecto de la concentración de Boro en el peso seco de la hoja de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media.

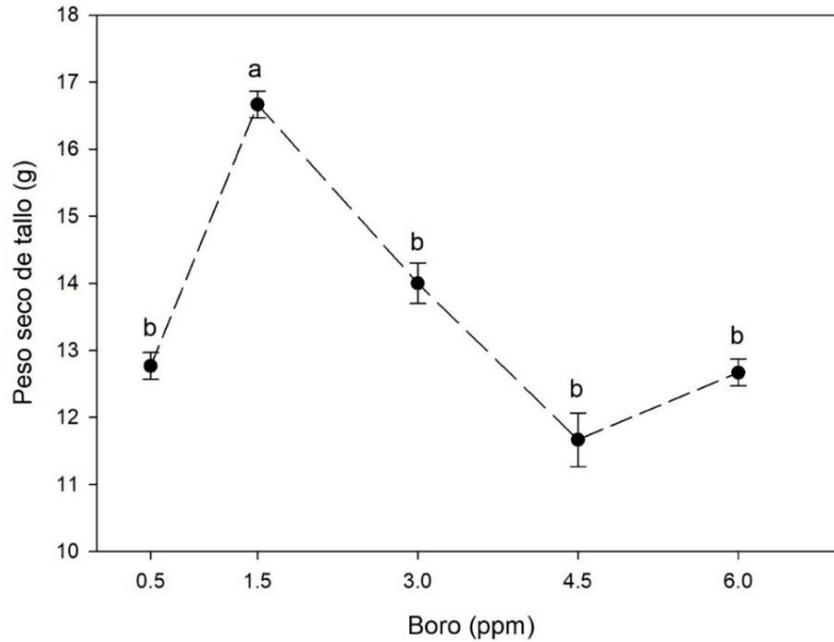


Figura 3. Efecto de la concentración de Boro en el peso seco del tallo de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media.

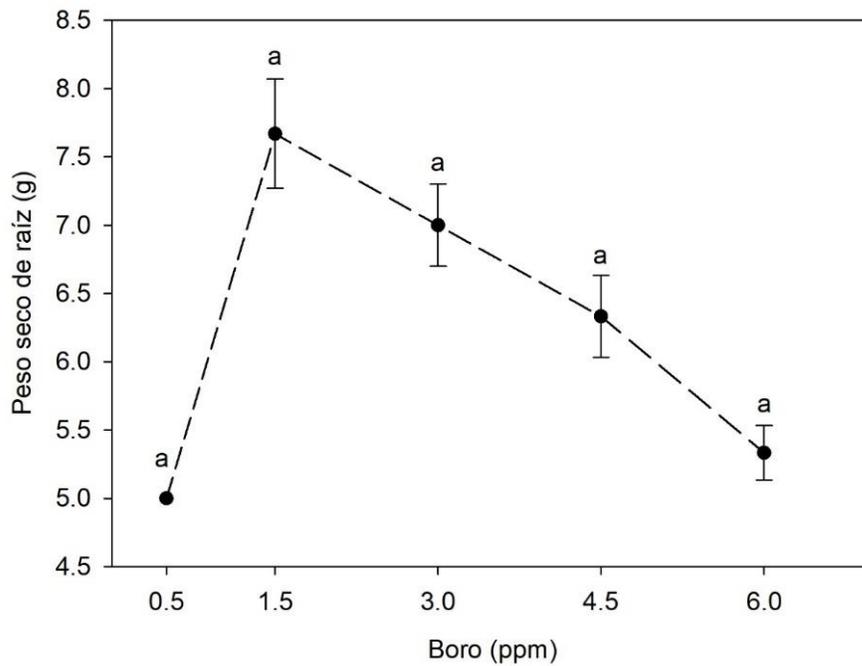


Figura 4. Efecto de la concentración de Boro en el peso seco de la raíz de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media.

Biomasa total

El contenido total de materia seca de la planta de pimienta refleja que fue afectada significativamente por la concentración de B, observando que el comportamiento se obtuvo en plantas en las que se aplicó una concentración de 1.5 ppm de boro fue efectiva, mientras aquellas plantas que recibieron mayor concentración de boro, mostraron una menor la producción de biomasa respecto a que indica, que superior a esta concentración de B se ajusta a una mayor densidad celular en la hojas debido a los condicionamientos en la expansión celular (Figura 5), la reducción de biomasa es típica a plantas que son expuestas a exceso de B, esto es susceptible que el exceso de B, generalmente se concentra entre las hojas y el brote (Sarafi et al., 2017).

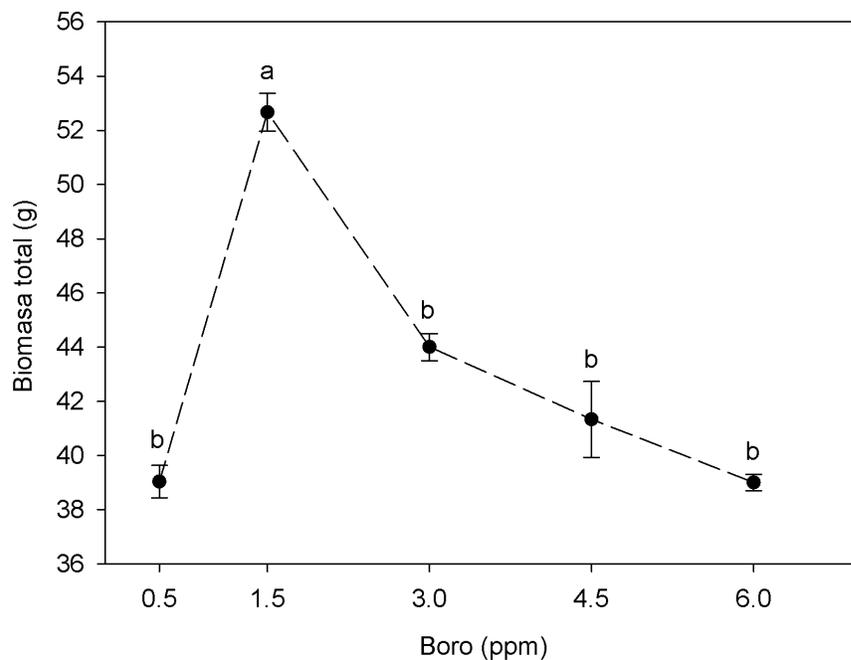


Figura 5. Efecto de la concentración de Boro en biomasa total de pimienta morrón. Las barras indican el error estándar de la media.

Fisiológicas

Las diferentes variables fisiológicas también fueron afectadas significativamente por las concentraciones de B. La conductancia estomática fue menor en las hojas de plantas que recibieron 1.5 ppm de boro. Mientras que, la transpiración y fotosíntesis de las hojas fueron mayores en las plantas que recibieron 3.0 ppm de boro, superior a esta concentración esta actividad fisiológica decrece (Cuadro 3). La disminución de esta puede ser debido a una alta concentración de B, pues causa toxicidad. Hao *et al.* (2020) señala que en plantas de remolacha azucarera puede ser reducida la capacidad fotosintética de las hojas por una toxicidad de boro. Además que, dificultar el transporte de productos fotosintéticos, acumula una gran cantidad de oxígeno activo en las células y producir estrés oxidativo en las células, inhibiendo así el crecimiento de las plantas.

Cuadro 3. Efecto de la concentración de B sobre la transpiración, fotosíntesis y conductancia estomática de las plantas de pimiento morrón.

B (ppm)	Conductancia estomática $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Transpiración $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Fotosíntesis $\text{umol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
0.5	133.284a	2.89711c	3.771b
1.5	117.461b	3.58211b	3.984ab
3	129.265a	4.08678 ^a	4.051a
4.5	135.679a	2.44344d	3.983ab
6	133.698a	2.78822c	3.487c
Anova P≤	<.0001	<.0001	<.0001

Rendimiento

El rendimiento de fruto de las plantas de pimiento, fue afectado significativamente por las concentraciones de boro (B). El mayor rendimiento de fruto se obtuvo en las plantas que se le aplicaron una concentración de 0.5 ppm de B, superior a esta concentración de B disminuye el rendimiento (Figura 2). Esta disminución del rendimiento puede ser debido a una posible toxicidad de las plantas por B. Este efecto fue similar por lo reportado por Ayers & Westcot (1985), quienes mencionan que en plantas cultivadas con 0.2 ppm de B por litro de agua es suficiente para su óptimo crecimiento y de 1 a 2 ppm ya puede ser tóxico. Además, Mancho-Rivera (2015) señalan que la toxicidad puede producir un retraso tanto en el desarrollo y una reducción del tamaño de las plantas y así también como del número, tamaño y peso de los frutos.

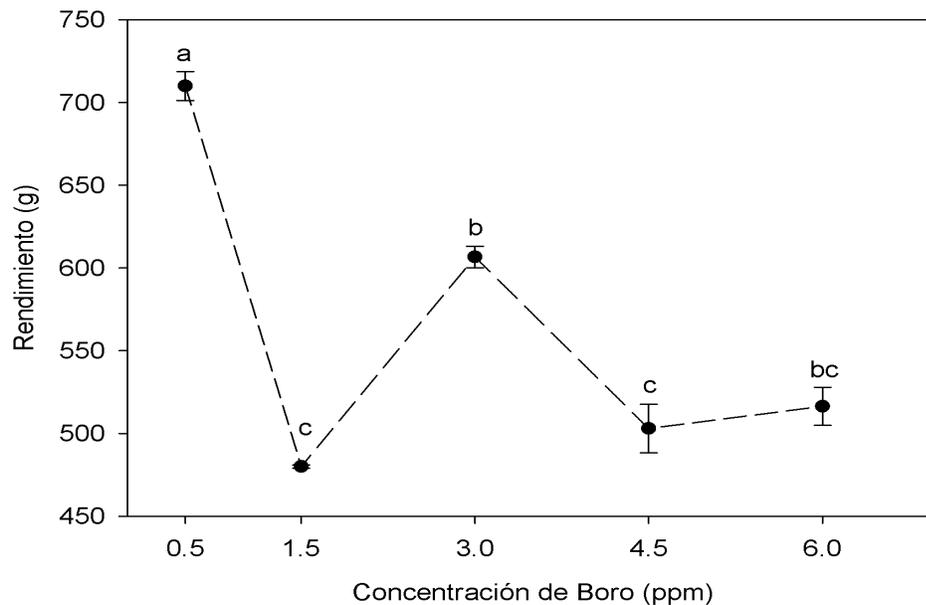


Figura 6. Efecto de la concentración de Boro en el rendimiento de las plantas de pimiento morrón. Las barras indican el error estándar de la media.

CONCLUSIÓN

Las concentraciones bajas de boro presentaron mayor crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de pimiento morrón, esto debido a que el boro es un mineral que se requiere en dosis muy bajas para el desarrollo de diversos cultivos entre los cuales se encuentra el pimiento morrón.

A pesar de que incremento la actividad fotosintética de las hojas, esto no se reflejó en un mayor crecimiento y rendimiento de fruto. La disminución de crecimiento, actividad fotosintética y del rendimiento de fruto en altas concentraciones de boro puede ser debido a una posible toxicidad de las plantas por el boro.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad**, W., Zia, M., Malhi, S. and Niaz, A. (2012). Boron Deficiency in soils and crops: a review. *Crop Plant*. 77-114.
- Ahmed**, N., Abid, M., Ahmad, F., Ullah, M. A., Javaid, Q., and Ali, M. A. (2011). Impact of boron fertilization on dry matter production and mineral constitution of irrigated cotton. *Pak. J. Bot*, 43(6), 2903-2910.
- Ali**, F., Ali, A., Gul, H., Sharif, M., Sadiq, A., Ahmed, A., and Kalhor, S. A. (2015). Effect of boron soil application on nutrients efficiency in tobacco leaf. *American Journal of Plant Sciences*, 6(09), 1391.
- Arunkumar**, B. ., Thippeshappa, G. ., Anjali, M. ., and Prashanth, K. . (2018). Boron : A critical micronutrient for crop growth and productivity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2738–2741.
- Ayers**, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper No. 29. FAO, Rome, Italy, pp. 1–117.
- Bogiani**, J. C., Amaro, A. C. E., and Rosolem, C. A. (2013). Carbohydrate production and transport in cotton cultivars grown under boron deficiency. *Scientia Agricola*, 70(6), 442-448.
- Broadley**, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z. and Zhao, FJ. (2012). Nutrient function: micronutrients. in: Marschner, P. (ed.) Mineral nutrition of higher plants of Marschner, 3rd ed Academic Press, London. 191-248.
- Cares**, I. E. F., Damián, M. T. M., Pérez, J. E. R., Álvarez, O. C., León, M. T. B. C., Guadarrama, S. V., y Ramírez, S. P. R. (2015). Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.). *Interciencia*, 40(10), 696-703.
- Chamú-Baranda**, J. A., López-Ordaz, A., Ramírez-Ayala, C., Trejo-López, C., y Martínez-Villegas, E. (2011). Respuesta del pimiento morrón al secado

parcial de la raíz en hidroponía e invernadero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2(1), 97-110.

Chávez-Mendoza, C., E. Sánchez, E. Muñoz-Márquez, J. P. Sida-Arreola and M. A. Flores-Córdova. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. 4: 427-446.

Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Carvajal-Millán, E., Muñoz-Márquez, E., and Guevara-Aguilar, A. (2013). Characterization of the Nutraceutical Quality and Antioxidant Activity in Bell Pepper in Response to Grafting. Molecules, 18(12).

Condés Rodríguez L. F. (2017). Pimiento, In: cultivos hortícolas al aire libre (Maroto B. JV & Baixauli S.C. Eds, Serie Agricultura España, Libro [13], 471-507.

CONEVyT, Consejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo. (2008). Producción de Jitomate mediante técnicas de hidroponía. Modulo Técnico. Capítulo 6. Control de plagas y enfermedades. 94-131.

Consumidor de España. (2009). Generalidades de los pimientos morrones. Recuperando el 29 de noviembre del 2019 de <http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/pimiento/intro.php>

Cruz-Huerta, N., Ortiz-Cereceres, J., del Castillo, F. S., y del Carmen Mendoza-Castillo, M. (2005). Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivado en altas densidades. Revista Fitotecnia Mexicana, 287-293.

Delgado, C., Pacheco, J., Cabrera, A., Batllori, E., Orellana, R., and Bautista, F. (2010). Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatán, Mexico. Agricultural Water Management, 97(10), 1423-1433.

Desmartis Soza, D. (2012). Efecto de las aplicaciones de boro al suelo sobre la concentración foliar del elemento y el crecimiento de raíces en vid "Flame Seedless". Tesis postgrado, Chile.

- Espinoza**, J. A. V., García, M. B. M., Salgado, S. Z., Arturo, M., y García, C. (2019). Cultivos agrícolas de importancia económica en Baja California Sur. Memoria in extenso, 727-736
- FAO** (2018). Land and Water: Pepper. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/pepper/en/> (último acceso enero 2018)
- Guerreiro**, M. J. R., Camacho, E. M., y Pita, M. D. L. Á. B. (2009). Estudio comparativo de la tolerancia al boro de dos variedades de pimiento (*Capsicum annum* L.). UDO Agrícola, 9(3) 509-516,
- Guerreiro**, M. J. R., Camacho, E. M., y Pita, M. D. L. Á. B. (2009). Estudio comparativo de la tolerancia al boro de dos variedades de pimiento (*Capsicum annum* L.). Revista Científica UDO Agrícola, 509-516.
- Guidi**, L., Delgl'Innocenti, E., G. Carmassi, D. Massa and A. Pardossi. (2011). Effects of boro non leaf chlorophyll fluorescence of greenhouse tomato grown with saline wáter. Environ. Exp. Bot. 73,57-63.
- Gupta**, U., and Solanki, H. (2013). Impact of boron deficiency on plant growth. International journal of bioassays, 2(7), 1048-50.
- Hao**, X., Wu, Z., Wang, X., Song, B., and Zhou, J. (2020). Leaf photosynthesis and tissue damage response to high boron stress in sugar beet seedlings. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 37(5), 753-760.
- Hernández-Montiel**, L. G., Chiquito Contreras, R. G., Castillo Rocha, D. G., Chiquito Contreras, C. J., Vidal Hernández, L., y Beltrán Morales, F. A. (2018). Efecto de microcápsulas de *Pseudomonas putida* sobre crecimiento y rendimiento de pimiento morrón. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(SPE20), 4223-4233.
- Herrera-Rodríguez**, M. B., González-Fontes, A., Rexach, J., Camacho-Cristobal, J. J., Maldonado, J. M., and Navarro-Gochicoa, M. T. (2010). Role of

boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. *Plant Stress*, 4(2), 115-122.

Jang, C., Chen, S., and Kuo, Y. (2012). Establishing an irrigation management plan of sustainable groundwater based on spatial variability of water quality and quantity. *Journal of Hydrology*, 414, 201-210.

Landi, M., D. Remorini, A. Pardossi and L. Guidi. (2013). Boron excess affect photosynthesis and antioxidant apparatus of greenhouse Cucurbita pepo and Cucumis sativus. *J. Plant Res.* 126, 775-786.

Latorre, M. (2010). El Boro en la desalación. Experiencia en la Planta de Valdelentisco.

Leonel Lenin J. C, Guayaquil – Ecuador (2016), “Efecto de la aplicación foliar y edáfica con varias dosis de boro en pimiento (*Capsicum annum* L.) en el cantón el triunfo”. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias trabajo de titulación.

Medina Valdovinos, E. K., Mancilla Villa, O. R., Larios, M. M., Guevara G, R. D., Olguín López, J. L., y Barreto García, O. A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. 34(6), 51-59.

Morales Guzmán, J. (2013). Evaluación de la producción y calidad de pimiento (*Capsicum annum* L.) Cvcannon ¿obtenido mediante biofertilización (Doctoral dissertation). Universidad Autónoma de Querétaro.

Moreno, D., Quiroga, I., Balaguera-López, H., y Magnitskiy, S. (2016). El estrés por boro afecta la fotosíntesis y la síntesis de compuestos antioxidantes en plantas. Una revisión. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 10(1), 137-148.

Moreno-Echeverry, D., Quiroga, I. A., Balguera-Lopez, H. E., and Magnitskiy, S. (2016). Boron stress affects photosynthesis and metabolism of plant

pigments. A review. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 10(1), 137-148.

- Niaz A.**, Muhammad A., Fiaz A., Muhammad A. U., Qaisar J., and Muhammad A. A. (2011) Impact of boron fertilization on dry matter production and mineral constitution of irrigated cotton. *Pak. J. Bot.*, 43(6): 2903-2910.
- Novoa S.-A.**, Rafael, y Villagrán A., Nicolás. (2002). evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica*, 62(1), 166-171
- Ozturk, M.**, Sakcali, S., Gucl, S., and Tombuloglu, H. (2010). Boron and plants. In *Plant adaptation and phytoremediation*. 275-311.
- Papadakis, I.**, Dimassi, K., Bosabalidis, A., Therios, I., Patakas, A., and Giannakoula, A. (2004). Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of “Navelina” orange plants grafted on two rootstocks. *Environmental and Experimental Botany*, 51 (3), 247-257.
- Piñero, M. C.**, Pérez-Jiménez, M., López-Marín, J., and del Amor, F. M. (2017). Amelioration of boron toxicity in sweet pepper as affected by calcium management under an elevated CO₂ concentration. *Environmental Science and Pollution Research*, 10893–10899.
- Pino, María T.**; Campos, Arturo; Saavedra, Javier; Álvarez, Francisco; Salazar, Carolina; Hernández, Cristián; Soto, Sylvana; Estay, Patricia; Vitta, Nancy; Escaff, Moisés; Pabón, Carolina; Zamora, Olga. (2018). *Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes*. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín, 110 p.
- Puñales, T. T.**, y Aguilar, C. B. (2016). La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(1), 46-61.
- Rasheed, M. K.** (2009). Role of boron in plant growth: a review. *J Agric Res*, 47(3).

- Reid, R.** (2010). Can we really increase yields by making crop plants tolerant to boron toxicity?. *Plant Science*. 178: 9-11.
- Rejano, E. M. M.** (2014). *Efectos del aporte de boro sobre el crecimiento radical en plántulas de " Arabidopsis thaliana"* (Doctoral dissertation, Universidad Pablo de Olavide).
- Reséndiz-Melgar R. C.;** Moreno-Pérez E.; Sánchez-Del Castillo F.; Rodríguez-Pérez J. E.; Peña-Lomelí A. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 16: 223-229.
- Rivero, M. Á. M.** (2015). *Efectos de la toxicidad de boro en los genotipos silvestre y mutante nced3 de Arabidopsis Thaliana* (Doctoral dissertation, Universidad Pablo de Olavide).
- Rivero, M. Á. M.** (2015). Efectos de la toxicidad de boro en los genotipos silvestre y mutante nced3 de Arabidopsis Thaliana (Doctoral dissertation, Universidad Pablo de Olavide).
- Rojas, G.,** Posadas, A., Quiroz, R., Holle, M., y Málaga, M. (2007). Secado parcial de raíces: una promisorio técnica de riego en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Zonas Áridas*, 11(1), 206-218.
- SADER** Querétaro. Publicación. 20 de diciembre (2018).
- SAGARPA** (2013). Producción de pimiento morrón en casa-malla para el sur de Tamaulipas. Folleto Técnico No. CLAVE: INIFAP/CIRNE/A-509.
- Sarafi, E.,** Tsouvaltzi, P., Chatzissavvidis, C., Siomos, A., and Therios, I. (2017). La melatonina y el resveratrol revierten el efecto tóxico del alto contenido de boro (B) y modulan los parámetros bioquímicos en las plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Fisiología y bioquímica vegetal*, 112: 173-182.

- Selahle**, K., Sivakumar, D., Jifon, J. and Soundy, P. (2015). Postharvest responses of red and yellow sweet peppers grown under photo-selective nets. *Food Chemistry*, 173: 951-956.
- Shireen**, F., Nawaz, MA., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z ., Sohail, H ., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., and Bie, Z. (2018). Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *International journal of molecular sciences*, 19(7), 1856.
- SIAP** (2017). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Español.
- Steiner**, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134–154.
- Uluisik**, I., Karakaya, H. C., and Koc, A. (2018). The importance of boron in biological systems. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 45(March 2017), 156–162.
- Velásquez-Valle**, R., Reveles-Torres, L.R. y Reveles-Hernández, M. (2013). Manejo de las principales enfermedades del chile para secado en el norte centro de México. Folleto Técnico. Núm 50. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 57 páginas.
- Vera**, A. L. A., y Edafología, D. P. A. Á. (2001). El boro como nutriente esencial. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (155), 36-47.
- Vera**, M., Combatt, E. M., y Palencia, M. S. (2017). Estudio de la capacidad de retención de boro disponible en suelos mediante membranas funcionales con cadenas de polioles. Vol. 19. 96-105.
- Westcot** D. W. (1976) *Water Quality Specialist Land and Water Development Division* FAO, Rome. R. S. Ayers *FAO Consultant Soil and Water Specialist* University of California Davis, California, U.S.A. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.