

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS



Producción de Tomate con Nutrición Sintética y su Efecto en Calidad

Por:
Luis Fernando Morales Morales

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción de Tomate con Nutrición Sintética y su Efecto en Calidad

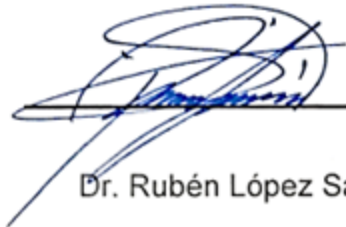
POR
Luis Fernando Morales Morales

TESIS

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:



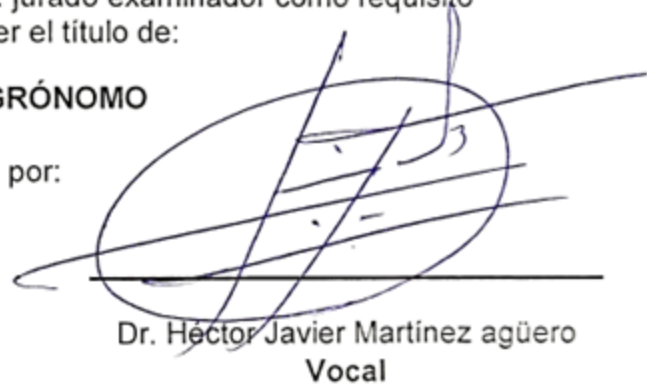
Dr. Rubén López Salazar

Presidente



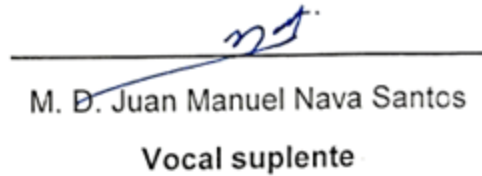
Dr. José Rafael Paredes Jacome

Vocal



Dr. Héctor Javier Martínez agüero

Vocal



M. D. Juan Manuel Nava Santos

Vocal suplente



M. E. Javier López Hernández

Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción de Tomate con Nutrición Sintética y su Efecto en Calidad

POR

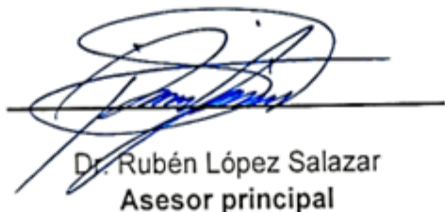
Luis Fernando Morales Morales

TESIS

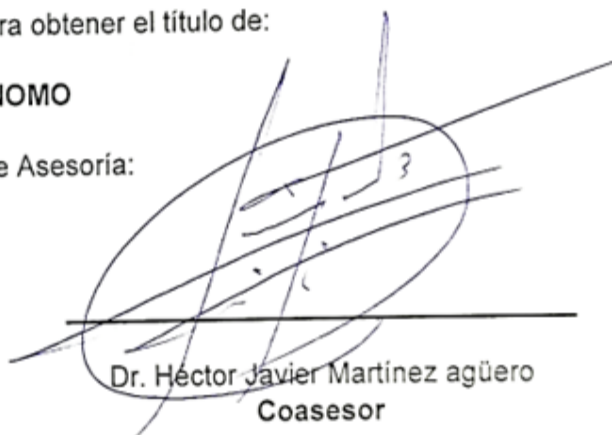
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



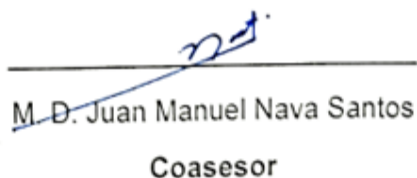
Dr. Rubén López Salazar
Asesor principal



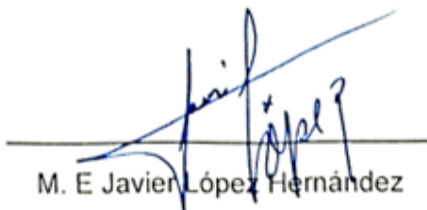
Dr. Héctor Javier Martínez agüero
Coasesor



Dr. José Rafael Paredes Jacome
Coasesor



M. D. Juan Manuel Nava Santos
Coasesor



M. E. Javier López Hernández

Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila , mexico
Mayo 2024

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, salud, voluntad, entendimiento y a mi familia los cuales me ayudaron a concluir un logro más en la vida como lo es el poder terminar mis estudios profesionales.

“ALMA TERRA MATER” que en sus instalaciones se queda gran parte de mi vida y unos muy buenos recuerdos que me llevare en los pensamientos.

Al Dr. Rubén López Salazar por brindarme la oportunidad de realizar mi proyecto de investigación y compartir su vasto conocimiento, por no limitarse en cuanto a brindar el apoyo que se necesite, gracias por la oportunidad y todo el apoyo brindado.

A MIS ASESORES:

Al Dr. Héctor Javier Martínez Agüero, al Ing. Juan Manuel Nava y al Dr. José Rafael Paredes Jácome, por compartirme un poco de sus conocimientos y darme la oportunidad de realizar el presente trabajo con su apoyo.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico completamente a mis **padres, hermanos y amigos**. Que gracias a todo el apoyo que me brindaron hoy estoy aquí, gracias por todos los consejos que me dieron con mucho cariño, por haberme acompañado durante todo este proceso, por haberme impulsado a seguir adelante en los momentos más difíciles de la vida, este logro va dedicado con mucho cariño para todos ellos

A TI MADRE. Que siempre me has acompañado desde el primer momento aun con todas las dificultades con los problemas que siempre cause o por la mala actitud que a veces llegaba a tener nunca me dejo solo, siempre estaré agradecido

A TI PADRE. Por todo el apoyo y confianza que me brindaste en todo este proceso, hasta llegar a este logro y en todos los logros anteriores

MIS HERMANOS. siempre presentes en mi mente por el infinito apoyo que me han brindado, por toda su confianza y sus buenos deseos, viviendo lejos unos de otros, pero siempre los llevo en el corazón. **Fabiola morales, Rosa morales, Adrián morales, Emelin morales, Carlos Morales, María morales.**

BERNABÉ GONZALES ESCALANTE. Un gran amigo y compañero de carrera que me brindo apoyo en los momentos difíciles siendo el mismo quien se mantuvo en los momentos de alegría y felicidad, al igual que sus buenos consejos que siempre ayudan.

RESUMEN

En la presente investigación se cuantifico el comportamiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette indeterminado expuestas a un solo nutriente por cada tratamiento tomando en cuenta que se realizaron 4 grupos en los cuales uno de ellos llamado “testigo” fue colocado sin la aplicación de cierto nutriente esto con la intención de analizar el comportamiento que se tendrá durante todo el proceso, haciendo evaluaciones del crecimiento de la planta, tanto del vigor de la misma como de su productividad, al llegar el momento de cosechar los frutos obtenidos estos serán evaluados de igual manera para verificar su calidad, se tomaran datos de densidad se cuantifico el diámetro polar y ecuatorial, firmeza, peso y grados Brix, para la investigación se seleccionaron tres nutrientes, en el primer tratamiento evaluado se usó una solución nutritiva completa de 61.83 gramos de ácido bórico (H_3BO_3), el segundo tratamiento evaluado se fue tratado con la solución nutritiva de 161.47 gramos de sulfato de zinc ($ZnSO_4$) y la tercer solución nutritiva fue conformada por 164.088 g $Ca(NO_3)_2$; investigación se desarrolló en otoño-invierno dentro del invernadero de horticultura.

Los resultados llevaron a concluir que la aplicación de calcio presenta en su mayoría resultados con mejores características de calidad presentando plantas con una mejor presentación al obtenerse plantas mas grandes, con una mayor cantidad de follaje durante todo el proceso de crecimiento y en el promedio de crecimiento final, la aplicación de boro logra predominancia en cuanto al llenado de frutos obteniéndose una mayor crecimiento y pesos superiores en la mayoría de los cortes realizados, siendo estos 2 tratamientos los que presentaron datos de mayor calidad.

Palabras clave: Variables de calidad, Producción, Saladette, Macro y micro elementos, Nutrición sintética

Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN.....	iii
Índice de figuras.....	vi
Índice de cuadros.....	vi
Índice de graficas.....	vi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Importancia del cultivo	3
Importancia económica del cultivo.....	3
Importancia mundial	4
Importancia nacional.....	4
Importancia regional	4
Origen.....	4
Clasificación taxonómica	5
Características morfológicas.....	5
Tallo y Hojas	6
Flor	6
Fruto y semilla	7
Sistema radicular	7
Solución nutritiva	7
Sustrato	8
Fertilizantes	8
Sulfatos	9
Nitratos.....	10
Macro Y Micronutrientes.....	11
Calcio (Ca).....	11
Zinc (Zn)	12
Boro	13

Agricultura protegida (AP)	14
Manejo Integrado de Plagas (MIP)	16
Monitoreo fitosanitario	16
Plagas.....	17
Mosca blanca	17
Pulgón	18
Polilla del Tomate.....	18
Mosca chupadora.....	18
Enfermedades	19
Tizón temprano Alternaria solani.....	19
Botrytis cinerea Moho gris.....	20
Virus del mosaico del pepino.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	22
Ubicación.....	22
Características climáticas	22
Materiales utilizados	22
Diseño experimental usado	22
Germinación de semillas en charola.....	23
Llenado y colocación de bolsas para trasplante	23
Imagen 2.- llenado y preparación de bolsas para trasplante	24
Trasplante.....	24
Imagen 3.- trasplante de plantas	24
Riego	25
Imagen 4.- preparación del agua de riego	25
Solución nutritiva	25
Tutorado	26
Deshoje	26
Cosechas.....	27
Variables a evaluar.....	28
Diámetro polar.....	28
Diámetro ecuatorial	28
Firmeza	28
la firmeza o dureza del tomate se cuantifico con la ayuda de un penetrómetro	28
Resultados y discusión	28
Explicación de cuadros sobre toma de datos frutos cosechados.....	30
Conclusión	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

Índice de figuras

<i>Ilustración 1 preparación de charolas para la germinación de semillas (Luis, 2021).</i>	23
<i>Ilustración 2 llenado y preparación de bolsas para trasplante (Luis, 2021).</i>	24
<i>Ilustración 3 trasplante de plantas (Luis, 2021).</i>	24
<i>Ilustración 4 preparación del agua de riego (Luis, 2021).</i>	25
<i>Ilustración 5 colocación de rafias para tutorado de plantas (Luis, 2021).</i>	26
<i>Ilustración 6 inicio de poda de las hojas más viejas (Luis, 2021).</i>	27

Índice de cuadros

Cuadro. 1 <i>Análisis de varianza del diámetro polar de los frutos de tomate analizados.</i>	30
Cuadro. 2 <i>Agrupación de medias del diámetro polar de frutos analizados.</i>	31
Cuadro. 3 <i>análisis de varianza del diámetro ecuatorial de los frutos analizados.</i>	31
Cuadro. 4 <i>agrupación de medias del diámetro ecuatorial de los frutos analizados</i>	31
Cuadro. 5 <i>Análisis de varianza del peso de los tomates analizados.</i>	32
Cuadro. 6 <i>Agrupación de medias del peso de los tomates analizados.</i>	32
Cuadro. 7 <i>Análisis de varianza de Grados Brix resultantes de los frutos analizados</i>	33
Cuadro. 8 <i>Agrupación de medias de Grados Brix resultantes de los frutos analizados.</i>	33
Cuadro. 9 <i>Análisis de varianza de la firmeza en frutos analizados.</i>	33
Cuadro. 10 <i>Agrupación de medias de la firmeza en frutos analizados</i>	34

Índice de graficas

<i>Grafica 1 Altura de la planta</i>	29
<i>Grafica 2 Tallo de la planta</i>	29
<i>Grafica 3 frutos analizados</i>	30
<i>Grafica 4 racimos analizados</i>	30

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es importante a nivel mundial, su exportación es de 35% en México hacia el mercado de Estados Unidos, en México es importantes debido al valor de producción y demanda de mano de obra que genera (Pérez, 2017)

La agricultura protegida (AP) se realiza en condiciones controladas, se minimiza los cambios de clima, las estructuras más utilizadas son los invernaderos, malla sombra, túneles altos y bajos, estas instalaciones son diversas ya que deben considerar la mayor capacidad de control ambiental (SENASICA, 2016), la AP se realiza al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos, la agricultura tradicional se encuentra asociada al riesgo, estos son: climatológicos, económicos, limitaciones de recursos productivos, se establece que la AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores (Moreno et al., 2011), permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural, se enfrenta con éxito plagas y enfermedades, mejores rendimientos en menor espacio y mejor precio en los mercados, se obtienen mejores ingresos para los agricultores (Moreno et al., 2011).

En el país el cultivo protegido viene demostrando una creciente desde 1998 a 2008 generando una tasa media de crecimiento anual de hasta 34.5% (Moreno et al., 2011).

La aplicación de fertilizantes a los cultivos es una de las prácticas para manejo de cultivos de tomate en agricultura protegida (Hernández, 2009).

Los agricultores responsables de generar la exportación de tomate del Valle de Culiacán del noreste de México, con la idea de incrementar el rendimiento en la superficie tratada aplican dosis superiores a las recomendadas de nitrógeno del orden 280 kg de N ha⁻¹ (Ruelas et al., 2005).

Con el presente crecimiento de productos alimenticios se presenta escasez hídrico requeridos para la agricultura y el alto valor de los productos o insumos agrícolas, es necesario buscar nuevas tácticas que ayuden a reducir los costos de producción para poder obtener mejores rendimientos, la práctica de fertirriego parece ser una de las prácticas agrícolas que

favorecen a la aplicación de fertilizantes y agua al mismo tiempo a la planta a la planta en todo el ciclo de producción (Duarte et al., 2010).

En cuanto a que el fertirriego ha demostrado que es una práctica muy exitosa, se tienen problemas con la aplicación de nutrientes que deben ser suministrados ya que son indispensables para la planta, para poder tener un mejor control de la aplicación correcta de la dosis de nutriente para así tener una mejora visible de calidad y tener un mejor aprovechamiento de todos los nutrientes disponibles logrando una mayor rentabilidad de productos sin causar deterioro de recursos (Hernández, 2009).

Objetivos

- Evaluar la variación de producción y calidad de la planta y tomate con respecto al nutriente correspondiente aplicado.
- Evaluar con que nutriente la planta presenta la mejor producción en masa y calidad.

Hipótesis

Hi. se presentan variaciones significativas en la producción y calidad de tomate con respecto al nutriente aplicado a cada planta.

Ha. Todas las plantas presentan el mismo rango de producción y calidad sin importar el nutriente aplicado.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del cultivo

En México la producción de tomate es una de las actividades de mucha importancia ya que se cuenta con 70% de cultivos que son producidos en AP (Juárez et al., 2015).

Se cuentan con datos relacionados con que el tomate es la hortaliza que ocupa el primer lugar en cuanto a valores altos de producción, solo por debajo de la producción de chile con respecto a los más cultivados aun con eso es uno de los cultivos que proporciona mejoras en la economía del país, para los estados productores de tomate los primeros lugares en cuanto a producción son, Sinaloa, Baja California y Jalisco, aunque también es producido en los estados de Colima, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (Pérez, 2017).

La agricultura representa una de las actividades más destacadas e importantes para la producción de alimentos y materia prima para la elaboración de productos, también es responsable de generar empleos en gran parte del país al igual que nivel mundial, la agricultura contribuye con aproximadamente 3.4% del producto interno bruto y cada día se presentan crecimiento los cuales son responsables de generar el 13% de empleo (Montaño et al., 2021).

Importancia económica del cultivo

En el mercado estadounidense el tomate producido en México se relacionan por lo cerca de sus fronteras, lo cual genera una competitividad por el precio y calidad de los productos, pero con más importancia en las exportaciones debido a la disminución de producción de tomate en estados unidos durante el invierno, para el año 2000 México fue responsable de exportar 12.8% en cuanto al valor de exportaciones de agricultura de México y 25.4% en el valor total de hortalizas y legumbres (INEGI, 2001), las exportaciones de México de hortalizas representan una gran importancia económica en el mercado internacional (Martínez et al., 2004).

Importancia mundial

En cuanto a los países productores de tomate México aporta 1.7% a nivel mundial siendo superado por países como China, India y Estados Unidos de América, aporta 19% de la totalidad de exportaciones a nivel mundial con lo cual se establece como el principal país de exportación (Montaño *et al.*, 2021).

Importancia nacional

La agricultura es responsable de 45% de las exportaciones, esto los destaca como una de las mejores actividades que mejoran y aumentan el porcentaje de exportaciones a países que generan gran consumo y proporcionan niveles de economía altos para los productores y al país, de igual manera ayuda en cuanto a la generación de nuevos empleos y la obtención de nuevos ingresos (Montaño *et al.*, 2021).

Importancia regional

A nivel mundial México ocupa el puesto número 10 en cuanto a la producción de tomate, de acuerdo con el (SIAP, 2020) estudios revelan que el tomate es la hortaliza que presenta mayor influencia en cuanto a exportación en la región lagunera, con ubicación en el centro norte de México con la utilización de la técnica bajo AP se obtuvo una cosecha de hasta 984 ha con una muy buena producción de 138,036 T (Castillo *et al.*, 2022).

Origen

El tomate se originó según los datos obtenidos en el territorio de Sudamérica en la región de andina, esencialmente en Perú, Ecuador, Bolivia y Chile pero para la implementación de su consumo y domesticación se llevó a cabo en la región de Norte América específicamente en el valle de Tehuacán México, siendo este el punto de expansión a otros estados, luego de la llegada de los españoles se tuvo la expansión de

este a otros países, está considerado como uno los alimentos usados para la dieta diaria junto con el cultivo de maíz, frijol y chile (Reyes, 2016).

Clasificación taxonómica

Según Nuez (1995), la taxonomía mayormente aceptada es la siguiente:

Clase: *Dicotiledóneas*

Orden: *Solanales (personatae)*

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Solaneae*

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum*

Características morfológicas

En cuanto al cultivo existen diferencias entre variedades y debido a eso se tienen diferencias entre una y otra, varían en tanto a las características que muestran cada planta durante su desarrollo fenológico, pueden encontrarse diferencias de acuerdo a la variedad ya que actualmente se cuentan con variedades pequeñas, variedades tipo bola y el saladette también se diferencian por las variedades de tipo indeterminado, esta se caracteriza por la presencia de dominancia de la yema en el ápice de la planta dándole la oportunidad de crecimiento mayor, por lo contrario se presenta la planta con

crecimiento determinado, esta presenta un rango de crecimiento corto debido a la presencia de flor en el ápice de la planta la cual limita o detiene el crecimiento de la planta (Fornaris, 2016).

Tallo y Hojas

De acuerdo a la edad o etapa que presenta la planta se puede tener cambios durante todo su desarrollo, se presentan un par de hojas alternas entre si acompañadas de un tayo principal delgado semileñoso a pesar de esto el tallo no presenta la fuerza suficiente para sostenerse sola, por lo que es necesario colocar un tipo de soporte para que esta se mantenga erecta, con el crecimiento se van presentando abultamientos en el tallo por los cuales se obtendrán nuevas hojas y de los cuales también se obtendrá la inflorescencia la primera de esta aparece justo debajo de la cuarta hoja, los nudos observados pueden generar nuevos tallos secundarios los que ocasionaran un exceso de follaje en la planta (Gorini, 2018).

Flor

Según (Infoagro Systems S.L. 2016) la morfología de la flor es importante ya que esta es la responsable de principalmente tener una buena producción, en cuanto a los órganos cáliz y la corola presentan 5 o más sépalos además de pétalos con coloración amarilla, la flor de la planta de tomate viene representada como inflorescencia por que se presenta como tipo racimo presentado grupo de 3 a 10 en algunas variedades utilizadas para comercio (López, 2017).

Fruto y semilla

Es una baya que de acuerdo a la variedad que se tenga puede cambiar la forma del fruto, en su estado inmaduro se presenta con una coloración verde cambiando de coloración cuando esté presente maduración de acuerdo a la variedad, hay variedades que presentan coloración roja siendo esta la más común pero también hay variedades en las cuales al llegar a la maduración pueden ser de color amarillo o naranja, para el tamaño algunas pueden llegar a pesar de entre pocos miligramos hasta algunos que alcanzan tamaños considerados con pesos superiores a los 400 g (Guamaní, 2022).

Sistema radicular

El sistema radicular de la planta presenta varias funciones, una de las principales funciones es brindarle soporte o anclamiento al suelo o sustrato, una más de las funciones que nos presentan las raíces que son muy importantes para la planta, se trata de la habilidad de absorber o recolectar nutrientes necesarios para su desarrollo al igual que la retención y suministración de agua, por lo que el buen desarrollo de la planta depende indispensablemente de las funciones que las raíces aportan (Alvares *et al.*, 2016).

La arquitectura del sistema radical es impresionante en carácter agronómico esta cumple funciones que le permiten a la planta continuar con su desarrollo siendo muy esencial por su resistencia y también por el aporte de resistencia a estrés abiótico, hídrico y la habilidad de obtención de nutrientes (Alvares *et al.*, 2016).

Solución nutritiva

Para un correcto cuidado de cultivos se requiere de una excelente solución nutritiva ya que esta se compone de una mezcla en líquido que proporciona los nutrientes

necesarios para el buen funcionamiento o crecimiento de las plantas, se tienen presentes 3 parámetros que determinan la eficacia de este potencial hídrico, concentración salina, y el equilibrio iónico, cumpliendo con los parámetros mencionados se puede contar con un mejor crecimiento para las plantas terminando con la obtención de mejores resultados de producción de igual manera es un medio por el cual se puede regular la cantidad de sales minerales encontradas en el sustrato (Pelliser, 2003) .

Sustrato

Existen diferentes opciones para la colocación de sustrato a los cultivos, se tienen los sustratos orgánicos tales como la fibra de coco, turba, entre otros, también se encuentran sustratos inorgánicos entre los cuales podemos encontrar la arena, perlita, lana de roca, entre otros, siendo estos mencionados los más populares para la producción, los sustratos cumplen el rol importante de darle soporte a las plantas de igual manera estos permiten la retención de agua y nutrientes adecuados para las plantas, para la mejora de la aplicación de nutrientes y agua se recomienda la fertirrigación la cual además de proporcionarle agua a la planta al mismo tiempo se le estará aplicando los nutrientes necesarios requeridos, además esta técnica de aplicación permite colocarle la cantidad más adecuada de nutrientes que la planta requiera (Pelliser, 2003).

Fertilizantes

El fertilizante a pesar de su gran aportación a la nutrición de la planta y de la gran demanda de este presenta un problema ya que este ha tenido un incremento en cuanto al precio y al mismo tiempo el deterioro del suelo por parte de malos hábitos de los agricultores se hace necesaria la aplicación de un manejo nutrimental, por tal motivo se requiere hacer monitoreos para determinar las deficiencias o requerimiento para que se tenga un mejor desarrollo y rendimientos satisfactorios por parte del cultivo (Diaz et al., 2022).

Entre los fertilizantes utilizados por gran parte de agricultores podemos destacar que hay cierta variedad de acuerdo a su composición, podemos encontrar los orgánicos, químicos y los inorgánicos ciertos productos ayudan a mejorar el rendimiento, tomando como ejemplo los inorgánicos o sintéticos son utilizados por muchos productores ya que los diseñan para ciertas necesidades especificadas puede considerarse que la cantidad de macro y micro nutrientes viene previamente compuesto con una cantidad exacta (Fernández *et al.*, 2022).

Sulfatos

El azufre (S) en cuanto a su función es clave para el crecimiento de las plantas. Es un componente esencial ya que este participa en procesos bioquímicos de gran importancia y en procesos fisiológicos de la planta, como lípidos y proteínas. biosíntesis, fotosíntesis, nitrógeno (N) asimilación y fijación biológica de N, entre otros. En cultivos de semillas oleaginosas, cereales y hortalizas, La fertilización también es importante debido a esta práctica se consiguen mejores resultados generados gracias a la buena nutrición (Torres *et al.*, 2012).

Al hablar de sulfatos podemos referirnos al azufre el cual por su eficacia en sus aplicaciones cabe destacar que es un macronutriente de mucha importancia para la agricultura, dado que las cantidades requeridas se asimilan a los que requiere del fosforo aunque con mucho menos que los que se necesitan de nitrógeno y potasio viéndolo desde el punto de vista agronómico, si este elemento llegara a faltar se presentarían síntomas como una mayor pérdida de calidad, contar con mayor probabilidad de presentar síntomas de enfermedades por lo que llevaría a tener menor rendimiento por lo que se esperan mejores manejos de dosificación de productos (Duggan y Rodríguez, 2010).

El incremento de la agricultura ha traído consigo también el aumento del mercado de productos azufrados tanto como el uso exponencial de los productos y la reacción de

nuevos productos que ofrecen una mayor efectividad, dado que nuevos productos son presentados al mercado es necesario tener mayor conocimiento sobre los productos azufrados para hacer mejor uso de las practicas agronómicas (Duggan y Rodríguez, 2010).

En el año 2007 el incremento de obtención de fertilizantes aumento fue en este año a nivel país que se alcanzó un consumo de casi 100 mil toneladas de azufre, dado a las mejoras y el incremento de la tecnología que se puede ver en la industria de fertilizantes se obtienen mejoras en cuanto a la manipulación del producto y su efectividad de uso (Duggan *et al.*, 2010).

Nitratos

Debido a la gran función de este macronutriente es el que más repercusiones tiene sobre las hortalizas tanto de si le llegase a faltar como de su exceso puede llegar a modificar en gran manera la calidad de la planta como de su fruto en proceso para lograr un buen proceso de aplicación se deben conocer el ambiente en que se encuentra en ese momento y de cómo responde cada planta a la aplicación de dicho nutriente para tener mejores referencias del mejor uso que se le pueda dar, el nitrógeno es un componente importante para la planta ya que su aplicación mejora el proceso de captación de luz y por lo tanto la eficacia de la fotosíntesis (Núñez *et al.*, 2017).

Debido a la gran demanda de nitrógeno por parte de la planta es el elemento que tiene mayor probabilidad de alterar el crecimiento de la planta ya que el crecimiento de la planta depende en gran manera de este (Núñez *et al.*, 2017).

Por su naturaleza el nitrato esta de forma natural en el suelo, pero en cantidades mínimas por lo que para eficientar la producción se le debe realizar aplicaciones de refuerzo en forma de nitrato ya que cerca del 90% absorbido por la planta se absorbe en forma de nitrato, estos pueden ser obtenidos por parte de fertilizantes sintéticos, materia orgánica y de por muchas fuentes el estiércol mayormente usado el de bovino (SACSA, 2015).

Para un mejor resultado las plantas llegan a usar los nitratos absorbidos conjunto

a ácidos orgánicos para producir proteínas usadas en el metabolismo, si el nitrato llega a faltarle a las plantas estas pueden presentar problemas en su desarrollo por tanto no llegar a presentar buenas condiciones de cosecha (SACSA, 2015).

Macro Y Micronutrientes

De acuerdo con (Marschner, 2012) los elementos esenciales requeridos por la planta se encuentran en mayor concentración en ella, los cuales son llamados macronutrientes, los macronutrientes son denominados así por la cantidad que la planta demanda de ellos teniendo como referencia el NPK siendo estos los elementos con mayor demanda por la planta aunque también son considerados como macronutrientes el calcio, magnesio y azufre, a su vez estos elementos efectúan ciertas tareas en el proceso de desarrollo de la planta, para el correcto crecimiento también es necesario la aplicación de micronutrientes los cuales la cantidad por aplicar o que la planta requiera es mínima pero la deficiencia de este puede llegar a ser perjudicial para el cultivo por su requerimiento mínimo no quiere decir que no sea necesario así como los macronutrientes efectúan tareas en el organismo de la planta estos también tienen funciones especiales que deben ser tratadas si se quiere una producción satisfactoria; dentro de los que componen a los micronutrientes se encuentra el zinc, cobre, manganeso, hierro, boro, molibdeno, cloro y níquel (Farias et al., 2016).

Calcio (Ca)

El calcio por su requerimiento en grandes cantidades por parte de la planta se denomina un macronutriente esencial durante todo el crecimiento de la planta y al llenado de fruto, brindándole una mayor vida de anaquel a los frutos obtenidos (Rodríguez *et al.*, 2015).

La importancia del calcio lo sitúan como uno de los elementos con mayor

redundancia durante toda la etapa de vida de la planta ya que esta es responsable del crecimiento de la planta como de la producción de biomasa para eficientar la fotosíntesis, así como esa función también tiene que ver con la firmeza que genera el fruto brindando también la vida útil de las hojas proporcionándole a la planta una vida útil más larga, cerca del 90% del calcio podemos encontrarlo en las paredes de la célula los cuales actúan como un mejorador de los procesos de crecimiento (Madrigal *et al.*, 2016).

Para la deficiencia del calcio se presentan síntomas en la parte inferior del fruto los cuales presentan manchas oscuras circulares que continúan con la pudrición del fruto, por ende el fruto aun estando en un tamaño demasiado pequeño para su maduración comienza el proceso de maduración quedando en frutos faltantes de calidad, el nombre por el cual se le conoce a esta enfermedad causada por el déficit de calcio es conocida como podredumbre apical o Blossom End Rot BER, la deficiencia del calcio es un problema que muchas veces es muy difícil controlar, por tanto la podredumbre apical ha sido una de las causas de pérdida de tomate por su difícil control (Seipasa, 2022).

La necrosis apical presenta sus síntomas por la falta de calcio, de igual manera otra forma de que este padecimiento en la planta puede ser por el déficit o el bloqueo de calcio en suelos salinos o simplemente por el mal manejo del sistema de riego o la aplicación de una solución nutritiva deficiente para la etapa fenológica de la planta (Paredes, 2009).

Zinc (Zn)

El zinc aun siendo un micronutriente, es decir, se requieren menores cantidades para un perfecto funcionamiento de la planta aun así es de vital importancia para el buen desarrollo de la planta y la producción de frutos (Escobar, 2022).

Es de vital importancia ya que presenta varias funciones dentro de la planta tales como la multiplicación celular por tanto al contar con mayor índice de área foliar se

presentarán mejores resultados sobre la fotosíntesis además ayuda fuertemente con el metabolismo del nitrógeno, pero la función principal del zinc tiene que ver con la regulación de la expresión genética, tanto como el desarrollo de la inflorescencia y la morfogénesis (Díaz y Rodríguez, 2023).

También es responsable de catalizar la síntesis de serina cuyo proceso acaba en ácido indolacético auxina que termina por ser responsable del apareamiento de brotes en la planta lo cual le da mayor índice de área foliar pero le quita energía para la creación de nuevas flores o el llenado de fruto aunque si se presentaran deficiencias estos crecerían demasiado débiles y al mismo tiempo la producción de flores presentaría una aceleración pero con flores muy débiles debido a que no se presentara la energía suficiente para la producción (Madrigal *et al.*, 2016).

La deficiencia presenta graves problemas en la planta lo que termina con una planta débil y sin la capacidad de producir frutos de calidad, pero durante todo el proceso de crecimiento de la planta también afectaría deteniendo el crecimiento y desarrollo provocando que el metabolismo de proteínas o la expresión de genes se lleve a cabo (Madrigal *et al.*, 2016), debido a la afectación del metabolismo de proteínas y expresión genética los síntomas principales o más claros serían el crecimiento retrasado esto se puede ver fácilmente como los entrenudos presentan un acortamiento, se encuentran muy cerca de lo normal por lo que se refiere una anomalía en el crecimiento al mismo tiempo se presentarían hojas más pequeñas y cloróticas (Díaz y Rodríguez, 2023).

Bajo condiciones frías, las deficiencias de Zinc se presentan con más frecuencia y se desconoce información sobre dosis correcta que debería ser aplicada, así como fuentes de nutrientes y formas correctas de aplicación (Alexandre *et al.*, 2009).

Boro

Siendo el boro un micronutriente se requieren de menores cantidades de este elemento para la buena funcionalidad de la planta, ayuda en el proceso de polinización y al mismo tiempo favorece al llenado de frutos desarrollando así semillas de buena calidad (Escobar, 2022).

En el caso del Boro, si este es deficiente hay reducción en el tamaño de las hojas, puntas de crecimiento ligeramente cloróticas reducción en el peso de las raíces y órganos, aparición de puntos necróticos, en cultivos de tomate (Piñero, 1975).

La toxicidad está menos estudiada, no obstante, se conocen algunos de los efectos que produce como la necrosis que se presenta en algunas hojas del cultivo de caña, al igual que clorosis y disminución en desarrollo de cultivos de maíz y tomate, entre otros, la presencia del boro en las plantas no se puede considerar nula ya que el boro interacciona con varios elementos que podrían tanto reforzar o debilitar su propósito (Piñero, 1975).

El boro es micronutriente por tanto las cantidades que la planta requiere son pocas, por tanto, se debe manejar con cuidado la dosis a agregar ya que con un mal manejo se puede llegar a una deficiencia o lo que es peor causar toxicidad a la planta sin embargo una deficiencia de boro podría causar considerablemente el achaparramiento de la planta (Gupta, 1983).

Agricultura protegida (AP)

La AP se refiere a un método de producción llevado a cabo bajo protección por medio de diversas opciones, como lo son invernaderos, malla sombras, entre otros, lo cual no permite mantener protegido al cultivo que se desea tratar, de manera que al estar protegidos minimizamos los peligros que conlleva el cultivar a cielo abierto principalmente los fenómenos climáticos, de igual manera se busca efficientar el uso de las prácticas agrícolas como lo son el riego y la fertilización tanto a los riesgos en general, se pueden presentar riesgos asociados al clima, riesgos económicos o a la limitación de recursos, dado al avance de la tecnología se han estado implementando nuevas formas de producción bajo AP de manera que se conserven una mayor parte los recursos utilizados mejorando el rango de ganancia de acuerdo a la inversión inicial,

según (FAO-SAGARPA, 2017) la aplicación de la AP ayuda a desarrollar o producir cantidad de variedades de cultivos fuera de su época o ciclo de cultivo teniendo el control de humedad calor y radiación solar se puede acelerar el crecimiento y producción del cultivo considerablemente a demás para el control de plagas y enfermedades se tienen registrado que se combaten con mayor eficacia con menos tiempo y de forma efectiva con menor presupuesto y mejorando rangos de ganancias (Moreno *et al.*, 2011).

México cuenta con zonas de relieve idóneo y condiciones de clima para poner en práctica la AP con colocación de invernaderos, maya sombra, entre otros, gracias a este tipo de circunstancias México ha avanzado en cuanto a este tipo de agricultura, debido a la obtención de productos de buena calidad con la aplicación de esta forma de trabajo se ha logrado obtener zonas de mercado en el extranjero al exportar productos obtenidos bajo agricultura protegida, debido a esto se tiene una contribución al desarrollo de alimentos y el avance de agricultores en México (Juárez *et al.*, 2011).

Dentro de los últimos 17 años se ha presentado un incremento en agricultores que han optado por esta práctica para producir alimentos, no se tiene el conteo correcto de las hectáreas dedicadas a la AP pero se cuenta con datos sobre el principal cultivo producido siendo el tomate, dentro del lapso de tiempo de 1994 hasta 2006 se registró un 36% en superficie usada para la agricultura en comparación con las zonas de EU y Canadá que presentaron un crecimiento de 16.5% y 11.5% aunque se tienen registros de que en los últimos años el crecimiento en ambos países continua al igual que el crecimiento de hectáreas sembradas en México (Padilla *et al.*, 2008).

La rápida expansión de la producción de tomate presenta como efecto secundario la disminución del precio del tomate, con más agricultores produciendo grandes cantidades de tomate y la disminución del mercado especialmente cuando los tres países producen de forma simultánea el mercado se satura por lo que el precio del producto se devalúa (Padilla *et al.*, 2008).

Manejo Integrado de Plagas (MIP)

El MIP es una de las principales estrategias utilizadas para el control de plagas en todos los cultivos a los cuales se les sea detectado la presencia de plagas o incluso se hace el MIP de forma preventiva para minimizar el daño o el incremento de plagas, para esto se debe tener en cuenta que el conocimiento de ciertas plagas debe estar presentes así como el monitoreo frecuente de ciertas zonas de producción evitando así que las plagas afecten el rendimiento del cultivo y la calidad de la producción que se sede a tener para esto un buen reconocimiento de plagas y así mismo de depredadores naturales estén presentes es indispensable para tomar la mejor decisión de lo que debería hacerse en ciertos casos o la buena elección de plaguicidas de acuerdo a ingrediente activo que ataque a la plaga y en la etapa del ciclo de vida en que se encuentre (Silvina y Polack, 2012).

La práctica mayormente utilizada por los agricultores para el control de plagas y enfermedades, lamentablemente es utilizada muchas veces de forma errónea o no se tienen los cuidados necesarios para dicha acción, la aplicación de plaguicidas ha sido una de las estrategias mayormente utilizadas para el control de ciertas plagas aunque muchas veces el resultado es favorable de igual manera las aplicaciones de productos poco eficaces y que muchas veces terminan siendo dañinos para insectos benéficos o para los productores, esto ocurre ya que previamente no se hace un diagnóstico correcto del producto que se planea utilizar o en algunos casos el diagnóstico no se hace correctamente y se termina por hacer demasiadas aplicaciones y esto puede conllevar a generar resistencia a algunas plagas de igual manera se estaría destruyendo o eliminando a enemigos naturales de las plagas beneficiando así la propagación, de igual manera si se hacen las aplicaciones sin el equipo de protección adecuado se pueden llegar a presentar intoxicaciones por parte del producto (Silvina y Polack, 2012).

Monitoreo fitosanitario

El monitoreo es una de las estrategias más utilizadas en la producción de cultivos ya que este método de observación permite controlar la plaga o enfermedad que podría

llegar a presentarse, por tanto el monitoreo consta de conocer el estado fenológico del cultivo buscando no tener enfermedades bacterianas, hongos o virus presentes, de ser así se toman medidas de acción para la eliminación o control de acuerdo a lo que se haya encontrado, nos permite evaluar el crecimiento de la población de las plagas y verificar puntos de infección para controlar el posible reingreso o reaparición, pero no solo es utilizado para la observación de plagas pues también puede ser utilizada para verificar o el efecto de una aplicación, ver efectos secundarios de aplicaciones tanto como bioestimulantes, reguladores de crecimiento o plaguicidas aplicados (Silvina y Polack, 2012).

Plagas

Mosca blanca

La mosca blanca es un insecto fitófago y polífago muy dañino para el cultivo de tomate, con la presencia de muy pocas moscas no se presentan daños considerables pero este insecto tiene un ciclo de vida corto por lo que si no se toman medidas necesarias para el control se pueden llegar a crear una infestación lo cual si puede llegar a causar daños graves en el cultivo ya que tanto ninfas como adultos se alimentan de la savia de la planta lo que ocasiona que la planta presente síntomas como marchitamiento y retención del crecimiento, por lo cual la calidad de los frutos se ve dañado reduciendo su costo en producción también son insectos que pueden llegar a transmitir enfermedades por medio de la contaminación cruzada, en condiciones extremas de infestación estos insectos pueden llegar a reducir hasta un 79% el rendimiento en la producción (Morrillo y Marcano, 1997).

Debido a la aparición de insectos plaga en los cultivos los agricultores han optado cada vez más en la opción de aplicación de plaguicidas para el control de estos, debido a estas estrategias de control se generan nuevos gastos y por tanto un incremento en la inversión para la producción aumentando así los gastos generados por plagas (Morrillo y Marcano, 1997).

Pulgón

El pulgón es un insecto polífago que afecta a una gran cantidad de cultivos entre ellos el tomate los pulgones se alimenta de la sabia de las hojas provocando clorosis en las plantas y crecimiento atrofiado estos insectos pueden transmitir enfermedades de una planta a otra debido a su aparato bucal chupador lo cual presenta riesgos significativos para los cultivos y la calidad unas de las enfermedades que transmite son el virus del mosaico de la coliflor, el pulgón puede llegar a transmitir hasta 40 enfermedades (Olivares *et al.*, 2017).

Polilla del Tomate

El monitoreo es clave para la identificación de la polilla al igual que el conocer los daños que pueda causar a la planta para no ser confundido con problemas causados por otro factor, tener la capacidad de identificar entre el daño fresco y el daño viejo puede ser una de las ventajas en cuanto al reconocimiento para la aplicación oportuna o el control de esta plaga ya que para el control se requiere saber la etapa de vida en que se encuentra para poder generar la acción correcta para su control (Silvina y Polack, 2012).

Mosca chupadora

De nombre científico *Dicpus minimus* es un insecto que es conocido de forma incorrecta como mosca, es una plaga que causa daños a las plantas de tomate sin diferencia en cuanto a las edad fenológica de la planta puede atacar a las plantas ya adultas que estén ya produciendo como también puede atacar a los almácigos, en cuanto a los daños ocasionados por esta plaga se deben a que se alimenta de la savia por lo que luego de comer esta deja manchas blancas que reducen el proceso de fotosíntesis de la planta causando así disminución de calidad en la planta al igual que retrasando el crecimiento (Sitten, 2019).

Enfermedades

Para la evaluación de las enfermedades primero se debe saber que es una enfermedad producida por ciertos patógenos y cuáles son las principales causas por las que estas se presentan en los cultivos, se debe a la interacción de 3 factores los que hacen posible la aparición de enfermedades los cuales son los patógenos hospederos y el medio ambiente, en la producción de cultivos en invernaderos en la mayoría de las ocasiones las plantas se ven afectadas por estrés ocasionado por la falta de conocimiento de los productores o por fallas en el sistema de producción (Bernal, 2010).

Tizón temprano *Alternaria solani*

Desde el punto de vista de una buena producción y calidad esta enfermedad representa un grave problema ya que es un hongo de fácil dispersión afectando a la parte aérea de la planta como lo son sus hojas los principales síntomas son manchas necróticas, esto disminuye la capacidad que tiene la planta para fotosintetizar, el problema es que como dispersa muy fácilmente las plantas que la rodean muy posiblemente se infectaran rápidamente al igual que la planta completamente lo hará, este hongo afecta a toda la planta incluyendo el fruto, en la parte del tallo presenta manchas necróticas alrededor del tallo causando pudrición en cuanto al fruto este daña al fruto completamente empezando por la punta del cáliz esto ocasiona que el fruto pierda totalmente su valor comercial, debido a eso las pérdidas económicas pueden llegar a ser muy elevadas si no se tiene el control correcto (Martínez *et al.*, 2016).

El hongo se presenta cuando hay humedad relativa alta, esto se debe a varios factores, en campo abierto las posibles condiciones que provoquen esto sean las lluvias o días con temperaturas entre 20 y 24 grados centígrados, aunque este hongo pueda estar activo en el suelo y al sembrar las plantas deseadas en suelos infectados estamos arriesgándonos a que las plantas presenten síntomas en plantas pequeñas en cuanto a la producción en invernaderos el origen puede ser causado por aberturas en la capa protectora o tener un mal manejo de la humedad relativa dentro del invernadero (Martínez *et al.*, 2016).

Botrytis cinerea Moho gris

En un hongo de gran importancia económica debido a que si no se logra el control se pueden llegar a presentar pérdidas enormes, produce daños a cultivos de tomate y otras hortalizas, de acuerdo a las características que muestra este hongo su dispersión a otras plantas es muy fácil por lo que si no se quiere tener pérdidas económicas se deben implementar prácticas o técnicas de control, el hongo produce esporas sobre las hojas de la planta y su dispersión puede ser producida por el mismo movimiento al estar realizando las labores culturales o en épocas de cosecha la dispersión se maximiza, para su aparición se necesitan climas con una alta humedad relativa y bajas temperaturas (Bernal, 2010).

Control.

Para lograr un buen control en invernaderos se debe tener en cuenta que condiciones climáticas son las favorables para el hongo para evaluar la situación y hacer cambios modificando la temperatura y la humedad presente de igual manera hacer un buen programa de las aplicaciones de fungicidas para minimizar los daños causados (Bernal, 2010).

Virus del mosaico del pepino

Tiene gran importancia debido a la pérdida monetaria que puede causar si no se trata correctamente, puede infectar a muchas solanáceas como lo es el tomate, la papa entre otros, aunque originalmente atacaba a el pepino luego de ser detectado se presentaron casos en el cultivo de tomate y hasta el momento está distribuido a nivel mundial (Arredondo, 2005).

Síntomas:

Los síntomas ocasionados por el virus pueden variar por diversos motivos los cuales pueden ser la variedad de la planta que se esté manejando, la etapa fenológica

en la que este pero los más comunes son las lesiones en las hojas del ápice de la planta dejándolas de un color verde claro y reteniendo el crecimiento de las hojas quedando pequeñas y creando malformaciones en las hojas, los síntomas más notables son las lesiones causadas en las hojas que dan un aspecto de mosaico de amarillo y rojo llamado marmoleo por lo cual el nombre de virus del mosaico, esto puede producir una aceleración en los frutos pero de manera desigual ocasionando que los tomates problemas estéticos y reduciendo la calidad del fruto significativamente (Arredondo, 2005).

Control:

Debido a que las plantas infectadas por virus no pueden ser tratadas para eliminar el virus se crean plan de sanitización o dependiendo de si la cantidad de plantas infectadas es considerablemente grande se considera la extracción completa de las plantas, debido a que el virus se transmite por contacto las personas que estén encargadas de esa área no podrán acceder a otra área sin una previa desinfección en contrario a las personas que no tengan acceso a esa área deberá permanecer restringido el acceso a el personal no indicado, en cuanto a la poda o a las labores culturales indicadas para la planta de tomate los trabajadores deberán desinfectar los materiales de uso sumergiéndolas en desinfectante tras cada corte (Arredondo, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

el proyecto fue realizado comenzando en el mes de septiembre del año 2021 y con finalización en el mes de abril del 2022 en invernadero semicircular con cubierta plástica, contando con 200 metros cuadrados de terreno, y un sistema de enfriamiento de pared húmeda, dicho invernadero está ubicado en las instalaciones de la UAAAN Unidad Laguna, ubicada sobre periférico Raúl López Sánchez km 2 y carretera a santa fe Torreón Coahuila

Características climáticas

Se cuenta con una temperatura media anual de 18 a 22 °C con temperatura más alta registrada de 30°C correspondiente a los meses mayo a agosto y contando con la temperatura más baja en el mes de enero contando con 4°C, con pocas lluvias en alcanzando una precipitación anual de 400 mm.

Materiales utilizados

Charolas de poliestireno (para germinación de semillas), bolsas (macetas), peat moss, arena, pala, carretilla, tambo 200 litros (agua para riego).

Diseño experimental usado

Se utilizo en este proyecto de investigación un diseño completamente aleatorizado (DCA) en el que se usaron cuatro tratamientos con tres repeticiones para cada tratamiento y evaluar resultados, de los cuatro tratamientos uno fue designado como testigo.

Germinación de semillas en charola

Las semillas de tomate saladette fueron colocadas para su germinación en recipientes de poliestireno usando como sustrato peat moss, la siembra fue realizada el día 22 de septiembre del 2021, colocando una semilla por cada alvéolo para suelo ser recubierto con plástico negro hasta que se presenten las primeras eclosiones de las plantas, para luego aplicar riego de forma manual dos veces al día (mañana y tarde).



Imagen 1.- preparación de charolas para la germinación de semillas

Llenado y colocación de bolsas para trasplante

Se utilizaron bolsas negras para la colocación de macetas, las cuales fueron compuestas por un 75% de arena de río y el 25% restante fue llenado de peat moss, sirviendo estas como sustrato y sostén de la planta.



Imagen 2.- llenado y preparación de bolsas para trasplante

Trasplante

Luego de tres semanas cuando las plántulas de tomate comenzaban a tener hojas verdaderas se procedió a realizar el trasplante a el sustrato previamente preparado, este procedimiento se llevó a cabo el día 14/10/2021, este procedimiento se realizó cuidadosamente para evitar daños a la plántula, hidratando las macetas luego del trasplante para evitar estresar a las plantas.



Imagen 3.- trasplante de plantas

Riego

En cuanto al riego se continuó aplicando en dos fases (mañana y tarde) para este momento el riego aún sigue siendo aplicado con solo agua. Aplicando 150 ml de agua en las dos fases, de acuerdo al crecimiento y la demanda hídrica de la planta los mm de agua aplicada fue en aumento.



Imagen 4.- preparación del agua de riego

Solución nutritiva

El método por el cual se realizaron las soluciones nutritivas para la aplicación a las plantas, fue el método de Steiner por lo tanto, se utilizaron 61.83 gramos de H_3BO_3 , 161.47 gramos de $ZnSO_4$, 164.088 gramos de $Ca(NO_3)_2$ utilizando un tambo de 200 litros como recipiente para la solución nutritiva.

Así como el riego los nutrientes tuvieron variaciones conjuntas al crecimiento de la planta y a la mayor demanda de nutrientes que la planta presentaba, 68.50 gramos de H_3BO_3 , 175.35 gramos de $ZnSO_4$ 184.76 gramos de $Ca(NO_3)_2$

Tutorado

El tutoreo es una práctica esencial para las plantas de tomate ya que este le da soporte y la mantiene erguida durante su crecimiento evitando así el choque de los frutos al suelo, el tutoreo fue colocado con rafias sosteniendo a la planta con un amarre bajo la primera hoja para evitar el contacto con el ramillete y así no dañar al fruto, luego se desliza la rafia suavemente dándole vueltas alrededor de la planta en sentido de las manecillas del reloj.



Imagen 5.- colocación de rafias para tutorado de plantas

Deshoje

El deshoje se lleva a cabo cuando la planta presenta un exceso en el diámetro foliar, el paso de los rayos solares favorece en cuanto a la maduración del fruto y al mismo tiempo le brindan mayor estética a la planta, al igual que permite que la variación de temperatura entre el ápice y el sustrato sea menor.



Imagen 6.- inicio de poda de las hojas más viejas

Cosechas

La cosecha se efectuó cuando el fruto presentaba entre 1/3 y 2/3 de la maduración total del fruto, esto para evitar la maduración excesiva del fruto.

El primer corte se llevó a cabo el día 3 de febrero del 2022, siguiendo dos semanas después con el segundo corte y luego del segundo corte los cortes se realizaron cada semana.

# de cortes	Fechas
1	03/02/2022
2	17/02/2022
3	24/02/2022
4	03/03/2022
5	10/03/2022
6	17/03/2022
7	24/03/2022
8	31/03/2022
9	07/04/2022

10	14/04/2022
11	21/04/2022

Variables a evaluar

Diámetro polar

Se utilizó un vernier manual y uno eléctrico para hacer la respectiva medición del fruto esto se implementó en cada uno de los tomates evaluados.

Diámetro ecuatorial

Para evaluar el diámetro ecuatorial se utilizaron las mismas herramientas que en el diámetro polar solo que esta vez el vernier es colocado de forma transversal al fruto.

Firmeza

la firmeza o dureza del tomate se cuantificó con la ayuda de un penetrómetro

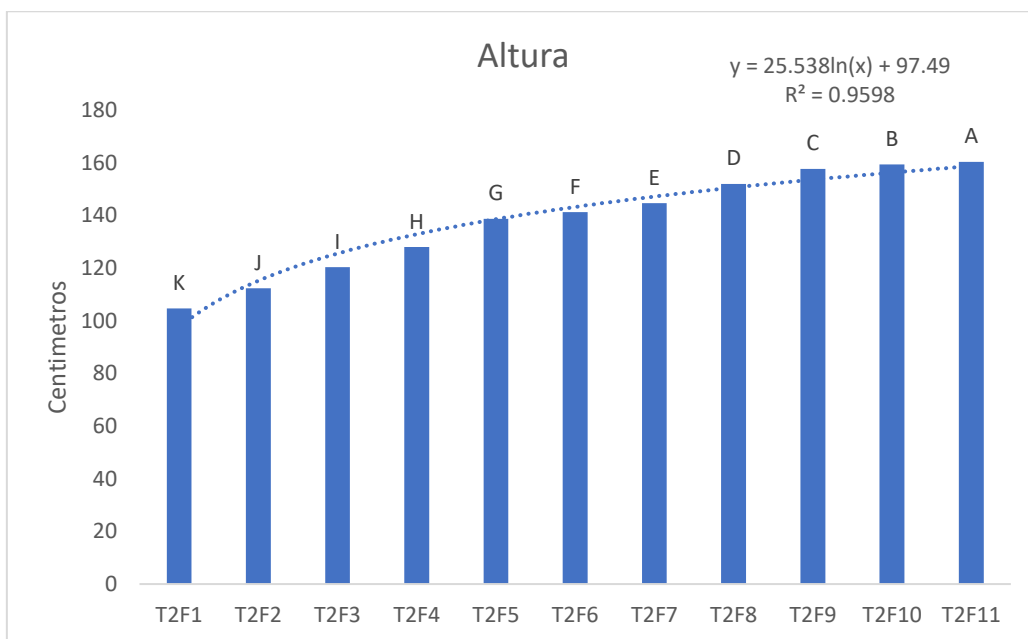
Grados Brix

Se realizó la medición del contenido de grados brix del fruto con la ayuda de un refractómetro, con lo cual consistió en colocar unas gotas del jugo de tomate sobre la unidad lectora para luego revelar el contenido de grados brix que este contenía

Resultados y discusión

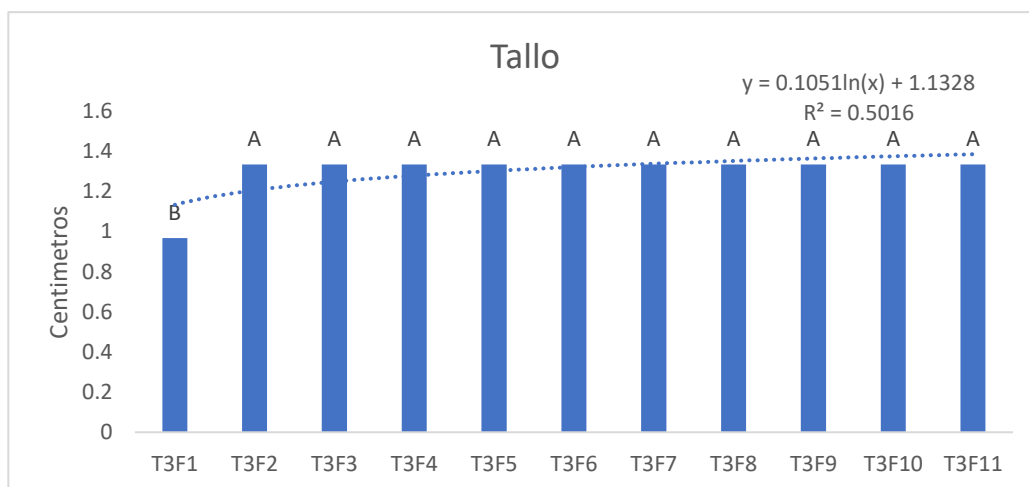
Explicación sobre las gráficas en cuanto a crecimiento vegetal

Con base a los resultados obtenidos de la variable altura, se indica que el tratamiento 2 establecido con el nutriente zinc ($ZnSO_4$) presentó un mayor crecimiento durante la producción de la planta. En la gráfica número 1 se muestra el crecimiento exponencial durante el periodo de observación.

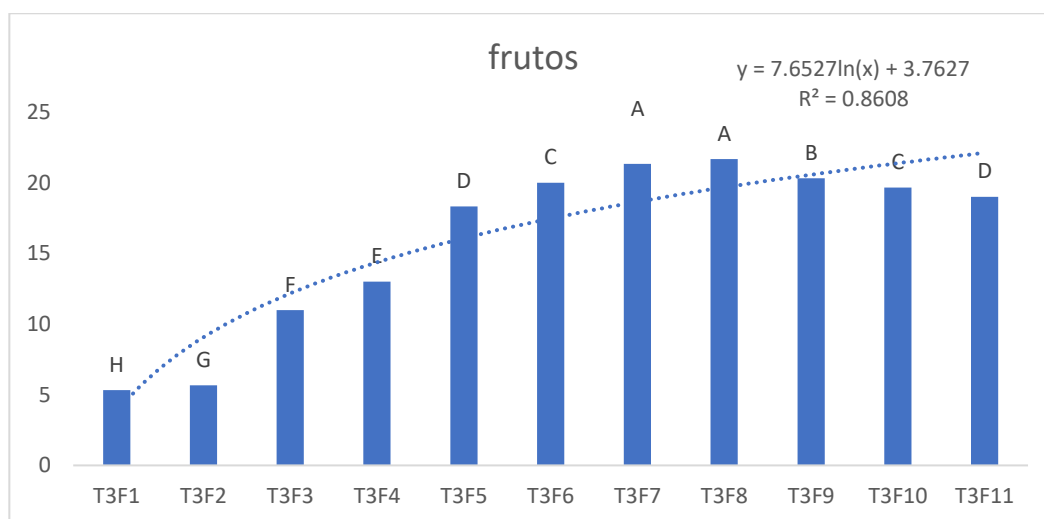


Grafica 1.- mediciones de altura de las plantas analizadas

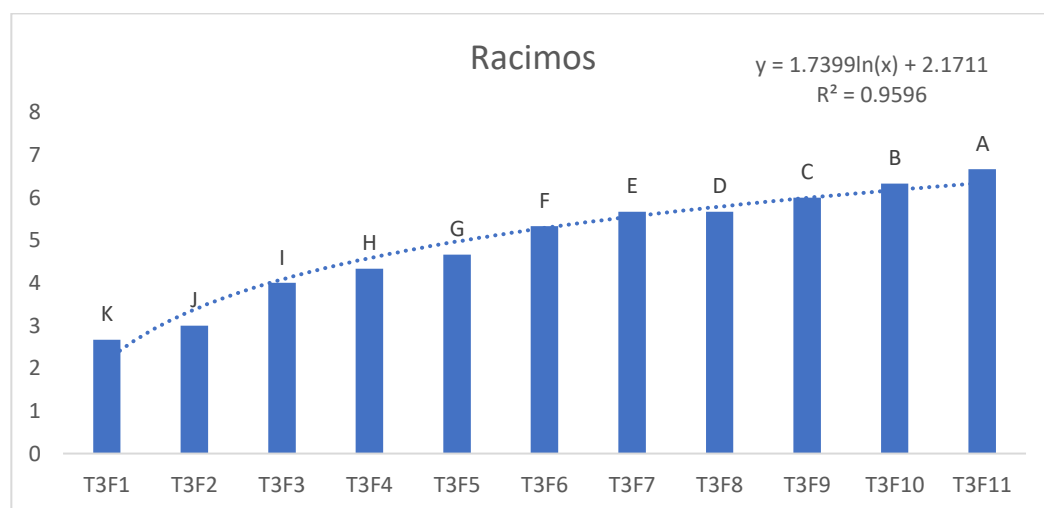
Tomando en cuenta los resultados adquiridos de la variable tallo de la planta (grafica 2), frutos obtenidos (grafica 3) y la cantidad de racimos por planta (grafica 4), se indica que el tratamiento 3 establecido con el nutriente nitrato de calcio $CA(NO_3)_2$ presento mejores resultados durante el tiempo en que la planta se mantuvo en observación, por lo que en cuanto al desarrollo vegetativo el nitrato de calcio resulta ser mejor opción para la nutrición de la planta.



Grafica 2.- mediciones del tallo de la planta



Grafica 3.- Frutos analizados de cortes realizados



Grafica 4.- Racimos analizados de las plantas analizadas

Explicación de cuadros sobre toma de datos frutos cosechados

Cuadro. 1

Análisis de varianza del diámetro polar de los frutos de tomate analizados.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	20	53.85	2.6926	7.91	0.000
Error	99	33.69	0.3403		
Total	119	87.54			

En el cuadro 1 de análisis de varianza de la variable Diámetro Polar en tomate, la diferencia

estadística es significativa, la agrupación de medias cuadro 2, señala que el tratamiento 1 corte 5 (T1C5) fue superior en diámetro polar a los demás tratamientos en un 5%.

Cuadro. 2

Agrupación de medias del diámetro polar de frutos analizados.

Trat	N	Media	Agrupación
T1C5	4	6.150	A
T4C5	2	5.8500	A B
T4C6	9	5.278	A B
T1C6	9	5.089	A B
T3C5	8	4.750	B C
T3C3	5	4.636	B C D
T2C6	8	4.412	B C D
T3C6	8	4.400	B C D
T2C5	7	4.314	B C D E
T4C7	9	4.2778	B C D E
T3C2	3	4.233	B C D E
T1C4	2	4.150	B C D E
T2C4	3	4.0667	B C D E
T2C3	2	3.980	B C D E
T1C3	1	3.950	A B C D E
T1C7	8	3.912	C D E
T3C7	9	3.867	C D E
T2C2	1	3.800	A B C D E
T2C7	9	3.633	D E
T3C1	6	3.533	D E
T3C4	7	3.243	E

Cuadro. 3

análisis de varianza del diámetro ecuatorial de los frutos analizados.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	20	163.2	8.160	0.61	0.894
Error	99	1315.8	13.291		
Total	119	1479.0			

En el cuadro 3 del análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial no se muestra diferencia estadística significativa, en el cuadro 4 de la agrupación de medias, las agrupaciones no muestran diferencia estadística, numéricamente si se observa que el tratamiento 1 corte 7 (T1C7) fue superior a los cortes anteriores con un 16%.

Cuadro. 4

agrupación de medias del diámetro ecuatorial de los frutos analizados

Trat	N	Media	Agrupación
T1C7	8	8.65	A
T1C5	4	5.3500	A
T4C5	2	5.300	A
T4C6	9	5.044	A
T4C7	9	4.778	A
T2C3	2	4.750	A
T3C2	3	4.663	A
T3C5	8	4.625	A
T3C3	5	4.624	A
T1C6	9	4.622	A
T1C3	1	4.600	A
T1C4	2	4.500	A
T2C5	7	4.414	A
T2C4	3	4.300	A
T2C2	1	4.100	A
T3C7	9	4.078	A
T2C6	8	4.037	A
T3C6	8	4.000	A
T3C1	6	3.967	A
T2C7	9	3.878	A
T3C4	7	3.329	A

Cuadro. 5

Análisis de varianza del peso de los tomates analizados.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	20	19026	951.3	6.55	0.000
Error	99	14382	145.3		
Total	119	33408			

En el cuadro 5 del análisis de varianza de la variable peso en tomate, la diferencia estadística es significativa, la agrupación de medias cuadro 6 muestra que el tratamiento 1 corte 5 (T1C5) fue superior a los demás tratamientos en un 7%.

Cuadro. 6

Agrupación de medias del peso de los tomates analizados.

Trat	N	Media	Agrupación
T1C5	4	90.00	A
T4C5	2	84.00	A B
T4C6	9	67.00	A B C
T1C4	2	60.00	A B C D E F
T1C6	9	59.78	B C D
T3C2	3	56.00	B C D E F
T3C3	5	55.60	B C D E F
T4C7	9	54.67	B C D E F
T3C5	8	53.75	B C D E F
T2C3	2	53.00	A B C D E F

T2C5	7	49.43	B	C	D	E	F	
T3C6	8	48.38		C	D	E	F	
T1C3	1	46.00	A	B	C	D	E	F
T2C4	3	45.33		B	C	D	E	F
T2C6	8	43.50			D	E	F	
T2C2	1	42.00	A	B	C	D	E	F
T3C7	9	40.44			D	E	F	
T2C7	9	40.00			D	E	F	
T1C7	8	39.00			D	E	F	
T3C4	7	35.14					F	
T3C1	6	35.00				E	F	

Cuadro. 7

Análisis de varianza de Grados Brix resultantes de los frutos analizados

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	20	54.24	2.7121	4.78	0.000
Error	99	56.12	0.5669		
Total	119	110.37			

En el cuadro 7 del análisis de varianza de la variable Grados Brix en tomate, la diferencia estadística es significativa, la agrupación de medias cuadro 8 muestra que el tratamiento 3 corte 6 fue superior a los otros tratamientos en un 10%.

Cuadro. 8

Agrupación de medias de Grados Brix resultantes de los frutos analizados.

Trat	N	Media	Agrupación
T3C6	8	9.625	A
T2C5	7	8.714	A B
T3C5	8	8.625	A B
T2C6	8	8.625	A B
T4C5	2	8.500	A B C
T2C3	2	8.500	A B C
T4C7	9	8.444	A B
T2C7	9	8.444	A B
T1C6	9	8.444	A B
T3C3	5	8.400	A B
T2C4	3	8.333	A B C
T3C4	7	8.143	B
T3C7	9	8.000	B
T3C2	3	8.000	A B C
T2C2	1	8.000	A B C
T1C3	1	8.000	A B C
T1C5	4	7.750	B C
T3C1	6	7.667	B C
T1C7	8	7.625	B C
T1C4	2	7.500	A B C
T4C6	9	6.556	C

Cuadro. 9

Análisis de varianza de la firmeza en frutos analizados.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trat	20	58.83	2.941	2.84	0.000
Error	99	102.49	1.035		
Total	119	161.31			

En el cuadro 9 del análisis de varianza de la variable firmeza en tomate, la diferencia estadística es significativa, la agrupación de medias cuadro 10 muestra que el tratamiento 2 corte 2 (T2C2) fue superior a los otros tratamientos en un 14%.

Cuadro. 10 Agrupación de medias de la firmeza en frutos analizados

Trat	N	Media	Agrupación
T2C2	1	5.200	A B C D
T3C5	8	4.530	A
T3C2	3	4.433	A B C D
T1C5	4	4.375	A B C D
T2C3	2	3.800	A B C D
T3C1	6	3.7833	A B C D
T1C4	2	3.750	A B C D
T1C6	9	3.583	A B C D
T3C3	5	3.580	A B C D
T1C7	8	3.444	A B C D
T2C6	8	3.300	A B C D
T3C7	9	3.289	A B C D
T1C3	1	3.200	A B C D
T3C6	8	2.987	A B C D
T3C4	7	2.843	A B C D
T2C4	3	2.8333	A B C D
T4C5	2	2.750	A B C D
T2C7	9	2.728	A B C D
T2C5	7	2.586	D
T4C7	9	2.233	C D
T4C6	9	2.172	B C D

Resultados y discusión

Tomando como punto principal los resultados adquiridos por los análisis de varianza realizados con los datos recolectados durante todo el proceso, se presentó que en cuanto al tamaño del fruto por sus mediciones de D.P, D.E y peso el tratamiento 1 (T1) ácido bórico presento mejores resultados al obtenerse frutos más grandes en comparación a los otros tratamientos e incluyendo el tratamiento testigo, en cuanto a los grados Brix el tratamiento 3 (T3) presento mejores resultados en un 10%, en firmeza el tratamiento 2 obtuvo mejores resultados hasta un 14% mejor que los otros tratamientos.

Con respecto al crecimiento vegetal tomando en cuenta el trabajo realizado por (Villegas, 2005) menciona que algunos criterios de calidad de la planta de tomate que pueden tomarse en cuenta para una mejor calidad y vigor de la planta seria tener un excelente área foliar ya que este nos puede indicar que se tiene una muy buena capacidad fotosintética y a su vez una mejor producción de biomasa como ejemplar de un buen crecimiento vegetativo, el trabajo desarrollado muestra similitudes ya que en ambos con la aplicación de Ca se vio un incremento en el desarrollo de área foliar teniendo por consecuencia plantas con mayor capacidad fotosintética, ideando que soluciones nutritivas usando una concentración del 50% se pueden obtener resultados favorecedores sin tener que aplicar una alta cantidad de fertilizantes

Los resultados del presente trabajo fueron diferentes a los resultados obtenidos por (Santis, 2019) en cuanto a la aplicación de Zn, en el trabajo menciona que con una alta concentración de Zn se obtiene una mayor cantidad de área foliar, aunque otros resultados mencionan que una alta concentración de Zn puede ocasionar una disminución significativa de materia seca, ocasionando una reducción en la producción de biomasa

Tomando como punto de comparación el trabajo realizado por (Pérez, y el presente trabajo realizado, se coincide que concentraciones medias o menores al 50% junto con las labores culturales adecuados y el control de plagas correcto las plantas presentaran una buena producción de biomasa y fructificación para los productores.

Conclusión

Después de analizar el producto obtenido del trabajo realizado sobre la aplicación de micro y macronutrientes (boro, Zinc y Calcio) en plantas de tomate, tomando en cuenta los 4 tratamientos aplicados como ácido bórico, sulfato de zinc, nitrato de calcio y el cuarto tratamiento que consistió en un testigo al cual se le agregó agua durante todo su crecimiento se llegó a la conclusión que para los datos obtenidos sobre crecimiento vegetal, para la evaluación sobre la altura de la planta, el tratamiento 2 presento mejores resultados a comparación de los otros tratamientos, en cuanto al número de frutos , densidad del tallo y numero de racimos el tratamiento 3 presento mejores resultados durante todo el ciclo de la planta, en cuanto a la toma de datos de los frutos cosechados, con medición de D.P, D.E, peso, grados Brix y firmeza del fruto se obtuvieron los siguientes resultados, el tratamiento 1 predomino con el D.P 5% por encima de los otros tratamientos al igual que con el D.E superando con 16% en cuanto al peso el tratamiento predomina con 7% por encima de los otros tratamientos, los datos obtenidos en cuanto a grados Brix se muestra que el tratamiento 3 (nitrato de calcio) muestra mejores resultados con un 10% mayor a los otros tratamientos, para la variable firmeza se presentó que el tratamiento 2 (sulfato de zinc) presento mejores resultados con un 14% mayor, siendo el tratamiento 4 (testigo) quien presento resultados menores a los tras primero tratamientos, por tanto se sugiere tratar la aplicación de nitrato de calcio con intención de mejorar el índice de área foliar de la planta en aplicaciones con una concentración media y la aplicación de ácido bórico en cuanto a mejorar la producción de frutos de igual manera en concentraciones medias o menos ya que el ácido bórico en concentraciones altas puede llegar a ser toxico para la planta.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Paredes. A. Z. (2009). *Manual del Cultivo de tomate en invernadero*. Colombia. Corpoica.: Economista M.Sc. Economía Agraria, Corpoica, CI, Tibaitatá.
- Metidieri. S. A & Polak. L. (2012). *Guía de monitoreo y reconocimiento de Guía de monitoreo y reconocimiento de tomate y pimiento*. San Pedro: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Moreno R. A, Aguilar D. & Luevano G. A. (2011). *Características de la agricultura protegida y su entorno en México*. Torreón, México: Revista Mexicana de Agronegocios.
- Alexandre P. A., Gontijo. G. T., Barros S. E., Ribeiro B. A. Diaz N. F. (2009). *Adubação foliar de sulfato de zinc na produtividade e teores foliares de zinc e fósforo de cafeeiros arábica*. Maringá, Brasil: Acta Scientiarum. Agronomy.
- Álvarez Gil., Marta A., Fernández, Fita A., Ruiz S., Del Carmen M., & Bolarín J. (2016). *VARIACIONES EN LA MORFOLOGÍA Y BIOMASA DEL SISTEMA RADICAL DE PLANTAS JÓVENES DE TOMATE (Solanum sp.)*. La Habana, Cuba: Cultivos tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- andrade L. F. (2019). *Agricultura protegida en mexico*. Mexico: Tecnoagro.
- Juárez M. A., De Alba R. K., Zarmeño G. A., Ramirez H., Benavides M. A. (2015). *Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero*. Estado de México, México: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Duarte D. C., Ajete M. G., Gonzales R., Bonet P., & Sierra C. (2010). *Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila*. La Habana, Cuba: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 2010.
- Castillo O., Hernandez F., Rangel P., Arellano E., Puente E., Vazquez F., & Rios C. (2022). *Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate bajo agricultura protegida en la Comarca Lagunera, México*. Mexico. : Biotecnia.
- Díaz V. F., Cabrera. M. Roblero T., Mendoza A., Maldonado J. A., Garcia L. A., & Sandoval R. A. (2022). *Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate (Solanum lycopersicum L.)*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico: Terra Latinoamericana, vol. 41.
- Duggan M. T., Rodriguez B. Lavado R., & Melgar R. (2010). *Tecnología de la fertilización azufrada en la Región Pampeana Estado actual y tendencias*. Facultad de Agronomía (UBA), Buenos Aires, Argentina. : Tecnoagro S.R.L y Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Buenos Aires, Argentina.
- Arredondo C. E. (2005). *ENFERMEDADES VIROSAS DEL TOMATE EN MÉXICO*. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento Parasitología Agrícola, Virología Agrícola.
- Escobar R. (2022). *Necesidades nutricionales del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en sus diferentes etapas fenológicas*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO. DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD. DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL.

- Farías G. K., Blanco M., Salinas P. (2016). *Nutrición y fertilización en tomate injertado*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) / MINISTERIO DE AGRICULTURA.
- Fernández- L. R., Serrano C., Ley C., Gonzales S., Guevara O. L. (2022). *Evaluar la factibilidad económica de una planta multipropósito para la producción de sulfatos*. Santiago de Cuba : Tecnología Química.
- Fornaris, G. J. (2016). *CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA. Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate*. Universidad de Puerto Rico: ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA. Colegio de Ciencias Agrícolas.
- Leyva R. G., Sanchez p., Alcantar G., Valensuela U. J., Gavil R. G., Martinez G. A. (2005). *Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate*. Chapingo, México: Revista Fitotecnia Mexicana.
- Gorini, F. (2018). *Guía completa del cultivo del tomate*. . Parkstone International.
- Hernández M. J., García M. R., Vaca, A., Valdivia A. R., & Omaña. (2004). *Evolución de la competitividad y rentabilidad del cultivo del tomate rojo (lycopersicon esculentum l.) en*. Texcoco, México: Agrociencia. Colegio de Postgraduados México.
- Reyes M. & Sanchez (2016). *Análisis de la comercialización de jitomate de invernadero en la región del Valle de Tulancingo, basado en el análisis de redes de vínculos*. Hidalgo : Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Duggan M. T. & Rodriguez B. (2010). *Buenas prácticas de manejo de fertilizantes azufrados: propiedades de las fuentes azufradas y su efectividad agronómica*. Informaciones Agronomicas .
- Hernández M. I., Chailloux M., Moreno V., Mojeda M., Salgado J. (2009). *RELACIONES NITRÓGENO-POTASIO EN FERTIRRIEGO PARA EL CULTIVO PROTEGIDO DEL TOMATE (Solanum lycopersicum L.) Y SU EFECTO EN LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES*. La Habana, Cuba: Cultivos Tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas .
- Martínez R., Cervantes D., Catsmin A., Hernandez M. Sanchez C., & Rueda P. (2016). *Hongos Fitopatógenos Asociados Al Tomate (Solanum Lycopersicum L.) En La Zona Árida Del Noroeste De México: La Importancia De Su Diagnóstico*. 202-203.
- Montaño. I. E., Valenzuela I., Villavicencio K. (2021). *Competitividad del tomate rojo de México en el mercado internacional: análisis 2003-2017*. Texcoco: Revista mexicana de ciencias agrícolas.
- Moreno R. A., AGuilár D. J., Leuvano G. A. (2011). *CARACTERÍSTICAS DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA Y SU ENTORNO EN MÉXICO*. Revista Mexicana de Agronegocios.
- Madrigal S., Ojeda B. S., Guerrero P. V., Ávila Q., & Parra Q. (2016). *Bioavailable zinc in soil for pecan tree nutrition* . Durango, México: Revista Chapingo Serie Zonas Áridas.
- Núñez R. F., Grijalva C., Robles C., Matias D., Escobosa G. M., & Santillano C. J. (2017). *Nitrogen fertigation influence on nitrate concentration of nitrates on extract cellular of petiole, yield and quality of greenhouse tomato*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.
- Olivares N., Moran A., & Gusman A. (2017). *Manejo de plagas en repollo tomate y lechuga*. 36-37.

- Juarez P. L., Bugarin M., Castro R. B., Sanchez L. M. A., Cruz E. C., Juarez R., Alejo G. S., Balois R.M. (2011). *Estructuras utilizadas en la agricultura protegida*. CONACYT.
- Padilla B. L. E., Rumayor R. A. F., Perez V. O. (2008). *La competitividad sistémica de la industria del tomate de agricultura protegida en Zacatecas*. Universidad de Guadalajara Mexico : Mercados y Negocios .
- Diaz P. O., & Rodriguez R. (2023). *RESPUESTA DE DOS SOLANACEAS DE IMPORTANCIA ECONOMICA A LAS APLICACIONES DE AZUFRE Y ZINC*. Bogotá, D.C Colombia: Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas.
- Pelliser, C. (2003). *Fertirrigacion del cultivo de tomate sobre sustratos*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia : Centro de Investigacion y Desarrollo Agroalimentario (SIDA).
- Quilapanta, L. G. (2022). *“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PROMESOL Y ATP-UP EN LA PROPAGACION POR ESQUEJES DE TOMATE RIÑÓN (Solanumlycopersicum) VARIEDAD PIETRO EN EL CANTON PILLARO EN LAPARROQUIA EMILIO MARIA TERAN”*. CEVALLOS - ECUADOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.
- López Marín L. M. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate (Solanum Lycopersicum)*. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Roberto, B. (2010). : *ENFERMEDADES DE TOMATE (Lycopersicum esculentum Mill.) EN INVERNADERO EN LAS ZONAS DE SALTO Y BELLA UNIÓN*. Montevideo - Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria .
- Rodríguez M. N., Baca C. G., Garcia C. J., Urrieta V. A. (2015). *ACLAREO DE FRUTOS Y ASPERSIONES FOLIARES DE CALCIO Y MIEL DE ABEJA SOBRE LA CALIDAD DE TOMATE TIPO COSTILLA*. Chapingo, México: Revista Fitotecnia Mexicana.
- SACSA. (2015). *Importancia de los nitratos y fosfatos*. Obtenido de Grupo SACSA: <https://www.gruposacsa.com.mx/importancia-de-los-nitratos-y-fosfatos-en-las-plantas/#:~:text=Las%20plantas%20usan%20nitratos%20en,o%20raqu%C3%ADtico%20de%20la%20planta.>
- Seipasa. (2022). *El calcio en la nutrición del tomate: cuáles son los tips a tener en cuenta*. Seipasa.
- SENASICA. (2016). *la aplicacion de sistemas de proteccion garantiza la disposicion de frutas y verduras todo el año*. Mexico : agricultura protegida .
- Sitten A. A. (2019). *CULTIVO DEL TOMATE EN EL VALLE DEL FUERTE*. Revista de Geografía Agrícola (62), 175-194.
- Pinero M. M. (1975). *Estudio de la incidencia del boro en la nutrición de las plantas de tomate, rendimientos y calidad de los frutos*. Madrid: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS.
- Torres D. M. Melgar R. J., Rodriguez M. B., Lavado R. S., & Ciampitti I. A. (2012). *SULFUR FERTILIZATION TECHNOLOGY IN THE ARGENTINE PAMPAS REGION: A REVIEW*. Indiana, USA: Agronomía y ambiente : Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Franklin E., Morillo F. E., Marcano R. (1997). ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA MOSCA BLANCA EN DIFERENTES GENOTIPOS DE TOMATE. *Agronomía Tropical*, Vol. 47.