

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta del Tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) Tipo Saladette a la Aplicación de
Diferentes Dosis de Polisulfato

Por:

PAOLA ANDREA DOMÍNGUEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta del Tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) Tipo Saladette a la Aplicación
de Diferentes Dosis de Polisulfato

Por:

PAOLA ANDREA DOMÍNGUEZ PÉREZ

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

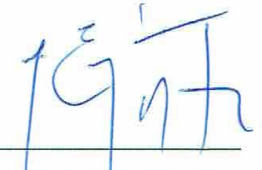
Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor



Dr. José Eduardo García Martínez
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Ränge
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2023

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis, está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica 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 original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamiento 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 el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Pasante



Paola Andrea Domínguez Pérez

Nombre y Firma

AGRADECIMIENTOS

A Dios Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida y mi carrera, por darme las fuerzas necesarias en los momentos más difíciles.

A mi “Alma Terra Mater” Por abrirme las puertas y permitirme prepararme profesionalmente, por convertirse en mi segundo hogar y por todos los momentos y experiencias vividas durante mi estancia.

A mis abuelos Por todo lo que han hecho por mí y ser mi mayor motivación para salir adelante.

A mis padres Por todo el apoyo brindado, por los valores inculcados, por los consejos y por haberme dado la oportunidad de seguir estudiando.

Ing. Luis Dario Lara Sánchez Por todo el apoyo, por sus conocimientos compartidos, por motivarme a lograr mis sueños y por tomarse el tiempo de ayudarme con mi trabajo de tesis.

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas Por ser como un padre durante mi carrera, por estar siempre pendiente de mí y por todo el apoyo brindado.

M.C. Fidel Maximiliano Peña Ramos Por todo el apoyo, confianza, tiempo, dedicación y conocimientos brindados, por estar siempre pendiente de que el trabajo saliera bien.

M.C. Alfredo Sánchez López Por el apoyo brindado al llevar a cabo el experimento, por todos sus conocimientos y consejos compartidos y por su valiosa amistad.

Dr. José Antonio González Fuentes Por el apoyo brindado y por conocimientos compartidos durante la realización de este trabajo.

Dr. José Eduardo García Martínez Por el apoyo brindado durante el trabajo.

Lupita y Carlitos Por el apoyo brindado en el laboratorio durante este trabajo, por sus consejos y amistad.

A mi mejor amigo Marín Narro, Por estar conmigo desde primer semestre, por todo lo vivido juntos por todas esas platicas que hacían que nuestros días sean mejores, por los consejos, en fin; por todas las experiencias.

Iván Luna Por todo lo vivido y compartido juntos, por el apoyo brindado y por ser pieza importante para lograr ser la persona que soy ahora.

Magda Briones Por todo el apoyo brindado durante la redacción de la tesis, por su compañía y amistad.

A mis amigos de la universidad Gabi, Víctor, Riki, Marco, Carmen, Mar, Masiel, Liz, Rox, Alexandra, Leslie, Fer, Armando, Cantor, Mauricio, Alexis, Julio, Ángel, Alejandro, Pati y muchos otros más, que estuvieron ahí para ofrecer su ayuda y compañía cada que lo necesitaba por todas las experiencias compartidas, por todo lo vivido en la Narrito y en el ranchito.

A mis amigos a lo largo de la vida Yare, Gonza, Tamayo, Sergio, Reina, Yaz, Tequi, Iván, Julián, por todo el apoyo por los consejos brindados y por estar siempre que los necesito.

DEDICATORIAS

A mis abuelos **Luis Pérez Mariaca y Hermelinda Rivera Morales** Por cuidar de mí y mis hermanos, son mi mayor inspiración para cumplir todas mis metas y algún día poderles regresar todo lo que han hecho por mí.

A mi madre **Paulina Pérez Rivera** Por apoyarme durante toda mi vida, por haber confiado en que lo lograría. Gracias a ti soy lo que soy porque a pesar de todo nunca me has dejado sola, tu eres mi ejemplo a seguir porque nunca te rindes y siempre sales adelante a pesar de todo. No me va alcanzar la vida para devolvarte todo lo que has hecho por nuestra familia, eres la mejor.

¡SOY FUERTE PORQUE FUI CRIADA POR ALGUIEN MÁS FUERTE QUE YO!

A mis hermanos **Kevin Domínguez Pérez y Jahir Daniel Domínguez Pérez** Por todo el apoyo, por estar siempre que los he necesitado y por hacer que mi vida haya sido más bonita estando a su lado.

A mi sobrino **Ángel Mauricio Domínguez Rivera** Por haber sido ese rayito de sol que le hacía falta a la familia y por alegrar mis días.

A mi tío **Eligio Domínguez Soberanes** (†) por haber sido como un padre, por inculcarme al amor hacia el campo, por ser mi inspiración para estudiar la carrera de agronomía, Un abrazo hasta el cielo.

A mis tías: **Erika, Flor, Niki, Nico, María, Claudia, Adriana** Por apoyar de alguna u otra forma a mi mamá, por acompañarla y motivarla siempre que lo necesita, por todo el apoyo brindado hacia mí y mis hermanos, sin su ayuda todo hubiera sido más difícil.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS.....	VI
INDICE DE CONTENIDO.....	VII
INDICE DE CUADROS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	13
1.3 HIPÓTESIS	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1 Generalidades del cultivo.....	14
2.1.1 Origen e historia.....	14
2.1.2 Importancia del cultivo	14
2.1.3 Clasificación taxonómica.....	15
2.2 Morfología.....	15
2.2.1 Planta	15
2.2.2 Raíz	15
2.2.3 Tallo.....	16
2.2.4 Hoja	16
2.2.5 Flor	16
2.2.6 Fruto	16
2.2.7 Semilla.....	17
2.3 Requerimientos nutricionales.....	17
2.4 Sulfato	17
2.5 El fertilizante Polisulfato.....	17
2.6 Rol de los nutrientes con énfasis en el S, Mg, Ca y K.....	18
2.6.1 Azufre (S).....	18
2.6.2 Magnesio (Mg).....	18
2.6.3 Calcio (Ca).....	19
2.6.4 Origen del Blossom end Rot	19
2.6.5 Potasio (K).....	20
2.7 Solución Steiner.....	20

III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1	Ubicación geográfica del experimento	21
3.2	Material Vegetal utilizado	21
3.3	Diseño experimental	22
3.4	Modelo estadístico	22
3.5	Establecimiento de cultivo.....	22
3.5.1	Trasplante.....	22
3.5.2	Fertilización.....	23
3.5.3	Riego	24
3.5.4	Entutorado	24
3.5.5	Destallado.....	25
3.5.6	Control de plagas y enfermedades.....	26
3.6	Tratamientos.....	26
3.7	VARIABLES EVALUADAS.....	27
3.7.1	Altura de planta.....	27
3.7.2	Diámetro de tallo.....	28
3.7.3	Peso	29
3.7.4	Diámetro polar y ecuatorial	29
3.7.5	Firmeza.....	30
3.7.6	Sólidos solubles totales (SST)	31
3.7.7	Vitamina C	31
3.7.8	Contenido de Magnesio (Mg) potasio (K) y calcio (Ca)	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1	Altura de planta.....	34
4.2	Diámetro de tallo.....	36
4.3	Número de frutos	38
4.4	Rendimiento	39
4.5	Diámetro polar	39
4.6	Diámetro ecuatorial.....	41
4.7	Magnesio (Mg).....	42
4.8	Potasio (K).....	43
4.9	Calcio (Ca).....	44
4.10	Firmeza.....	45
4.11	Sólidos solubles totales	46

4.12 Vitamina C	47
V. CONCLUSIÓN	48
VI. LITERATURA CITADA.....	49

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Tratamiento y dosis única de polisulfato aplicado después del trasplante	26
Cuadro 2: Variables evaluadas	27
Cuadro 3: Comparación de medias de altura de planta (mm)	35
Cuadro 4: Comparación de medias de diámetro de tallo (mm)	37
Cuadro 5: Comparación de medias de las diferentes variables evaluadas	37

Índice de Figuras

Figura 1: Deficiencia de calcio en el fruto.	19
Figura 2: ubicación del invernadero donde se llevó a cabo el experimento.	21
Figura 3: Mezcla de perlita y peat moss para realizar el trasplante.....	23
Figura 4: Aplicación de diferentes dosis de polisulfato.	23
Figura 5: Riegos con solución nutritiva.....	24
Figura 6: Entutorado.....	25
Figura 7: Destallado.....	25
Figura 8: Toma de datos de altura.	28
Figura 9: Toma de datos del diámetro de tallo.....	28
Figura 10: Determinación del peso de los frutos.....	29
Figura 11: Determinación del diámetro polar y ecuatorial.	30
Figura 12: Determinación de firmeza.....	30
Figura 13: Toma de lectura de °Brix.....	31
Figura 14: Determinación del contenido de vitamina C.	32
Figura 15: Determinación del contenido de Ca, Mg y K en el fruto.....	33
Figura 16: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre la altura de la planta.....	35

Figura 17: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el diámetro de tallo.	36
Figura 18: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el número de frutos. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($P<0.05$).....	38
Figura 19: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el rendimiento. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras la separación de medias por DMS ($p<0.05$).....	39
Figura 20: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el diámetro polar en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($P<0.05$).....	40
Figura 21: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el diámetro ecuatorial en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS. ($p<0.05$).....	41
Figura 22: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de magnesio en el fruto. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p<0.05$).	42
Figura 23: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de potasio en el fruto. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p<0.05$).	43
Figura 24: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de calcio en el fruto. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p<0.05$).	44
Figura 25: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre la firmeza en el cultivo de tomate. la barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p>0.05$).....	45
Figura 26: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de sólidos solubles totales en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras la separación de medias por DMS ($p>0.05$).....	46
Figura 27: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de vitamina C en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p>0.05$).	47

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es la hortaliza de mayor importancia en el mundo, uno de los aspectos importantes a considerar para obtener un alto rendimiento y frutos de calidad es la nutrición, el propósito de este trabajo de investigación fue determinar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato. Se evaluaron siete tratamientos siendo el Tratamiento 1 el testigo (0 g de polisulfato) Tratamiento 2 (5 g de polisulfato) Tratamiento 3 (10 g de polisulfato) Tratamiento 4 (15 g de polisulfato) Tratamiento 5 (20 g de polisulfato) y Tratamiento 7 (25 g de polisulfato) haciendo una sola aplicación de polisulfato después del trasplante, teniendo 4 repeticiones por cada tratamiento, utilizando el diseño completamente al azar. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de frutos (NF), rendimiento (REND), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), firmeza (F) sólidos solubles totales (SST) Vitamina C (Vit C), contenido de Calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg) en el fruto. Obteniendo diferencias significativas ($p < 0.05$) en las siguientes variables: AP, DT, NF, REND, Mg, K Y Ca. En cuanto a DP Y DE el testigo fue superior a los demás tratamientos. Para las variables F, SST Y Vit C no se encontraron diferencias significativas. Por lo anterior llegamos a la conclusión de que al agregar polisulfato favoreció el rendimiento, sin embargo, no influyó en cuanto a calidad a excepción del contenido de Mg, K y Ca en el fruto.

Palabras clave: tomate, polisulfato, rendimiento, calidad.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*solanum Lycopersicum L.*) es uno de los cultivos más importantes de México y de todo el mundo debido a su alta demanda por su alto valor nutritivo y sus diferentes formas de consumo (SADER, 2016).

La productividad por unidad de superficie sigue creciendo debido a la disponibilidad de nuevas variedades y nuevos métodos de cultivo, su rendimiento varía de acuerdo a las tecnologías empleadas, como lo son: la inversión en agricultura protegida, hidroponía y cultivo sin suelo (FIRA, 2016).

De acuerdo a las estadísticas de la organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2016). México ocupa la décima posición mundial, con el 1.9% de la superficie cosechada de esta hortaliza. Teniendo como principales productores los siguientes estados: Sinaloa, Michoacán, San Luis Potosí, baja california y Jalisco.

La producción hortícola en agricultura protegida ha favorecido positivamente teniendo un mejor control de plagas y enfermedades asimismo un buen aprovechamiento de la fertilización, ya que la nutrición es la pieza clave para potenciar el rendimiento y producir cultivos de máxima calidad (INIFAP, 2023).

La fertilización juega un papel muy importante durante todo el ciclo del cultivo, teniendo en cuenta que si uno solo de los fertilizantes es escaso será reflejado en el desarrollo de la planta limitando su crecimiento y reduciendo su rendimiento (IFA,2002).

Los fertilizantes proveen los nutrientes y estos se clasifican en macronutrientes (mayor cantidad) y micronutrientes (menor cantidad) sin embargo todos son necesarios ya que cada uno de ellos cumple una función específica y ningún nutriente puede ser sustituido por otro (IFA,2002).

El polisulfato es un nuevo fertilizante que se encuentra en su estado natural. Su principal componente es el azufre (S) disponible como sulfato también proporciona otros nutrientes, incluyendo: magnesio (Mg), potasio (k) y calcio (Ca). Es un material soluble por lo cual está disponible inmediatamente para la absorción de las plantas. (Imas 2015).

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de diferentes dosis de polisulfato en la producción de tomate (*solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero.

1.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Evaluar y comparar entre tratamientos las diferentes concentraciones de polisulfato.
- Analizar el efecto del calcio en cuanto a la calidad del fruto.
- Determinar y proporcionar información sobre el comportamiento en propiedades físicas de la planta y del fruto como: Altura, Diámetro de tallo, Número de frutos, Peso, Diámetro polar y Ecuatorial, Firmeza, °Brix, Vitamina C y el contenido de los siguientes minerales: (Mg), (K), (Ca) sometidos a las diferentes concentraciones de polisulfato.

1.3 HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos con diferente dosis de polisulfato tiene efecto positivo, al aumentar el rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1 Origen e historia

El origen del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) se encuentra desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile, siendo México el centro de domesticación por la gran diversidad varietal encontrada en Veracruz y Puebla.

A sus inicios se utilizó como planta ornamental y no era constituida como alimento normal de los indios americanos. Desde 1965 los viajeros botánicos utilizaron el término “tomate” que fue tomado por la palabra “Xitomate” o “xitotomate” puesto que era como los aztecas nombraban a esta planta (Cepeda, 2009).

Los españoles y portugueses distribuyeron el tomate por todo el mundo a través de sus colonias. El cultivo a escala comercial se inició a finales del siglo XVIII (Nuez, 1995).

2.1.2 Importancia del cultivo

Entre las hortalizas que México exporta, el principal es el tomate, desde 2017 ha conservado su lugar entre los primeros diez productores mundiales, ocupando el 9° lugar con 3,324,263 toneladas, siendo la comercialización con el exterior la actividad más significativa, teniendo como cliente principal a Estados Unidos (SIAP, 2022).

De acuerdo a (SIAP, 2022) el consumo anual per cápita es de 12.4 kg.

Aproximadamente el 75 % de la producción global es destinado para el consumo en fresco mientras que el otro 25% es para propósitos industriales (Holwerda, 2006)

2.1.3 Clasificación taxonómica

El cultivo se ubica dentro de la siguiente clasificación (Flores, 1980) citado por (Cepeda, 2009).

Reino: vegetal

División: Tracheophyta

Clase: Angiospermae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Lycopersicum*

Especie: *L. esculentum*

2.2 Morfología

2.2.1 Planta

Es una planta perenne con un porte arbustivo considerado un cultivo anual, puede desarrollarse de tres maneras diferentes: rastrera, semierecta o erecta. Donde podemos encontrar diferentes variedades ya sean de ámbito determinado (crecimiento limitado) o indeterminado (crecimiento ilimitado) su altura va a variar de acuerdo al cultivar (Cepeda, 2009; Fornaris, 2007).

2.2.2 Raíz

Está formado por una raíz principal corta y débil, con numerosas y potentes raíces secundarias y raíces adventicias. Sobre la raíz principal seccionando de fuera hacia adentro se encuentran los pelos absorbentes encargados de tomar agua y nutrientes,

el xilema se encuentra sobre el córtex y el cilindro central y es un conjunto de vasos especializados para el transporte de los nutrientes (Cepeda, 2009)

2.2.3 Tallo

Eje con un grosor que va desde los 2 y 4 cm en su base, en él se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias, su estructura de fuera hacia adentro está conformado por: epidermis, desde ella parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o córtex, células más externas consideradas fotosintéticas y otras más internas que son colénquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En el meristemo apical ubicado en la parte distal se inician los nuevos primordios foliares y florales (Cepeda, 2009).

2.2.4 Hoja

Tiene una hoja compuesta con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado recubiertos de pelos graduados, el tejido parenquimático está cubierto por una epidermis superior e inferior, la epidermis inferior presenta un gran número de estomas. En la zona superior o zona empalizada es rica en cloroplastos. Su tamaño depende de la condición vegetativa, condiciones de suministro de agua y nitrógeno, asimismo las temperaturas diurnas y nocturnas (Jones, 2007).

2.2.5 Flor

Son pequeñas de color amarillo, formada por cinco o más sépalos, de igual número de pétalos y estambres que se alternan con los pétalos formando un cono estaminal que envuelve al gineceo, el ovario puede ser bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (Cepeda 2009).

2.2.6 Fruto

Es una baya que se desarrolla a partir del ovario, conformada por dos o más lóculos, pericarpio, tejido placentario y las semillas. El tiempo que transcurre para que un ovario

se desarrolle a fruto maduro va desde 7 a 9 semanas, lo cual puede variar en función del cultivar, posición en el racimo y las condiciones ambientales (Cepeda, 2009).

2.2.7 Semilla

Tiene una forma lenticular, constituida por el embrión, el endospermo y la testa, es de color crema a marrón claro, se encuentra rodeada de un material de consistencia gelatinosa. En un gramo podemos encontrar hasta 300 semillas (Fornaris, 2007).

2.3 Requerimientos nutricionales

De acuerdo a la cantidad y el tipo de nutrientes suministrados pueden influir tanto en el rendimiento como en el contenido en nutrientes, sabor y calidad del fruto. El tomate necesita de al menos 12 nutrientes considerados como nutrientes esenciales para llevar a cabo un buen desarrollo los cuales son: nitrógeno (N), Fosforo (P) potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg), azufre (S), Boro (B), hierro(Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) y molibdeno (Mo) (Upendra *et al.*, 2003).

2.4 Sulfato

Un sulfato es un azufre oxidado que puede ser absorbido por las raíces de las plantas, pueden ser enlazados entre sí por cationes de aluminio, sodio, calcio, potasio, magnesio y hierro. Es inmóvil, lo que significa que no puede difundirse fácilmente dentro de la planta, por otro lado, en el suelo si es muy móvil por lo que es más fácil que sea rápidamente encontrado por las raíces sin embargo se filtran rápidamente. (Moreno *et al.*, 2011)

2.5 El fertilizante Polisulfato

Es extraído en el Reino Unido, se encuentra en su estado cristalino natural, proveniente de una capa de roca Polihalita a más de 1000 m por debajo del Mar, al tratarse de un cristal natural, tiene un patrón de disolución único, que libera los nutrientes de forma gradual tras la aplicación y esto hace que se reduzcan las

posibilidades de pérdidas de nutrientes. Contiene cuatro nutrientes: azufre, potasio, magnesio y calcio, se encuentra de forma granular o en polvo con una baja huella de carbono, es por ello que es autorizado para uso en agricultura orgánica.

Es apto para todo tipo de cultivos y suelos además de que es bajo en nivel de cloruros con un índice salino bajo y pH neutro (Imas 2015)

2.6 Rol de los nutrientes con énfasis en el S, Mg, Ca y K

2.6.1 Azufre (S)

Es constituyente de las proteínas y los aminoácidos, las plantas lo absorben de forma de ion sulfato (SO_4). Tiene funciones que sirven a la planta como sistema de defensa y detoxificación, sirve como protector de las células ya que evita la deshidratación por calor y sequía, asimismo el daño de las células por frío.

El síntoma característico de una deficiencia es cuando se presenta una clorosis entre las venas de las hojas más jóvenes (Upendra *et al*, 2003).

2.6.2 Magnesio (Mg)

Es el constituyente central de la clorofila (pigmento verde de las hojas) y juega un papel esencial en la transferencia de energía en la planta, es por ello que es importante para la fotosíntesis.

La aplicación de Mg al cultivo de tomate aumenta significativamente la producción, la deficiencia se manifiesta como clorosis intervenal comenzando por las hojas más viejas volviéndose amarillas u oscuras con zonas necróticas (Cakmak, 2010).

2.6.3 Calcio (Ca)

Es esencial para las paredes de la célula y la estructura de la planta, sin calcio se detiene el desarrollo del nuevo tejido como consecuencia el rendimiento del cultivo es afectado, es responsable de la firmeza de los frutos, también se encuentra en los mecanismos de defensa y actúa como detector y reacciona contra el estrés externo.

La deficiencia se hace presente mediante las hojas, ya que se vuelven de color verde pálido o amarillo, finalmente marrones, por otra parte, los folíolos permanecen pequeños y rizados y los puntos de crecimiento comienzan a secarse. (Upendra et al. 2003).

2.6.4 Origen del Blossom end Rot

También conocido como podredumbre apical, responsable de pérdidas económicas, se relaciona con la disponibilidad de calcio en el suelo en el momento en que se forman y florecen las flores, si no se atiende adecuadamente el calcio en la nutrición del cultivo, las probabilidades de desarrollar esta fisiopatía pueden ser muy altas. (Draper et al., 2002)



Figura 1: Deficiencia de calcio en el fruto.

2.6.5 Potasio (K)

Influye en la calidad del fruto, sus roles esenciales son: síntesis de proteína, procesos fotosintéticos y transporte de azúcares de las hojas a las frutas, asimismo está involucrado en el mantenimiento del potencial osmótico (turgencia celular), mejora la eficiencia del uso del agua y es responsable de la síntesis de licopeno (color rojo) (Holwerda, 2006).

2.7 Solución Steiner

Es una solución nutritiva universal donde encontramos los nutrientes esenciales para lograr un buen crecimiento y desarrollo de las plantas.

Se compone de macronutrientes y micronutrientes los cuales están presentes en forma de iones para que las plantas puedan asimilarlos, teniendo una relación mutua entre aniones y cationes, recalcando que el pH es importante para determinar la disponibilidad de algunos iones. (Steiner, 1984).

Coic (1973) menciona que la concentración y composición de una solución nutritiva va a depender de acuerdo al tipo de cultivo, fase de desarrollo, del medio ambiente y el tipo de hidroponía.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del experimento

El experimento se realizó en el invernadero de recursos naturales no renovables, ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, con las siguientes coordenadas geográficas: 25° 22" de latitud norte y 101°02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.



Figura 2: ubicación del invernadero donde se llevó a cabo el experimento.

3.2 Material Vegetal utilizado

Variedad M-4 S, presenta un crecimiento de habito semi-indeterminado, en cuanto al dosel de la planta esta variedad es muy versátil porque presenta menos distancia entre racimos. Presentando resistencia a las razas 1 y 2 de *Fusarium O*.

3.3 Diseño experimental

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar, teniendo siete tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Para el análisis de datos se utilizó el análisis de varianza (ANVA) y para la comparación de medias el método LSD Fisher ($p=0.05$), usando el programa SAS-PC.

3.4 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = valor de la variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j

μ = media general de la población estudiada

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = error estándar de la media.

3.5 Establecimiento de cultivo

3.5.1 Trasplante

El trasplante se llevó a cabo el 14 de mayo de 2022 utilizando bolsas de plástico de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro, colocando una plántula por bolsa en sustrato peat moss + perlita a una proporción; 1:1 para obtener una aireación ideal que va desde el 25 al 30%. Teniendo una densidad total de población de 28 plantas.



Figura 3: Mezcla de perlita y peat moss para realizar el trasplante.

3.5.2 Fertilización

Al establecer el cultivo se aplicaron diferentes dosis de polisulfato a cada tratamiento.



Figura 4: Aplicación de diferentes dosis de polisulfato.

3.5.3 Riego

Los riegos se realizaron con solución nutritiva steiner (sin calcio), aplicando una lámina a capacidad de contenedor en cada bolsa, una o dos veces por día dependiendo de las necesidades hídricas y variaron de acuerdo al clima, siempre drenando un 30%.



Figura 5: Riegos con solución nutritiva.

3.5.4 Entutorado

La planta se manejó a un solo tallo, 15 DDT se realizó el entutorado con la finalidad de guiar a la planta y mantenerla en una posición erguida, instalando alambre en la parte superior del invernadero, amarrando cordones de rafia en los anillos para tutoreo colocándolos sobre el cuello de la planta, debajo de la primera hoja.



Figura 6: Entutorado.

3.5.5 Destallado

Eliminación de brotes axilares manualmente, si el brote era de un mayor grosor se hacía uso de una navaja desinfectada.



Figura 7: Destallado.

3.5.6 Control de plagas y enfermedades

Después de cada eliminación de brotes axilares se aplicó Manzate 200 ® como producto preventivo a plagas y enfermedades ya que son heridas que quedan expuestas a estos problemas.

A pesar de los productos preventivos se tuvo la presencia de Mosca blanca (bemisia tabaci) para erradicar este problema aplicamos CONFIDEL 350SC (Imidacloprid). A una dosis de 1ml/L.de agua.

3.6 Tratamientos

Se evaluaron diferentes dosis de polisulfato, este es un fertilizante mineral natural, que contiene:

57 % de azufre como sulfato (SO₄), o 19.2 % de S.

14% de potasio como oxido (K₂O), o 11.6 % de K.

6% de magnesio como oxido (MgO), o 3,6 % de Mg.

17% de Calcio como oxido (CaO), o 12.2 % de Ca.

Cuadro 1: Tratamiento y dosis única de polisulfato aplicado después del trasplante

Tratamientos	Dosis de polisulfato en g/planta
T1(Testigo)	Sin polisulfato
T2	5 g de polisulfato
T3	10 g de polisulfato
T4	15 g de polisulfato
T5	20 g de polisulfato
T6	25 g de polisulfato
T7	30 g de polisulfato

3.7 Variables evaluadas

Se evaluaron un total de 3 variables de campo y 9 variables en laboratorio.

Cuadro 2. Variables evaluadas

Variables de campo	Variables de laboratorio
Altura	Peso
Diámetro de tallo	Diámetro polar
Número de frutos	Diámetro ecuatorial
	Firmeza
	°Brix
	Vitamina C
	Magnesio
	Potasio
	Calcio

3.7.1 Altura de planta

Esta variable se midió utilizando un flexómetro partiendo desde la base del tallo hasta el ápice, realizando la primera medición 15 días después del trasplante y así continuar tomando las medidas cada 7 días reportándolas en centímetros (cm).



Figura 8: Toma de datos de altura.

3.7.2 Diámetro de tallo

Con ayuda de un vernier digital marca STEREN y tomando como referencia la base del tallo se obtuvieron los datos de esta variable, cuantificándolos en milímetros (mm).



Figura 9: Toma de datos del diámetro de tallo.

3.7.3 Peso

Una vez cosechados los frutos se procedió a pesar cada uno de ellos utilizando una báscula semianalítica marca esnova con una capacidad de 2 kg.



Figura 10: Determinación del peso de los frutos.

3.7.4 Diámetro polar y ecuatorial

Utilizando un vernier, se tomó el diámetro polar de cada fruto desde el pedúnculo hasta el ápice asimismo para el diámetro ecuatorial los frutos se midieron de manera perpendicular a su eje peduncular, ambas variables representadas en milímetros (mm).



Figura 11: Determinación del diámetro polar y ecuatorial.

3.7.5 Firmeza

Se tomaron 4 muestras por cada tratamiento obteniendo como resultado 28 muestras recolectadas de diferentes racimos de cada planta, con la ayuda de un penetrómetro teniendo una puntilla de (8 mm) se perforó firmemente cada muestra hasta obtener los resultados expresados en (kg*F).



Figura 12: Determinación de firmeza.

3.7.6 Sólidos solubles totales (SST)

Para la determinación del contenido de los sólidos solubles totales expresados como °Brix, se utilizó un refractómetro de la marca ATAGO asegurándose de que este calibrada a 0 si no es así se procede a calibrar utilizando agua destilada, colocando unas gotas de cada muestra de tomate sobre el porta muestras del refractómetro, una vez puestas se cerró y se procedió a tomar lecturas.



Figura 13: Toma de lectura de °Brix.

3.7.7 Vitamina C

Con un total de 14 muestras (frutos), 2 por cada tratamiento, se llevó a cabo el siguiente proceso en cada una de ellas, se tomaron 20 g. de cada muestra colocándolos en un mortero agregando 100 ml. de agua destilada y 10 ml. de ácido clorhídrico al 2%, procediendo a macerar hasta llegar a una mezcla homogénea, una vez teniendo eso se filtró con gasas sobre un matraz Erlenmeyer, procediendo aforar a 100 ml con agua destilada, finalmente utilizando el reactivo de Thielmann (2-6 diclorofenolindofenol) y tomando una alícuota de 10 ml de la mezcla anterior se realizó

la titulación hasta quedar a un color rosa persistente, reportando el volumen de gasto del reactivo de cada muestra para llevar a cabo la siguiente formula y así obtener el contenido total de vitamina C.

$$\text{Mg/100g} = \frac{(\text{vol. Gasto reactivo Thielman}) (0.088) (\text{vol. Total}) (100)}{(\text{Vol. Alícuota}) (\text{peso de la muestra})}$$

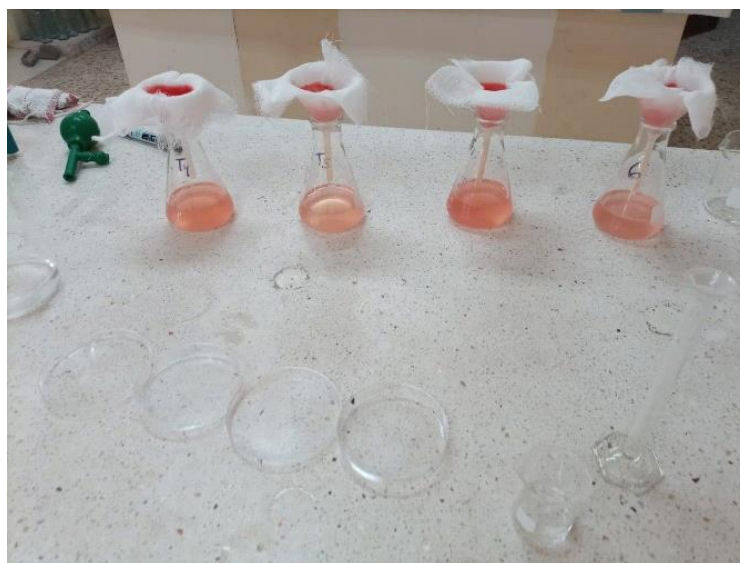


Figura 14: Determinación del contenido de vitamina C.

3.7.8 Contenido de Magnesio (Mg) potasio (K) y calcio (Ca)

- Pesar cada muestra
- Cortarlos en rodajas y colocarlos dentro de una charola de aluminio (una muestra en cada charola para evitar contaminación)
- Colocar las charolas dentro de la estufa marca Robertshaw a una temperatura de 55 – 65% durante 10 días

- Obtenemos la muestra seca
- Mezcla de ácidos: 3 ácido nítrico (840ml);1 ácido perclórico (280ml) con un total de 1120 ml en total.
- colocar un gramo de muestra en un vaso de precipitado y añadir 40 ml de la mezcla de ácidos colocándoles un vidrio de reloj.
- Se llevaron a la campana marca Thermolyne cimarec ® 2 hasta quedar completamente transparente y formando solidos blancos (escarcha)
- Se pasó por papel filtro No. 42, aforando con 100 ml de agua des ionizada
- Vaciar el líquido en un frasco, volver a tomar 1 ml de este frasco y volver aforar con 100ml de agua des ionizada.
- De este líquido final se leyeron los datos con la ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica (mufla marca 1500) Thermolyne.



Figura 15: Determinación del contenido de Ca, Mg y K en el fruto.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables: altura de planta (AP) y diámetro tallo (DT) entre tratamientos en días después del trasplante (Cuadro 3 y 4)

El ANVA para las variables: número de frutos (NF), rendimiento (REND), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), Magnesio (Mg), Potasio(K) y Calcio (Ca), mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, Sin embargo, los resultados obtenidos del ANVA en las variables: firmeza (F), sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix), y vitamina C (Vit C), no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5).

4.1 Altura de planta

De acuerdo al análisis de varianza en la variable altura de la planta se encontraron diferencias significativas desde los 15 DDT hasta los 22 DDT, sin embargo, al llegar a los 29 DDT hasta los 64 no se encontraron diferencias significativas.

Si a un cultivo se le proporciona una menor cantidad de fertilizante en base a su requerimiento, la respuesta del crecimiento de la planta será deficiente, pero si las cantidades son excesivas también habrá respuestas negativas. Entonces debe haber un equilibrio.

Entre más altura tenga la planta mayor área fotosintética y mejor calidad de frutos.

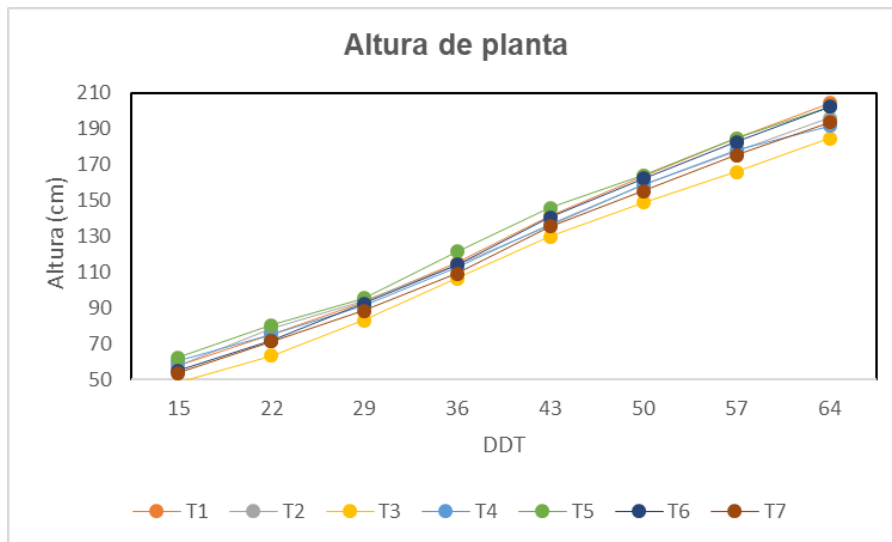


Figura 16: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre la altura de la planta.

Cuadro 3: Comparación de medias de altura de planta (mm)

DDT	TRATAMIENTOS							CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
15	57.75Hab	58.00Hab	48.75Hb	60.25Hab	62.50Ha	55.00Hab	53.50Hab	14.47
22	75.50Gab	78.25Gab	63.50Gb	75.50Gab	80.25Ga	71.75Gab	71.25Gab	14.07
29	93.25Fa	94.00Fa	83.00Fa	91.25Fa	95.50Fa	92.25Fa	88.25Fa	11.33
36	115.00Ea	113.75Ea	106.50Ea	112.75Ea	121.50Ea	114.25Ea	109.00Ea	9.95
43	141.50Da	135.75Da	129.75Da	136.75Da	145.75Da	140.50Da	135.50Da	10.14
50	163.50Ca	158.75Ca	148.75Ca	159.00Ca	164.00Ca	162.25Ca	155.25Ca	9.7
57	184.75Ba	177.25Ba	166.00Ba	178.25Ba	184.50Ba	182.50Ba	175.25Ba	9.6
64	204.50Aa	196.00Aa	184.75Aa	191.75Aa	205.75Aa	202.50Aa	193.50Aa	9.21
CV(%)	4.73	5.61	3.52	3.15	5.54	2.7	3.63	

4.2 Diámetro de tallo

El análisis de varianza nos muestra diferencias significativas entre tratamientos en el desarrollo del diámetro de tallo al adicionar diferentes dosis de polisulfato, observando que el tratamiento 5 fue el que presento mayor grosor, pero no muy superior al testigo.

Moorby (1981) menciona que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilatos que pueden ser utilizados en el crecimiento del fruto asimismo una mayor área de xilema facilita el transporte de agua y nutrientes hacia los órganos reproductivos.

Entre más grueso y vigoroso sea el tallo, mayor resistencia y sostén para soportar la estructura y peso de los frutos.

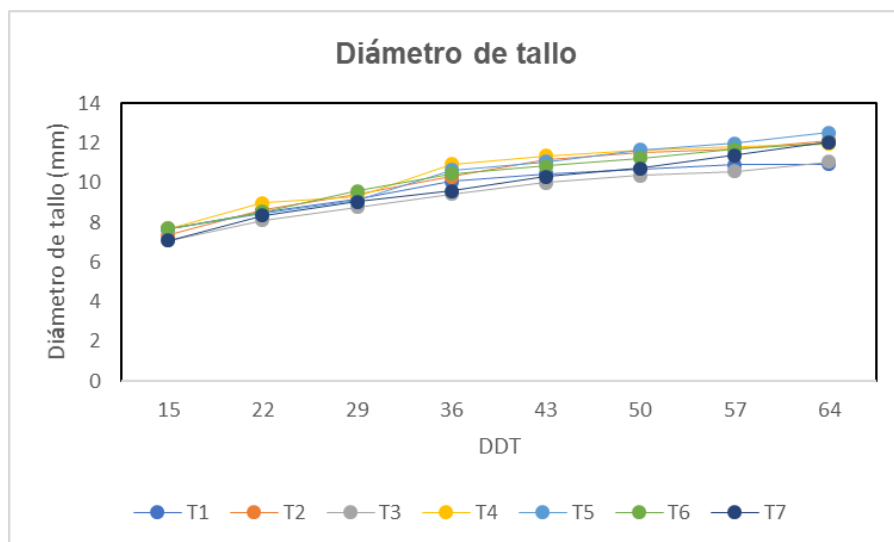


Figura 17: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el diámetro de tallo.

Cuadro 4: Comparación de medias de diámetro de tallo (mm)

DDT	TRATAMIENTOS							CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
15	7.70Fa	7.35Fa	7.07Fa	7.70Da	7.65Fa	7.70Fa	7.07a	12.67
22	8.52Ea	8.62Ea	8.12Ea	9.00Ca	8.47Ea	8.52Ea	8.35a	7.32
29	9.20Da	9.45Da	8.77DEa	9.32Ca	9.10Ea	9.60Da	9.05a	6.06
36	10.07Cab	10.30Cab	9.45CDb	10.95Ba	10.65Da	10.45Cab	9.57b	6.87
43	10.47BCabc	11.17Bab	10.00BCc	11.35ABa	11.07CDab	10.85BCabc	10.30bc	6.116
50	10.70ABab	11.52ABa	10.37ABb	11.62ABa	11.67BCa	11.25ABa	10.72ab	6.45
57	10.90ABab	11.72ABab	10.57ABb	11.85ABa	12.00ABa	11.70Aab	11.40ab	6.82
64	10.95Ac	12.15Aab	11.07Abc	11.97Aabc	12.55Aa	12.02Aabc	12.05abc	6.48
CV(%)	3.25	4.91	6.39	6.32	5.01	5.18	6.37	

Cuadro 5: Comparación de medias de las diferentes variables evaluadas

Tratamiento	NF	REND kg/planta	DP mm	DE mm	F kg · F	SST °Brix	Vit C mg/100g	Mg	K mg/g	Ca
T1	33.00b	2.82ab	59.75a	48.65a	2.23a	5.45a	13.93a	2.27a	26.10ab	3.15b
T2	36.75b	2.58b	57.17a	40.97ab	2.27a	5.65a	15.35a	2.35a	16.47b	2.62b
T3	39.75ab	2.32b	53.33ab	38.33b	2.38a	5.75a	14.06a	2.52a	23.60ab	2.75b
T4	36.00b	2.83ab	54.12ab	42.90ab	2.21a	5.47a	12.80a	2.82a	18.62ab	2.22b
T5	42.00ab	2.41b	44.64b	43.15ab	2.58a	5.52a	18.64a	2.55a	19.75ab	3.42b
T6	51.25a	3.34a	53.47ab	46.62ab	2.21a	5.90a	16.50a	2.80a	22.95ab	6.77a
T7	39.00ab	2.63b	52.12ab	45.04ab	2.33a	5.57a	17.60a	1.30b	34.12a	2.20b
C.V (%)	24.42	15.91	11.95	14.04	17.52	11.21	21.25	26.23	48.99	63.53

4.3 Número de frutos

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos, el tratamiento 6 con la aplicación de 25 g de polisulfato con mayor valor, aumentó el 55% respecto al testigo y el valor menor fue en el tratamiento 4 con solo 9% de aumento. Esto coincide con la investigación de (Ávila, 2008) que concluye que al aplicar diferentes concentraciones de fertilizantes influía en el número de frutos siguiendo el patrón a menor cantidad de fertilizante se obtuvo menor número de frutos y a mayor concentración de fertilizante se obtuvo mayor número de frutos.

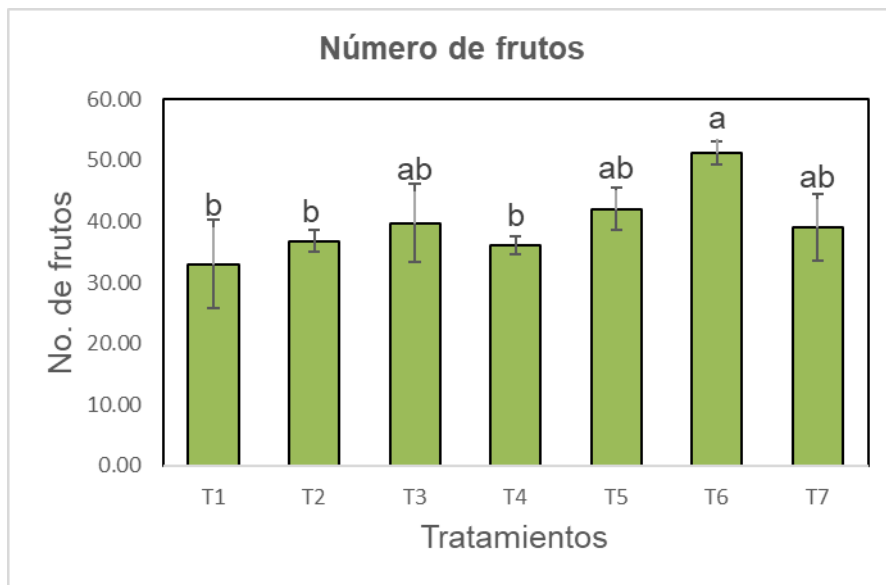


Figura 18: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el número de frutos. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($P < 0.05$).

4.4 Rendimiento

Los resultados analizados mediante el análisis estadístico DMS ($P > 0.05$) nos muestran que al utilizar diferentes dosis de polisulfato en el cultivo de tomate se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, teniendo un aumento del 18% en el tratamiento 6 (25 g de polisulfato) respecto al testigo y en el tratamiento 3 (10 g de polisulfato) se presentó una disminución del 8%. Neumann; Kafkafi (1997), determinan que las plantas bajo nutrición hidropónica presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos, al añadir dosis de polisulfato complementamos la nutrición, el azufre pudo actuar como inhibidor de hongos evitando una disminución de producción.

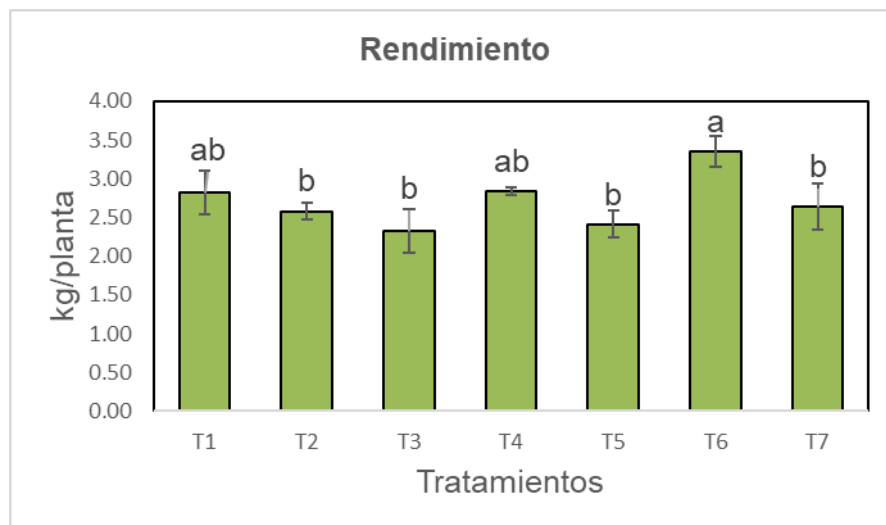


Figura 19: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el rendimiento. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras la separación de medias por DMS ($p < 0.05$).

4.5 Diámetro polar

En cuanto al diámetro polar el análisis arrojó diferencias significativas entre tratamientos, siendo el testigo más destacable entre el resto de los tratamientos con un valor de 59.75 mm. Seguido por el tratamiento 2 (5 g de polisulfato) también se observó que en el tratamiento 5 con 20 g de polisulfato hubo una disminución del 25%

con referencia al testigo. Sin embargo, se puede comentar que como los tratamientos aplicados no superaron al testigo no hubo efecto significativo.

Los resultados obtenidos son similares a la investigación de (Urrieta, et al., 2012) “variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*solanum lycopersicum*) donde las plantas fueron irrigadas con solución nutritiva Steiner obteniendo valores de 4 a 5.9 cm de diámetro polar y el presente trabajo presento valores desde 4.4 hasta 5.9 cm, llegando a la conclusión que añadir polisulfato no influyo en cuanto a esta variable.

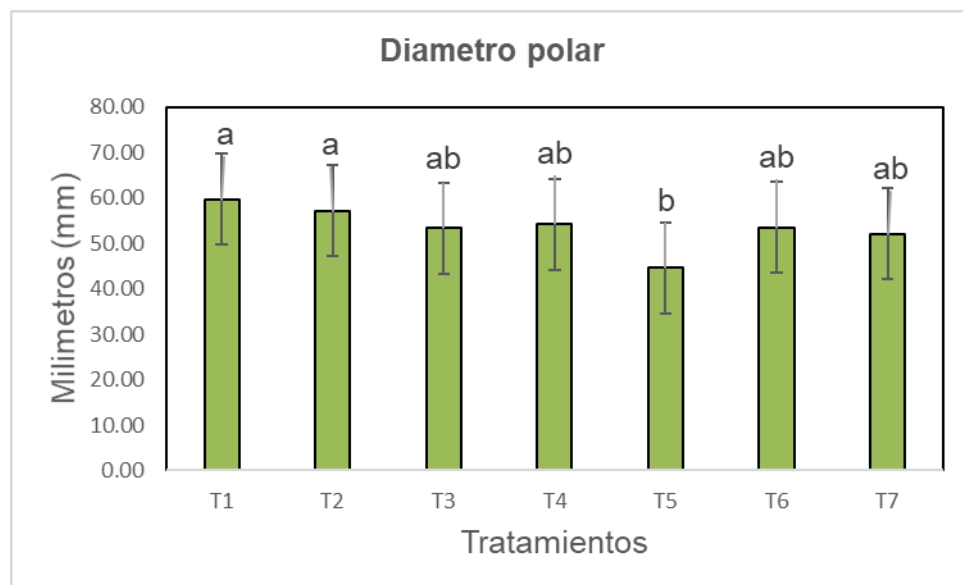


Figura 20: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el diámetro polar en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($P < 0.05$).

4.6 Diámetro ecuatorial

En esta variable de acuerdo al análisis se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Sin embargo, el testigo presentó el valor más alto con 48.65 mm. Seguido por el tratamiento 6 (25 g de polisulfato), el diámetro ecuatorial en el tratamiento 3 fue 21% menor que las plantas testigo, siendo así no tenemos efectos significativos al aplicar diferentes dosis de polisulfato.

Estos resultados no coinciden con el trabajo realizado por (Ávila, 2008) donde concluye que a concentraciones bajas de fertilizantes se obtienen tamaños menores en el fruto y a concentraciones altas se obtendrán frutos con mayor diámetro ecuatorial.

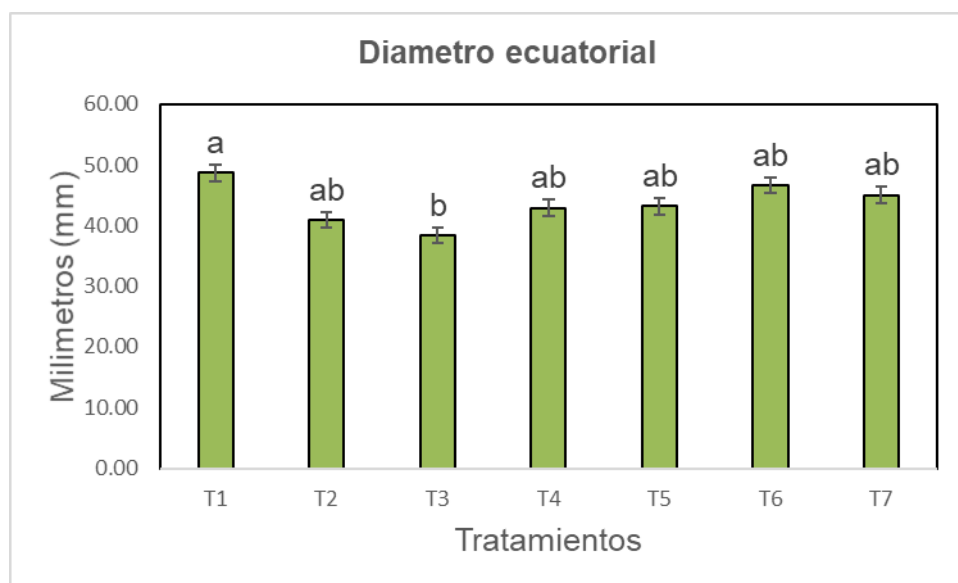


Figura 21: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el diámetro ecuatorial en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS. ($p < 0.05$).

4.7 Magnesio (Mg)

En base al análisis estadístico se encontraron diferencias significativas, presentando una disminución del 43% aplicando 30 g de polisulfato (tratamiento 7) respecto al testigo al cual no se le aplicó polisulfato.

Estos resultados pudieron ser por un antagonismo entre los elementos ya que por un exceso de Ca y K ocurre una disminución de Mg.

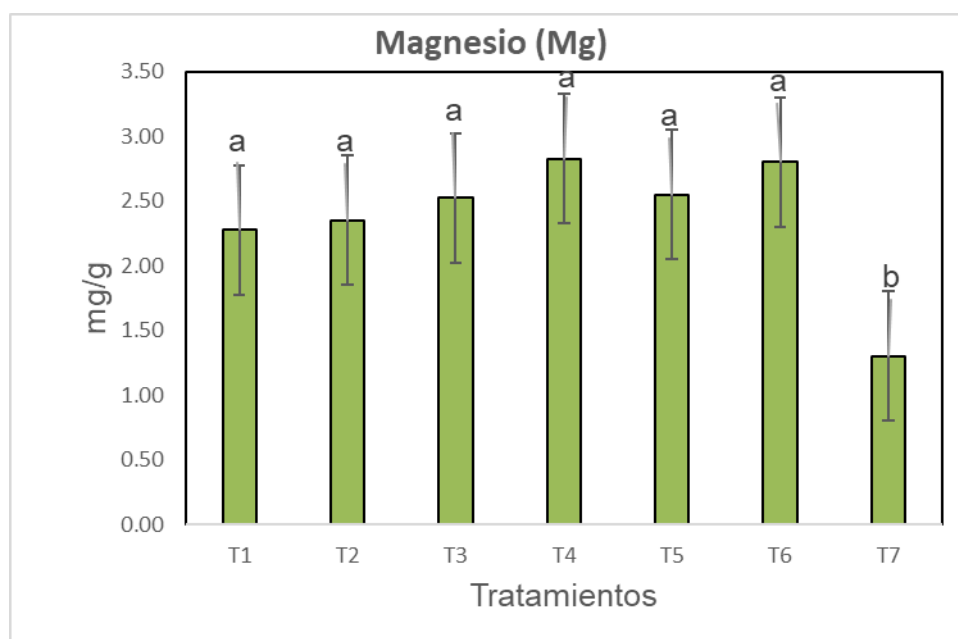


Figura 22: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de magnesio en el fruto. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p < 0.05$).

4.8 Potasio (K)

En el análisis de varianza para el estudio de la variable potasio, se encontró diferencia significativa, se manifiesta que el valor más alto lo obtuvo el tratamiento 7 con la aplicación de 30 g de polisulfato obteniendo un aumento del 30 % y el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento 2 con una disminución del 37% aplicando 5 g de polisulfato, ambos valores en base al testigo. Los resultados obtenidos son similares a los datos encontrados en el artículo "efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate" por (Terry et al., 2018) donde obtuvo datos de 2.1 a 4.41% de contenido de potasio en frutos de tomate mientras que nuestros resultados (Figura 23) fueron de 1.64 a 3.41%.

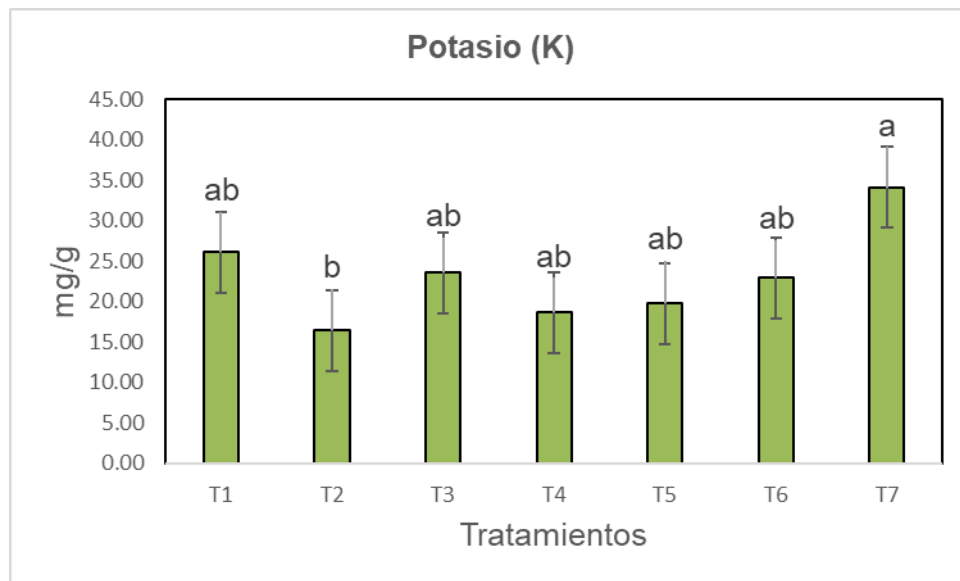


Figura 23: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de potasio en el fruto. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p < 0.05$).

4.9 Calcio (Ca)

Estadísticamente se puede observar que existen diferencias significativas, al aplicar 25 g de polisulfato encontramos un aumento del 114% referente al testigo y una disminución del 30% al agregar 30 g de polisulfato.

El calcio no aplicado en la solución nutritiva fue sustituido por la aplicación del polisulfato y el agua de riego, siendo el tratamiento 6 el que resalta, entonces podemos decir que se encontró un equilibrio entre elementos y no existió antagonismo.

El calcio tiene un efecto retardador en la velocidad de maduración por lo tanto es muy importante en poscosecha para incrementar la vida de anaquel, también es indispensable para evitar la podredumbre apical en frutos (Rincón, 2015).

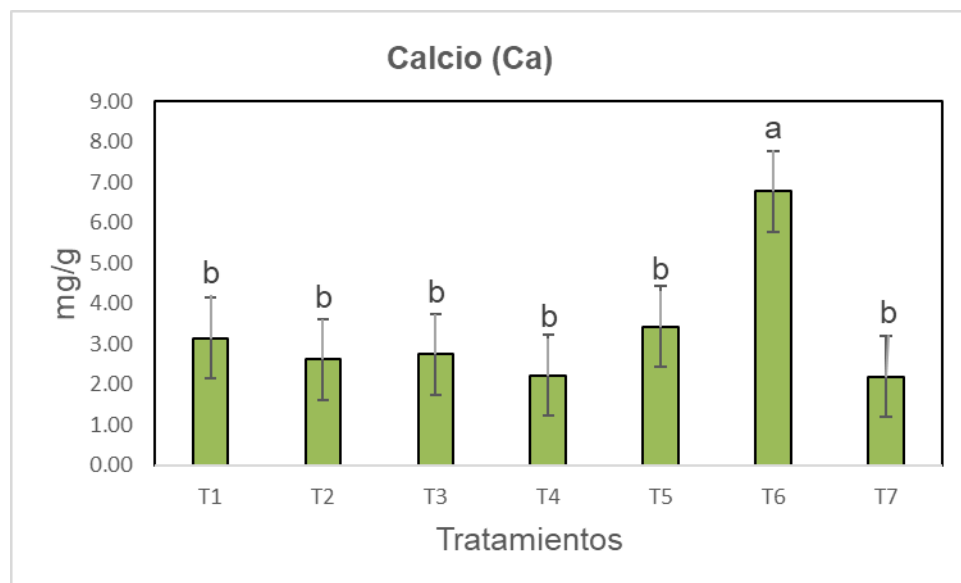


Figura 24: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de calcio en el fruto. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p < 0.05$).

4.10 Firmeza

De acuerdo al análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas, pero hablando numéricamente vemos un ligero aumento del 15% al aplicar 20 g de polisulfato tomando como referencia el testigo al que no se le aplicó polisulfato.

Estos datos (Figura 25) fueron inferiores a los datos reportados por (García 2017) en donde utilizo solución Steiner con todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta mientras que en este trabajo no se aplicó Calcio a la solución, solo fue el aporte de lo que contenía el agua de riego más el fertilizante polisulfato, sabiendo que el calcio es indispensable para conferir resistencia a la pared celular se puede decir que el calcio aplicado no fue suficiente y es por eso que los resultados obtenidos fueron inferiores.

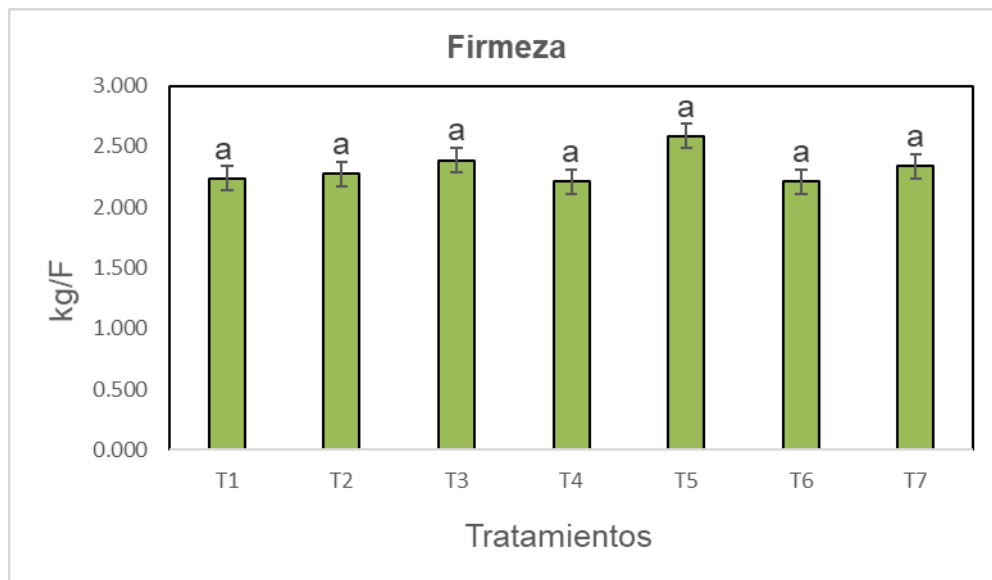


Figura 25: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre la firmeza en el cultivo de tomate. la barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p>0.05$).

4.11 Sólidos solubles totales

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias, los tratamientos aplicados no presentaron diferencias estadísticamente significativas al comparar con las plantas testigo. Numéricamente encontramos un ligero aumento del 8% en el tratamiento 6 (25 g de polisulfato), respecto al testigo. (Aguayo; Artes, 2004) concluyeron que los tomates deben tener un contenido de sólidos solubles totales de entre 4 y 6 ° Brix, entonces podemos decir que, en base a esto, los datos obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del rango antes mencionado. Por otro lado (Ávila, 2008) con su trabajo “Eficiencia de la fertilización en PPM, en tomate” presenta que las concentraciones de grados Brix son afectados de manera negativa a medida en que se van incrementando las dosis de fertilizantes.

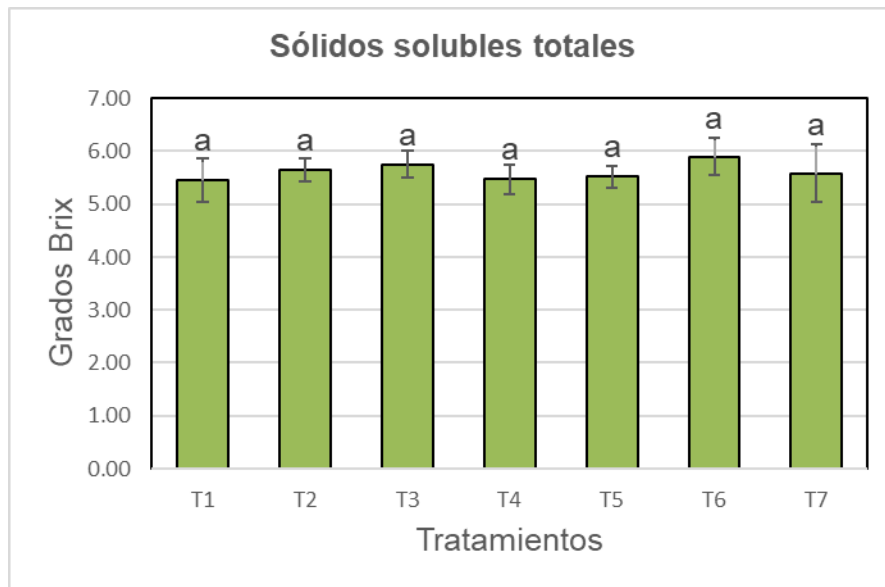


Figura 26: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de sólidos solubles totales en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras la separación de medias por DMS ($p > 0.05$).

4.12 Vitamina C

De acuerdo al análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas sin embargo numéricamente encontramos un aumento del 33% con la aplicación de 20 g de polisulfato (tratamiento 5), mientras que al adicionar 15 g de polisulfato nos muestra una disminución del 8% (tratamiento 4) en relación al testigo. Los valores mostrados en la (Figura 25) son similares a los reportados por (Terry et al., 2018) en su trabajo “efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate” que fueron de 12.38 a 17.21 mg/100g mientras que los valores reportados aquí son desde 12.8 hasta 17.6 mg/100g.

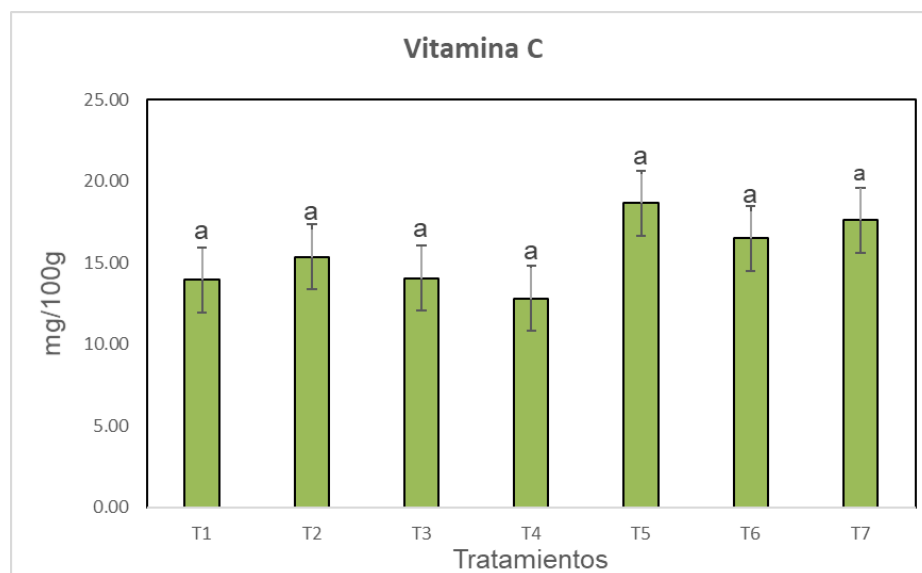


Figura 27: Efectos de la aplicación de diferentes dosis de polisulfato sobre el contenido de vitamina C en el cultivo de tomate. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de medias por DMS ($p > 0.05$).

V. CONCLUSIÓN

La adición de las diferentes dosis de polisulfato nos mostraron diferencias significativas en las variables: AP, DT, NF, REND Y Ca, Mg y K en el fruto, mientras que para las variables F, SST, Vit C, no presentaron diferencias significativas.

En las variables DP Y DE, el testigo fue superior al resto de los tratamientos.

Estadísticamente al agregar polisulfato favoreció el rendimiento, y el contenido de minerales en el fruto, sin embargo, no influyo en cuanto a calidad del fruto.

El calcio que no se aplicó en la solución nutritiva fue compensado con el agua de riego y la adición del polisulfato, sin embargo, no fue suficiente para mejorar la firmeza.

El desarrollo y productividad del cultivo está estrechamente relacionado con el suministro nutricional que recibe. Cuando las dosis de polisulfato fueron bajas o normales no se presentó el desbalance nutrimental, ya que el agua de riego trae consigo nutrimentos como Ca, S y Mg por lo que estas cantidades deben ser consideradas al momento de calcular la dosis de fertilización.

VI.LITERATURA CITADA

- Ávila** Reyes Adalberto (2008). Eficiencia de la fertilización en partes por millón (ppm) en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill Var. Ceraciforme). Tesis de licenciatura, UAAAN. Saltillo Coahuila.
- Aguayo** E., A.F (2004) Elaboración del tomate mínimamente procesada en fresco, compendios de horticultura.15. 1ª edición. Ediciones de horticultura S.L Reus (España).9 (1):59-65.
- Alejandro** Reyes Sebastián, (2019). Actividad de extractos de plantas del semidesierto que inducen el crecimiento de plantas de tomate.Tesis de Maestria. UAAAN. Saltillo Coahuila.
- Cakmak**. I and A.M. yazici. (2010). Mgnesium: Forgotten elements in Crop production. Better Crops 94(2): 23.25
- Cepeda** Siller. (2009) El tomate rojo (cultivo y control parasitológico) trillas, 1a edición. México P.70-71
- Coic** (1973) Les problemes de composition et de concentration des solutions nutritives en culture sans sol. En Proc. 3rd Int. Cong. Soilless Cult. Sassari, Italy .pp 158-164.
- Draper**, M. A; Burrows, R; Munk, S (2002). Blossom end rot of tomatoes and other vegetables. South Dakota Extension. 2p
- FAO** (2016). Manuel técnico del cultivo de tomate, Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación.
- FIRA** (2016). Tomate rojo. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. P. 36.
- Fornaris** (2007). Conjunto tecnológico para la producción de tomate, estación experimental agrícola, colegio de ciencias agrícolas, Universidad de Puerto Rico.

- García** (2017). Rendimiento y calidad del cultivo de tomate. Tesis de maestría. Saltillo Coahuila. Centro de investigación en química aplicada.
- Holwerda** (2006). Crop Kit, Guía de Manejo Nutrición vegetal de Especialidad Tomate. SQM SA, Chile.
- IFA** (2002). Manual mundial sobre el uso de fertilizantes. Asociación Internacional de la industria de los fertilizantes. 77 p.
- Imas** (2015). Polisulfato un Nuevo fertilizante multinutriente. ICL fertilizantes. Revista Fertilizar N°33 año 2015.
- INIFAP** (2023). Mayor rendimiento en cultivo de hortalizas en invernadero, Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/mayor-rendimiento-en-cultivo-de-hortalizas-en-invernadero?idiom=es>
- Jones** (2007). Cultivo de plantas de tomate, 2ª edición. London New york. P.322.
- Moreno** Ramón H,Ibañez, Gisbert.(2011) Sulfatos. Escuela técnica superior de ingeniería agronómica y del medio natural. Producción vegetal p.8.
- Moorby** (1981). Sistema de transporte en plantas. Londres; Nueva York : Longman. P. 162.
- Nuez** Fernando. (1995) El cultivo del tomate. P 37
- Rincón** (2015) Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas. FESAD. Vol. 24, p 13.
- SADER** (2016). ¿Tomate o jitomate?
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tomate-o-jitomate>
- SIAP**. (2022). Panorama Agroalimentario. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SIAP. México. 218 p.
- Steiner**, A.A., (1984), The universal nutrient solution, in Proceedings Sixth International congress of Soilless culture. The Hague, The Netherlands; pp. 630-655.

- Terry.** (2018). Efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate. *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 29, núm. 2, 2018.
- Upendra** (2003). Mineral nutrition of tomato. *J of Food, Agri and Envit.* 1 (2), 176-183
- URRIETA-VELAZQUEZ, José Alberto.** (2012) Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum L.*). *Rev. Chapingo Ser.Hortic.* 2012, vol.18.