

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Anatomía, Fisiología y Calidad del Tomate Cherry, Cultivado con Diferentes
Fuentes y Dosis de Fertilización Potásica

Por:

ADOLFO RIVERA PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Anatomía, Fisiología y Calidad del Tomate Cherry, Cultivado con Diferentes Fuentes y
Dosis de Fertilización Potásica

Por:

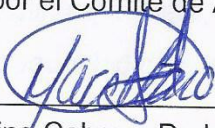
ADOLFO RIVERA PÉREZ

TESIS

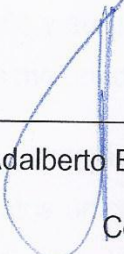
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente

Asesor Principal


Dr. Adalberto Benavides Mendoza


Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y malos, por haberme permitido dar un paso más en mi vida y darme la fortaleza cuando la requerí, salud y por nunca haberme quitado la esperanza de realizar este trabajo.

A mis padres a quienes jamás encontrare la forma de agradecer y quienes me brindaron su apoyo en las derrotas como en los triunfos de mi vida. Quiero que sepan que el triunfo logrado es también de ellos.

Gracias a mi “Alma Mater”, la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por haberme abierto sus puertas y haberme forjado de conocimientos, y por darme la oportunidad de cumplir esta meta, así como al Departamento de Horticultura por brindarme la oportunidad de superarme académicamente.

Al Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente, con gran admiración y respeto, por su asesoría y su gran ayuda para llevar a cabo esta investigación, que sin ningún interés me brindo sus conocimientos durante mi carrera. ¡Gracias!

A mis compañeros de la generación CXX de horticultura con los cuales viví momentos únicos e irrepetibles, doy gracias a Dios por haberlos puesto en mi camino.

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarlo en especial a mis padres a quienes quiero, respeto y admiro:

Isidro Rivera C. Por su apoyo incondicional en todo el trayecto de mis estudios, por estar en los momentos agradables y difíciles que pasamos juntos, gracias papa que sin ningún interés siempre me apoyaste, y buscaste la manera de sacarme hacia adelante, con sacrificio pero lo logramos, dios me lo cuide, te quiero mucho mi querido viejo.

Esperanza Pérez V. Gracias mamá por esos consejos sabios que siempre me diste, por esos regaños y los sacrificios que tuviste que hacer para que lograra mi carrera, estoy muy agradecido con usted por haberme dado la vida, dios me la cuide, te quiero mucho mama.

A mis hermanos, Juan, Rocío, Elizabeth y Anahí, por su compañía, apoyo moral, alientos de ánimo por terminar mi carrera y por estar siempre juntos en los momentos felices y difíciles como familia, los quiero mucho hermanos.

A mis amigos, quienes han sido compañeros (as) y amigos en la vida, y siempre me han brindado su amistad y su apoyo incondicional, quienes han hecho que todos los peldaños en mi vida sean más fáciles en esta etapa, enseñándome que en la vida nada es fácil y que para lograr el éxito se debe trabajar arduamente.

RESUMEN

En México, el cultivo de tomate tiene mucha importancia no solo como generador de divisas, también proporciona gran cantidad de mano de obra a trabajadores estacionales del campo. En el mercado nacional e internacional el objetivo fundamental de la producción de tomate, es buscar la calidad, con frutos de buen tamaño, buena firmeza, buen color, sabor, libre de plagas, de enfermedades, buen contenido de vitaminas y minerales así como que garantice la satisfacción del cliente. El presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de la fertilización potásica, sobre la anatomía, fisiología y calidad de tomate Cherry bajo condiciones de malla sombra. La investigación se realizó en el departamento de Horticultura de la UAAAN en Saltillo, Coahuila. El experimento se estableció en sustrato como medio de cultivo utilizando contenedores de polietileno color negro con capacidad de 5 L. Se utilizó la variedad Solana. Se evaluaron 3 diferentes fuentes potásicas a tres diferentes dosis: NO_3K a (90%, 100%, 110%), KCL a (90%, 100%, 110%), y K_2SO_4 a (90%, 100%, 110%). Las variables evaluadas fueron: grados brix, potasio en peciolo, potasio en frutos, vitamina C, conductancia estomática, densidad estomática haz y envés, índice estomático haz y envés. Los resultados demostraron que si influyen las diferentes concentraciones de fertilización potásica, el aumento de la mayoría de las variables se mostró positivo, destacando como mejores fuentes potásicas KCL a 110%, y K_2SO_4 a 90% y 110% para la mayoría de las variables.

Palabras clave: Tomate, anatomía, fisiología, potasio, calidad.

Correo electrónico; Adolfo Rivera Pérez, riveraperez027@gmail.com

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
TABLA DE CONTENIDOS.....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE APENDICE	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Historia y Origen.....	3
2.2. Clasificación botánica.....	3
2.3. Descripción botánica y morfológica	4
2.4. Requerimientos climáticos y edáficos.....	5
2.4.1. Luminosidad.....	5
2.4.2. Temperatura.....	6
2.4.3. Humedad relativa	6
2.4.4. Suelo	7
2.4.5. Sustrato.....	7
2.5.1. Importancia de la nutrición mineral	7
2.6. Potasio	8
2.6.1. El potasio en el suelo.....	8
2.6.2. Fertilizantes potásicos	8
2.6.3. Antagonismo del potasio.....	9
2.6.4. Funciones metabólicas del potasio	10
2.6.5. Síntomas de deficiencia	12
2.6.6. Exceso del potasio.....	12

2.6.7. Principales factores que afectan la disponibilidad del potasio	13
2.7. Importancia de los estomas.....	13
2.7.1. Intercambio Gaseoso en Plantas.....	14
2.7.2. Conducción Estomática.....	14
2.7.3. Movimiento Estomático	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Localización del experimento	16
3.2. Material Vegetativo.....	16
3.3. Manejo del cultivo.....	16
3.3.1. Siembra.....	16
3.3.2. Trasplante.....	16
3.3.3. Riego	17
3.3.4. Tutorado	17
3.3.5. Podas de formación	17
3.4. Nutrición.....	17
3.5. Plagas y enfermedades presentes en el cultivo.....	17
3.6. Cosecha.....	17
3.7. Descripción de los tratamientos.....	17
3.8. Aplicación de los tratamientos	18
3.9. Diseño experimental.....	18
3.10. Variables evaluadas	18
3.10.1. Grados Brix	18
3.10.2. Potasio en peciolo.....	18
3.10.3. Potasio en frutos	19
3.10.4. Vitamina C.....	19
3.10.5. Conductancia estomática	20
3.10.6. Densidad estomática e Índice estomático haz y envés	20
3.11. Análisis estadístico.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Grados Brix	22
4.2. Potasio en peciolo	23
4.3. Potasio en frutos	24

4.4. Vitamina C.....	25
4.5. Conductancia estomática	26
4.6. Densidad estomática haz	27
4.8. Índice estomático haz.....	29
4.9. Índice estomático envés	30
V. CONCLUSIONES	31
VI. LITERATURA CITADA	33
VIII. ANEXO	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos del experimento.....	18
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de las medias para la variable grados brix de frutos de tomate cherry, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	23
Figura 2. Comportamiento de las medias para la variable potasio en peciolo de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	24
Figura 3. Comportamiento de las medias para la variable potasio en frutos de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	25
Figura 4. Comportamiento de las medias para la variable vitamina C, en frutos de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	26
Figura 5. Comportamiento de las medias para la variable conductancia estomática, en plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	27
Figura 6. Comportamiento de las medias para la variable densidad estomática haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	28
Figura 7. Comportamiento de las medias para la variable densidad estomática envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	29
Figura 8. Comportamiento de las medias para la variable índice estomático haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	30

Figura 9. Comportamiento de las medias para la variable índice estomático
envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes
potásicas.....31

ÍNDICE DE APENDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza para la variable grados brix de frutos de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	41
Apéndice 2. Análisis de varianza para la variable potasio en peciolo de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	41
Apéndice 3. Análisis de varianza para la variable potasio en frutos de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	41
Apéndice 4. Análisis de varianza para la variable vitamina C de frutos de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	42
Apéndice 5. Análisis de varianza para la variable conductancia estomática de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	42
Apéndice 6. Análisis de varianza para la variable densidad estomática haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	42
Apéndice 7. Análisis de varianza para la variable densidad estomática envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	42
Apéndice 8. Análisis de varianza para la variable índice estomático haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	43
Apéndice 9. Análisis de varianza para la variable índice estomático envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	43
Apéndice 10. Comparación de medias de grados brix de frutos de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	43
Apéndice 11. Comparación de medias de potasio en peciolo de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	44

Apéndice 12. Comparación de medias de potasio en frutos de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	44
Apéndice 13. Comparación de medias de vitamina C de frutos de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	45
Apéndice 14. Comparación de medias de conductancia estomática de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	45
Apéndice 15. Comparación de medias de densidad estomática haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	46
Apéndice 16. Comparación de medias de densidad estomática envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	46
Apéndice 17. Comparación de medias de índice estomático haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	47
Apéndice 18. Comparación de medias de índice estomático envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	47

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) es la segunda hortaliza más importante en todo el mundo después de la papa (*Solanum tuberosum* L.), y la de mayor valor económico. En México, la producción de tomate para el año 2013 se mantuvo en 3,282, 583 toneladas y rendimientos de 376,594.16 kg/ha⁻¹ (FAOSTAT, 2013).

La producción de tomate tipo “cherry” se ha expandido en casi todo el mundo, debido a que es una buena fuente de antioxidantes y que reduce el riesgo de contraer enfermedades crónicas tales como cardiovasculares y cáncer de próstata (Giovannucci, 1999).

El tomate tipo cherry corresponde a la especie *Solanum lycopersicon* var. *cerasiforme*, variedad botánica considerada como la forma ancestral del tomate cultivado y se encuentra diseminada en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Se conoce también como cereza, pajarito ó vagabundo (Lobo, 2001).

La fertilización juega un papel importante durante toda la vida de la planta, siendo un factor muy importante para lograr una buena calidad de los frutos que se espera obtener, por este motivo es necesario que la planta sea nutrida desde que se establece, hasta la obtención de los frutos ya que sin los fertilizantes los resultados no serán tan exitosos, la fertilización balanceada provee los nutrientes suficientes y en las proporciones adecuadas para un desarrollo, diferenciación y maduración optima del cultivo, además con un buen clima y manejo del cultivo permitirá la explotación o expresión del máximo potencial genético de las plantas (Lazcano, 2006).

En el presente trabajo, se evaluaron diferentes fuentes de potasio a diferentes concentraciones de fertilizante en tomate (cherry), considerando principalmente

al macronutriente potasio, ya que es uno de los elementos más demandados por la planta para un buen crecimiento, rendimiento y calidad de frutos.

1.1. Objetivo general

- Determinar el comportamiento anatómico, fisiológico y de calidad en tomate cherry cultivado con diferentes fuentes y dosis de fertilización potásica.

1.2. Objetivos específicos

- Cuantificar el índice y densidad estomática en las hojas del tomate cherry al momento de la cosecha.
- Evaluar la conductancia estomática durante la estación de fructificación del cultivo.
- Cuantificar el contenido de vitamina C y grados Brix en frutos al momento de la cosecha.
- Cuantificar el contenido de potasio en los peciolo y frutos al momento de la cosecha.
- Determinar la dosis y fuente de potasio que incide de manera positiva en variables anatómicas, fisiológicas y de calidad de frutos.

1.3. Hipótesis

El comportamiento anatómico, fisiológico y de calidad de frutos será afectado de manera heterogénea por la adición de los fertilizantes potásicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Historia y Origen

El tomate es originario de América del Sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia, pero su domesticación se inició en el sur de México y norte de Guatemala. Las formas silvestres de “tomate cereza”, *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, originarias de Perú, migraron a través del Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado por el hombre (Jaramillo *et al.*, 2007).

La palabra tomate proviene de la voz náhuatl “tomatl”, empezándose a comercializarse en Estados Unidos hacia el año 1835, en 1554 fue llevado a Europa (Valadez, 1998).

El tomate de los aztecas era una forma de *Physalis* y a una especie de *lycopersicon* probablemente ceraciforme, bilocular, le llamaron “Tomate”, la cual se transformó en multilocular. Cuando se descubrió América ya se usaba en México el término jitomate, el cual gradualmente va siendo sustituido por tomate (Cásseres, 1981).

2.2. Clasificación botánica

Su actual clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: *Plantae*, Subreino: *Tracheobionta*, División: *Magnoliophyta*, Clase: *Magnoliopsida*, Subclase: *Asteridae*, Orden: *Solanales*, Familia: *Solanaceae*, Género: *Solanum*, Especie: *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* y *S. pimpinellifolium*

Fuente: USDA, 2012.

En la actualidad, se ha posicionado gastronómicamente, no solamente como decoración de platos, sino como parte integral de los mismos, en ensaladas,

salsas y en cocteles; en programas de mejoramiento, el tomate tipo cherry se ha utilizado como fuente de resistencias a diversos factores bióticos y abióticos.

En recientes estudios en España, sobre fuentes alimenticias de vitamina C, vitamina E y carotenoides específicos, el tomate ocupa el primer lugar como fuente de licopeno con 71,6%, en segundo lugar como fuente de vitamina C (12,0%), de pro-vitamina A carotenoides (14,6%) y de β -caroteno (17,2%), y la tercera fuente de vitamina E (6,0%) (García *et al.*, 2004).

2.3. Descripción botánica y morfológica

Raíz. De origen seminal que puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad y numerosas raíces secundarias y terciarias. Cuando la planta se propaga mediante trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento y se favorece el crecimiento de raíces secundarias laterales, las que principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. Las proporciones de tallo y en particular, la basal, bajo condiciones adecuadas de humedad y textura del suelo, tiende a formar raíces adventicias (Garza, 1985).

Tallo. Presenta ramificación dicotómica, es epigeo con 0.4 a 2 m de altura, cilíndrico cuando joven y posteriormente anguloso, de consistencia herbácea a algo leñosa, con pubescencias, con duración anual. La ramificación del tallo principal da lugar a dos grupos: determinado e indeterminado; el primero termina sus ramificaciones en inflorescencia, limitándose en el crecimiento vertical; en el segundo también se forman racimos en la última hoja; sin embargo, se forma una nueva rama y en consecuencia, el crecimiento vertical no se limita desde un punto de vista de la morfología de la planta (Garza, 1985).

Hojas. Son compuestas e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo (Nuño *et al.*, 2007).

Flor. Es perfecta o hermafrodita, regular y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o pluriocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimo (dicasio), generalmente en número de 3 a 10. Las inflorescencias se desarrollan cada 23 hojas en las axilas (Nuño *et al.*, 2007).

Fruto. Es una baya en las especies de tomate silvestres. El fruto es bilocular, mientras que en las variedades cultivadas es pluriocular o más de dos loculos, siendo lo más frecuente, de 5 a 9 loculos. En la epidermis de los frutos, se desarrollan pelos y glándulas que se desaparecen cuando aquellos llegan a la madurez. En el ápice del fruto, suelen observarse restos del estilo. La forma del fruto es variable, generalmente depresso-globoso u oblonga. Presentan numerosas semillas, pequeñas, aplanadas, amarillento-grisáceas, velludas, embebidas en una masa gelatinosa formada por el tejido parenquimático que llena las cavidades del fruto maduro. El tomate, al igual que sus congéneres silvestres, es una especie diploide con 24 cromosomas en sus células somáticas (Peralta, *et al.*, 2006). Generalmente en tomate cherry la baya puede alcanzar un peso que oscila entre 8 y 20 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

2.4. Requerimientos climáticos y edáficos

2.4.1. Luminosidad

Los principales agentes del medio físico, como la temperatura, la luz y la humedad juegan un papel importante para que los procesos fisiológicos de “cuajado” y “amarre” de fruto se produzcan de forma normal (Maroto, 2002).

La luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO₂ así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo. La concentración óptima de iluminación es de; 10,000 a 15,000 lux (Sánchez, 2001).

La luminosidad tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis como en el fotoperiodismo, así como en el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos; en virtud de que el rendimiento de fruto esta positivamente relacionado con la cantidad de radiación solar recibida por el cultivo y el ciclo del mismo (Wien, 1997; Rodríguez *et al.*, 2001).

2.4.2. Temperatura

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta como la: transpiración, fotosíntesis, germinación, entre otras. Es una planta de clima cálido que requiere de mucho calor; para el tomate, las temperaturas óptimas según el ciclo de vida son las siguientes: temperaturas nocturnas entre 15 y 18 °C, temperaturas diurnas 24 a 25 °C, y temperatura ideal en la floración de 21 °C (Rodríguez *et al.*, 2001).

Cuando se presentan temperaturas altas (mayores de 38 °C) durante 5 a 10 días antes de la antesis, se reduce el “amarre” de fruto debido a que se destruyen los granos de polen (microsporositos) por deshidratación, interrumpiendo así el proceso de gametogénesis (formación de óvulos y polen); también se puede propiciar la formación de polen estéril. Cuando las temperaturas nocturnas son altas (25 y 27 °C) antes y después de la antesis, el “amarre” de fruto también es bajo. A temperaturas de 10 °C o menores, un gran porcentaje de flores abortan y la producción de polen es afectada y después la microsporogenesis (Wien, 1997; Maroto, 2002).

2.4.3. Humedad relativa

La humedad relativa óptima oscila entre 60 y 80%; valores más altos favorecen el desarrollo de las enfermedades en el follaje y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta y aborta parte de las flores. El agrietamiento del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad en el sustrato o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico. También una baja humedad relativa dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Rodríguez *et al.*, 2006).

2.4.4. Suelo

El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, siendo los más indicados, los suelos sueltos, bien aireados y con buen drenaje interno y que a su vez tengan capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas; con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes.

El pH del suelo debe oscilar entre 5,8 a 6,8 (Jaramillo *et al.*, 2006).

2.4.5. Sustrato

En un principio no existe un sustrato ideal o único, porque se puede utilizar una gran diversidad de estos ya sea puros o mezclados como: arena fina, media o gruesa, de cuarzo o río, de construcción etc., gravilla, grava, piedra pómez o purecita, tezontle, cascarilla de arroz, fibra de coco, aserrín etc. Un sustrato adecuado debe ser químicamente inerte, fácil de conseguir y de bajo costo, retentivo de humedad y que no se degrade o descomponga con facilidad (Pérez *et al.*, 1997).

2.5. Nutrición mineral

La fertilización mineral es una de las prácticas agrícolas que conlleva a incrementos notables del rendimiento y calidad; sin embargo, su uso inapropiado afecta el ambiente de modo adverso, creando relaciones inter-nutrientes desfavorables que pueden provocar desequilibrios nutricionales en las plantas (Armenta *et al.*, 2001).

2.5.1. Importancia de la nutrición mineral

Para las plantas cultivadas en condiciones intensivas, el objetivo del agricultor es, habitualmente, impedir que el suministro de los nutrientes imponga limitaciones de rendimientos. Para actuar así, es necesario que todas las plantas dispongan de todos los nutrientes minerales esenciales y que la velocidad de suministro de cada uno sea, al menos, igual a la demanda de los cultivos (Wild, 1989).

El crecimiento y desarrollo de una planta esta normalmente asegurado si se satisface en todo momento el equilibrio entre la demanda y la oferta en elementos necesarios en el proceso. En el medio donde se desarrollan las raíces, además del agua y del oxígeno, deben estar presentes los elementos minerales en formas que sean o lleguen a ser asimilables. El papel de la fertilización es atender estas necesidades mediante la incorporación de nutrientes (Lemaire *et al.*, 2005).

La calidad del agua de riego afecta a la nutrición de las plantas, tanto por su contenido de elementos nutritivos en solución, como por la presencia de iones tóxicos para la planta, algunos cationes como el Ca y K que pueden suponer un aporte significativo para la planta (Soler y Soler, 2006).

2.6. Potasio

2.6.1. El potasio en el suelo

La forma en que se encuentra este nutriente es como ion K^+ , el cual se mueve fundamentalmente por difusión. Este catión se halla en equilibrio dinámico con el K adsorbido en las arcillas, denominado K intercambiable y con las formas de escasa accesibilidad: K fijado al complejo arcilloso (5-10 por ciento) y K estructural o de reserva (90-98 por ciento), en los suelos arcillosos, el rango de concentración se mantiene relativamente constante (Torres, 2009).

2.6.2. Fertilizantes potásicos

En los cultivos hidropónicos los fertilizantes potásicos más comúnmente utilizados en las soluciones nutritivas son los siguientes:

Nitro de potasio (KNO_3), Sulfato de potasio (K_2SO_4), Fosfato monopotásico (KH_2PO_4) y Cloruro de potasio (KCl) según (Howard, 2001).

Las principales fuentes de potasio son el fosfato monopotásico, el sulfato de potasio, el nitrato de potasio y el cloruro de potasio. Este último debe usarse tomando ciertas precauciones, pues contiene cloruro, y si nos excedemos se

puede producir un desequilibrio en el balance de la solución nutritiva (Samperio, 2004).

2.6.3. Antagonismo del potasio

Este es un fenómeno importante que puede proteger a las plantas de los efectos tóxicos de ciertos iones. El calcio antagoniza con la absorción de potasio. De manera similar, el calcio antagoniza con el sodio, y también el sodio o el potasio, agregados en pequeñas cantidades, antagonizan la absorción de calcio. Aparentemente los iones no han de estar relacionados (es decir, no están en el mismo grupo en la tabla periódica) para que sea efectivo el antagonismo. El sodio no interfiere la absorción del potasio, y el bario no se opone al calcio. El calcio es necesario para la integridad estructural de las membranas. En su ausencia, los mecanismos selectivos de transporte se interrumpen y se incrementa la indiscriminada permeabilidad de la membrana. Esto podría ser la base del efecto antagónico del calcio (Bidwell, 2002).

Solo se necesitan concentraciones pequeñas del ion antagonizante para que el antagonismo sea reversible. Por lo tanto, es improbable que el antagonismo opere al mismo nivel de transportadores de iones específicos. Se ha propuesto que los elementos antagónicos pueden afectar la estructura coloidal de la superficie absorbente, ejerciendo así una influencia, pero las cantidades que se requerirían para cambiar efectivamente la permeabilidad de las membranas parecen ser demasiado grandes (Bidwell, 2002).

El Na puede desplazar el Ca de las membranas celulares, modificando la absorción de nutrientes como el K. Sin embargo, se ha observado que si existe un aporte suplementario de Ca, el proceso de captación de K funciona bien, en detrimento del Na, que compite con el K por medio de un mecanismo de baja afinidad. Así pues, la fertilización con Ca mejora la producción agrícola al incrementar la absorción de K. Se ha propuesto que el efecto positivo del Ca puede deberse a su capacidad para activar las acuaporinas, proteínas que forman canales de agua en las membranas y que permiten el paso libre de

agua como respuesta a cambios de la presión osmótica e hidrostática (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

El K compite fuertemente con otros cationes y su exceso puede originar carencias de magnesio si la concentración o el aporte de este elemento es deficiente (Wild, 1989).

2.6.4. Funciones metabólicas del potasio

A diferencia del nitrógeno y fósforo, el potasio no forma compuestos orgánicos en la planta. Su función principal está relacionado fundamentalmente con muchos y varios procesos metabólicos según (Prince, 1970).

El K activa más de 50 sistemas enzimáticos, entre los que se destacan oxidorreductasas, deshidrogenasas, transferasas y quinasas. Aunque en algunos casos puede ser sustituido (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

El potasio se necesita en grandes cantidades; por ejemplo, se requiere mucho más potasio que magnesio para la activación de una enzima dependiente. El potasio se enlaza iónicamente a la piruvato quinasa, que es esencial en la respiración y el metabolismo de carbohidratos; de manera que este elemento es muy importante en todo el metabolismo de las plantas (Bidwell, 2002).

El potasio tiene la propiedad de activar muchas enzimas que están involucradas en la función de los carbohidratos en el metabolismo de la planta y facilita un movimiento adecuado de los iones entre el agua y las membranas. Este mineral interviene en la síntesis del almidón activando la enzima sintetasa y también ayuda al control de la transpiración, apertura y cierre de los estomas, incidiendo en la calidad de la planta, por lo que resulta altamente necesario para lograr una buena floración, el aumento de este elemento cuando comienza a desarrollarse el fruto, fortalece el proceso de fructificación (Samperio, 2004).

En la fotosíntesis, el potasio regula la apertura y cierre de los estomas, y por lo tanto regula la absorción de CO₂. En las plantas, el potasio desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosin trifosfato

(ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos que tienen lugar en las células de la planta. Asimismo, el agregado de K vía fertilizante incrementa rápidamente el nivel de este nutriente inmediatamente disponible (Torres, 2009).

El K reduce la incidencia de desórdenes fisiológicos que afectan la calidad comercial del tomate como locus vacío (complejo de manchas en la madurez, paredes grisáceas, aéreas doradas, y reverdecimiento en la base) según (Melgar, 2011).

El potasio desempeña un rol importante en la regulación del agua en las plantas (osmo-regulación). Tanto la absorción de agua a través de raíces de las plantas y su pérdida a través de los estomas, se ven afectados por el potasio, también mejora la tolerancia de la planta al estrés hídrico. Cumple funciones vitales en la fisiología vegetal y por lo tanto su deficiencia origina importantes mermas en el rendimiento y/o calidad de los cultivos (Torres, 2009).

La presencia de potasio: Favorece la formación de hidratos de carbono (azúcar, almidón, féculas, etc.). Aumenta la consistencia y dureza de los tejidos de las plantas, lo que da lugar a:

- Mayor resistencia a ciertas enfermedades.
- Mayor resistencia al encamado de los cereales.
- Es considerado como un factor de calidad de los productos, aumenta el peso, la coloración y el sabor de los frutos. También favorece la conservación de los productos.
- Hace disminuir el riesgo de helada. Al aumentar el contenido de sales disueltas en la savia disminuyen el punto de congelación de agua.
- Aumenta la resistencia de las plantas a la sequía, puesto que regula el mecanismo de apertura y cierre de los estomas, que es por donde las plantas transpiran el agua a la atmósfera.

(Flórez, 2009).

2.6.5. Síntomas de deficiencia

La deficiencia interfiere en el proceso fotosintético ya que el potasio contenido en las hojas basales se translocan a los tejidos jóvenes y activos, produciendo marchitamiento de los brotes de las hojas basales, el que se sequen mueran prematuramente según (Humbert, 1969).

En las plantas dicotiledóneas, los primeros síntomas de clorosis aparecen en las hojas adultas, que posteriormente se hacen necróticas; el crecimiento se retrasa y se produce pérdida de turgencia y marchitamiento, mucho más acusados cuando existe un déficit hídrico (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

La deficiencia del potasio causa disturbios en el metabolismo de las proteínas, indicando el relativo incremento del nitrógeno en forma de aminoácidos y disminuyendo el nivel de proteína en los tallos y hojas son responsables de manchas necróticas. En la mayoría de los cultivos aparecen hojas viejas. Las plantas crecen lentamente, tiene un sistema radicular mal desarrollado y los tallos débiles. Las semillas y los frutos son pequeños y deformes, así como las plantas tienen menor resistencia a enfermedades así como los estomas no abren completamente y son más rápidos en cerrarse (Flórez, 2009).

2.6.6. Exceso del potasio

Generalmente la adición de K y Mg no produce efectos específicos de toxicidad en las plantas. Una aplicación por exceso, sin embargo, reduce la absorción de Ca. De hecho las aplicaciones de K y Mg algunas veces reduce tan fuertemente la absorción de Ca que induce la deficiencia de Ca (Adams y Ho, 1993).

La acumulación de potasio disminuye la absorción de sodio, calcio, fosforo, azufre y cloro según (Scherer, 1999).

Una planta que se coloca en una solución diluida de cloruro de potasio, acumulará iones de potasio rápidamente hasta alcanzar niveles tóxicos, y puede morir. Sin embargo, si en la solución hay cantidades infinitas de calcio, la

absorción de potasio se reduce considerablemente y no se presenta toxicidad (Bidwell, 2002).

En condiciones de exceso de K su consumo se incrementa, salvo en las semillas, y ese exceso de consumo puede interferir en la absorción y disponibilidad fisiológica de Ca y Mg (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.6.7. Principales factores que afectan la disponibilidad del potasio

Algunos de los factores que influyen son: la lixiviación, cantidad y tipo de arcilla, el pH del suelo y encalado, la estructura del suelo, contenido de agua y temperatura del suelo. Para el tipo de suelo la condición más importante a tener en cuenta es la lixiviación según (López *et al.*, 1998).

Es fundamental para garantizar la absorción del potasio, asegurarse que el mismo entra a formar parte del Complejo arcilloso Húmico (complejo de cambio) y que esté disponible cuando la planta lo requiera, para que se asegure su disponibilidad en suelo debe de tener entre 5 y 10 por ciento de materia orgánica humificable, de lo contrario hay que aplicar enmiendas húmicas. De no hacer así el elemento quedará fijado en las arcillas del suelo (Sanabria, 2005).

2.7. Importancia de los estomas

Las hojas de las plantas están cubiertas en ambos lados por una capa de células tabloides, la cual contiene numerosos poros conocidos como estomas, que están rodeados por células oclusivas, las cuales controlan su apertura. Además de su pequeño tamaño los estomas constituyen una ruta muy eficiente para el intercambio gaseoso, que permite una pérdida de agua en forma de vapor desde células foliares según (Ray, 1985).

Por otro lado existen 3 procesos importantes en las plantas y estos son: respiración, transpiración y fotosíntesis, los cuales son influenciados por el comportamiento y densidad de estomas (Gómez, 1990).

Uno de los factores ambientales más importantes que afectan la apertura y cierre de estomas es la pérdida de agua. Si la cantidad de agua en la hoja baja de cierto punto, la célula guardia pierde turgencia y el estoma se cierra, esto da entender que cuando una planta se marchita por falta de agua, el cierre de los estomas disminuye la pérdida adicional de agua (Gil *et al.*, 2006).

2.7.1. Intercambio Gaseoso en Plantas

Debido a que los estomas representan no más del 0.01 % de la superficie foliar, podría esperarse que la difusión fuera extremadamente baja. Sin embargo se ha demostrado que los gases pueden entrar y salir con gran rapidez. Por otro lado la difusión del CO₂ tiene lugar usualmente solo a través de las superficies foliares que poseen estomas y aproximadamente en proporción al número de estomas presentes (Bidwell, 1979).

2.7.2. Conducción Estomática

Más del 90 % del agua que recibe una planta se pierde a través de las hojas. Por otro lado el vapor de agua se mueve por difusión a través de los espacios del mesófilo hacia los estomas. Entonces el agua se difunde a través del estoma, directamente de la atmósfera, mientras el vapor de agua se mueve hacia fuera del estoma, el CO₂ de la atmósfera entra a la hoja por el estoma (Gil *et al.*, 2006).

Los estomas constituyen la principal resistencia a la transpiración, sin embargo las plantas son capaces de regular la abertura estomática en respuesta a las condiciones externas e internas de la planta (Hinojosa, 2009).

2.7.3. Movimiento Estomático

Cuando la presión de turgencia dentro de la célula oclusiva aumenta, las células se tornan turgentes y asumen la forma de plátano, con las paredes engrosadas y separadas para formar un poro o abertura. Ello se debe a que conforme las células adquieren turbidez tienden a expandirse en toda dirección; en consecuencia a medida que se alargan son forzadas a adquirir la forma de plátano por que las paredes engrosadas no pueden dilatarse. Cuando

disminuye la presión de turgencia, las células oclusivas se tornan flácidas, las paredes engrosadas se aproximan y los poros se cierran. Por otro lado los factores externos como la luz, la temperatura del aire y el suministro de agua tienen gran influencia en la abertura del estoma, mientras que la presión parcial del CO₂ intercelular, el contenido iónico y las fitohormonas son los factores internos que tienen gran influencia en la abertura del mismo (Bidwell , 2002).

La disminución gradual del potencial hídrico influye en el incremento de la densidad estomática en plantas de tomate de cáscara durante su aclimatación. El intercambio de gases se lleva a cabo a través de los estomas y permite la entrada de CO₂ y pérdida de agua bajo las condiciones cambiantes del ambiente. Esta pérdida de agua, que ocurre a través de estomas es conocida como transpiración, juega un papel muy importante en la regulación de la temperatura de la planta, de ahí surge el objetivo de estudiar la morfología y densidad de estomas para entender mejor las funciones fisiológicas y su relación con variables agronómicas importantes (Bazaldúa *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

La presente investigación se realizó en una área experimental del Departamento de Horticultura, perteneciente al campus sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la cual se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México a los 25° 23´ Latitud Norte y 101° 02´ Longitud Oeste, a una altura de 1743 msnm.

3.2. Material Vegetativo

Como material biológico se utilizaron plántulas de tomate de hábito indeterminado del híbrido “Solana”, de la casa comercial Hazera, que florece a los 79 días y madura entre los 130 y 135 días.

3.3. Manejo del cultivo

3.3.1. Siembra

Se realizó el día 14 de Junio de 2014 del híbrido “Solana”, la germinación fue el 22 de Junio. Se utilizó 1 charola de polietileno de 200 cavidades utilizando como sustrato peat-moss y perlita colocando una semilla por cavidad, colocada en una cama flotante bajo condiciones de invernadero.

3.3.2. Trasplante

Se seleccionaron plántulas uniformes, con buen sistema radicular, se tomó el tamaño promedio de 15 cm. El trasplante se realizó en bolsas de polietileno con capacidad de 5 litros utilizando como sustrato peat-moss y perlita en relación de 70:30. El trasplante se realizó el 28 de Julio de 2014 a los 44 días de haber germinado en el invernadero.

3.3.3. Riego

Primero calculamos la retención de agua del sustrato el cual retenía .5 L de agua a cada bolsa y .5 L se drenaba, el primer riego se realizó después del trasplante, posteriormente los riegos eran cada dos días o dependiendo la demanda de las plantas, estos riegos fueron aumentando conforme al desarrollo del cultivo, hasta llegar aplicar 4 L por planta al día para evitar problemas en la planta y frutos.

El agua usada presentaba pH= 7.9 y C.E.= 1.14 dS/m, la cual se ajustaba con un regulador de pH, dejando un pH= 6 y una C.E.=2.5-3 dS/m.

3.3.4. Tutorado

Se utilizó hilo de polietileno amarrados a cables transversales de acero inoxidable los cuales soportaban el peso del cultivo y la conducción se hizo el 20 de Septiembre de 2014.

3.3.5. Podas de formación

Esta práctica se realizó en el momento de las primeras salidas de chupones, para dejar un solo tallo principal, posteriormente los chupones se eliminaban conforme iban surgiendo del eje axial entre tallos y ramas.

3.4. Nutrición

Se utilizó la solución nutritiva Steiner, citada por (Barbado, 2005).

Las concentraciones de los nutrientes en esta solución fueron son las siguientes:

▪ Nitrógeno	167 ppm	▪ Boro	0.44 ppm
▪ Fosforo	31 ppm	▪ Fierro	3 ppm
▪ Potasio	277 ppm	▪ Manganeso	1.97 ppm
▪ Calcio	183 ppm	▪ Zinc	0.11 ppm
▪ Magnesio	67 ppm	▪ Cu	0.02 ppm
▪ Azufre	49 ppm		

3.5. Plagas y enfermedades presentes en el cultivo

Se presentaron las siguientes plagas: Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westw), Pulgón saltador (*Paratrioza cockerelli*), Rosquilla negra (*Spodoptera littoralis Boisduval*), utilizando como materias activas para su control; imidacloprid, pirimicarb y cipermetrina respectivamente.

Enfermedades: Alternaria del tomate (*Alternaria solani*), y bacterias; (*Xanthomonas vesicatoria*), empleando, cimoxanilo y kasugamicina para su control.

3.6. Cosecha

La primera cosecha se realizó el 17 de Octubre de 2014, a los 117 días después de la siembra, cuando el tomate alcanzo el calibre deseado y empezó a tener cambio de color y los indicadores de cosecha indicados.

3.7. Descripción de los tratamientos

Tomando como base la solución nutritiva Steiner, se modificó la fuente y la concentración de potasio, quedando los tratamientos como se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos del experimento.

Tratamiento	Fuente de fertilizante aplicado y concentración	Solución Nutritiva
T1(Testigo)	Sin aplicación	S. Nutritiva
T2	90% K=1.73g de NO3K/L	+ S. Nutritiva
T3	100% K=1.92g de NO3K/L	+ S. Nutritiva
T4	110% K=2.11g de NO3K/L	+ S. Nutritiva
T5	90% K=1.28g de KCL/L	+ S. Nutritiva
T6	100% K=1.42g de KCL/L	+ S. Nutritiva
T7	110% K=1.56g de KCL/L	+ S. Nutritiva

T8	90% K=1.59g de K ₂ SO ₄ /L	+ S. Nutritiva
T9	100% K=1.47g de K ₂ SO ₄ /L	+ S. Nutritiva
T10	110% K=1.94g de K ₂ SO ₄ /L	+ S. Nutritiva

3.8. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se aplicaron cada 5 días el primer mes, posteriormente cada 3^{er} día hasta cosecha, comenzando el 3 de Agosto de 2013 y terminando el 29 de Noviembre de 2014.

3.9. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 10 repeticiones siendo la unidad experimental una maceta con una planta, los datos se analizaron bajo un análisis de varianza con pruebas de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$). En el Statistical Analysis System versión 9.2.

3.10. Variables evaluadas

En este trabajo experimental las variables evaluadas fueron: grados Brix, potasio en peciolo, potasio en fruto, vitamina C, conductancia estomática, densidad estomática e índice estomático del haz y envés.

3.10.1. Grados Brix

Se utilizó un refractómetro modelo ATAGO (ATC-1E) Brix 0-32%, cuando los frutos tenían una coloración deseable amarillo uniforme, colocando unas gotas de jugo del tomate y se tomó la lectura.

3.10.2. Potasio en peciolo

Se utilizó un medidor portable de potasio modelo LAQUAtwin B-731, el cual primero se calibró con la solución estándar 150 ppm, dando un rango de lectura a 3000 ppm, se utilizaron peciolo de la parte media de la planta, colocando los peciolo en un mortero, se trituraron para extraer el jugo y se colocó una gota en el medidor para así tomar lectura.

3.10.3. Potasio en frutos

De igual manera se utilizó el medidor portable de potasio modelo LAQUAtwin B-731, el cual primero se calibró con la solución estándar 150 ppm, dando un rango de lectura a 3000 ppm, se colectaron tomates de coloración amarilla total, poniendo una gota de jugo el fruto en el medidor y se procedió a tomar lectura.

3.10.4. Vitamina C

Se utilizaron tomates del mismo estado de madurez, se determinó por el método volumétrico (AOAC, 1990) mediante 2,6 diclorofenolindofenol (0.001N). Se utilizaron 10 g de muestra en fresco y se trituraron en un mortero de porcelana, se añadieron al macerado 10 ml de ácido clorhídrico al 2%, y se continuó la molienda por 10 minutos más. El contenido del mortero se depositó sobre un embudo de filtración, se lavó el mortero tres veces con agua destilada para quitar el sólido adherido a las paredes, el líquido filtrado se colocó en un matraz volumétrico de 100 ml y se continuó lavando hasta llegar a 100 ml de agua destilada. Del extracto se tomaron 10 ml, se depositaron en un matraz Erlenmeyer de 125 ml y se titularon con una solución 2,6 diclorofenolindofenol (0.001N), hasta que apareció el primer color rosa. Se utilizó la siguiente fórmula para los cálculos correspondientes:

$$\text{Vitamina C} = (\text{mg}\%) = \frac{(V_m - V_b)(M)(FC)(100)}{W/v(a)}$$

Dónde:

V_m = volumen gastado en la muestra

V_b = volumen del blanco

M = molaridad del 2,6 diclorofenolindofenol

FC = factor de conversión de 1 ml de diclorofenolindofenol a 0.088 mg de vitamina C

W = peso de la muestra

v = volumen total 100 ml

a= alícuota 10 ml

3.10.5. Conductancia estomática

Se utilizó un porómetro modelo SC-1 Leaf Porometer for Stomatal Conductance Measurements, el cual se calibro antes de cada lectura y se esperaba 60 segundos para obtener el dato, se seleccionaron hojas medias de cada planta, las lecturas se realizaron de 9 am-12 pm para ser más precisos en los resultados, la unidad en la que se mide es: $\text{mmol/m}^2\text{s}$

3.10.6. Densidad estomática e Índice estomático haz y envés

Para la medición de estas variables se obtuvieron impresiones epidérmicas de los folíolos de las hojas maduras donde se seleccionaron hojas medias y con la misma orientación entre las 10 am-3 pm, se colocó barniz para uñas transparente en la parte del haz y envés del foliolo en la parte central de este, se tardó 3 minutos aproximadamente para secar, una vez seco se procedió a extraer la capa con una cinta adhesiva transparente e inmediatamente se colocó en un portaobjetos, después se observó en un microscopio con cámara incluida a un objeto de 40 X tomando fotografías digitales de lo que observaba, una vez tomadas las fotos se cuantificaron los estomas y las células epidérmicas para así obtener la densidad e índice estomático, utilizando las siguientes fórmulas:

DE= Diámetro del campo= diámetro del ocular (18)/el aumento del microscopio (40%).

$$18/40=0.45$$

$$\text{Diámetro del campo visual}= 0.45$$

$$\text{Radio}=0.225$$

$$r^2=0.0506$$

Área del campo= $\pi \times r^2$

Área del campo= $3.1416 \times 0.0506 = 0.1589 \text{ mm}^2$

0.1589 mm² este factor lo utilizaba para los cálculos correspondientes.

Para calcular esta última variable se utilizó la siguiente fórmula sugerida por (Wilkinson, 1979).

$$IE = \frac{\text{Número de estomas}}{\text{Número de células epidermicas} + \text{Número de estomas}} \times 100$$

3.11. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de datos se realizó mediante análisis de varianza (ANVA), evaluando el efecto de los tratamientos. Usando el paquete estadístico SAS versión 9.2 (Statistical Analysis System) bajo el modelo completamente al azar, realizando la comparación de medias, empleando prueba de promedios de Duncan al 0.05 de probabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Grados Brix

Al realizar la prueba de comparación de medias, se encontró que si existe diferencia estadística entre el grupo de tratamientos empleados en el experimento, donde se observa que el tratamiento 6 y 10 tuvieron un mayor contenido de grados brix que el resto de los tratamientos ya que tenían un valor de 8.75, siendo 74.28% mejor en comparación con el testigo el cual alcanzo un valor de 6.5 (Figura 1). Coincidiendo con (Ramírez, *et al.*, 2011) donde evaluaron dosis de fertilización potásica reportando una de media de 5.29 Brix para la solución a un 45% (9 Meq/ L⁻¹) de potasio, el cual supero a todos los tratamientos evaluados, demostrando que el aplicar medias o altas concentraciones de fertilización potásica, incrementa los grados brix en frutos. Por otra parte (Siller y Baez, 2009) menciona que los frutos mayores a 4.5° Brix son clasificados como frutos de buen sabor, mientras que los que se encuentran por debajo de 4° Brix son clasificados como calidad no aceptable.

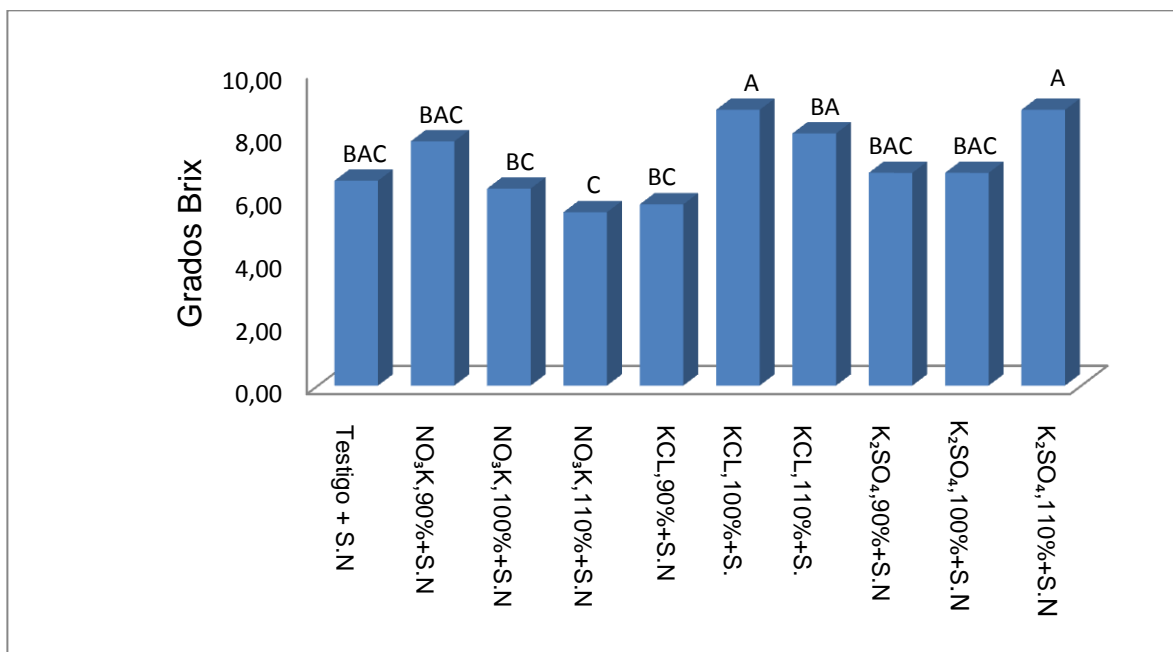


Figura 1. Comportamiento de las medias para la variable Grados Brix de frutos de tomate cherry, tratados con diferentes fuentes potásicas.

4.2. Potasio en peciolo

Los resultados de esta variable demuestran que los tratamientos 2 y 4, con un contenido de 2200 ppm y 2133.3 ppm respectivamente, fueron los mejores resultados, destacando además que todos los demás tratamientos están por debajo de estos tratamientos. Al respecto, (Llanderal, 2014) menciona que al hacer una prueba para identificar los niveles nutricionales en savia de tomate, obtuvo resultados para concentración de K fue de 4548 ppm, con valor mínimo de 3010 ppm y un valor máximo de 6447 ppm, haciendo la comparación con estos datos los resultados obtenidos en esta variable están por debajo de los valores mencionados. Según (Llanderal, 2014) demostró en su experimento que la evolución del K en savia a lo largo del cultivo fue de 5.465 ppm hasta 4.000 ppm, decreciendo conforme los frutos maduran, esta podría ser la respuesta a que los resultados obtenidos en este trabajo sean inferiores ya que los frutos estaban maduros.

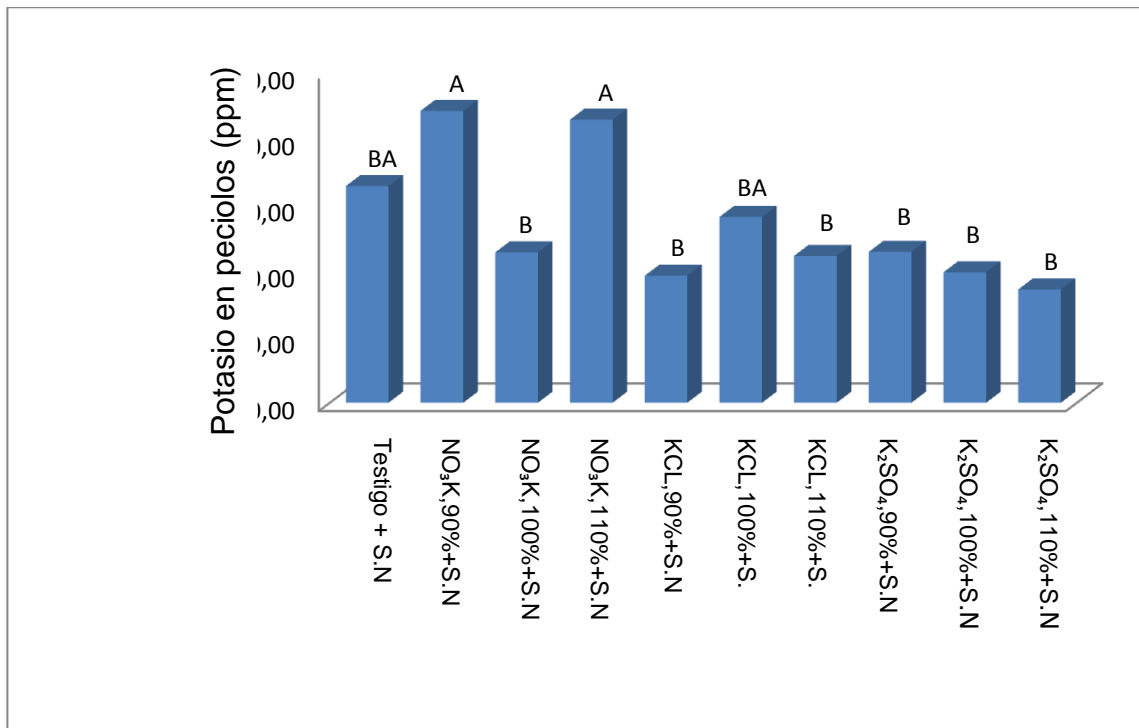


Figura 2. Comportamiento de las medias para la variable potasio en peciolo de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

4.3. Potasio en frutos

Los resultados para la variable potasio en frutos muestran que no hay diferencia estadística pero si existe diferencia numérica siendo el testigo quien obtuvo mayor contenido de potasio con 1700.0 ppm, superando solo por 19.12% al tratamiento 5 el cual presenta el valor más bajo. Esta acumulación intensiva de K en los frutos de tomate es principalmente a partir de la savia del floema junto con los aminoácidos (Ho y Adams, 1995). Con respecto a esto (Besford y Maw, 1975) menciona que el K constituye de 86 a 90% de los cationes totales acumulados en el fruto de tomate y de esta cantidad aproximadamente el 64% del K total absorbido por los frutos está localizado en el pericarpio (Mitchaell *et al.*, 1991). Para parámetros de calidad de tomates (Ramírez *et al.*, 2011) menciona que al hacer concentraciones de potasio en fertirriego (20%K), (40%K), (60%K), (45%K) se encontró que la mejor concentración fue (40%K), teniendo 5.04-5.67g de K en 100 de PF. Por otro lado (Lester *et al.*, 2005) reporta que la mejor dosis de fertilización foliar para melón Cantaloupe fue 4 ml/L de agua (0.096% de K), obteniendo mayor contenido de K en frutos. De esta manera se puede decir que la concentración de fertilizantes potásicos interviene directamente en el contenido de potasio en frutos.

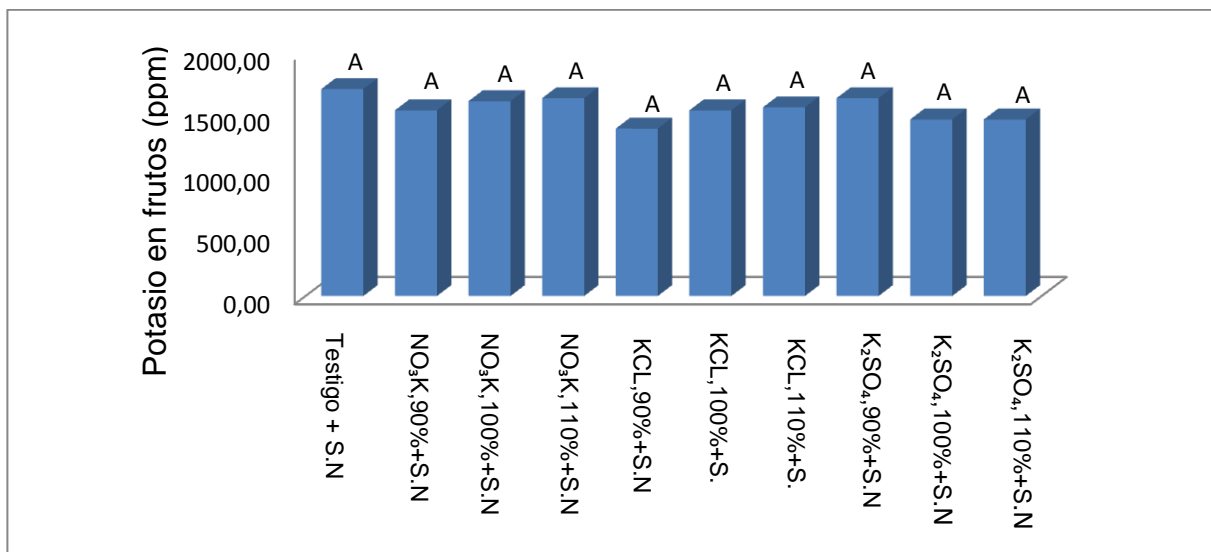


Figura 3. Comportamiento de las medias para la variable potasio en frutos de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

4.4. Vitamina C

Los resultados de la variable vitamina C muestran que el tratamiento 7 tiene el mejor resultado con 17.155 mg, siendo así el tratamiento 2 el que muestra el resultado más bajo con 7.848 mg. De manera similar (Liptay *et al.*, 2006) menciona que el contenido de vitamina C en tomate saladette es de 1.9 mg por cada 100 g. Los valores de vitamina C aquí presentados son muy semejantes a los de (Slimestad y Verheul. 2005) y de (Raffo *et al.*, 2002), quienes realizaron colectas diferentes muestras de tomate tipo Cherry para evaluar el contenido de esta variable, obteniendo resultados que oscilan entre 5.6 y 20.0 mg 100 g⁻¹ en peso fresco. Por otro lado (Lester *et al.*, 2005) evaluó el efecto de aplicaciones foliares de potasio en melón Cantalope, obteniendo mayor cantidad de vitamina C en comparación a los melones que no recibieron aplicaciones foliares de K.

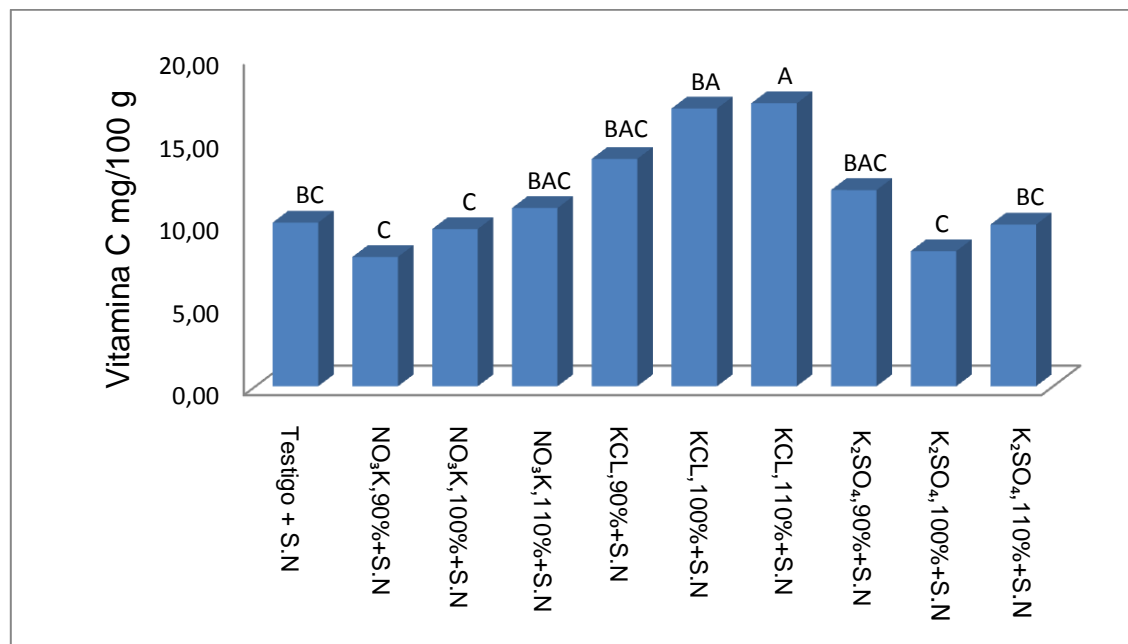


Figura 4. Comportamiento de las medias para la variable vitamina C en 100g, en frutos de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

4.5. Conductancia estomática

Al realizar la prueba de comparación de medias, se encontró que el tratamiento 8 presento los valores más altos con un valor de 304.77 mmol/m²s, siendo 54.57% mejor en comparación con el tratamiento 2 el cual alcanzo un valor de 138.47 mmol/m²s. De manera similar (Yu *et al.*, 2011) reporta que las concentraciones de 3 a 5 mg de yoduro de potasio aplicándolo a la solución nutritiva afecta significativamente la fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática y concentración de CO₂ intracelular. Según (Radin & Ackerson., 1981) disminuye la conductancia estomática a concentraciones de CO₂ ambiental y segundo, incrementa la sensibilidad estomática cuando aquel se eleva.

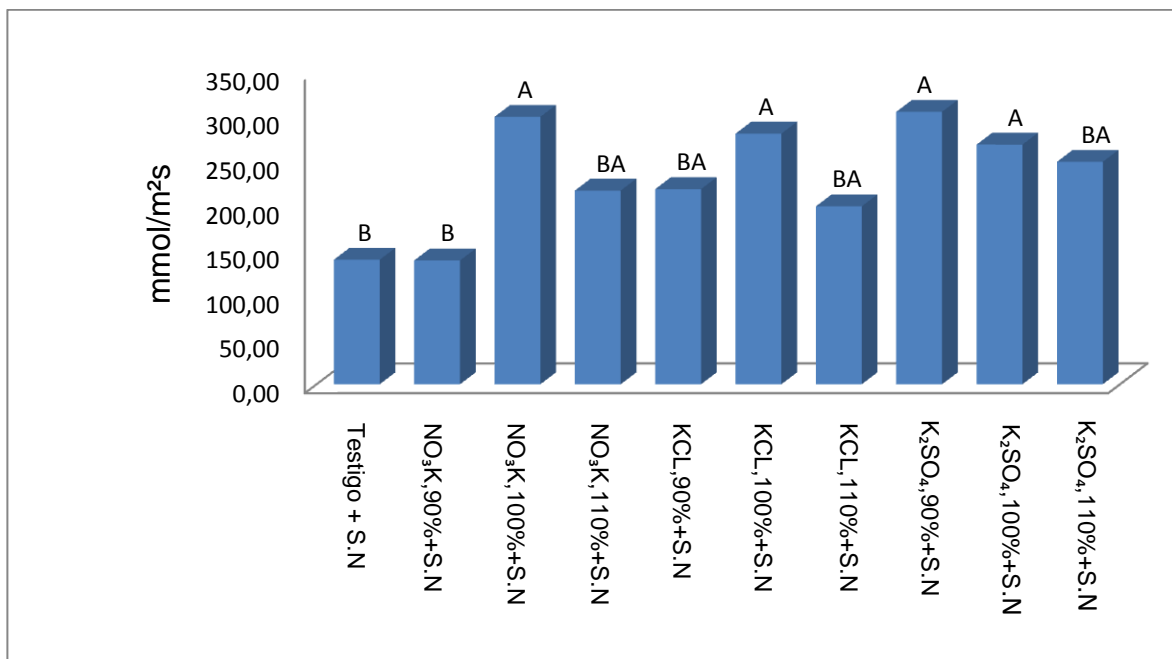


Figura 5. Comportamiento de las medias para la variable conductancia estomática, en plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

4.6. Densidad estomática haz

Los resultados de la variable densidad estomática haz muestran que si existe deferencia estadística teniendo el testigo con 24.120 n° de estomas x mm². De manera similar (Pares *et al.*, 2003) al estudiar la densidad e índice estomático en hojas de *Annona muricata*, *A. montana*, *A. muricata/A. muricata* y *A. muricata/A. montana*, concluyeron que la técnica de injertación afectó los valores de DE disminuyendo el número de estomas/mm², lo que se puede interpretar como un aspecto positivo ya que se aumenta la resistencia estomática, incrementando la adaptabilidad de las plantas a condiciones estresantes en el suelo. En este caso las plantas del testigo se comportaron con mayor densidad estomática ya que se adaptaron a las condiciones de estrés del

sustrato (agua) porque la fertilización potásica era nula, por lo tanto le faltaba este elemento vital para el transporte del agua.

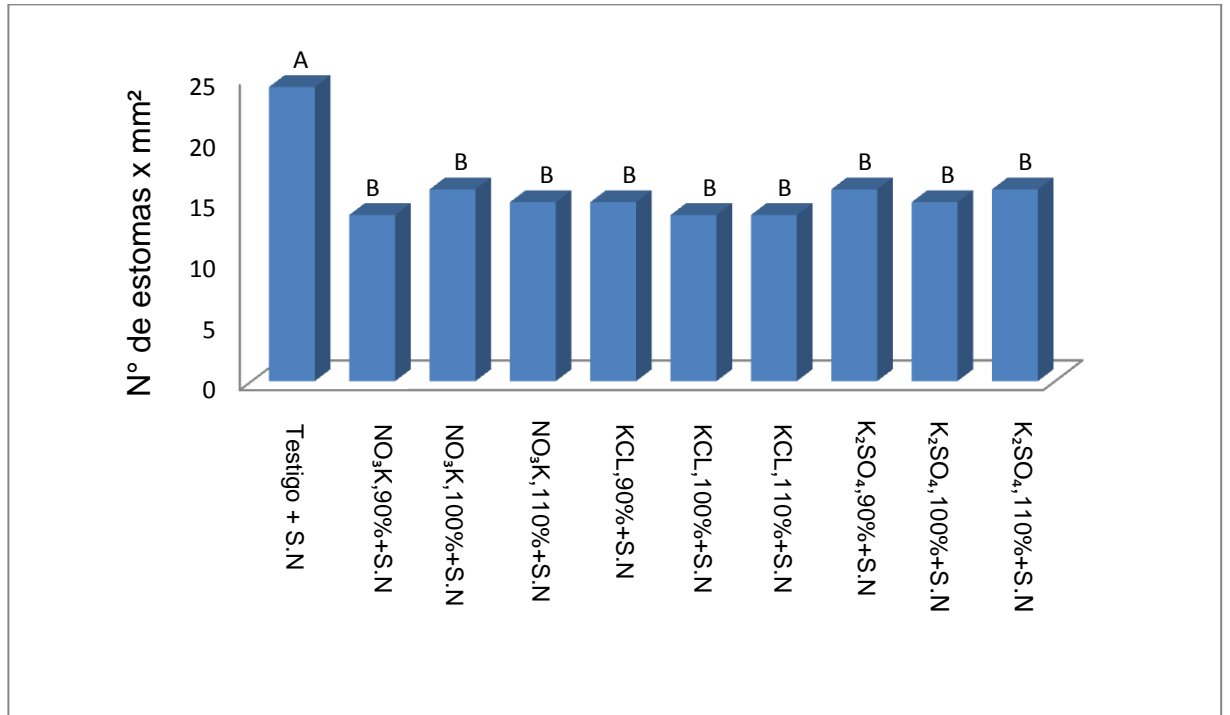


Figura 6. Comportamiento de las medias para la variable densidad estomática haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

4.7. Densidad estomática envés

Los resultados para la variable densidad estomática envés muestran que no hay diferencia estadística pero si diferencia numérica, siendo el tratamiento 2 donde se presentó el resultado más alto con 45.100 n° de estomas x mm² y el testigo presento 33.565 n° de estomas x mm², en el cual disminuyo la densidad estomática considerablemente. De manera similar (Rubino *et al.*, 1989; Takur, 1990) menciona que la disminución de la DE incrementa la resistencia estomática y evita el exceso de transpiración.

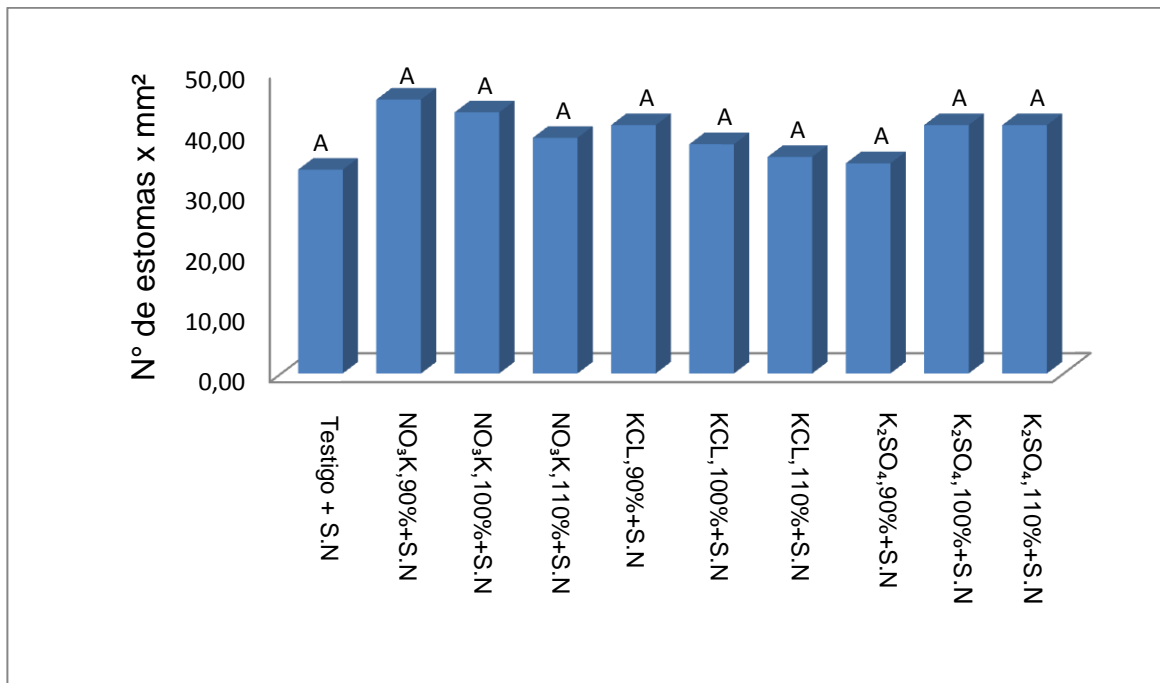


Figura 7. Comportamiento de las medias para la variable densidad estomática envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

4.8. Índice estomático haz

Los resultados para la variable índice estomático haz muestran que si hay diferencia estadística, teniendo el testigo mayor índice estomático con 38.455 %, y teniendo al tratamiento 2 con el menor índice estomático con 17.920%. Por una parte, (Metcalf y Chalk. 1979) mencionaron que el IE es una característica de valor diagnóstico muy utilizada en la sistemática de plantas, por mantenerse sin alteraciones.

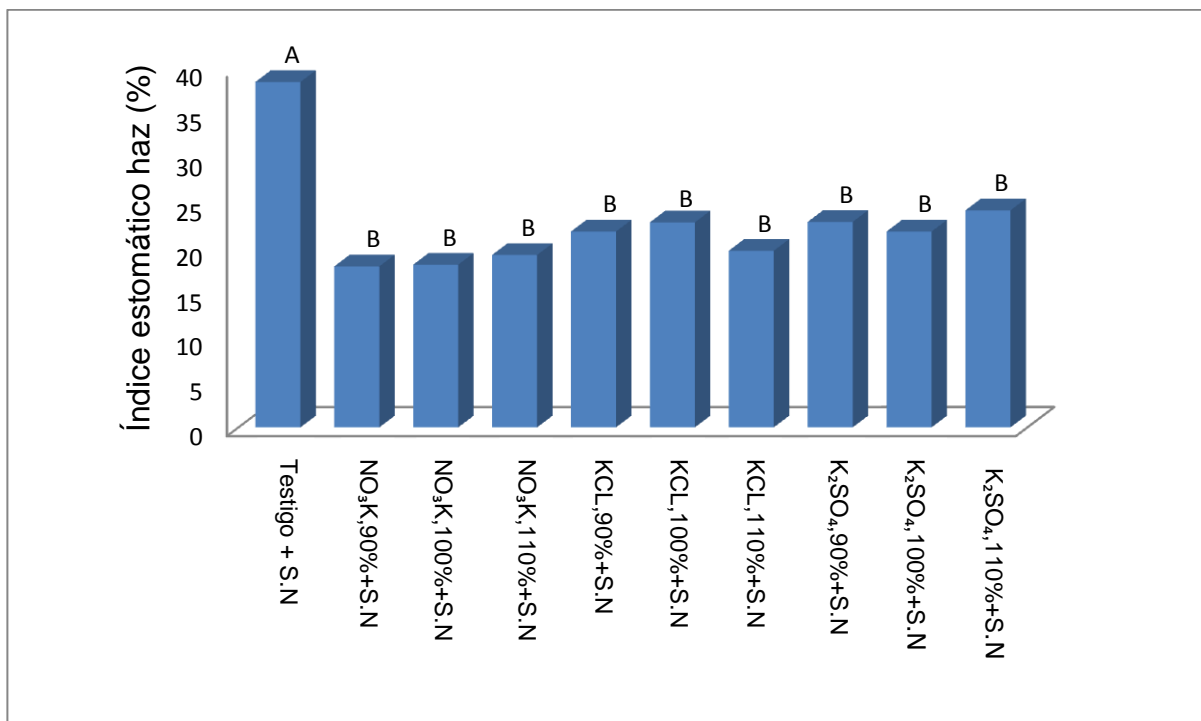


Figura 8. Comportamiento de las medias para la variable índice estomático haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

4.9. Índice estomático envés

Los resultados de la variable índice estomático envés mostraron que el tratamiento 9 presento el mayor índice estomático con 37.855 %, mientras tanto el testigo tuvo el menor índice estomático con 31.315 %. Autores como (Wilkinson. 1979), (Kürschner *et al.*, 1998) y Stenglein *et al.*, 2003) han señalado que el índice estomático es un parámetro afectado por condiciones estresantes tanto ambientales como nutricionales. Mientras tanto (Verdugo *et al.*, 1999) afirmó que las hojas con mayores valores de IE presentan los mayores valores de DE.

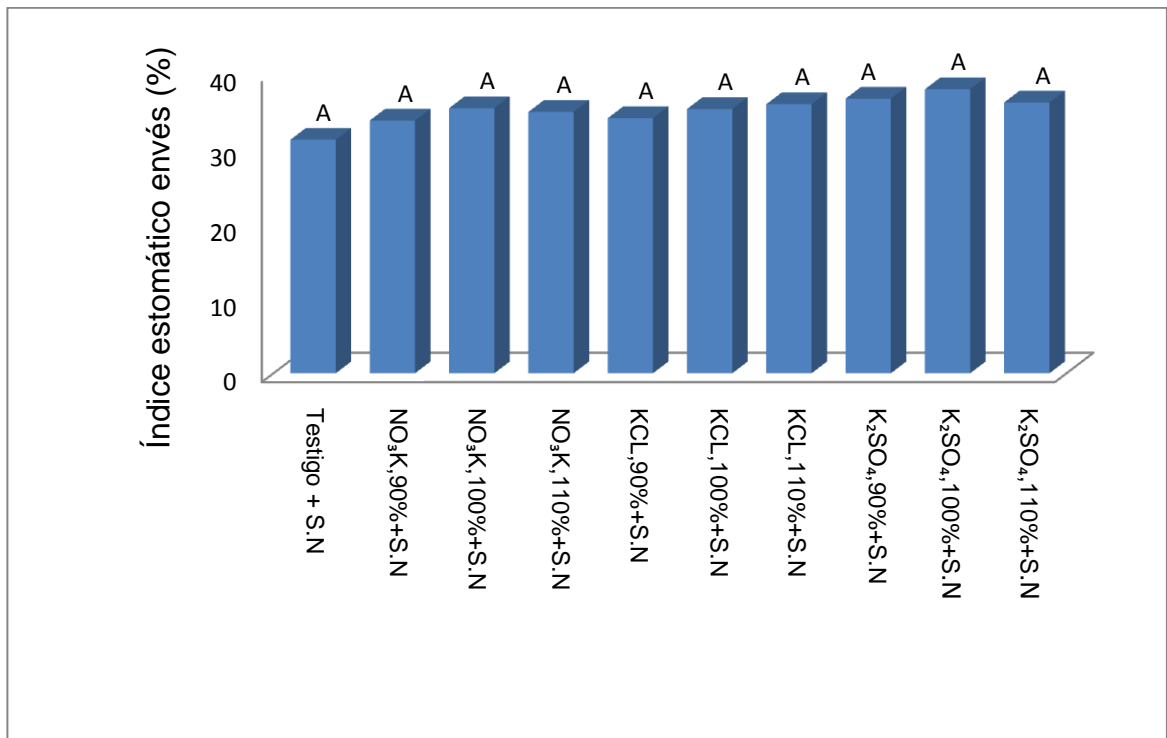


Figura 9. Comportamiento de las medias para la variable índice estomático envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

V. CONCLUSIONES

- El cultivo de tomate presentó cambios morfológicos y fisiológicos a causa de la aplicación de diferentes fuentes potásicas, reflejándose en un aumento positivo en: grados brix, potasio en peciolo, vitamina C, conductancia estomática, densidad estomática e índice estomático del haz.
- Concentraciones de fuentes potásicas de 90 y 110% comparados con el testigo, mostraron los mejores resultados en cuanto a las variables de grados brix, vitamina C, conductancia estomática, densidad estomática e índice estomático.

- Las diferentes concentraciones de fuentes potásicas en el cultivo de tomate Cherry tiene un efecto positivo principalmente su anatomía, fisiología y calidad de frutos.

VI. LITERATURA CITADA

- Adams, P., Ho, L.C., 1993.** Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant Soil* 154, 127-132.
- A.O.A.C., 1990.** Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. p. 1213.
- Armenta- Bojórquez, A. D., G.A. Baca Castillo., G. Alcántar González., J. Kohashi Shibata., J. G. Valenzuela Ureta., A. Martínez Garza. 2001.** Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Horticultutra*, vol. 7, no. 1, p 6 1-75.
- Azcón-Bieto, J. y Talón M. 2008.** Fundamentos de fisiología vegetal. Capítulo 29: Fisiología de las plantas y el estrés. Segunda edición. Interamericana-Mc Graw Hill. Madrid. España. 597-597.
- Barbado, J. L. 2005.** Hidroponía. México: Cecilia Repetti.
- Bazaldúa, M., C., Ventura, E, Z., Salcedo, M., E., Maldonado, U., A., López, G., A. 2008.** Densidad estomatal y potencial hídrico en plantas de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.), propagadas por cultivo de meristemos. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 14(2): 147-150.
- Besford, R.T. y G.A. Maw. 1975.** Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant Soil* 42: 395-412.
- Bidwell R. G. S. 1979.** Fisiología vegetal. Primera edición. AGT EDITOR, S.A. Pp. 354-356.

- Bidwell R.G.S. 2002.** Fisiología vegetal. AGT EDITOR, S.A. 2^{da} Edición en español. Pp. 355-360.
- Cásseres, E. 1981.** Producción de Hortalizas. 3° Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
- Flores Serrano Javier. 2009.** Agricultura Ecológica. Editorial Mundi prensa, España. Pp.-64.
- Garcia R., Berenguer A., Tormo M.J., Sanchez M.J., Quiros J.R., Navarro C., Arnaud R., Dorronsoro M., Chirlaque M.D., Barricarte A., Ardanaz E, Amiano P., Martinez C., Agudo A., Gonzalez C.A. 2004.** Dietary sources of vitamin C, vitamin E and specific carotenoides in Spain. British Journal of Nutrition, 91, 1005-1011.
- Garza, L. J. 1985.** Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de Fitotecnia, UACh. Chapingo, México.
- Gil, M., F., Rodríguez, R., E., Jasso, C., D y Zermeño, A., A. 2006.** Resistencia estomática, transpiración y potencial hídrico en sábila con diferentes condiciones ambientales. Terra Latinoamericana. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Vol. 24, Núm. 3, pág., 355.
- Gómez, A, J. 1990.** Respuesta al riego de las especies hortícolas. Albaricoque, tomate y chile. Hortalizas. 30: 106-113.
- Giovannucci E. 1999.** Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. J Natl Cancer Ints. 91: 317-331.
- Hernández M.I.M., Chailloux M.L., Moreno V.P., P.V., Ojeda V.A., Salgado P.J.M., Bruzón G.O. 2009.** Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo. Instituto de investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, Pp 429-436.

- Hinojosa. 2009.** Estudio del comportamiento agronómico de genotipos de papa (*Solanum* spp.) bajo estrés hídrico en invernadero. Universidad central del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Ho, L.C. y P. Adams. 1995.** Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. *Acta Hort.* 396:33-44.
- Humbert, 1969.** Potassium in relation of food production *Hort Scia.* Pp. 35-36.
- Howard, M. Resh, Ph. D. 2001.** Cultivos Hidropónicos, nuevas técnicas de producción, Ediciones Mundi-Prensa. 5ª edición. Pp. 68-74.
- Jaramillo N. Rodríguez V. P., Guzmán A. M., Zapata A. M. 2006.** C O R P O I C A centro de investigación La Selva Rio negro, Antioquia, Colombia Boletín Técnico 21 El Cultivo De Tomate Bajo Invernadero, Pág, 11.
- Jaramillo J. Rodriguez V.P., Guzmán M., zapata M.,Rengifo T. 2007.** Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas –Bpa En La producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Corpoica – Mana – Gobernación de Antioquia – Fao. 331 P.
- Kürschner, W., Stulen, I., Wagner, F. & Kuiper, P. 1998.** Comparison of palaeobotanical observations with experimental data on the leaf anatomy of durmast oak [*Quercus petrae* (Fagaceae)] in response to environmental change. *Ann. Bot.* 81: 657-664.
- Lazcano-Ferrat, I. 2006.** El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. Extracto de la ponencia presentada en la conferencia regional para México y el Caribe de la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Inpofos-PPI, México. 5 p.
- Llenderal A. 2014.** Concentración de de nutrientes en savia en el cultivo de tomate bajo invernadero, Departamento de agronomía, Universidad de Almería. Carrera de Sacramento s/n Almería.

- Lemaire. F., André. D., Louis –Maire. R., Sylvain. C., Philippe. M.** 2005. Cultivos en macetas y contenedores, Editorial Mundi Prensa. 2^{da} Edición. España. Pág. 25.
- Lester, G.E., Jifon, J.L., Rogers, G.** 2005. Supplemental foliar potassium application to muskmelon (*Cucumis melon* L.) during fruit growing improves quality and content of human wellness components. Journal of American Society of Horticultural Science 130(4):649-653.
- Lobo M., Medina C.I.** 2001. Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicom esculentum* var ceraciforme), precursor del tomate cultivado. Revista Corpoica vol 3 n° 02.
- López, I., L. Nieves, E. Elizalde y W. Avilán.** 1998. Respuesta del cultivo del maíz a la fertilización potásica en suelos ácidos en función de algunas propiedades que afectan su disponibilidad. Agronomía Tropical. Vol. 48. No. 4. Fondo Int. De Investigaciones Agropecuarias. Venezuela. Pp. 515-539.
- Lyptay, A., Papadopoulos, A. P., Bryan, H. y Gull, D.** 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes. Journal of food composition and analysis. 19: 11-19.
- Melgar R., Magen H, Imas P.** 2011. El Rol del Potasio en la Producción Agrícola. International Plant Nutrition Institute.
- Metcalfe, C. & Chalk, L.** 1979. *Anatomy of the dicotyledons* (Vol. 1). Oxford. Clarendon.
- Mitchaell, J.P., C. Shennan y S.R. Grattan.** 1991. Developmental changes in tomato fruit composition in response to water deficit and salinity. Physiol. Plant 83: 177-185.

- Maroto J. V.** 2002. Horticultura Herbácea Especial. 5^a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. Pp. 418-712.
- Nuño Moreno, R., Ponce medina. J.F., Hernández Zavalza, C. y Machain Servin.** 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, Baja California, Fundación Produce, pág, 8.
- Pares, J., M. Arizaleta y M. Sanabria. 2003.** Características de los estomas, densidad e índice, estomático y su variación en función a la injertación en *Annona muricata* y *A. montana* (ANNONACEAE). Mimeografiado en vía de publicación. Universidad Coccidental "Lisandro Alavarado". Decanato de Agronomía. Dpto. Dde Fitotecnia.
- Peralta I. E., Knapp S., Spooner, D.M. 2006.** New species of wild tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*. 30(2): 424-434.
- Peralta I. E., Knapp S., Spooner, D.M. 2006.** Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. Report of the Tomato Genetics Cooperative, 56: 6-12.
- Pérez, G., M. F. Márquez S. y A. Peña L. 1997.** Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. México, Pp. 149-179.
- Prince. 1970.** Molecular Approaches to plant. Physiology. Mac. Graw Hill. U.S.A.
- Radin J.W. & Ackerson R.C.** 1981. Water Relations of Cotton Plants under Nitrogen Deficiency III. Stomatal conductance, photosynthesis, and abscisic acid accumulation during drought. *Plant Physiology* 37:115-119.
- Raffo A, C Lonardi, V Fogliano, P Ambrosino, M Salucci, L Gennaro, R Bugianesi, F Giuffrida, G Quaglia (2002)** Nutritional value of cherry

tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. J. Agric. Food Chem. 50:6550–6556.

Ramírez S.L.F., Muro E.J., y Días S.F.R. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de potasio en parámetros de calidad en jitomate hidropónico. Acta universitaria, 21(1): 5-10.

Ray, P., M. 1985. La panta Viviente. Compañía Editorial Continental, S. A. México Pp. 72-73.

Rodríguez. Rodríguez. R., Tabares. Rodríguez. M., Medina. San Juan. J.A. 2001. El cultivo moderno del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Segunda Edición. España. P 13.

Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina. 2002. Cultivo moderno del tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. Pág. 255.

Rodríguez, F, H; Muñoz I, S; Alcorta G, E. 2006. El tomate rojo. Editorial trillas.

Rubino, P., E. Tarantino y F. Rega. 1989. Relationship between soil water status and stomatal resistance of tomatoes. Irrigation and Drainage 36: 95-98.

Sanabria, H., 2005. Solo el amor supera al Potasio. Productores de Hortalizas. Junio 2005. Pp. 50-52.

Samperio R. G. 2004. Un poco más en la hidroponía. DIANA, S A De C. V. 1ª Edición. Pp. 125-135.

Sánchez Del C. F. 2001. Producción de hortalizas basada en doseles escaleriformes. Sexto Simposium internacional de fertirriego. Morelia, Michoacán.

- Scherer, E. E. 1999.** Respuesta de la soya a la fertilización potásica en un Latosol Húmico Distrófico en un período de 12 años. Inf. Agronómicas. No. 34. INPOFOS. P. 14-15.
- Siller C.J.H., Y M.A. Baez. 2009.** Recolección, empaque y manejo de poscosecha. Pp. 409-426 En: Castellanos, J.Z. y C. Borbón- Morales 2009. INTAGRI AMHPAC. Panorama de la Agricultura Protegida en México. Manual de Producción de tomate en invernadero. INTAGRI – México.
- Slimestad R, M J Verheul. 2005.** Seasonal variations in the level of plant constituents in greenhouse production of cherry tomatoes. J. Agric. Food Chem. 53:3114–3119.
- Soler Aznar J., Soler Fayos Guillermo. 2006.** Cítricos. Variedades y técnicas de cultivo. Editorial mundi-prensa. Madrid España. Pág. 21.
- Steiner, A.A. 1984.** The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: Proceedings 6th International Congress on Soils Culture. Wageningen. The Netherlands.
- Stenglein, S. A., Arambarri, A. M., Menéndez-Sevillano, M. C. & Balatti, P. A. 2003.** Variabilidad del índice estomático en *Phaseolus vulgaris* Varo Aborigineus. XXIX Jornadas Argentinas de Botánica & XV Reunión Anual de la Sociedad.
- Taur, P. 1990.** Different physiological response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to drought. Acta Physiologiae Plantarum 12: 175-182.
- Torres D. M. 2009.** Ciclo del Potasio en Agroecosistemas y Reacción de los Fertilizantes Potásicos en el Suelo. Tecnoagro SRL y Comité de Fertilidad y Nutrición Vegetal-Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS).

USDA. 2012. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Clasificación.

Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial UTEHA. México D. F.

Verdugo, V., A. Rojas., A. De León., B. Zambrano., S. Barrios., E. León., B. Rios y A. Benavides. 1999. Estimación del índice estomático y la frecuencia estomática en cuatro variedades de ajo (*Allium sativum* L.). Curso de Fisiología de hortalizas. Maestría en Horticultura. UAAAN, Saltillo. Coahuila, México.

Wien, H. 1997. The physiology of vegetable crops. CAB International, London, UK. Pág. 65.

Wild, A. 1989. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas Según Russhell. Editorial Mundi Prensa. Madrid España. Pp.- 73-83.

Wilkinson, H. 1979. The plant surface (mainly leaf). En C. R. Metcalfe & L. Chalk (Eds.), Anatomy of dicotyledons (2ª ed., Vol. 1). Oxford: The Clarendon Press.

Yu, W. J., Yao, Y., Wei, H. M., Long, M. H., & Tang, X. F. 2011. Absorption of exogenous iodine in rhizosphere and its effects on physiological parameters of cherry tomato plants. Guihaia, 4, 20.

Páginas web consultadas en internet

Internet 1: <http://www.botanicargentina.com.ar/boletin/38f075-dicot.pdf>

Internet 2: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>

Internet 3: <http://www.geocites.com/CapeCanaveral/Runway/8787/estomajo.htm>

Internet 4: <http://plant.usda.gov/java/profile?symbol=SOLY2>.

VII. APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza para la variable grados brix de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	12	50.4000000	4.2000000	1.28	0.2836
Error	27	88.3750000	3.2731481		
Total	39	138.7750000			
C.V 25.57151 Media= 7.07500					

Apéndice 2. Análisis de varianza para la variable potasio en peciolo de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	9	6318763.33	702084.81	2.90	0.0226
Error	20	4837933.33	241896.67		
Total	29	11156696.67			
C.V 36.33316 Media= 1353.66667					

Apéndice 3. Análisis de varianza para la variable potasio en frutos de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	12	365000.000	30416.667	0.49	0.9022
Error	27	1672750.000	61953.704		

Total	39	2037750.000			
C.V 16.13647 Media= 1542.50000					

Apéndice 4. Análisis de varianza para la variable Vitamina C de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	12	469.339610	39.111634	1.48	0.1911
Error	27	711.986188	26.369859		
Total	39	1181.325798			
C.V 44.35560 Media= 11.57688					

Apéndice 5. Análisis de varianza para la variable conductancia estomática de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	14	236061.0313	16861.5022	2.26	0.0198
Error	45	336015.7280	7467.0162		
Total	59	572076.7593			
C.V 37.35869 Media= 231.30333					

Apéndice 6. Análisis de varianza para la variable densidad estomática haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	10	173.6956100	17.3695610	4.78	0.0137
Error	9	32.7098450	3.6344272		
Total	19	206.4054550			
C.V 12.19990 Media= 15.62799					

Apéndice 7. Análisis de varianza para la variable densidad estomática envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	10	435.8684400	43.5868440	1.61	0.2441
Error	9	244.1818800	27.1313200		
Total	19	680.0503200			
C.V 13.31418		Media= 39.12282			

Apéndice 8. Análisis de varianza para la variable índice estomático haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	10	659.6520900	65.9652090	2.45	0.0969
Error	9	242.6162050	26.9573561		
Total	19	902.2682950			
C.V 22.89212		Media= 22.68050			

Apéndice 9. Análisis de varianza para la variable índice estomático envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F- Valor	Pr > F
Tratamiento	10	175.4049600	17.5404960	0.81	0.6313
Error	9	195.8651200	21.7627911		
Total	19	371.2700800			
C.V 13.30442		Media= 35.06400			

Apéndice 10. Comparación de medias de grados brix de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	Tratamiento
BAC	6.500	1
BAC	7.750	2
BC	6.250	3
C	5.500	4
BC	5.750	5
A	8.750	6
BA	8.000	7
BAC	6.750	8
BAC	6.750	9
A	8.750	10

Agrupamiento de las medias para la variable grados brix de frutos de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 11. Comparación de medias de potasio en peciolo de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas

Agrupamiento Duncan	Media	T
BA	1633.3	1
A	2200.0	2
B	1133.3	3
A	2133.3	4
B	956.7	5
BA	1400.0	6
B	1106.7	7
B	1136.7	8
B	983.3	9
B	853.3	10

Agrupamiento de las medias para la variable potasio en peciolo de planta de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 12. Comparación de medias de potasio en frutos de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	T
A	1700.0	1
A	1525.0	2
A	1600.0	3
A	1625.0	4
A	1375.0	5
A	1525.0	6
A	1550.0	7
A	1625.0	8
A	1450.0	9
A	1450.0	10

Agrupamiento de las medias para la variable potasio en frutos de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 13. Comparación de medias de vitamina C de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	T
BC	9.928	1
C	7.848	2
C	9.538	3
BAC	10.803	4
BAC	13.785	5
BA	16.835	6
A	17.155	7
BAC	11.890	8
C	8.190	9
BC	9.803	10

Agrupamiento de las medias para la variable vitamina C de frutos de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 14. Comparación de medias de conductancia estomática de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	T
B	139.28	1
B	138.47	2
A	299.18	3
BA	216.68	4
BA	218.30	5
A	280.40	6
BA	199.03	7
A	304.77	8
A	268.10	9

BA	248.82	10
----	--------	----

Agrupamiento de las medias para la variable conductancia estomática de plantas de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 15. Comparación de medias de densidad estomática haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	T
A	24.120	1
B	13.635	2
B	15.730	3
B	14.680	4
B	14.685	5
B	13.635	6
B	13.635	7
B	15.730	8
B	14.685	9
B	15.730	10

Agrupamiento de las medias para la variable densidad estomática haz de plantas de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 16. Comparación de medias de densidad estomática envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	T
A	33.565	1
A	45.100	2
A	43.000	3
A	38.810	4
A	40.905	5
A	37.755	6
A	35.660	7
A	34.615	8
A	40.905	9

A	40.905	10
---	--------	----

Agrupamiento de las medias para la variable densidad estomática envés de plantas de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 17. Comparación de medias de índice estomático haz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	T
A	38.455	1
B	17.920	2
B	18.115	3
B	19.190	4
B	21.805	5
B	22.820	6
B	19.660	7
B	22.875	8
B	21.805	9
B	24.160	10

Agrupamiento de las medias para la variable índice estomático haz de plantas de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Apéndice 18. Comparación de medias de índice estomático envés de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Duncan	Media	T
A	31.135	1
A	33.695	2
A	35.335	3
A	34.835	4
A	33.995	5
A	35.220	6
A	35.860	7
A	36.605	8
A	37.855	9

A	36.105	10
---	--------	----

Agrupamiento de las medias para la variable índice estomático en vez de plantas de tomate mediante la comparación de medias por Duncan ($p \leq 0.05$), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

VIII. ANEXO

Fertilizantes usados durante el ciclo de cultivo de tomate.

Fertilizante	Forma de aplicación	Cantidad	Día de aplicación	Etapas fenológicas
NO ₃ K	Sólido	1.73g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
NO ₃ K	Sólido	1.92g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
NO ₃ K	Sólido	2.11g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
KCL	Sólido	1.28g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
KCL	Sólido	1.42g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
KCL	Sólido	1.56g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
K ₂ SO ₄	Sólido	1.59g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
K ₂ SO ₄	Sólido	1.47g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
K ₂ SO ₄	Sólido	1.94g /L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación

