

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Comportamiento de Variables Agronómicas en Tomate Cherry en Función de  
Diferentes Fuentes y Dosis de Potasio

Por:

**MANUEL MARTÍNEZ SÁNCHEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Comportamiento de Variables Agronómicas en Tomate Cherry en Función de  
Diferentes Fuentes y Dosis de Potasio

Por:

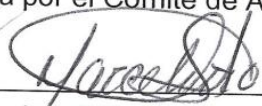
**MANUEL MARTÍNEZ SÁNCHEZ**

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

Febrero 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Jehová en primer lugar por darme la fuerza y el coraje de seguir adelante, bendecir mi camino y sobre todo por darme la vida..

A mi Alma, Terra, Mater: por abrirme sus puertas y llenarme de sabiduría y conocimientos que son mis herramientas principales para competir en este rubro.

Al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente, mi asesor principal por haber confiado en mí; por facilitarme todo el material necesario para realizar este presente trabajo de investigación, en esta etapa aprendí muchas cosas, entre las cuales resalta que no hay barreras mas grandes que las ganas y el esfuerzo para poder hacer las cosas; por contribuir en mi formación académica gracias Dr.

A mis profesores (as) por haberme compartido parte de su conocimiento y experiencia. Muchísimas gracias.

## DEDICATORIAS

Con amor y cariño a mi hermosa familia Martínez Sánchez por el gran apoyo económico y moral que me han durante toda una vida...mil gracias...LOS AMO....

Iniciando por el mejor papa del mundo el Sr Manuel Martínez Magdalena, aunque ya no estás conmigo te doy las gracias por todo el amor y cariño que me brindaste durante mi infancia, por enseñarme a trabajar y valorar las cosas y personas que me rodean, mil gracias por todo , nunca te olvidare tocayito , a la mama más lida que pueda haber en este mundo...si tu Elena Sánchez, por estar siempre conmigo por darme todo ese amor infinito, por ser tan bondadosa, por sacarnos adelante a mí y a mis hermanos, por estar siempre conmigo, por tu confianza, por tus regaños, por inculcarme el valor de la vida y sobre todo por impulsarme a ser un hombre de bien. TE AMO MAMA...siempre estaré infinitamente agradecido contigo...mil gracias....

A los mejores hermanos del mundo por todo el cariño y amor brindado durante toda mi vida; a mi hermano Orli, por tu esfuerzo desde muy pequeño, por sacarnos a un mejor lugar en donde saliéramos a triunfar a pesar de todos los obstáculos..mil gracias hermanito, a mi hermana guille aunque de pequeño te decía tía por el motivo d estar separados, te doy las gracias por todo el amor que me brindas cuando estamos juntos, por esperarme cada vacaciones con los brazos abiertos con mucho cariño, te quiero mucho chiquilla, a mi hermanita Reyna, por ese gran ejemplo de valentía, por ver por sus hermano menores antes que por ti, mil gracias es un honor ser tu hermano latoso.

A mi hermano Juan por todos los consejos dados, por ser ese hermano que me enseñó a ser ordenado, las tablas de multiplicar, leer las horas y por haber sido la figura de la disciplina en la casa, te quiero mucho

hermanito , a mi hermanita Yolis por las alegrías compartidas, por toda la confianza y por los coscorriones dados cuando me ponía a jugar rudo con mi hermanita Charys, a mi hermanita Mary, por la confianza, el apoyo moral y económico, la confianza brindada durante mi estancia en saltillo, por estar ahí cuando te necesito, eres toda una guerrera, un ejemplo a seguir, te quiero flaquita y gracias por cuidar de mamá mil gracias hermanita, A mi hermanito Armando por todas las alegrías compartidas durante la infancia y la adolescencia, te quiero mucho aunque seas más enojón que yo, por tu ejemplo y enseñanza de la perseverancia y tus ganas de salir adelante, a mi hermanita Charysita por todo el apoyo brindado, las alegrías vividas en la infancia, aunque me digas que el primer trasplante de corazón en México lo practicaron en mí, pero sobre todo quiero agradecerte por el esfuerzo brindado, sin ti no estuviera en donde estoy, sin ti este sueño no hubiese sido posible, te estoy infinitamente agradecido, te Amo chaparrita muchísimas gracias.

A mi tío Benito Martínez por todo su amor, cariño y confianza, por esperarme con los brazos abiertos y alegría todas las vacaciones...te quiero mucho compadrito y claro que siempre te visitare.

A Chivis Uñate por ser esa personita que me hace reír con sus locuras y ocurrencias, gracias por contagiarme de tus alegrías, por todos esos momentos agradables...gracias flaquis.

A la Sra. Maricarmen por sus bendiciones y oraciones, por el todo el apoyo moral brindado, por hacerme saber que cuento con ella y estará ahí para mí, por toda su confianza, muchísimas gracias.

Al Sr. José Sánchez Vázquez por la amistad y el cariño brindado, muchísimas gracias mi gran amigo.

A mis nuevos amigos y acompañantes de nuevas aventuras: Brendita, Fanny y Charly, muchísimas gracias por todo el apoyo moral brindado durante mi estancia de prácticas, los extraño, espero verlos muy pronto, los quiero mucho, Dios Jehová los bendiga.

A mi amiga Ely Guerrero por sus consejos y todo el apoyo brindado, por estar presente en los buenos y malos ratos...gracias cabezona te quiero mucho...

A mis amigos y compañeros de generación: Lily, Angy, Said, Toñito, Palestino, Benjamincito, Pepetoño, Yayo, Knd, Mario, Juanito Arriaga, Alfredo, Noelia, Piña, Rafa, Pompa, Goyo e Ismael y a todo el grupo de la Machete Society UAAAN por todos esos momentos de alegrías, por contribuir en mi formación académica y personal gracias...

Con reconocimiento y cariño a mi amigo Adolfo Rivera por el apoyo moral brindado durante mi formación académica.

## RESUMEN

Es necesario buscar alternativas para suministrar nutrientes de forma más eficiente y precisa, en el momento indicado, pero sobre todo en las cantidades necesarias. El presente estudio se realizó con la finalidad de observar el comportamiento de crecimiento de la planta con fertilización potásica bajo condiciones de malla sombra. La investigación se realizó en el departamento de Horticultura de la UAAAN en Saltillo, Coahuila. El experimento se estableció bajo condiciones de sustrato peat moss y perlita, utilizando contenedores de polietileno color negro con capacidad de 12 L, se utilizó la variedad "colosus" de la casa comercial Rijk Zwaan. Se evaluaron 3 diferentes fuentes potásicas a diferentes concentraciones: 1).  $\text{KNO}_3$  a (90%, 100%, 110%),  $\text{KCl}$  a (90%, 100%, 110%), y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  a (90%, 100%, 110%). Las variables evaluadas fueron: número de hojas, altura de la planta, área foliar, peso fresco de la planta, peso fresco de raíz, longitud de raíz, peso seco de la planta, peso seco de raíz, índice de área foliar, peso fresco total, tasa de crecimiento de cultivo, tasa de crecimiento de cultivo y tasa de asimilación neta. Los resultados demostraron la influencia de las diferentes concentraciones y fuentes de fertilización potásica. Los mejores resultados se observaron en las variables área foliar, peso fresco de la planta, longitud de raíz, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, índice de área foliar y tasa de asimilación neta se obtuvieron con  $\text{KNO}_3$  al 100% y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  al 110%.

**Palabras clave:** Comportamiento, tomate cherry, potasio, morfología.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE APENDICE</b> .....	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivo general. ....	2
1.2 Objetivos específicos. ....	2
1.3 Hipótesis. ....	2
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Historia y Origen. ....	3
2.2. Clasificación botánica.....	3
2.3 Características morfológicas .....	4
2.3.1 Tallo.....	4
2.3.2 Hojas. ....	4
2.3.3 Raíz. ....	4
2.3.4 Flor. ....	5
2.3.5 Fruto. ....	5
2.3.7 Semilla.....	6
2.4 Requerimientos climáticos.....	6
2.4.1 Luminosidad. ....	6
2.4.2 Temperatura. ....	7
2.4.3 Humedad relativa.....	7
2.4.4 Sustrato. ....	7
2.4.5 Suelo. ....	8
2.5 Nutrición mineral. ....	8
2.5.1. Importancia de la nutrición mineral. ....	8
2.6. Potasio.....	9
2.6.1. El potasio en el suelo.....	9
2.6.2. Fertilizantes potásicos .....	9
2.6.3. Antagonismo del potasio.....	10



2.6.4. Funciones metabólicas del potasio .....	10
2.6.5. Síntomas de deficiencia.....	11
2.6.6. Exceso del potasio.....	12
2.6.7. Principales factores que afectan la disponibilidad del potasio .....	13
<b>III. MATERIALES Y METODOS. ....</b>	<b>14</b>
3.1. Localización del experimento .....	14
3.2. Material Vegetativo.....	14
3.3. Manejo del cultivo .....	14
3.3.1. Siembra .....	14
3.3.2. Trasplante.....	14
3.3.3. Riego .....	15
3.3.4. Tutorado .....	15
3.3.5. Podas de formación.....	15
3.4. Nutrición.....	15
3.4.1. Plagas y enfermedades presentes en el cultivo .....	16
3.5. Cosecha.....	16
3.6. Descripción de los tratamientos.....	16
3.7. Aplicación de los tratamientos.....	17
3.8 Diseño Experimental. ....	17
3.9 Variables evaluadas.....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
4.1 Número de hojas.....	20
4.2 Altura de Planta.....	21
4.3 Área foliar.....	22
4.4 Peso Fresco de Planta.....	23
4.5 Peso Fresco de Raíz.....	24
4.6 Longitud de Raíz.....	25
4.7 Peso seco de Planta.....	26
4.8 Peso seco de Raíz.....	27
4.9 Índice de Área Foliar.....	28
4.10 Tasa Crecimiento de Cultivo.....	29
4.11 Tasa de Asimilación Neta.....	30
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>

VII. LITERATURA CITADA .....	32
VIII. APENDICE.....	40
IX. ANEXO .....	46

### ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Descripción de los tratamientos del experimento.....	16
---	----

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Comportamiento de las medias para la variable número de hojas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	20
<b>Figura 2.</b> Comportamiento de las medias para la variable altura de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	21
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de las medias para la variable área foliar de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	22
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de las medias para la variable peso fresco de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	23
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de las medias para la variable peso fresco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	24
<b>Figura 6.</b> Comportamiento de las medias para la variable longitud de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	25
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de las medias para la variable peso seco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	26

<b>Figura 8.</b> Comportamiento de las medias para la variable peso seco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	27
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de las medias para la variable índice de área foliar de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	28
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de las medias para la variable tasa de crecimiento de cultivo de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	29
<b>Figura 11.</b> Comportamiento de las medias para la variable tasa de asimilación neta de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	30

## ÍNDICE DE APENDICE

<b>Apéndice 1.</b> Análisis de varianza para la variable número de hojas de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	40
<b>Apéndice 2.</b> Análisis de varianza para la variable altura de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	40
<b>Apéndice 3.</b> Análisis de varianza para la variable peso fresco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	40
<b>Apéndice 4.</b> Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíz de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.....	41
<b>Apéndice 5.</b> Análisis de varianza para la variable peso seco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	41
<b>Apéndice 6.</b> Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	41

<b>Apéndice 7.</b> Análisis de varianza para la variable longitud de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	42
<b>Apéndice 8.</b> Comparación de medias para la variable número de hojas de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	42
<b>Apéndice 9.</b> Comparación de medias para la variable altura de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	43
<b>Apéndice 10.</b> Comparación de medias para la variable peso fresco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	43
<b>Apéndice 11.</b> Comparación de medias para la variable peso fresco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	44
<b>Apéndice 12.</b> Comparación de medias para la variable peso seco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	44
<b>Apéndice 13.</b> Comparación de medias para la variable peso seco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	45
<b>Apéndice 14.</b> Comparación de medias para la variable longitud de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.....	45

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate tipo cherry corresponde a la especie *Solanum lycopersicum* 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 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).

La fertilización balanceada provee los nutrientes suficientes y en las proporciones adecuadas para un desarrollo, diferenciación y maduración optima del cultivo, por este motivo es necesario sea nutrida desde que se establece hasta la obtención de los frutos (Lazcano, 2006).

Por tal motivo en la presente investigación se realizó en función de las modificaciones en la fuente y dosis de fertilización potásica, puesto que es uno de los elementos de mayor demanda por la planta y determinante en el rendimiento, crecimiento y calidad de frutos.

### **1.1 Objetivo general**

Determinar el comportamiento de variables agronómicas en tomate cherry cultivado con diferentes fuentes de potasio.

### **1.2 Objetivos específicos**

Determinar la fuente y concentración de potasio que favorezca una mejora en las características cuantitativas de importancia agronómica.

### **1.3 Hipótesis**

Al menos una fuente y concentración de fertilizante con potasio permitirá observar una mejor respuesta en el desarrollo de la planta.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Historia y Origen

El tomate se clasifica botánicamente como *Lycopersicum esculentum*. Este género pertenece a la familia de las solanáceas. Esta familia abarca varias especies de importancia económica. Los géneros más importantes de la familia de las solanáceas son: el tomate, la berenjena, el pimentón, los ajies y el tomatillo (Pérez *et al*, 1997) 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 “tomalt”, empezándose a comercializarse en Estados Unidos hacia al 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: Solanes, Familia: Solanaceae, Género: Solanum, Especie: *S. lycopersicum var. cerasiforme* y *S. pimpinellifolium* Fuente: USDA, 2012.

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  $\beta$ -caroteno (17,2%), y la tercera fuente de vitamina E (6,0%) (García et al., 2004).

### **2.3 Características morfológicas**

Los tomates tipo cherry son claramente diferenciados por su tamaño de otros tipos de tomate y los consumidores han asociado esta característica con su excelente textura, apariencia y características organolépticas (Nuño *et al.*, 2007).

#### **2.3.1 Tallo**

El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta. (Garza, 1985).

#### **2.3.2 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).

#### **2.3.3 Raíz**

El sistema radical del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. En la raíz se encuentra la epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, además el córtex y el cilindro central donde se sitúa el xilema (Jaramillo *et al.*, 2007).



#### **2.3.4 Flor**

Perfecta o hermafrodita, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. En algunos casos tienen polinización cruzada. El pistilo está compuesto de un ovario, el ovario tiene entre dos y 20 óvulos formados según la variedad, y éstos reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se agrupan en racimos simples ramificados que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas. Un racimo puede reunir de cuatro a 20 flores dependiendo de la variedad cultivada y las condiciones de desarrollo de la planta; una variedad de fruto pequeño como cherry puede tener hasta 40 flores por inflorescencia. Las flores son amarillas y normalmente pequeñas (1 a 2 cm de diámetro) (Jaramillo *et al.* 2007).

#### **2.3.5 Fruto**

Es una baya en las especies de tomate silvestres. El fruto es bilocular, mientras que en las variedades cultivadas es bilocular o más de dos loculos, siendo lo más frecuente, de 5 a 9 lóculos. 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).

### **2.3.7 Semilla**

La semilla es pequeña de 0.25 cm de longitud y está formada por el embrión, endospermo y testa o cubierta seminal. El embrión es una planta en estado juvenil y está constituido por una yema apical, dos cotiledones, el hipocòtilo y la radícula. En el endospermo se encuentran los nutrientes necesarios para el desarrollo del embrión, mientras que la testa protege y envuelve al embrión y al endospermo (Jaramillo et al., 2007).

## **2.4 Requerimientos climáticos**

### **2.4.1 Luminosidad**

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).

Moscoso citado por (Centeno, 1996) indica que la luz es un factor que actúa notablemente en la fisiología del tomate y que influye en su producción principalmente en dos formas, en la intensidad lumínica y en la exposición a luz (fotoperiodo).

Sánchez (2001), menciona que la energía solar radiante, es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior del invernadero, la luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas, como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO<sub>2</sub> 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.

### **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).

López (2005), cita que los rangos para su desarrollo óptimo van desde 20 - 30 °C durante el día, en la noche que sea mayor a 13°C ya que a temperaturas menores se detiene su desarrollo y con temperaturas mayores a los 35°C y menor a los 10°C podemos tener problemas con la caída de flores. Temperaturas inferiores a 12 °C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

### **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 Sustrato**

Pérez (1997), En un principio no existe un sustrato ideal o único, porque se puede utilizar una gran diversidad de estos ya sea puros o en mezclas 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.

### **2.4.5 Suelo**

El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, siendo los más indicados, los suelos sueltos, bien aireados, con buen drenaje y que a su vez tengan capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas; con contenidos de materia orgánica por encima del >3.5%, y buen contenido de nutrientes. El pH del suelo debe oscilar entre 5,5 a 6,0 y con un rango de C.E de 0.75-2.0 mmho/cm<sup>2</sup> (Pavàn., 1995).

Serrano (1978), menciona que para un buen desarrollo del cultivo se requiere que el suelo sea profundo, permeable, esponjoso y con abundancia de materia orgánica.

### **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).

El elemento potasio es necesario en el tomate para la formación de tallos y frutos, síntesis de carbohidratos, aumento de sustancias sólidas, coloración y brillantez de los frutos. Ayuda a eliminar la acción perjudicial de otros elementos, favoreciendo la asimilación de los minerales esenciales. Su carencia se manifiesta en la reducción del crecimiento de los tallos. El K juega un papel importante en la cantidad de azúcares que acumula el fruto; al igual que el fósforo, el K ayuda a aumentar la cantidad de materia seca y vitamina C (CENTA, 1996).

## **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: Nitrato 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 (Bidwell, 2002).

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 (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

### **2.6.4. Funciones metabólicas del potasio**

Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna. En algunas plantas jóvenes esta función puede ser reemplazada por otros cationes como el litio ( $\text{Li}^+$ ) y el sodio ( $\text{Na}^+$ ), pero siempre de una forma restringida, es decir, de los efectos tóxicos que pueda traer colateralmente.

Las plantas absorben el potasio ya sea por la solución del suelo, del complejo absorbente (Rodríguez, 1992).

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 atmosfera.(Flórez, 2009).

#### **2.6.5. Síntomas de deficiencia**

Los síntomas que presentan los vegetales ante la deficiencia de potasio se pueden generalizar en reducción general del crecimiento, los tallos y la consistencia general de la planta son de menos resistencia física y presentan un menor vigor de crecimiento, los frutos y semillas reducen tamaño y calidad por una deficiencia en la síntesis, las hojas tienden a enruñarse, amarillean los márgenes y luego se necrosan, las manchas avanzan hacia el centro de hoja tornándose marrones, los síntomas aparecen primero en las hojas inferiores y luego en las superiores (Rodríguez, 1992).

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).

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).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **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 “colosus” de la casa comercial Rijk Zwaan 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 “Colosus”, 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 0.5 L de agua a cada bolsa y 0.5 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 a 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

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

### 3.4.1. 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 Boisduva*), 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.

### 3.5. Cosecha

La primera cosecha se realizó el 17 de Octubre de 2014, a los 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.

### 3.6. 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 I.

**Cuadro I.** 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 K2SO4/L	+ S. Nutritiva
T9	100% K=1.47g de K2SO4/L	+ S. Nutritiva
T10	110% K=1.94g de K2SO4/L	+ S. Nutritiva

### **3.7. Aplicación de los tratamientos**

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

### **3.8 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 Tukey ( $p \leq 0.05$ ). En el Statistical Analysis System versión 9.2.

### **3.9 Variables evaluadas**

Las variables evaluadas y su forma de medición se mencionan a continuación.

**Número de Hojas.** De las plantas utilizadas para obtener los pesos de biomasa, se procedió a cuantificar el número total de hojas por planta, para reportarlas se promediaron los datos.

**Peso seco de raíz.** Se sacó una planta muestra de cada tratamiento, se lavó la raíz y posteriormente se metió a la estufa de secado en el laboratorio del departamento de horticultura, posteriormente se determinó el peso en una báscula analítica de la marca Scout de modelo Sc6010.

**Área foliar (AF).** Se seleccionaron al azar las unidades a muestrear, se desprendió la parte aérea de las plantas para posteriormente medir el área foliar, para lo cual se utilizó hojas de acetato y un integrador de área foliar marca CID, inc, modelo CL-202.

**Peso fresco de planta.** Se seleccionó una planta muestra de cada tratamiento, posteriormente se cortó el tallo en partes iguales con sus respectivas hojas, se determinó el peso del tallo y hojas en una báscula analítica de la marca Scout de modelo Sc6010 y se realizó el mismo procedimiento para cada planta completa una vez que fue cortada desde la base del tallo considerando únicamente la parte aérea de la planta..

**Longitud de planta.** Se realizaron mediciones de crecimiento a partir de 15 días después de trasplante con la ayuda de un flexómetro marca TRUPER.

**Longitud de raíz.** Para determinar esta variable se seleccionó una planta muestra de cada tratamiento, separando la raíz de la parte aérea de la planta, posteriormente se midió la raíz con un metro marca TRUPER.

**Peso fresco de raíz.** Una vez determinada la longitud de la raíz se llevó al laboratorio en donde fueron colocadas en una báscula analítica marca Scout de modelo Sc6010.

**Peso seco de raíz.** Una vez determinado el peso fresco de raíz, se embolsaron las raíces y fueron colocadas en una estufa marca Lindbergh/Blue M, modelo Gravity Oven a una temperatura de 75° C. Una vez secas se determinó el peso en una báscula analítica de la marca Scout de modelo Sc6010.

**Índice de área foliar (IAF).** Se utilizó el programa Excel en donde se metió la siguiente expresión matemática:

$$IAF = (AF * 1) / 10$$

**Tasa crecimiento de cultivo (TCC).** Esta variable se determinó haciendo una división entre el peso fresco total con los días transcurridos después de trasplante.

**Tasa de asimilación neta (TAN).** Esta variable se determinó con la siguiente fórmula:

$$TAN = \frac{(W_2 - W_1)(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(T_2 - T_1)(AF_2 - AF_1)}$$

En donde:

ln = logaritmo natural,

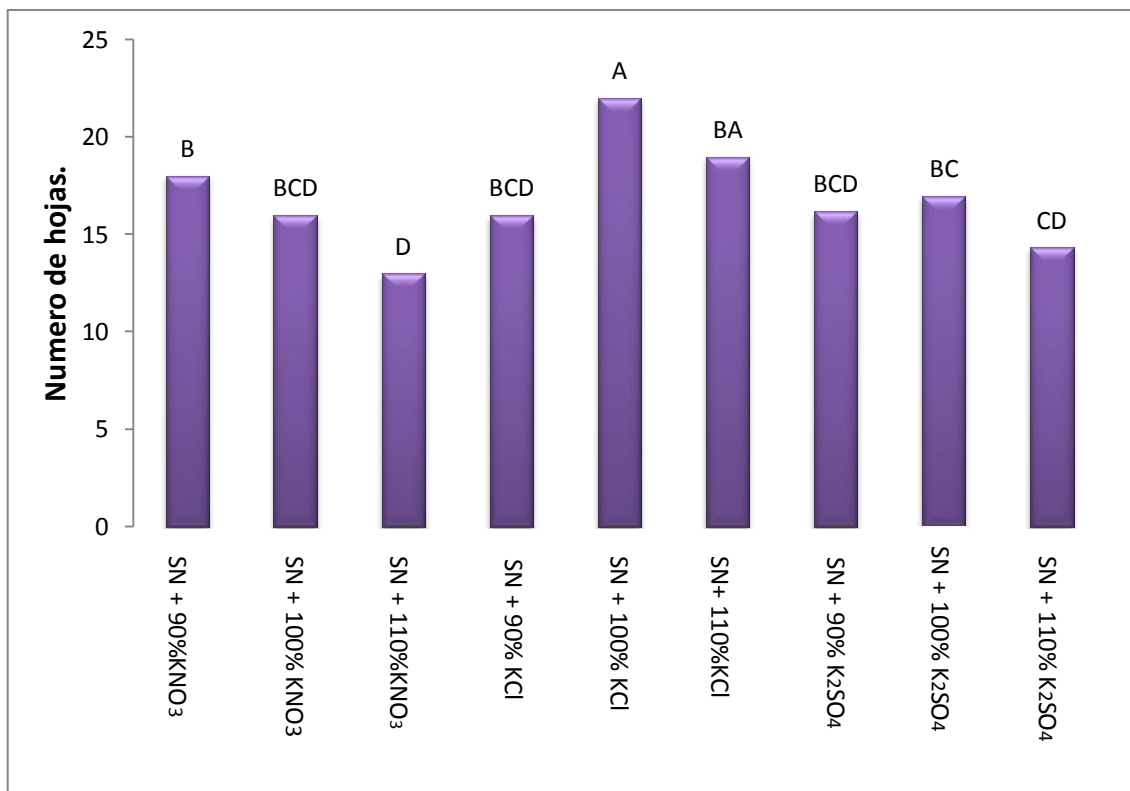
Af1, 2 = área foliar al inicio y final del intervalo de tiempo,

w1, 2 = peso seco al inicio y final del intervalo de tiempo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Número de hojas

En la figura 1 se puede observar que el tratamiento cinco supero al resto de los tratamientos obteniendo un total de 22 hojas por planta, siendo un 40.9% mejor que el testigo, el cual obtuvo un valor de 13 hojas. Estos resultados difieren con (Rojas et al, 2011), quien menciona que al incrementar las concentraciones de N y K en el cultivo de *Antirrhinum majus L.* en el riego, se incrementa el desarrollo de área foliar. De esta manera se puede decir que la concentración de fertilizantes potásicos favorece directamente a la formación de órganos vegetativos, pues el potasio es esencial para el proceso de respiración y fotosíntesis, traduciéndolo a acumulación de materia seca, que posteriormente se distribuye en la planta para formar nuevos órganos vegetativos.

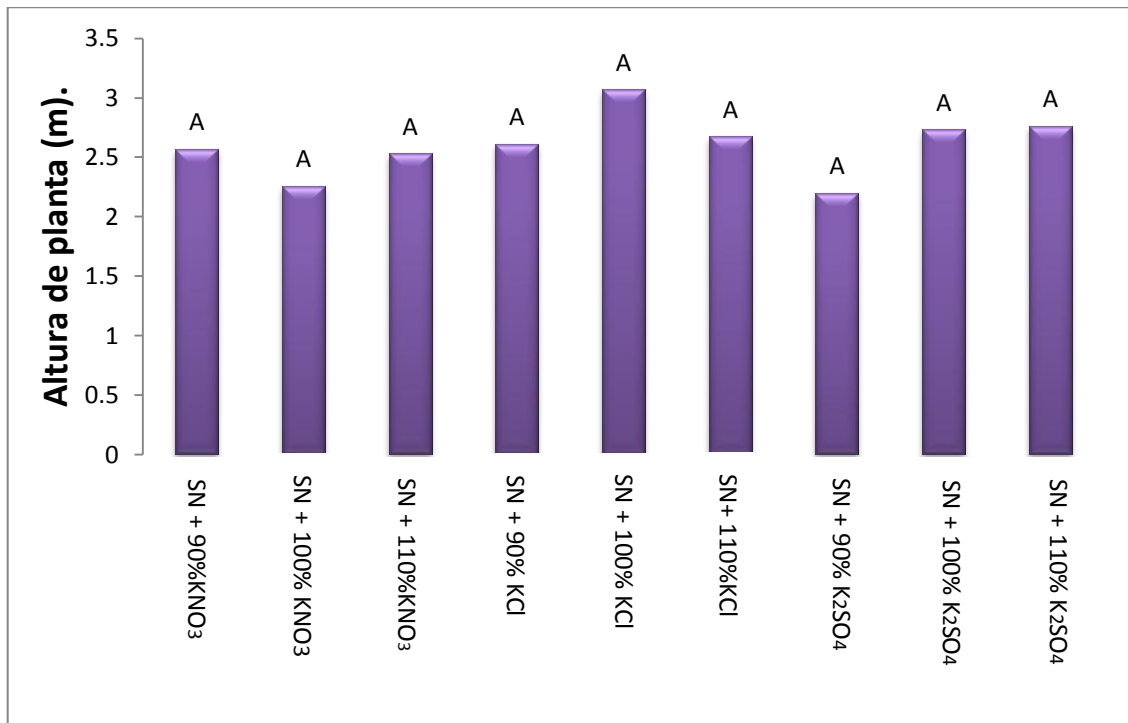


**Figura 1.** Comportamiento de las medias para la variable número de hojas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.



## 4.2 Altura de Planta

Al realizar la prueba de comparación de medias, se encontró que no hay diferencia estadística entre los tratamientos empleados en este experimento, sin embargo, si hay diferencia numérica entre ellos, destacando el tratamiento 5 (SN + 100% KCl) con una altura de 3.07 m; siendo mejor que el resto de los tratamientos. Estos resultados coinciden con (Joiner 1996) quien reporto que en crisantemo se encontró que la altura aumentó de manera positiva con el incremento en los niveles de K, por su parte (Bugarín *et al.*, 2002) menciona que las concentraciones normales y altas de K (6 y 9 meq·L<sup>-1</sup> en la solución nutritiva promueven un mejor crecimiento vegetativo que dosis bajas de K (3 meq·L<sup>-1</sup>). Se puede decir que los resultados positivos de la fuente KCl fue debido al requerimiento de iones cloro en la fotosíntesis proceso responsable de obtención de materia seca para que las plantas cumplan con sus funciones metabólicas como lo es el crecimiento.



**Figura 2.** Comportamiento de las medias para la variable altura de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

### 4.3 Área foliar

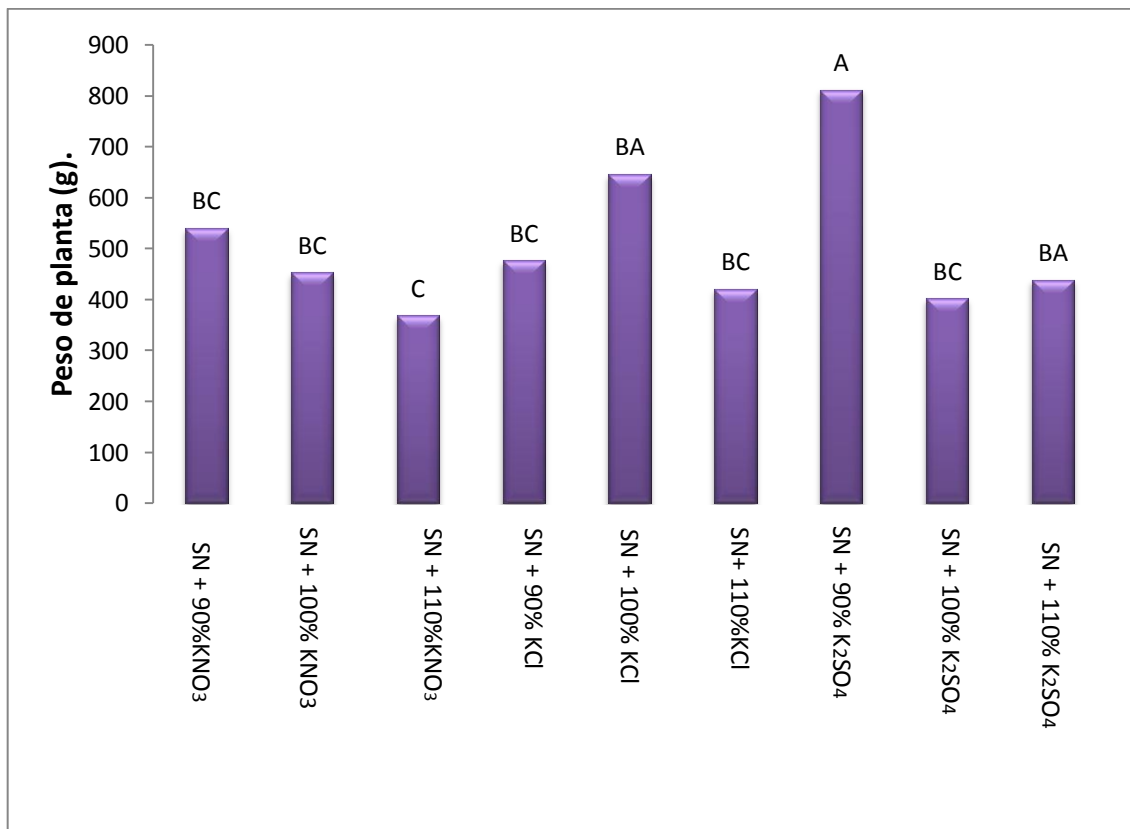
En la figura 3 se observa que el tratamiento 5 supero al resto de los tratamientos en área foliar, obteniendo un valor de  $83.99 \text{ cm}^2$ . Autores como (Barraza, 2000b) citan que el área foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final. Los mayores valores de área foliar obtenidos en el tratamiento 6 sugieren una mayor actividad fotosintética laminar, ya que el comportamiento de respuesta de la materia seca depende en gran medida del área foliar (Rodríguez, 2000), y a su vez, Jarma *et al.* (1999) menciona que las plantas con mayor área foliar y ambiente favorable, son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente.



**Figura 3.** Comportamiento de las medias para la variable área foliar de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

#### 4.4 Peso Fresco de Planta

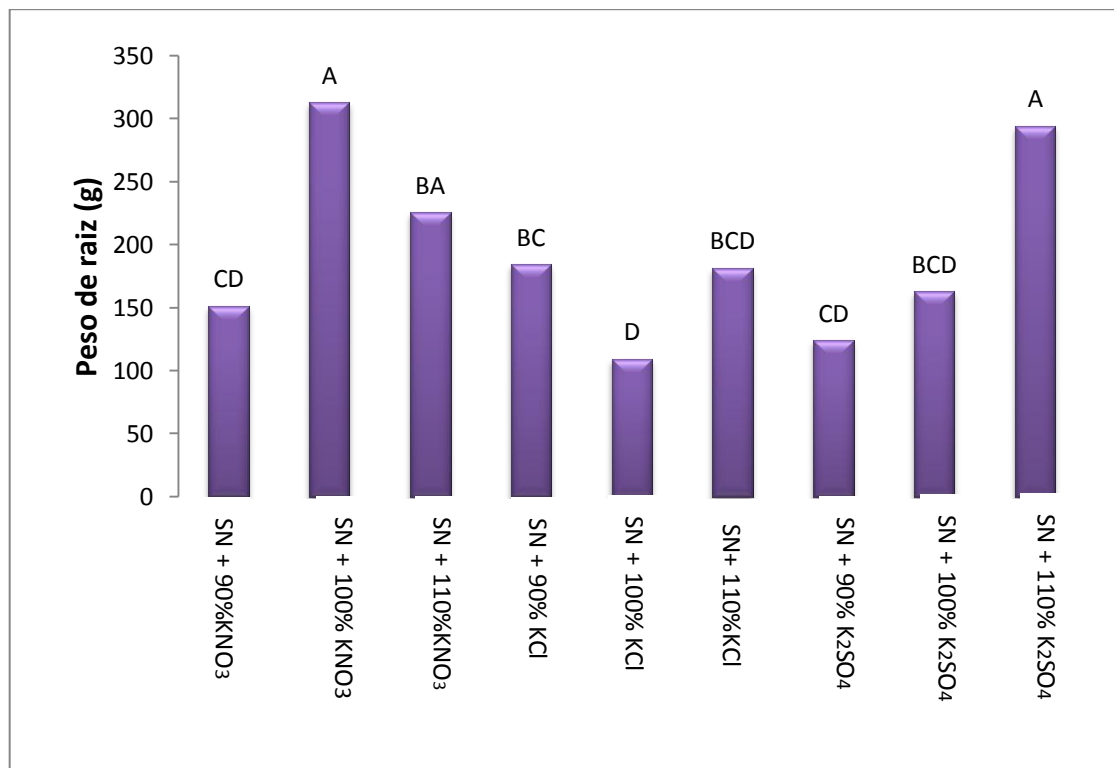
El peso de la planta se vio significativamente afectado, ya que al realizar la comparación de medias el tratamiento 7 (SN + 90% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) obtuvo el mayor peso fresco de la planta con un valor de 812.8 g, siendo un 54.73% mejor en comparación con el tratamiento 3 (SN + 110% KNO<sub>3</sub>) el cual obtuvo un valor de 367.96 g. Estos resultados difieren con (Clostre y Suni 2007), quienes al evaluar el efecto del K del medio de cultivo en el rendimiento y valor nutritivo de *Lemna gibba* L. observaron que el peso fresco se incrementa entre un 20.5 y 22.7 % al elevar la concentración de K en el medio de cultivo de 3 a 9 mg·L<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Comportamiento de las medias para la variable peso fresco de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

#### 4.5 Peso Fresco de Raíz

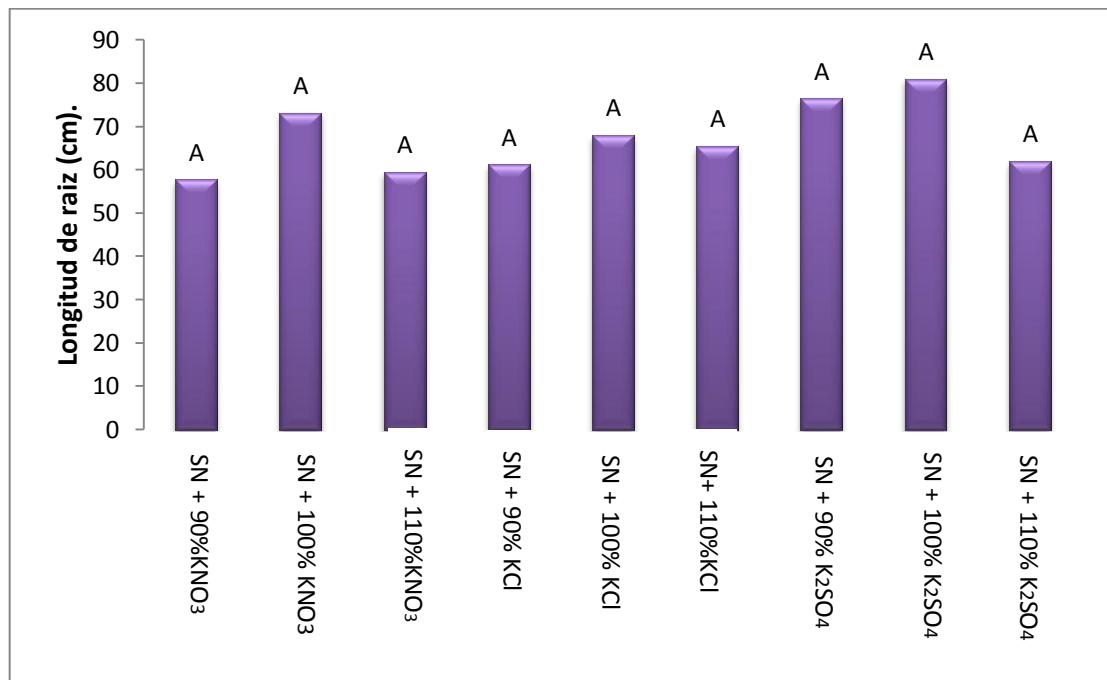
En la figura 5 se puede observar que el mejor tratamiento para esta variable fue el 3 (SN + 100%KNO<sub>3</sub>), obteniendo un valor de 312.63 g, superando un 65.09% en comparación al tratamiento 5, el cual obtuvo un valor de 109.15 g, siendo este el menor valor obtenido en la prueba de comparación de medias. Estos resultados son respuesta de una buena fertilización potásica la cual estimula el crecimiento de la raíz, ya que el nitrato es almacenado en la vacuola de las células de la raíz, el cual es importante para el proceso de osmorregulación, sin embargo, nuestros resultados difieren con (Godoy 1971) quien en un experimento con duraznero y utilizando diferentes fuentes de potasio, encuentra que K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es quien obtiene mayor rendimiento en peso de raíz con 20 g de diferencia, con respecto a K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



**Figura 5.** Comportamiento de las medias para la variable peso fresco de raíz de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

#### 4.6 Longitud de Raíz

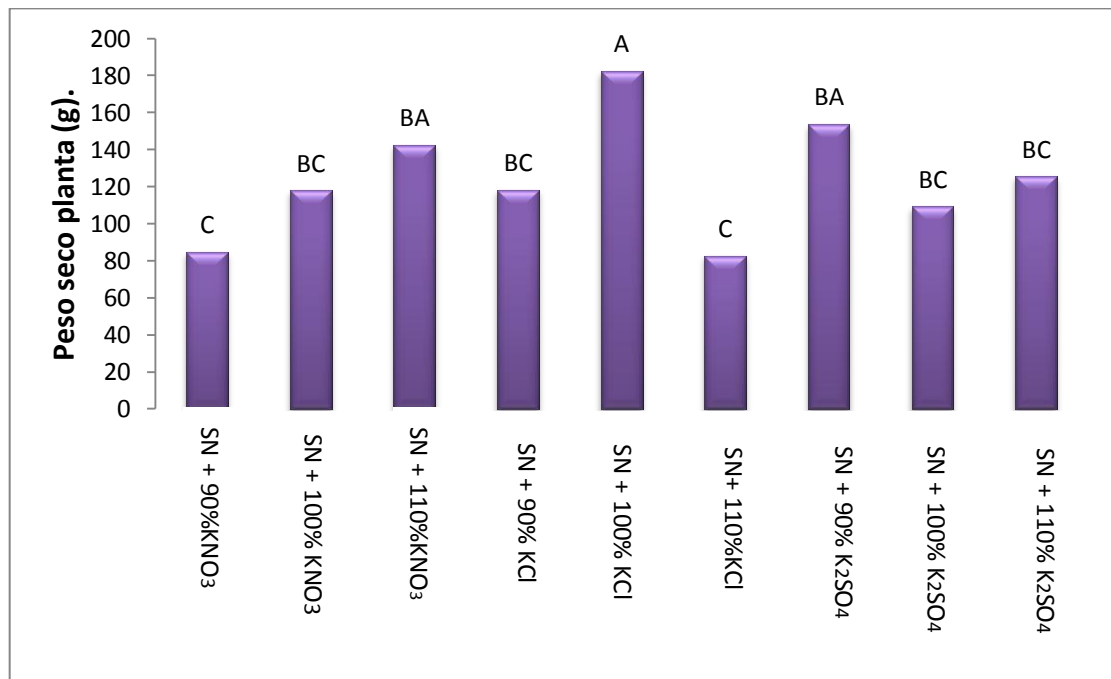
Al realizar la comparación de medias para esta variable, se observa que no hubo una diferencia estadística significativa entre los tratamientos empleados, sin embargo, si hubo una diferencia numérica, ya que el tratamiento 8 (SN + 100%K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) destacó de entre los de más tratamientos obtenido un valor de 81.0 cm, mientras tanto el tratamiento 1 fue el que obtuvo el menor valor para esta variable. Estos resultados se le atribuyen a una buena fertilización potásica la cual estimula el crecimiento de la raíz (Edwards, 1981). Nuestros resultados coinciden con (López, 2007), quien en un experimento similar evaluó diferentes concentraciones de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, en el cultivo de lechuga, donde encontró los valores más altos en las concentraciones más bajas de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. (Simón, 2001) menciona que al contar con mayor longitud las raíces en los cultivos, tienen mayor capacidad de explorar el suelo y subsuelo, en busca de nutrientes, agua, y demás elementos necesarios para su desarrollo.



**Figura 6.** Comportamiento de las medias para la variable longitud de raíz de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

#### 4.7 Peso seco de Planta

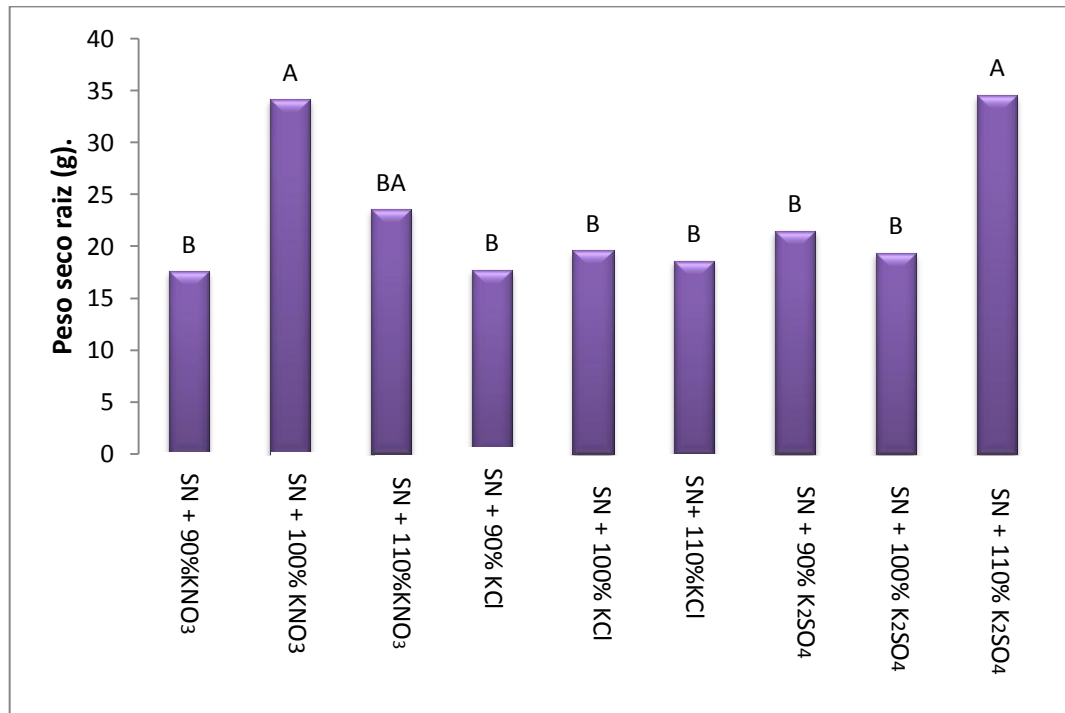
Al realizar la comparación de medias se encontró diferencia estadística, destacando al tratamiento 5 quien tuvo el valor más alto en acumulación de peso seco en comparación al resto de los tratamientos evaluados, con un valor de 182.20 g, siendo un 54.65 % mejor en comparación al tratamiento 6 el cual obtuvo un valor de 82.64 g. Esto se le puede atribuir a la fertilización potásica, ya que el potasio actúa en la fotosíntesis, proceso de donde se obtiene la mayor cantidad de foto asimilados y con ello mayor cantidad de materia seca acumulada en la planta. Nuestros resultados difieren con (Pujos y Morard 1997) quienes encontraron que la deficiencia permanente o temporal de K en las plantas jóvenes de tomate con hábito de crecimiento indeterminado no ocasionó una disminución significativa en el peso seco de la parte vegetativa ni de los frutos.



**Figura 7.** Comportamiento de las medias para la variable peso seco de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

#### 4.8 Peso seco de Raíz

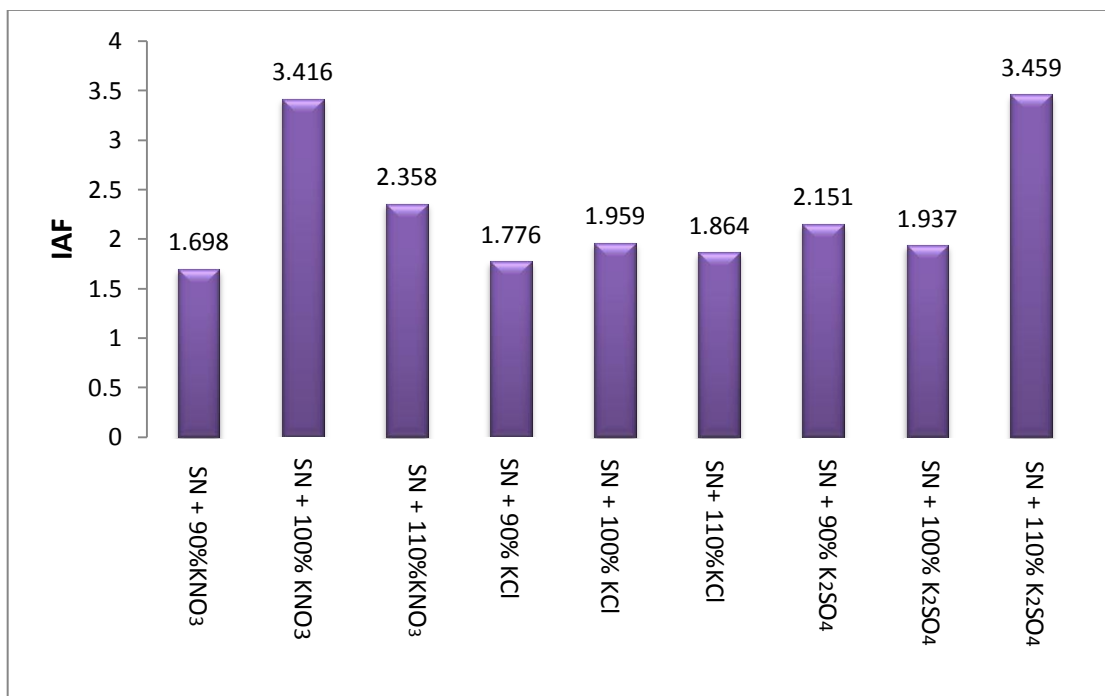
Al realizar la comparación de medias mediante la prueba Tukey al 0.05, se encontró que los tratamientos 2 y 9 obtuvieron los resultados más altos para esta variable, obteniendo un valor de 34.16g y 34.59g respectivamente, superando al resto de los tratamientos. Estos resultados coinciden con (Preciado, 1998) quien en un experimento evaluó diferentes concentraciones de nitrato en conjunto con potasio, en donde encontró los resultados más altos en las dosis más altas en cultivo de melón. Los tratamientos que presentaron mayor longitud y peso de raíz son los mismos que tienen mayor peso seco, ya que a medida que se va incrementando la cantidad de nitrógeno aplicado a las plantas de tomate, pero sin llegar a la cantidad en que es tóxico, se va haciendo más voluminosa, aumentando su peso al tener mayor cantidad de pelos absorbentes. (Marshner, 2003).



**Figura 8.** Comportamiento de las medias para la variable peso seco de raíz de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

#### 4.9 Índice de Área Foliar

En la figura 9 se puede observar que los tratamientos 2 y 9 obtuvieron los resultados más altos, superando al resto de los tratamientos. En un experimento donde se evaluó densidades de población ocurrió que los valores más altos para esta variable fueron obtenidos por el tratamiento con mayor densidad de población, Se puede afirmar que dicho tratamiento aprovechó más la radiación presente para las plantas cultivadas, lo cual se manifiesta fisiológicamente en una mayor tasa de translocación de fotoasimilados hacia los puntos de demanda, que para el caso del cultivo del tomate son principalmente los frutos y puntos de crecimiento.(Barraza, 2002). De este modo podemos afirmar que se puede obtener un alto IAF con una buena fertilización potásica, debido a que el K participa en la respiración y fotosíntesis proceso en el cual se producen fotoasimilados ocupados para nuevos dar lugar a nuevos órganos vegetativos como las hojas ocasionando un mayor área foliar.

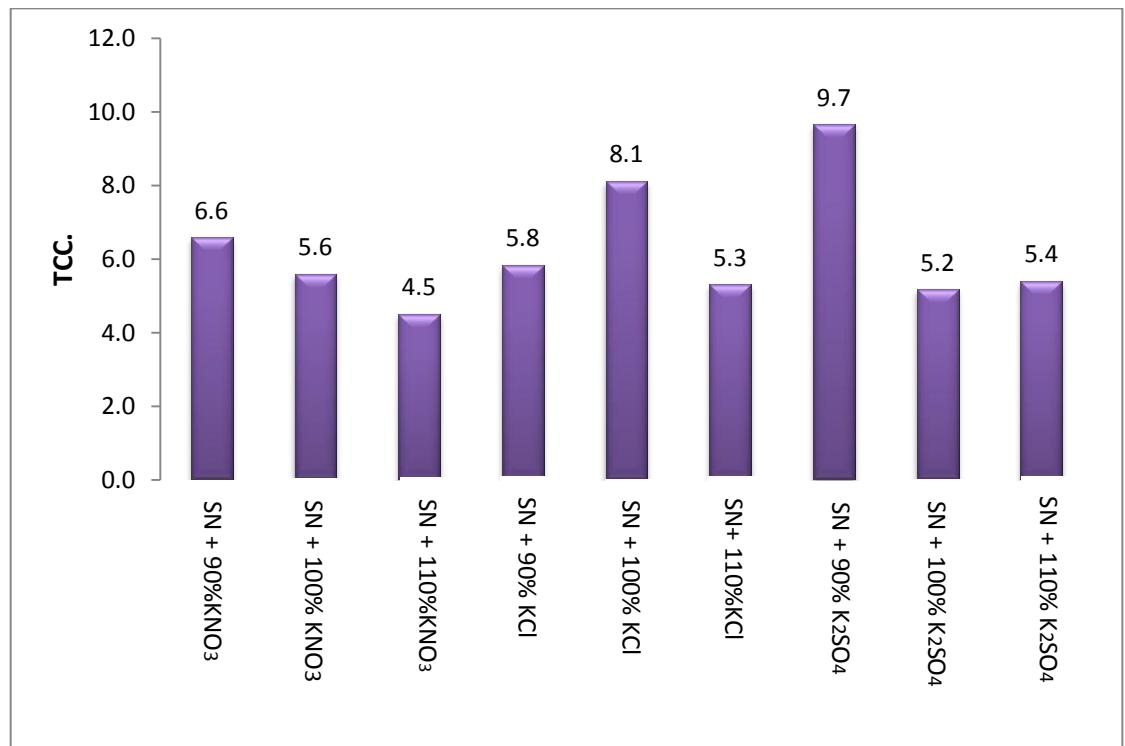


**Figura 9.** Comportamiento de las medias para la variable índice de área foliar de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.



#### 4.10 Tasa Crecimiento de Cultivo

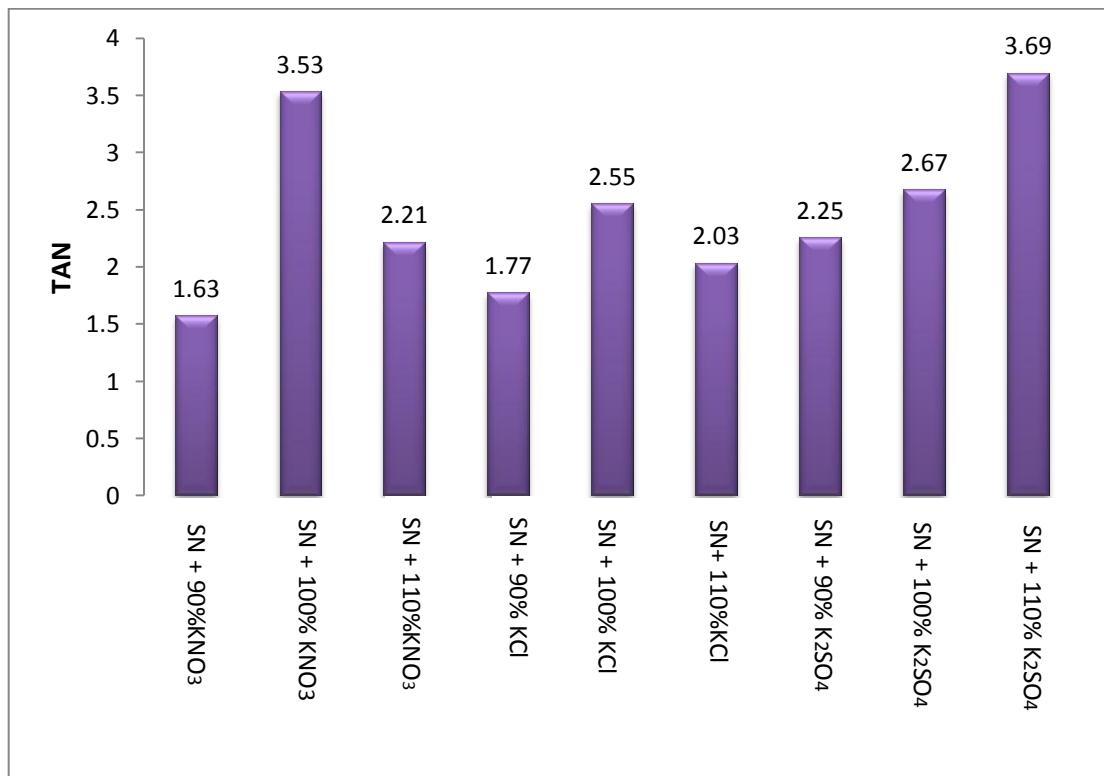
En la figura 11 se observa que el tratamiento 7 (SN + 90%K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) supero al resto de los tratamientos obteniendo un valor de 9.7 g · m<sup>2</sup>, siendo un 53.61% mejor en comparación al tratamiento 3, el cual obtuvo un valor de 4.5 g · m<sup>2</sup>. En un experimento similar (Barraza,2002), encontró que con una alta densidad de población la TCC se incrementa, indicando que las plantas de tomate sometidas a cultivo, con una densidad de población alta, como una comunidad de individuos, tuvieron más ganancia en peso de materia seca por unidad de superficie de suelo y de tiempo. Hunt (1990) menciona que la TCC es un índice de productividad agrícola cuyos valores más altos se reflejan en mayor producción de los órganos de interés para la cosecha, contribuyendo a un mayor rendimiento.



**Figura 10.** Comportamiento de las medias para la variable tasa de crecimiento de cultivo de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

#### 4.11 Tasa de Asimilación Neta

En la figura 12 se observa que los tratamientos 1(SN + 100%KNO<sub>3</sub>) y 9 (SN+ 110%K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) superaron al resto de los tratamientos obteniendo un valor de 3.53 y 3.69 g · cm<sup>2</sup> respectivamente. En un experimento similar (Barraza, 2002), encontró que con una alta densidad de población la TAN se incrementa, De acuerdo con lo anterior, se puede decir que el tratamiento 6, que también superó al resto de los tratamientos en número de hojas y área foliar, tuvo una mayor ganancia de materia seca por unidad de tejido asimilatorio y por unidad de tiempo, lo cual de acuerdo con Gómez *et al.* (1999), trabajando en papa, indica una mayor eficiencia fotosintética promedio.



**Figura 11.** Comportamiento de las medias para la variable tasa de asimilación neta de plantas de tomate, tratados con diferentes fuentes potásicas.

## VI. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de fuentes potásicas del 100% mostraron los mejores resultados en las variables de número de hojas, altura de la planta, peso seco de la planta, índice de área foliar, tasa de asimilación neta, peso fresco de la raíz, longitud de raíz y peso seco de raíz.
- Las fuentes potásicas evaluadas presentaron cambios positivos en la morfología del cultivo, siendo el  $\text{KNO}_3$  la mejor fuente a una concentración al 100%.

## VII. 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.
- 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.
- Barraza, F.V. 2000b.** Crecimiento del Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis de Maestro en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 142 p.
- Barraza, Fernando V.; Fischer, Gerhard; Cardona, Carlos E.2002.** Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia *Agronomía Colombiana*, vol. 22, núm. 1, pp. 81-90 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.
- Bidwell R.G.S. 2002.** Fisiología vegetal. AGT EDITOR, S.A. 2 º Edición en español. Pp. 355-360.
- Bugarín, M., R.; Galvis, A.; Sánchez, P.; García, D. 2002.** Demanda del potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20(4): 391-399.

- Blacard** Dominique., H. Laterrot., G. Marchoux., T. Candresse. 2009. Enfermedades del tomate. Editorial Quae. España. Pág. 7.
- Cásseres, E. 1981.** Producción de Hortalizas. 3° Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 1996** Guía Técnica Programa de Hortalizas y Frutales, Cultivo de Tomate, San Andrés, La Libertad El Salvador, C.A.
- Centeno, G. E.1996.** Monografía. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Saltillo, Coahuila, México.
- Clostre Gabriel** y Mery Suni. 2007. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio del medio de cultivo en el rendimiento y valor nutritivo de Lemna gibba L. (Lemnaceae) Rev. Perú biol. v.13 n.3 Lima jul. Lima Perú. Pp.- 233
- Edwards L. M. (1981).** Potash fertilizar and increased tolerance to stress. Agri-Views 1 (1). Potash Corporation of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- 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., Dorronsor 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.
- Giovannucci E. 1999.** Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *J Natl Cancer Ints.* 91: 317-331.
- Godoy 1971.** Concentración crítica de potasio en durazneros (*Prunus pérsica*). Tesis Universidad de Chile.
- Gómez, C., C. Buitrago, M. Cante y B. Huertas.1999.** Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para consumo fresco y para la industria. *Revista COMALFI* 26(1-3),42-55.
- Howard, M. Resh, Ph. D. 2001.** Cultivos Hidropónicos, nuevas técnicas de producción, Ediciones Mundi-Prensa. 5 º edición. Pp. 68-74.
- Hunt, R. 1990.** Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman Ltd., Londres. 112 p.
- Humbert, 1969.** Potassium in relation of food production *Hort Scia.* Pp. 35-36.
- Jaramillo J. Rodríguez V.P., Guzmán M., zapata M.,Rengifo T. 2007.** Manual
- 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.
- Jarma, A.; C. Buitrago y S. Gutiérrez. 1999.** Respuesta del crecimiento de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Blue Lake) a tres niveles de radiación incidente. *Revista COMALFI* 26(1-3), 62-73.

- Joiner, J. N. 1996.** Effects of P, K, and Mg levels on growth, yield and chemical composition of *Crysanthemum morifolium* 'Indianapolis White #3'. Proc. Am. Soc Hort. Sci. 90, 389-396 (1999).
- 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.
- Lemaire. F., André. D., Louis –Maire. R., Sylvain. C., Philippe. M. 2005.** Cultivos en macetas y contenedores, Editorial Mundi Prensa. 2 □ □ Edición. España. Pág. 25.
- León. Héctor M. Gallegos., y Mario Arosemena Dutari. 1980.** Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Culiacán Sinaloa, México. Pág.-11.
- Lobo M., Medina C.I. 2001.** Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var *cerasiforme*), 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.
- López O. Obed Aradaht, 2007.**Efecto de la aplicación de potasio en la calidad y productividad de lechuga de tipo romana.Pp.36-37.

- López P. B. 2005**, Evaluación de Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Márquez S., F. 1978**. Genotécnia vegetal. Primera edición. Tomo I. AGT EDITOR, S.A.
- Masrhner, H.2003**.Mineral nutrition of higher plants. 6ª edición, Academic Press, Boston USA. Pag. 249-252, 277-284.
- Melgar R., Magen H, Imas P. 2011**. El Rol del Potasio en la Producción Agrícola. International Plant Nutrition Institute.
- Nuez Viñals Fernando.1995**. El cultivo del tomate. Primera Edición. Editorial Mundi-prensa. España. Pág 52.
- 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 CALIDFORNIA, Fundación Produce, pág, 8.
- Preciado P. R , Gustavo A. Baca C. , J. L. Tirado Torres , J.Kohashi-Shibata , L. Tijerina Chavez y A. Martínez Garza.1998**. Nitrogeno y Potasio en la producción de plántulas de melón. P-270
- Paván, MA. 1995**. Interpretación de los análisis químicos del suelo y recomendaciones de encalado y fertilizantes. PROCAFÉ/IRI/USAID. Nueva San Salvador, El Salvador, C.A.



- Pérez, G., M. F. Márquez S. y A. Peña L. 1997.** Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. México, pp. 149-179.
- Pujos, A. y P. Morard. 1997.** Effects of potassium deficiency on tomato growth and mineral nutrition at the early production stage. *Plant soil* 189: 189-196.
- Rodríguez, S.A. 1992.** Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D.F.
- Rodríguez Dimas Norma., P. Cano Ríos., U. Figueroa Miramontes., E. Fabela Chávez., A. Moreno Reséndez., C. Márquez Hernández., E. Ochoa Martínez.,P. Preciado Rangel. 2009.** Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*, vol. 27, núm. 4, Octubre-diciembre, pp. 319-327.
- Rodríguez, F, H; Muñoz I, S; Alcorta G, E. 2006.** El tomate rojo. Editorial trillas.
- Rodríguez, L. 2000.** Densidad de población vegetal y producción de materia seca. *Revista COMALFI* 27(1-2), 31-38.
- Rodríguez. Rodríguez. R., Tabares. Rodríguez. M., Medina. San Juan. J.A. 2001.** El cultivo moderno del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Segunda Edición. España. P13.
- Rojas,V. A; Gutiérrez, E. J; Sánchez, G. P.; A.A (2011).** Fertilización mineral y biológica en la producción comercial de tallos de perrito ( *Antirrhinum majus* L.). *Terra latinoamericana*. Vol. 29, núm. 2. México. Pag. 221227.

- Salazar, E.H. 2005.** Evaluación de diferentes concentraciones de urea y sulfato de magnesio en planta joven de tomate bajo condiciones de invernadero. Pág 44.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994.** Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759 p.
- 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.
- Sanabria, H., 2005.** Solo el amor supera al Potasio. Productores de Hortalizas. Junio 2005. Pp. 50-52.
- Serrano C., Z. 1978.** Cultivo de Hortalizas en invernaderos. Editorial aedos. Imprenta juvenil S.A. Barcelona. España.
- Simon, M.; K.P. Smith, J.D. Dodsworth, B. Guenther, J. Handelsman y R.M Goodman. 2001.** Influence of tomato genotype on growth of inoculated and indigenous bacteria in the rhizosphere. Applied and Environmental Microbiology: 67(2). 515-520.
- Soler Aznar J., Soler Fayos Guillermo. 2006.** Cítricos. Variedades y técnicas de cultivo. Editorial mundi-prensa. Madrid España. Pág. 21.
- 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.

**Técnico Buenas Prácticas Agrícolas –Bpa** En La producción de Tomate Bajo52Condiciones Protegidas. Corpoica – Mana – Gobernación de Antioquia Fao.331 P.

**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

**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.

## VIII. APENDICE

**Apéndice 1.** Análisis de varianza para la variable número de hojas de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	9	290.0000000	32.2222222	18.59	<.0001
Error	30	52.0000000	1.7333333		
Total	39	342.0000000			
C.V 8.906058      Media= 16.40000					

**Apéndice 2.** Análisis de varianza para la variable altura de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	9	2.66825000	0.29647222	0.83	0.5954
Error	30	10.73375000	0.35779167		
Total	39	13.40200000			
C.V 23.31996      Media= 2.565000					

**Apéndice 3.** Análisis de varianza para la variable peso fresco de la planta de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	9	1088222.995	120913.666	66.90	<.0001
Error	30	54225.334	1807.511		
Total	39	1142448.330			
C.V 8.541292      Media= 497.7565					

**Apéndice 4.** Análisis de varianza para la variable peso fresco de la raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	9	138713.8403	15412.6489	9.16	<.0001
Error	30	50495.9263	1683.1975		
Total	39	189209.7666			
C.V 22.65954      Media= 181.0575					

**Apéndice 5.** Análisis de varianza para la variable peso seco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	9	38098.12022	4233.12447	11.92	<.0001
Error	30	10652.38427	355.07948		
Total	39	48750.50450			
C.V 15.39006      Media= 122.4398					

**Apéndice 6.** Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F- Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamiento	9	1722.199360	191.355484	7.99	<.0001
Error	30	718.237150	23.941238		
Total	39	2440.436510			
C.V 22.46186      Media= 21.78350					

**Apéndice 7.** Análisis de varianza para la variable longitud de raíz 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	1981.100000	220.122222	1.15	0.3617
Error	30	5750.500000	191.683333		
Total	39	7731.600000			
C.V 20.78825      Media= 66.60000					

**Apéndice 8.** Comparación de medias de número de hojas de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Tukey	Media	Tratamiento
B	18.0000	1
BCD	16.0000	2
D	13.0000	3
BCD	16.0000	4
A	22.0000	5
BA	19.0000	6
BCD	16.2000	7
BC	17.0000	8
CD	14.3333	9

Agrupamiento de las medias para la variable número de hojas de tomate mediante la comparación de medias por Tukey ( $p \leq 0.05$ ), medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Apéndice 9.** Comparación de medias de altura de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas

Agrupamiento Tukey	Media	Tratamiento
A	2.5775	1
A	2.2675	2
A	2.5350	3
A	2.6100	4
A	3.0700	5
A	2.6700	6
A	2.2020	7
A	2.7300	8
A	2.7667	9

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

**Apéndice 10.** Comparación de medias de peso fresco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Tukey	Media	Tratamiento
BC	541.10	1
BC	453.56	2
C	367.87	3
BC	476.27	4
BA	646.37	5
BC	421.00	6
A	812.80	7
BC	402.23	8
BC	438.52	9

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

**Apéndice 11.** Comparación de medias de peso fresco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Tukey	Media	Tratamiento
CD	151.28	1
A	262.73	2
BA	225.42	3
BC	184.18	4
D	109.15	5
BCD	181.29	6
CD	124.07	7
BCD	162.72	8
A	294.05	9

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

**Apéndice 12.** Comparación de medias de peso seco de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Tukey	Media	Tratamiento
C	100.43	1
BC	84.85	2
BA	117.81	3
BC	142.59	4
A	118.31	5
C	182.20	6
BA	82.64	7
BC	165.66	8
BC	110.12	9

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



**Apéndice 13.** Comparación de medias de peso seco de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Tukey	Media	Tratamiento
B	17.160	1
A	34.160	2
BA	23.580	3
B	17.760	4
B	19.590	5
B	18.640	6
B	21.514	7
B	19.375	8
A	34.590	9

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

**Apéndice 14.** Comparación de medias de longitud de raíz de plantas de tomate, tratadas con diferentes fuentes potásicas.

Agrupamiento Tukey	Media	Tratamiento
A	57.750	1
A	73.250	2
A	59.500	3
A	61.250	4
A	68.000	5
A	65.500	6
A	76.400	7
A	81.000	8
A	62.000	9

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

## IX. ANEXO

Fertilizantes usados durante el ciclo de cultivo de tomate.

Fertilizante	Forma de aplicación	Cantidad	Día de aplicación	Etapa fenológica
KNO <sub>3</sub>	Sólido	1.73g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
KNO <sub>3</sub>	Sólido	1.92g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
KNO <sub>3</sub>	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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sólido	1.59g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sólido	1.47g/L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sólido	1.94g /L	Lunes, miércoles y viernes	Crecimiento, desarrollo vegetativo y fructificación