

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Comportamiento De Tres Fulvatos En La Calidad y Rendimiento Del Tomate  
"Heirloom", Variedad "Yellow Brandywine"

Por:

**YANEL PÉREZ LÓPEZ**

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION DE INGENIERÍA

Comportamiento De Tres Fulvatos En La Calidad y Rendimiento Del Tomate  
"Heirloom", Variedad "Yellow Brandywine"

**Presentada Por:**

**YANEL PÉREZ LÓPEZ**

TESIS DE LICENCIATURA

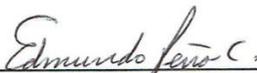
Que somete a consideración del H. jurado examinador como requisito para obtener el  
título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**



Dr. Rubén López Cervantes

Asesor principal



Dr. Edmundo Peña Cervantes

Coasesor  
Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"



Coordinación de la División  
de Ingeniería



M.C Fidel Maximiliano Peña Ramos

Coasesor



Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2017

## DEDICATORIA

A mis padres, Ángel Pérez Jiménez y Antonia López López por haberme brindado el apoyo y amor incondicional, y sus sabios consejos a lo largo de mi vida y formación profesional, por su lucha incansable de hacer de mí un ser humano de bien y DIOS, por haberme librado de todos los obstáculos que se me presentaron.

A mis hermanos, Eleazar Pérez López, Saúl Pérez López, Yesica Pérez López y Lizet Pérez López, por el afecto y amor que siempre me brindaron.

A mis sobrinos y primos por el cariño brindado.

A mis profesores que me brindaron el conocimiento para mi formación profesional, y abrirme al mundo de las ciencias agrícolas.

A mis amigos, Roberto Soto Quintero, Luis Enrique García Jiménez, Eduardo Arriola Gracia, Juan dolores Pérez López, Noemí Nayyely Oliver Santiago, María Fernanda Vázquez Vázquez, Eliza Carina Pedroza Rodríguez, Octavio Zavala García, Diego Emanuel Peña Mery, Diana Rogelio Cisneros, Édgar del Ángel Mosqueda Alcalá, Ramiro Rangel Acosta y Benjamín Pérez Ruiz, por su apoyo y consejo y llegar a ser una segunda familia para mí.

## AGRADECIMIENTO

Al Dr. Rubén López Cervantes, por haberme apoyado y brindado, el tiempo necesario para la elaboración del proyecto de tesis, con su conocimiento y experiencia.

Al Dr. Edmundo Peña Cervantes por el apoyo y sugerencias brindadas para la realización de esta tesis.

Al M.C Fidel Maximiano Peña Ramos, por sus aceptadas críticas y sugerencias durante la realización de este proyecto.

Al Dr. Rubén López Salazar, por haberme brindado el tiempo y conocimiento, en las dudas que se presentaron durante el proyecto

A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme acogido, y brindado la preparación profesional en sus aulas.

A mis amigos y compañeros, por la amistad brindada durante mi estancia en la universidad.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 General.....	3
2.2 Específico.....	3
3. HIPÓTESIS.....	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1 Generalidades del Tomate “Heirloom”.....	4
4.2 Ácidos fúlvicos.....	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
5.1 Localización del Experimento.....	11
5.2 Metodología.....	12
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
6.3 Peso Fresco De Fruto.....	15
6.4 Diámetro Polar.....	16
6.5 Diámetro Ecuatorial.....	17
6.6 Firmeza de Fruto.....	18
6.7 Sólidos Solubles Totales.....	19
6.8 Peso Fresco de Raíz.....	20
6.9 Peso Seco de Raíz.....	21
6.10 Vitamina C.....	22
6.11 Discusión.....	23
7. CONCLUSIÓN.....	25
8. LITERATURA CITADA.....	26

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Problemas en la producción de los tomates “Heirloom” .....	8
Cuadro 3. Intervalos usuales para la composición elemental de las ácidos fúlvicos..	10
Cuadro 4. Distribución de tratamientos adicionados al tomate “Heirloom” variedad “Yellow Brandywine” .....	13
Cuadro 5. Fertilización química adicionada al tomate “Heirloom” variedad “Yellow Brandywine” .....	13
Cuadro 6. Comparación de medias de todas las variables analizadas, con la adición de, fulvato de fierro, fulvato de potasio y fulvato de magnesio a seis, ocho y 10 ml L <sup>-1</sup> .....	14

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área experimental .....	11
Figura 2. Comparación de medias para peso de fruto con la adición de tres fulvatos. .....	15
Figura 3. Comparación de medias para diámetro polar, con la adición de tres fulvatos.....	16
Figura 4. Comparación de medias para diámetro ecuatorial, con la adición de tres fulvatos.....	17
Figura 5. Comparación de medias para firmeza, con la adición de tres fulvatos. ....	18
Figura 6. Comparación de medias para sólidos solubles totales, con la adición de tres fulvatos.....	19
Figura 7. Comparación de medias para peso fresco de raíz, con la adición de tres fulvatos.....	20
Figura 8. Comparación de medias para peso seco de raíz, con la adición de tres fulvatos.....	21
Figura 9. Comparación de medias para Vitamina C, con la adición de tres fulvatos..	22

## RESUMEN

La agricultura sostenible y/o sustentable, tiene como principal filosofía, emplear la menor cantidad de insumos para obtener los mayores rendimientos, pero en armonía con el medio ambiente; por ello, en este trabajo el objetivo fue determinar el comportamiento de tres fulvatos en la calidad y rendimiento del tomate "Heirloom", Variedad "Yellow Brandywine", para lo cual, plántulas de tomate se trasplantaron en macetas de plástico que contenían 20 kg de la mezcla del horizonte Ap de un Calcisol, "Perlita" y "Fibra de coco" (relación 1:1:1 v/v/v). Los tres fulvatos se elaboraron con la mezcla de un ácido fúlvico, extraído de Leonardita y sulfato ferroso, de magnesio y de potasio; los elementos, fueron al dos por ciento y denominados fulvato de hierro (FFe), de magnesio (FMg) y de potasio (FK), respectivamente y adicionados a las cantidades de 600, 800 y 1000 mg.kg<sup>-1</sup> por litro de agua y como control una solución nutritiva (SN). Las variables medidas al fruto: peso (PF), diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE), firmeza (FI), sólidos solubles totales (SST-°Brix), peso fresco (PFR) y seco de raíz (PSR) y vitamina C (VC); en el análisis estadístico se encontró efecto altamente significativo de los tratamientos en todas las variables medidas, con excepción de los SST; así, con la adición de 1000 mg.kg<sup>-1</sup> del FFe, se adelantó en 84 % a la SN en el PF y en 6 % en el DP. Al aplicar 600 mg.kg<sup>-1</sup> del mismo compuesto, en el DE, PSR y VC, se superó a la SN en 7, 30 y 247 %, respectivamente; al agregar 800 mg.kg<sup>-1</sup> del FK, se aventajó en 12 % al control en el PFR y con 1000 mg.kg<sup>-1</sup> del FMg, fue mayor en 15 % a la SN en la FI. Se concluye que el FFe, realizó efecto positivo en todas las variables medidas; mientras que el FMg, lo efectuó en la FI.

**Palabras clave:** Ácidos fúlvicos, *Solanum Lycopersicum L.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una planta perenne en forma de arbusto que se cultiva anualmente y puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Es uno de los frutos que contiene mayor cantidad de vitaminas y minerales, tiene bajo valor calórico y se caracteriza por contener entre el 90 y 94 por ciento de agua. Además, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno (Fernández-Ruiz *et al.*, 2004).

México es de los mayores productores de tomate a nivel mundial y el primero en exportación de dicho fruto. El manejo del cultivo, la cosecha y la comercialización genera millones de empleos de manera directa e indirecta; sin embargo, es una de las hortalizas que presentan pérdidas de hasta el 50 por ciento del total de la producción por deterioro, tanto por factores físicos como biológicos (Bombelli y Wright, 2006); además, de aspectos genéticos de este cultivo. El tomate “Heirloom”, es un ejemplo claro de lo anterior.

El tomate “Heirloom”, es muy apreciado en Estados Unidos y en Europa, ya que es considerado como producto *Gourmet*, son conocidos por su singular sabor, forma y color, que incluyen púrpura, naranja, como piel de tigre y amarillo, además de los tomates rojos comunes y su calidad orgánica; pero, es costoso ya que la libra en fresco llega a costar hasta cuatro dólares Americanos y en los platillos, de igual manera; por ejemplo, 250 g de pasta con salsa de tomate normal tiene el precio de 10 dólares y con salsa de tomate “Heirloom”, es de 35 a 40 dólares.

La popularidad de este tipo de tomate, se ha incrementado sobremanera con el auge de la agricultura orgánica y la agricultura sostenible y/o sustentable y de acuerdo con Coolong (2009), son variedades no híbridas que se han conservado de generación en generación, como semillas y según Flomo (2010), son de polinización abierta, lo que significa que la fruta es similar a la fruta de la generación anterior; sin embargo, este tipo de tomate contiene altas cantidades de carbohidratos y a causa de eso, sus

problemas de producción son que aun sin madurar, la firmeza es demasiado baja, presentan el problema del “rajeteado” (“Cracking”) y por lo mismo, son muy susceptibles al ataque de enfermedades producidas por bacterias y/u hongos, lo que reduce su calidad.

Para aumentar la calidad de los cultivos, es conocido que los productores emplean fertilizantes químicos, ya que con ellos se les nutre adecuadamente y se conserva la cantidad y la calidad; pero, estos compuestos son costosos y si no se hace una adición adecuada en cuanto a la cantidad, se pueden salinizar los suelos, por lo que en México, con el auge de la agricultura orgánica y la sostenible y/o sustentable, el uso de productos orgánicos ha tomado gran importancia como lo es el uso de sustancias húmicas (SH), las que al mezclarlas con los fertilizantes químicos, se ha demostrado que aumentan la cantidad y calidad de los frutos Calvo *et al*, (2014).

A la mezcla de SH con los cationes, se les conoce con el nombre de Humatos, para los ácidos húmicos (AH) y Fulvatos con los ácidos fúlvicos del nutrimento adicionado. Estos compuestos son una alternativa económica y ecológicamente factible para aumentar la producción y calidad de los cultivos, ya que por su naturaleza orgánica-mineral y las cantidades bajas que se emplean, son considerados por Du Jardin (2012).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Establecer el comportamiento de tres fulvatos, en la calidad y rendimiento del tomate "Heirloom", Variedad "Brandywine".

### **2.2 Específico**

Determinar el efecto de diferentes dosis de tres fulvatos en la calidad y rendimiento de tomate "Heirloom".

## **3. HIPÓTESIS**

Al menos una dosis de un Fulvato, tiene efecto positivo en la calidad y producción del tomate "Heirloom".

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Generalidades del Tomate “Heirloom”

Es un tomate de origen Amish y en español, “Heirloom” quiere decir RELIQUIA ya que su semilla ha sido preservada de generación en generación. Las variedades son polinizadas de manera natural, esto significa que no han sido modificadas por la mano del hombre, para obtener un fruto en el cual les permita controlar sus características. En Estados Unidos comenzaron a comercializarlos productores locales a mediados de los años ochenta y han ganado una popularidad de culto por su incomparable sabor (AgroScience, 2013).

Al denominar al tomate “*Heirloom*” (reliquia en el lenguaje Inglés), se hace referencia a los genotipos de plantas cultivadas de generación en generación durante varios siglos de familias a familias y las que se han popularizado, provienen de sistemas orgánicos debido a la preocupación alimentaria y la producción sostenible. El tomate “*Heirloom*”, tiene mucha variabilidad de formas, color, textura y sabor; sin embargo, la mayoría es desconocida por los consumidores y el mercado es restringido, porque su precio es alto y es considerado como un producto *Gourmet* y la mayor cantidad que está a la venta, es en supermercados de Estados Unidos de América y Europa.

El mercado de semillas, de este tipo de tomate, tiene cultivos selectos en su mayoría híbridos, con altos costos, frutos mayormente rojos y de gran tamaño; características que los productores y consumidores creen conveniente y dan al público la única elección para adquirir esta importante hortaliza (Vargas, 2004), Watson (1996), describe que un tomate debe cumplir tres criterios para ser considerado una variedad hereditaria: la variedad debe ser reproducida por semilla, debe haber sido cultivada por más de 50 años y debe tener un historial.

Dichos tomates son un alimento de tendencia o parte de un paquete buscado por los consumidores que frecuentan mercados orgánicos. Sin embargo, puesto que los

tomates “Heirloom” no son el resultado de programas genéticos modificados, las variedades no son resistentes a las enfermedades; por lo que, son más susceptibles a patógenos y tienen menor tolerancia al calor que las variedades híbridas (Flomo, 2010). También, tienen una vida de anaquel más corta y son altamente susceptibles a los moretones, durante comercialización dentro de algunos días después de cosecha (Coolong, 2009).

Cruz (2007), menciona que es una variedad antigua que se conserva a partir de semillas y que se guardan de una temporada a otra, de aspecto arriñonado y diversos colores con excelente sabor. Pese a que es poco resistente a enfermedades, es una de las variedades más demandadas por consumidores de productos orgánicos, por consiguiente, su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. Su popularidad se debe al aceptable sabor y disponibilidad del fruto, en una amplia gama de ambientes; así como, a su relativa facilidad para ser cultivado, (Coolong, 2009), menciona que las semillas de tomates Heirloom están ahorrando para la próxima temporada, se debe tener especial cuidado durante las fases de reproducción para mantener la pureza de las semillas y para evitar cruces no deseados. Las semillas deben ser cosechadas de las mejores plantas para asegurar que las características de la planta madre hayan sido pasadas a la siguiente generación. Además, de tener en cuenta la temperatura adecuada y la humedad adecuada al secar y almacenar, para preservar una tasa de germinación aceptable

Según Curtis, *et al.*, (1996), la planta presenta una raíz principal pivotante que crece tres cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen, (Rodríguez *et al.*, 1984), menciona que las raíces laterales y adventicias crecen tanto como la principal, el mismo autor describe el tallo en forma cilíndrica y erguido en planta joven, a medida de que esta crece, el tallo se vuelve anguloso, y presenta vellosidades (tricomas) en la mayor parte de sus órganos; y glándulas que segregan una sustancia color verde aromática (licopeno),

esta muestra ramificación abundante y yemas axilares, reproductivas así al final del crecimiento las ramificaciones exhiben yemas vegetativas y estas se clasifican de crecimiento indeterminado, tal autor describe a las hojas como cortas, de tamaños medios o largos y de tipo compuestas que se insertan sobre los diversos nudos en forma alterna y limbo fraccionado de siete a 11 foliolos.

Castellanos *et al.*, (2009) señalan que las flores aparecen en racimos, siendo sencillos en la parte baja y después más divididos y ramificados. Las flores son pequeñas, pedunculadas, de color amarillo y forman corimbos axilares. El cáliz tiene cinco sépalos, la corola tiene cinco pétalos que conforman un tubo pequeño, pues esta soldada inferiormente, los cinco estambres están soldados en estilo único que a veces sobresale de los estambres, (Ortega *et al.*, 2010), señalan al fruto como una baya de color amarillo, rosa o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno; el más común es el rojo en la madurez, la pulpa contiene una proporción del 33% del peso en fresco del fruto.

Para Coolong (2009) las enfermedades y la presencia de los insectos pueden o no ser mayores para las plantas de "heirloom" que para los híbridos modernos, dependiendo de la estación y del cultivar. Sin embargo, los heirloom rara vez tienen resistencia a muchas enfermedades del día actual, por lo tanto las prácticas de prevención de plagas y enfermedades son esenciales. Debido a que los tomates heirloom se cultivan orgánicamente o con un mínimo de pesticidas y deberán manejarse actividades que estén orientadas al manejo integrado de plagas que conduzcan a la producción de productos orgánicos de calidad. Es posible que se necesiten estrategias integradas de manejo de plagas (MIP), incluyendo el monitoreo constante, para prevenir y reducir pérdidas, seguido de un buen control de malezas, de igual manera y como alternativa el uso de insectos beneficiosos pueden ayudar en el control de plagas.

Según, Castellanos, *et al.*, (2009) el trasplante es el paso de la planta desde el semillero al asiento definitivo del cultivo en el cual el riego estará colocado según el marco, la densidad y la orientación de la planta y para el cultivo en suelo, previo al trasplante se da un riego abundante, para humedecer el suelo del terreno, desplazar las sales y bajar la salinidad del suelo, la cual debe ser menor que la CE del medio de trasplante para (Bautista y Alvarado, 2006) el riego es empleado para mantener la humedad del suelo, su frecuencia depende del tipo de suelo, de la estación y la variedad. Existen distintos sistemas de riego donde el localizado, mantiene la aplicación en una zona más restringida del volumen radicular, en ella se encuentra el riego por goteo, el cual el caudal no supera los 1.5 l h<sup>-1</sup> por gotero.

Crespo *et al.*, (2010) menciona que para obtener rendimientos altos y con buena calidad es necesario realizar una fertilización complementaria con macronutrientes (N, P, K, Ca, S Y Mg) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn y B) estos deben ser suministrados en cantidades diferenciadas y oportunamente, de acuerdo al estadio de desarrollo de las plantas, (Paredes *et al.*, 2009) en la etapa inicial, recomienda una relación de N-P-K de 2-1-1, para floración, recomienda una relación de N-P-K de 1-2-2, y en fructificación, recomienda una relación de N-P-K de 1-1-2.

Cadenas *et al.*, (2003) indican que la poda es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado. Se realiza a los 15-20 días del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales que serán eliminados al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aeración del cuello. Se denomina poda de formación porque en tal momento se determina el número de tallos que se dejará a la planta. La poda se puede hacer a uno o dos brotes (brazos), aunque lo más usual es la poda a un solo brazo, para conseguir mayor tamaño de fruto.

De igual manera, (Paredes *et al.*, 2009) sugieren el tutorado como una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas, pero sobre todo, los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y

favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales ya que de todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades. Cadenas *et al.*, (2003) indican que el tutorado se realiza con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (sujeto mediante anillos) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta.

**Cuadro 1.** Problemas en la producción de los tomates “Heirloom”

Efecto	Descripción
Pudrición en flor	La putrefacción del final de la flor comienza con bronceado claro, las áreas empapadas de agua que pueden agrandar y dar vuelta.
Cicatriz final de la flor	Tejido distal de la fruta que puede contener canales, por lo general se extiende en los lóbulos (Cavidades que contienen semillas que se derivan de los carpelos).
Catfacing	Causada por un factor interno o externo durante la formación de la flor, aparece como una deformidad gruesa de la fruta.
Cracking (concéntrico / radial)	Ocurre cuando la expansión interna es más rápida que la expansión de la epidermis, causando la epidermis se agriete. El concéntrico aparece como un anillo alrededor de la cicatriz del vástago.
Pared gris	Áreas oscuras y necróticas en el tejido vascular de las paredes exteriores; grisáceas causadas por colapso del tejido de la pared.
Forma extraña	Frutas que están fuera de la forma estándar de tomate.
Cicatrices con cremallera	Causada por una antera que está unida a la fruta recién formada, aparece como cicatrices que se extienden parcialmente o completamente del área de la cicatriz del vástago al extremo de la flor

*Fuente: Barten y Scott 1992; Olson 2009.*

## 4.2 Ácidos fúlvicos

La Sociedad Internacional de las Sustancias Húmicas (IHSS, 2013), define a las SH como mezclas complejas y heterogéneas de materiales poli dispersados formados por reacciones bioquímicas y químicas durante la descomposición y transformación de restos vegetales y microbianas (un proceso llamado humificación); la lignina y sus productos de transformación, así como polisacáridos, la melanina, cutina, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, partículas finas del carbón de leña, etc., son componentes importantes que participan en este proceso. El término SH suele utilizarse para describir a las fracciones del suelo que se obtienen en base a sus características de solubilidad: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas. Las SH están compuestas por aproximadamente 50 % de C, entre un 35-45 % de O, 5 % de H, 3 % de N y S (Thurman, 1985; McCarthy, 2001). Los principales grupos funcionales presentes incluyen grupos ácidos carboxílicos y OH fenólicos.

Kolonovav (2003) menciona que Berzerlius en 1839 descubrió los ácidos crénico y apocrénico, hoy en día llamados ácidos fúlvicos, los ácidos fúlvicos son la fracción de las sustancias húmicas solubles en agua bajo cualquier condición de pH. Ellos permanecen en solución después de removido el ácidos húmicos por la acidificación de tal forma (Pedroza *et al.*, 2006) menciona que estos compuestos se diferencian de los ácidos húmicos por su coloración más clara por su contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55 %), y su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales. Estos contienen sustancias reductoras y posiblemente en cantidades mayores que los ácidos húmicos, aproximadamente entre un 20 y 25 %.

Domínguez *et al.* (2006) indican que las propiedades comunes de los ácidos húmicos y fúlvicos son su heterogeneidad y posibilidad de separación en una serie de fracciones por distintos procedimientos (mediante precipitación fraccionada por ácidos y soluciones buffer, métodos de ultracentrifugación, electroforesis y cromatografía). Para concretar, los ácidos fúlvicos, poseen en esencia unidades estructurales similares a los ácidos húmicos, se caracterizan por la presencia de una

fracción nuclear poco pronunciada (rejillas aromáticas de carbono) con predominio de cadenas laterales. Esto da fundamento para considerarlos como los representantes menos maduros del grupo de los ácidos húmicos.

Según García (2006) las diferencias entre ácidos húmicos y fúlvicos desde el punto de vista de aplicación, son principalmente relacionadas con su peso molecular y su movilidad en la solución del suelo. Así, los ácidos húmicos con alto peso molecular tienen mayor impacto en las propiedades físicas y efectos biológicos locales del suelo, mientras que los ácidos fúlvicos con bajo peso molecular pueden primeramente influir en el transporte de micronutrientes en la solución del suelo así como tiene efectos biológicos en la rizosfera. Utilizándose el ácido húmico como tratamiento contra la erosión de los suelos por sus propiedades de absorción y retención de agua.

**Cuadro 2.** Intervalos usuales para la composición elemental de las ácidos fúlvicos.

<b>Elemento</b>	<b>Ácidos Fúlvicos (%)</b>
Carbono	40,7 - 50,6
Oxígeno	39,7 - 49,8
Hidrógeno	3,8 - 7,0
Nitrógeno	0,9 - 3,3
Azufre	0,1 - 3,6

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización del Experimento

El trabajo de investigación, se desarrolló en un invernadero establecido en terrenos aledaños al Departamento de Ciencias del Suelo del Campus principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila; ubicada a los 25° 21' de latitud norte y 101° 02' de longitud oeste a la altitud de 1742 m.s.n.m.



**Figura 1.** Localización del área experimental

## 5.2 Metodología

Las plántulas de tomates heirloom de la variedad “Yellow Brandywine”, adquiridas de semillas recolectadas de tomates en forma convencional para preservar la genética de origen, con 10 centímetros de altura promedio, fueron trasplantadas en macetas de plástico que contenían 20 kg de la mezcla de un CalciSol, “perlita” y “fibra de coco” (relación 1:1:1 v/v/v). La fertilización se realizó con una solución nutritiva, en base a los Índices de Steiner, seguidamente a los ácidos fúlvicos (AF), se les adicionaron hierro (Fe), potasio (K) y magnesio (Mg), todos al dos por ciento; estos fueron llamados fulvato de hierro (FFe), fulvato de potasio (FK) y fulvato de magnesio (FMg). Los tratamientos fueron: 6, 8 y 10 ml L<sup>-1</sup> de agua de cada fulvato, y como control se empleó una solución nutritiva (SN), con base en los Índices de Steiner y fueron adicionados a los, 25, 40, y 55 días después del trasplante con una conductividad eléctrica (CE) de 2 dSm<sup>-1</sup>. Las variables medidas al fruto fueron: Peso Fresco (PF), Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE) (Vernier Stainless-Steel, Marca Truper), Firmeza al momento de la colecta de fruto (FI) (Penetrometro, Fruit Hardness Tester, Modelo FHT 200. Extech, Instruments), Sólidos Solubles Totales al momento de cosecha (SST), (°Brix – Refractómetro, Máster Refractometer, Marca ATAGO) Peso Fresco de Raíz (PFR), Peso Seco de Raíz (PSR) y Vitamina C (VC) (Titulación con 2,6 diclorofenolindofenol, 0.001N).

El trabajo se distribuyó de acuerdo al diseño experimental Completamente al Azar, que arrojó diez tratamientos y ocho repeticiones. A los datos obtenidos, se les efectuó un análisis estadístico el que consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mediante el método de Tuckey ( $p \leq 0.05$ ); para esto, se empleó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.1

**Cuadro 3.** Distribución de tratamientos adicionados al tomate “Heirloom” variedad “Yellow Brandywine”

Numero	Tratamiento	Dosis ml L <sup>-1</sup>
1	FFe 1	6
2	FFe 2	8
3	FFe 3	10
4	FK 1	6
5	FK 2	8
6	FK 3	10
7	FMg 1	6
8	FMg 2	8
9	FMg 3	10
10	SN 100	100

*FFe= fulvato de fierro; FK=fulvato de potasio; FMg= fulvato de magnesio; SN= solución nutritiva*

**Cuadro 4.** Fertilización química adicionada al tomate “Heirloom” variedad “Yellow Brandywine”

Fertilizante	g L <sup>-1</sup>
Nitrato de calcio	1.25
Nitrato de potasio	0.95
Sulfato de magnesio	0.40
Sulfato de potasio	0.55
Sulfato ferroso	0.25
Sulfato de zinc	0.25
Sulfato de cobre	0.25

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para este trabajo con los resultados del ANVA se obtuvo efecto altamente significativo entre tratamientos, en las variables de (PF), (DE), (FI), (PFR), (PSR) y (VC); así, con la adición de 10 ml L<sup>-1</sup> del FFe, se adelantó en un 84 % a la SN en el PF; al aplicar seis ml L<sup>-1</sup> del mismo compuesto, en el DE, PSR y VC, se superó a la SN en 7, 30 y 247 %, respectivamente; al agregar ocho mL<sup>-1</sup> del FK, se aventajó en 12 % al control en el PFR y con 10 mL<sup>-1</sup> del FMg, fue mayor en 15 % a la SN en la FI. No obstante los resultados obtenidos del ANVA que no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) fueron las variables (DP) y (SST) entre tratamientos, cabe mencionar que con el (FFe) se supera al testigo en un seis por ciento en el (DP), además el fulvato de potasio a 10 ml L<sup>-1</sup> supera al testigo este efecto se mostró en la variable sólidos solubles totales (SST). (Cuadro 6).

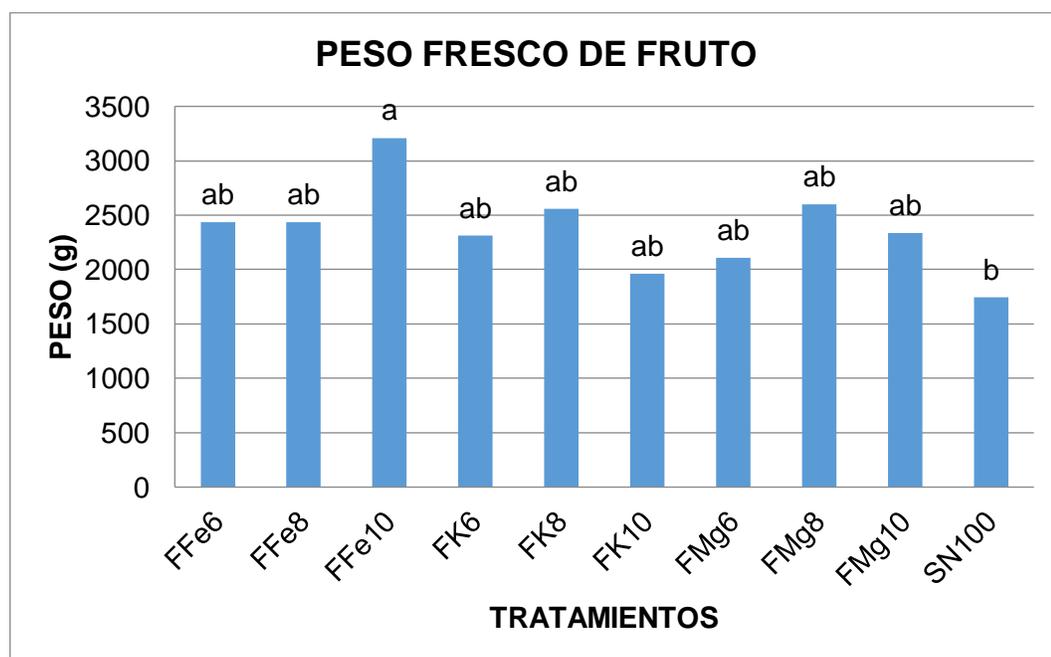
**Cuadro 5.** Comparación de medias de todas las variables analizadas, con la adición de, fulvato de hierro, fulvato de potasio y fulvato de magnesio a seis, ocho y 10 ml L<sup>-1</sup>

TRATAMIENTO	PF (g)	DP (cm)	DE (cm)	FI (N)	SST (°Brix)	PFR (g)	PSR (g)	VC
FFe6	2438 <sup>ab</sup>	5.77 <sup>a</sup>	5.816 <sup>a</sup>	1.972 <sup>ab</sup>	6.418 <sup>a</sup>	77.28 <sup>a</sup>	41.9 <sup>a</sup>	2.92 <sup>a</sup>
FFe8	2434 <sup>ab</sup>	5.88 <sup>a</sup>	5.76 <sup>ab</sup>	1.922 <sup>b</sup>	6.214 <sup>a</sup>	60.12 <sup>abc</sup>	29.5 <sup>abc</sup>	2.096 <sup>bc</sup>
FFe10	3210 <sup>a</sup>	5.894 <sup>a</sup>	5.596 <sup>abc</sup>	1.938 <sup>b</sup>	6.188 <sup>a</sup>	48.33 <sup>bc</sup>	26.32 <sup>c</sup>	2.76 <sup>ab</sup>
FK6	2310 <sup>ab</sup>	5.518 <sup>a</sup>	5.294 <sup>abc</sup>	2.066 <sup>ab</sup>	6.444 <sup>a</sup>	55.11 <sup>abc</sup>	27.78 <sup>bc</sup>	2.002 <sup>c</sup>
FK8	2556 <sup>ab</sup>	5.792 <sup>a</sup>	5.69 <sup>abc</sup>	1.886 <sup>b</sup>	6.488 <sup>a</sup>	77.95 <sup>a</sup>	40.11 <sup>ab</sup>	1.002 <sup>d</sup>
FK10	1961 <sup>ab</sup>	5.468 <sup>a</sup>	5.048 <sup>c</sup>	1.874 <sup>b</sup>	6.712 <sup>a</sup>	39.88 <sup>c</sup>	20.58 <sup>c</sup>	0.908 <sup>d</sup>
FMg6	2110 <sup>ab</sup>	5.292 <sup>a</sup>	5.136 <sup>bc</sup>	1.846 <sup>b</sup>	6.512 <sup>a</sup>	50.12 <sup>bc</sup>	23.08 <sup>c</sup>	0.972 <sup>d</sup>
FMg8	2602 <sup>ab</sup>	5.548 <sup>a</sup>	5.404 <sup>abc</sup>	2.004 <sup>ab</sup>	6.324 <sup>a</sup>	51.01 <sup>bc</sup>	24.03 <sup>c</sup>	1.014 <sup>d</sup>
FMg10	2337 <sup>ab</sup>	5.638 <sup>a</sup>	5.732 <sup>ab</sup>	2.236 <sup>a</sup>	6.408 <sup>a</sup>	77.92 <sup>a</sup>	40.74 <sup>ab</sup>	0.97 <sup>d</sup>
SN100	1745 <sup>b</sup>	5.56 <sup>a</sup>	5.51 <sup>abc</sup>	1.942 <sup>ab</sup>	6.608 <sup>a</sup>	69.39 <sup>ab</sup>	32.27 <sup>abc</sup>	0.84 <sup>d</sup>

Valores seguidos de letras iguales en cada columna indican que los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas.

### 6.3 Peso Fresco De Fruto

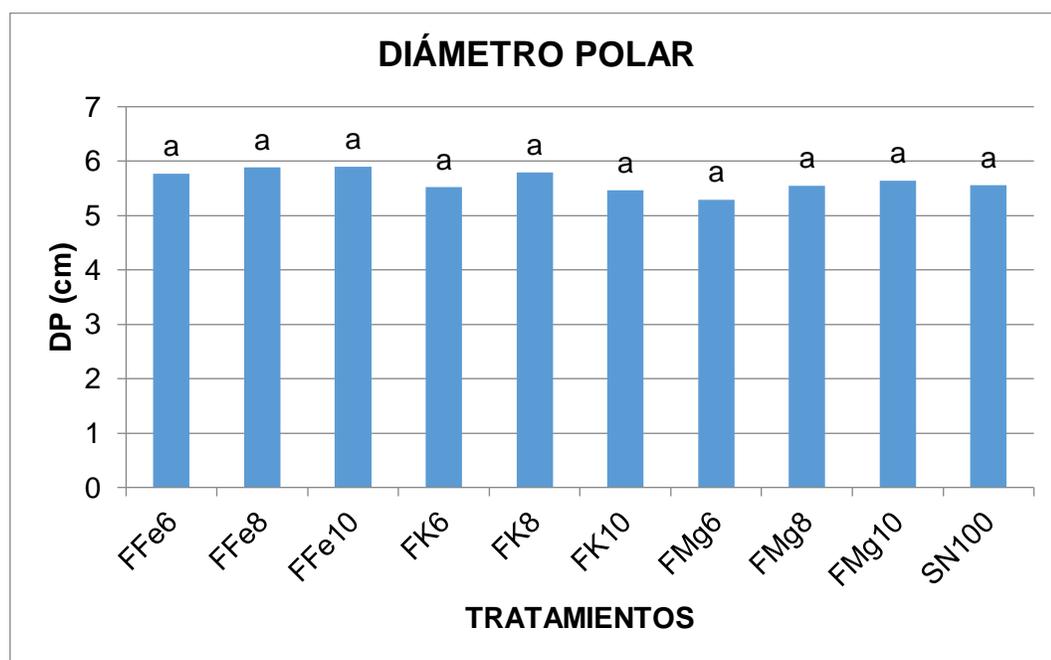
En esta variable todos los tratamientos realizaron un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (Figura 2). Pero sobresale la adición del Fulvato de hierro a 10 ml L<sup>-1</sup> ya que se presentó un aumento de 84% en comparación con el testigo (SN); en el caso del Fulvato de magnesio (FMg8), a ocho ml L<sup>-1</sup> incremento un 49% y para el fulvato de potasio (FK8) a una dosis de ocho ml L<sup>-1</sup> mostró un incremento de 46% respecto a la solución nutritiva y de esta manera se establece al fulvato de hierro (FFe10) a dosis alta (10 ml L<sup>-1</sup>) como el óptimo tratamiento de valor promedio.



**Figura 2.** Comparación de medias para peso de fruto con la adición de tres fulvatos.

## 6.4 Diámetro Polar

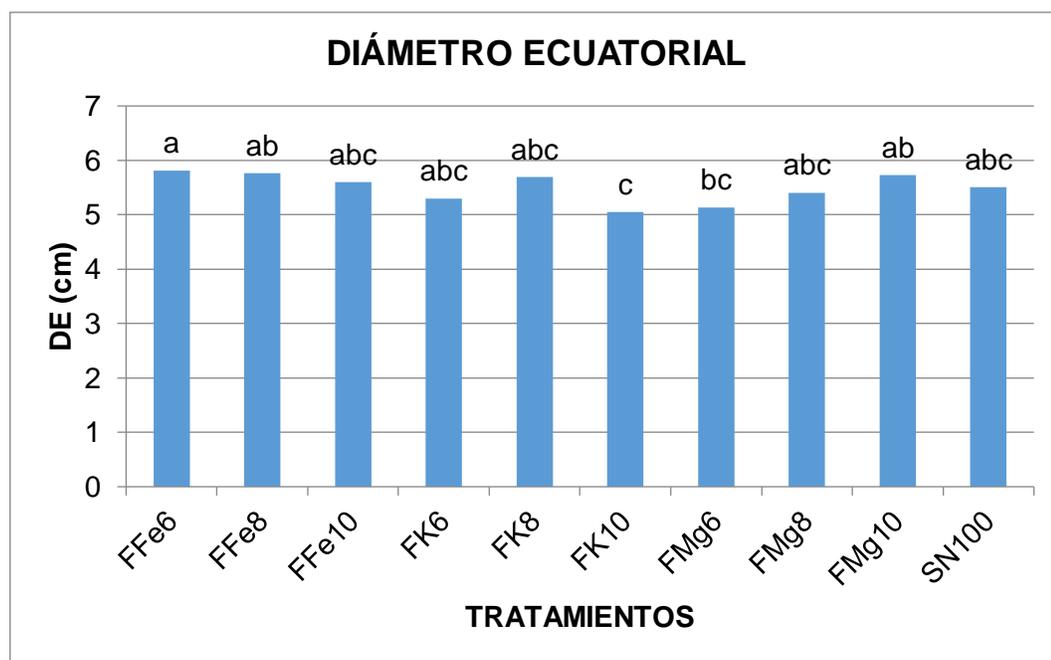
En esta variable los tratamientos no mostraron efecto significativo ( $p > 0.05$ ) (Figura 3). Sin embargo, cabe mencionar que, con la adición de 10 ml L<sup>-1</sup> del fulvato de hierro (FFe10), se superó al testigo en seis por ciento, seguido del fulvato de hierro a ocho ml L<sup>-1</sup> (FFe8) con un cinco por ciento. De manera general sobresalen los tratamientos en donde se adicionaron las tres dosis del fulvato de hierro, posicionando al fulvato de hierro (FFe10) a 10 ml L<sup>-1</sup> como el óptimo valor promedio obtenido.



**Figura 3.** Comparación de medias para diámetro polar, con la adición de tres fulvatos.

## 6.5 Diámetro Ecuatorial

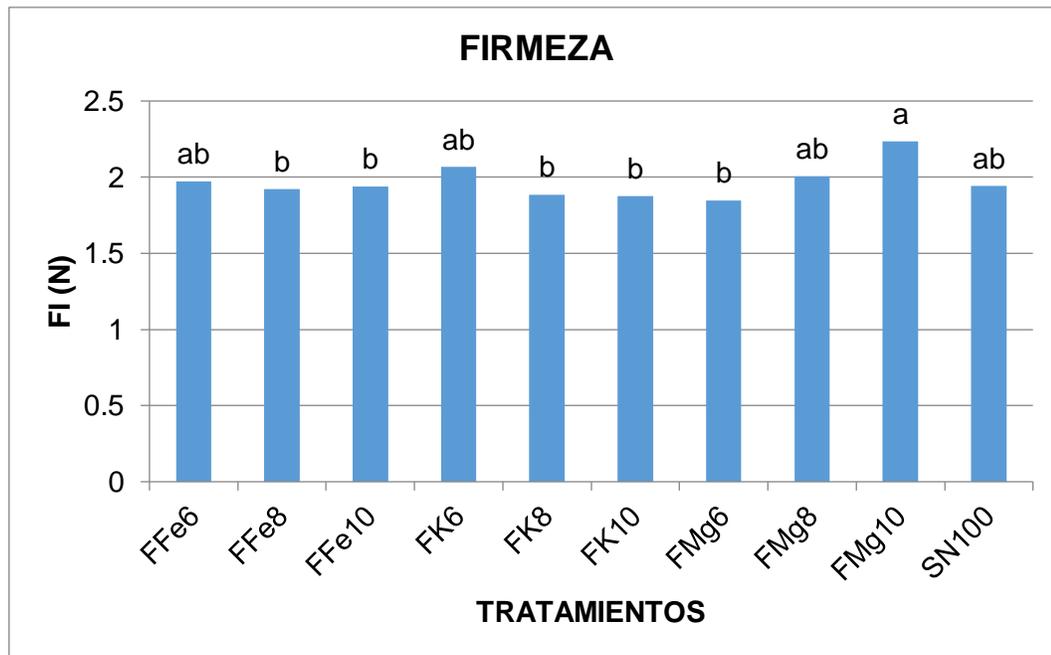
Para esta variable los tratamientos muestran efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (Figura 4). Al aplicar seis ml  $L^{-1}$  de fulvato de hierro (FFe6) en el DE, se superó a la SN en siete por ciento, seguidamente a la dosis de ocho ml  $L^{-1}$  de fulvato de hierro (FFe8) el cual presentó un aumento de cuatro por ciento en comparación al testigo y de esta manera se establece al FFe a seis ml  $L^{-1}$ , como optimo valor promedio obtenido.



**Figura 4.** Comparación de medias para diámetro ecuatorial, con la adición de tres fulvatos.

## 6.6 Firmeza de Fruto

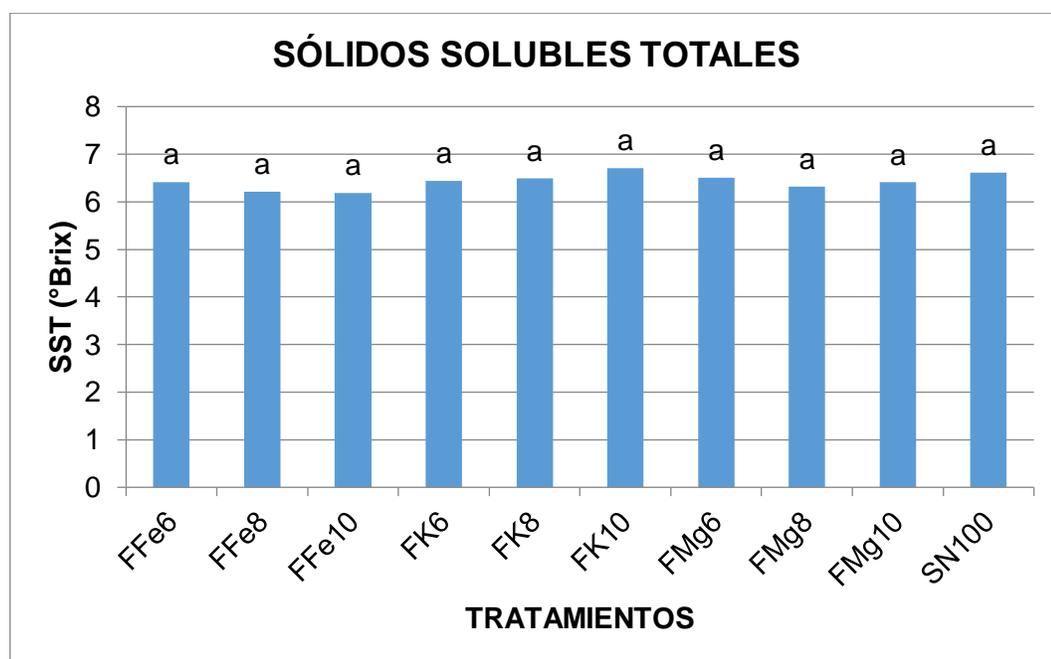
Los resultados de ANVA para esta variable muestran que los tratamientos realizaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (Figura 5). Con la adición de  $10 \text{ ml L}^{-1}$  del fulvato de magnesio (FMg), se supero en un 15 % al testigo (SN) en la firmeza (FI), y con la adición del fulvato de magnesio a ocho  $\text{ml L}^{-1}$  (FMg), fulvato de potasio a ocho  $\text{ml L}^{-1}$  y fulvato de fierro a seis  $\text{ml L}^{-1}$  (FFe), se aventajo en un tres, seis y dos por ciento respectivamente al testigo (SN). Dando lugar, a que con la adición de  $10 \text{ ml L}^{-1}$  de fulvato de magnesio (FMg), se posicionara como el óptimo valor promedio obtenido en cuanto a firmeza.



**Figura 5.** Comparación de medias para firmeza, con la adición de tres fulvatos.

## 6.7 Sólidos Solubles Totales

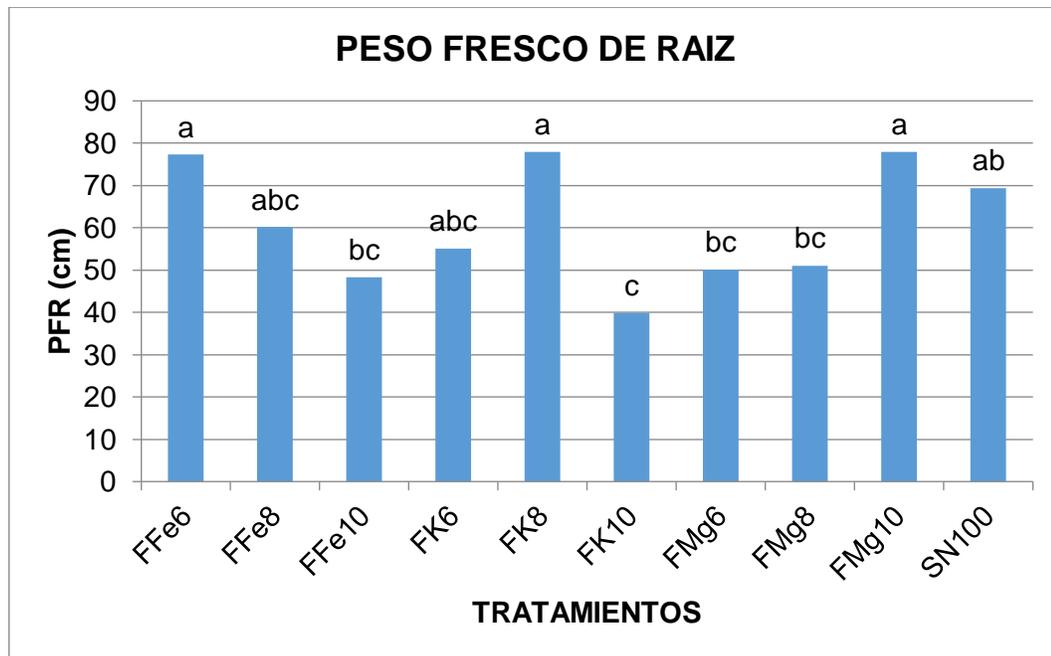
En esta variable no hay efecto significativo ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos, gráficamente se puede establecer que los valores fueron muy similares con la adición de todos los tratamientos. No obstante la aplicación de 10 ml L<sup>-1</sup> del fulvato de potasio (FK), supera numéricamente a la solución nutritiva (SN) en dos por ciento (Figura 6).



**Figura 6.** Comparación de medias para sólidos solubles totales, con la adición de tres fulvatos.

## 6.8 Peso Fresco de Raíz

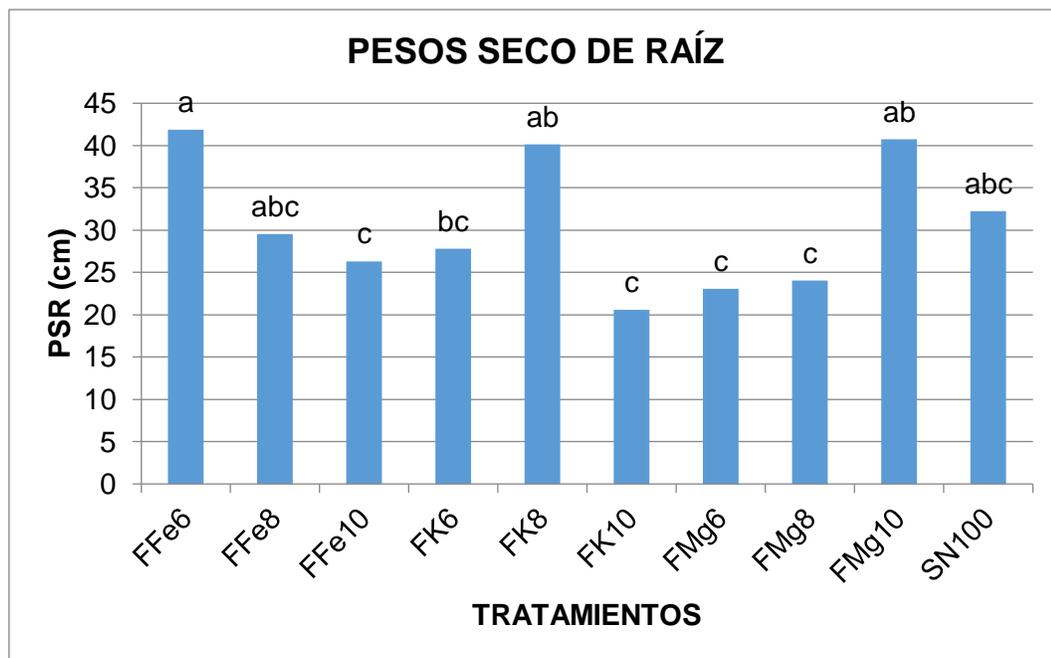
En esta variable los tratamientos mostraron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (Figura 7). Por lo anterior, la adicción del fulvato de potasio a ocho ml L<sup>-1</sup>(FK) presentó un aumento de 12% en comparación con la solución nutritiva; sin embargo, el resto de los tratamientos presentaron efectos similares, como es el caso del Fulvato de magnesio a 10 ml L<sup>-1</sup>(FMg) aventajo con un 12% a la variable, además con la adición del fulvato de hierro a seis ml L<sup>-1</sup> (FFe) incrementó un once por ciento respecto a la solución nutritiva. Por lo anterior se establece al fulvato de potasio (FK8) a dosis media (ocho mL<sup>-1</sup>) como el tratamiento óptimo valor promedio.



**Figura 7.** Comparación de medias para peso fresco de raíz, con la adición de tres fulvatos.

## 6.9 Peso Seco de Raíz

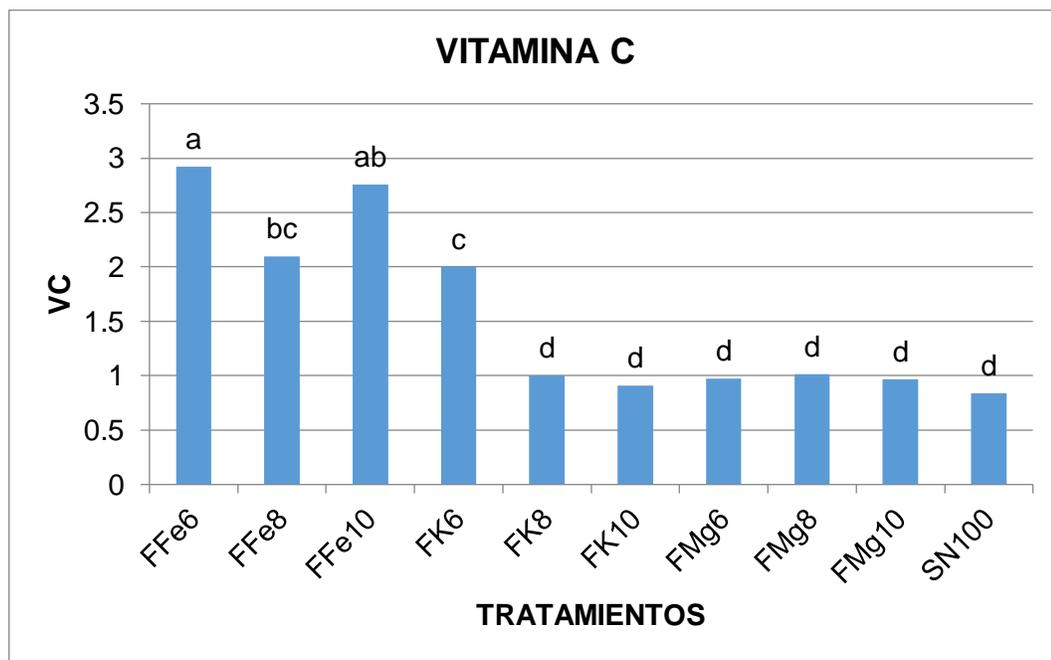
Para esta variable los tratamientos muestran efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (Figura 8). Al aplicar seis ml  $L^{-1}$  de fulvato de hierro (FFe), en el PSR se superó a la SN en treinta por ciento seguidamente a la dosis de 10 ml  $L^{-1}$  de fulvato de magnesio (FMg) presentó un aumento de veintiséis por ciento en comparación al testigo y de tal manera se establece al FFe a seis ml  $L^{-1}$ , como el valor promedio ideal ya que con esta se obtuvo dicho valor más alto con referencia al testigo.



**Figura 8.** Comparación de medias para peso seco de raíz, con la adición de tres fulvatos.

## 6.10 Vitamina C

En esta variable los tratamientos mostraron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (Figura 9). De tal manera que, con la adición de seis ml L<sup>-1</sup> del fulvato de hierro (FFe), se superó al testigo en 247%, seguido del fulvato de hierro a 10 ml L<sup>-1</sup>(FFe) que supero en 228 % al testigo. Cabe mencionar que de manera general sobresalen los tratamientos en donde se adicionaron las tres dosis del fulvato de hierro, posicionando al fulvato de hierro en todas sus dosis como el valor ideal, obtenido.



**Figura 9.** Comparación de medias para Vitamina C, con la adición de tres fulvatos.

## 6.11 Discusión

A manera de discusión se establece que con los resultados obtenidos con la adición de las distintas dosis de fulvatos de fierro (FFe) 6, 8 y 10 ml L<sup>-1</sup> respectivamente, se incrementan los valores, en las variables evaluadas como son (PF), (DP), (DE), (PSR) Y (VC). Debido a que en la variable (PF) al adicionar 10 ml L<sup>-1</sup> de un fulvato de fierro (FFe) se obtuvo un valor que superó en un 84 % al valor promedio del testigo, no obstante en la variable (DP), con la misma dosis de fulvato de fierro, se aventajo en un seis por ciento el cual indico el mejor valor promedio obtenido con referencia al testigo; para la variable (DE) el fulvato de fierro a dosis baja, 6 ml L<sup>-1</sup> fue el que marco más diferencia con un 5.5 % en relación al testigo; de igual manera para la variable (PSR) el fulvato de fierro (FFe6) a dosis de seis ml L<sup>-1</sup> sobresalió con un 30 % en comparación con la solución nutritiva; cabe mencionar que para la variable vitamina C, con la adición de seis ml L<sup>-1</sup> de fulvato de fierro (FFe6) se aventajo al testigo en un 247 %; no así para (SST) en donde el fulvato de potasio (FK) con la adición de 10 ml L<sup>-1</sup> aventajó con apenas dos por ciento a la SN, y se posicionó como óptimo valor promedio en esta variable; de igual manera en la firmeza (FI), en el cual el fulvato de magnesio (FMg10) mostro un aumento del 15 % en relación al testigo con la adición de 10 ml L<sup>-1</sup> del fulvato; de la misma forma el fulvato de potasio (FK8) en relación a la variable peso fresco de raíz (PFR), sobresalió del testigo con un 23 % obteniendo el mejor valor promedio.

Lo anterior concuerda con lo establecido por (Sánchez *et al.*, 2006), donde determinan que los ácidos fúlvicos, mejoran el funcionamiento del fierro y de los quelatos sintéticos de fierro cuando se combinan con las sustancias orgánicas y de acuerdo con (Chen y Aviad 1990), indican que las sustancias fúlvicas naturales estimulan el crecimiento de tallos de varias plantas, cuando se aplican con soluciones nutritivas a diversas concentraciones.

Álvarez-Fernández *et al.* (2006), Mencionan que la deficiencia de fierro en cultivos como tomate, es causante de la disminución en el tamaño de los frutos y la firmeza de ellos esto recae, en la vida de anaquel y calidad; y una forma de remediar lo anterior, es con el uso de quelatos de fierro. Aza (2001), determina que los ácidos fúlvicos tienen efecto positivo al aumentar en número y peso al fruto, con respecto al testigo, al cual solo se le aplicó una solución nutritiva.

Fründ *et al.*, (1994) asumen que los grupos funcionales libres de los ácidos fúlvicos (-COOH), actúan como ligantes naturales de los iones y posteriormente los colocaron disponibles para las plantas como es el caso del fierro (Fe). Esto quiere decir que las sustancias húmicas están bien polimerizadas. Lo anterior concuerda con (Reyes *et al.*, 1999), los cuales mencionan que los ácidos fúlvicos combinados con la solución nutritiva el número de frutos fueron superiores en comparación a la solución nutritiva sola.

A lo que Nardi *et al.* (2015), mencionan que con la aplicación de sustancia húmicas (fúlvicos) a las plantas se conduce a un mayor contenido de nutrientes en su tejido y cambios metabólicos positivos De igual manera Ekinci (2015), Señala a estas sustancias fúlvicas como mejoradores de la salud del suelo mediante la modificación de sus características químicas y la mejora de su estado nutricional.

## 7. CONCLUSIÓN

Se concluye que el FFe, realizó efecto positivo en la mayoría de las variables medidas; (PF), (DP), (DE), (PSR), (PFR) Y (VC), mientras que el fulvato de magnesio (FMg), lo efectuó en la (FI), además el fulvato de potasio (FK) realizó efecto significativo en los sólidos solubles totales (SST) al superar al testigo.

## 8. LITERATURA CITADA

- Aza, A., E., 2001. Efecto de Ácidos Fúlvicos de Dos Orígenes en el Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. México. 42 pp.
- Bombelli, E., Wright, E., 2006. Tomato Fruit Quality Conservation during Post-Harvest by Application of Potassium Bicarbonate and Its Effect on *Botrytis Cinerea*.
- Calvo, P., L., Nelson and J.W., Klopper. 2014, Agricultural uses of plant Bioestimulants. *Plant Soil* 383:3-41
- Cadenas, T., F. Gonzales, V. J. Y Hernández, J. M. 2003. 2003. El Cultivo Protegido Del tomate. Cajamar. España. P. 493-494.
- Cano, R. P., Moreno, R. A., Márquez, H. C., Rodríguez, D. N., Martínez, C. V. 2004. 2004. Producción Orgánica de Tomate Bajo Invernadero en la Comarca Lagunera. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. P. 109-110.
- Castellanos, J. Z. 2004. Manual De Producción De Tomate En Invernadero. 2ª Edición. Intagri. México. P. 235-237.
- Castellanos, J. Z. 2009. Manual De Producción De Tomate En Invernadero. Intagri. México. 2-17-45-50-51p.
- Coolong, T. 2009. "Hortalizas De Herencia". Cooperativa Servicio De Extensión, Facultad De Agricultura, Universidad De Kentucky.
- Curtis, P. 1996. Aspectos De La Morfología De Angiospermas Cultivadas. Universidad Autónoma Chapingo. 134p.
- Du Jardín, P., 2012. The Science of Plant Bioestimulants. Bibliography analysis, contract 30-CE 0455515/00-96, ad hoc Study; and biostimulant, products.

- Ekinci, P., 2015. Growth Yield and Calcium and Boron Uptake of Tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) and Cucumber (*Cucumis Sativus* L.) as Affected by Calcium and Boron Humate Application in Greenhouse Conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 1-18
- Fernandez Ruiz, et al. 2004. Internal Quality Characterization of Fresh Tomato Fruits. vol. 39 no. 2 339-345
- Flomo, S.T., 2010. "Investigación Del Rendimiento y Calidad de Hierba Heredada y Tomates Híbridos". Tesis De Maestría, Universidad De Western Kentucky.
- Fründ, R., Guggenberg, K., Haider, K., Knicker. H., Kögel-Knaber, I., Lüdeman, H-D., Luster, J., Zech, W., Spiteller, M. 1994. Recent Advances in the Spectroscopic Characterization of Soil Humic Substances and their Ecological Relevance. Pág. 157: 175-186.
- Juárez, L. P. 2007. Estructuras Utilizadas En La Agricultura Protegida. Universidad Autónoma de Nayarit. Departamento de Fitotecnia. UAN. P.1-2-3-5.
- Kolonovav., 2003. Ácidos Húmicos Origen y sus Beneficios. [Disponible en Internet]<http://www.corpmisti.com.pe/novedades/ARTICULOACIDOHU MICOS2.htm>. Octubre 15. 14.28 horas.
- McCarthy, P., 2001. The Principles of Humic Substances: An introduction to the first principle. UK. Pág. 19- 30.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., Ertani, A. 2015. Plant Biostimulants: Physiological Responses Induced by Protein Hydrolyzed-Based Products and Humic Substances in Plant Metabolism. *Scientia Agricola*, 17-22.

- Rodríguez, R., Tavares, R., y Medina, J.1984. Cultivo Moderno Del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 P.
- Sánchez, C.F., 2008. Perspectivas de Horticultura Protegida en México. Primer Curso de Especialización En Horticultura Protegida. UACH. Departamento De Fitotecnia.
- Thurman, E.M., 1985. Organic Geochemistry of Natural Waters. Editado por M. Nijhoff. Dr. W.Junk. Editorial, Dordrecht, Holanda. Pág. 516.
- Watson, B. 1996. Guía De Taylor Para Variedades Antiguas. Editorial Houghton Mifflin. Nuevo York.