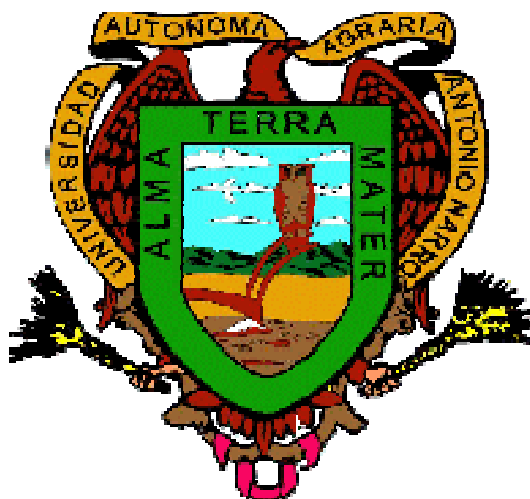


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
Departamento de Administración Agropecuaria



**EFFECTIVIDAD DE UN FULVATO DE HIERRO EN LA CALIDAD Y  
PRODUCCIÓN DE TOMATE “CHERRY”**

**POR:**

**CARLOS FRANCISCO EK MAAS**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR.**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO**

**ABRIL DE 2009**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA.**



**EFFECTIVIDAD DE UN FULVATO DE HIERRO EN LA CALIDAD Y  
PRODUCCIÓN DE TOMATE "CHERRY"**

**POR:**

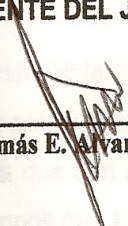
**CARLOS FRANCISCO EK MAAS**

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN EL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

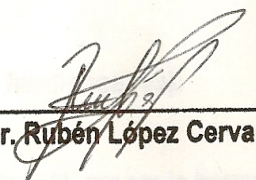
**INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR**

**APROBADA**

**PRESIDENTE DEL JURADO:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.A. E. Tomás E. Alvarado Martínez**

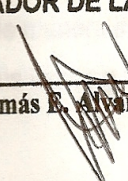
**SINODAL:**

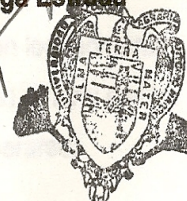
  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Rubén López Cervantes**

**SINODAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.c. Rosario Zúñiga Estrada**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.A. E. Tomás E. Alvarado Martínez**



**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2009**

**DIV. CS. SOCIOECONOMICAS  
COORDINACION**

## **DEDICATORIAS:**

PIENSA EN GRANDE Y TUS SUEÑOS CRECERAN, PIENSA EN PEQUEÑO Y TE QUEDARAS ATRÁS; PIENSA QUE PUEDES Y PODRAS, TODO ESTÁ EN EL SENTIDO MENTAL.

**A Dios**, por estar conmigo en todos los momentos de mi vida y ser mi guía en este camino presentando ante mí todo lo bueno y malo, pero al final siempre supo iluminarme para tomar las mejores decisiones.

### **A mis padres:**

**Sra. María del Carmen Maas Coyoc**, a la que le debo la mayor parte de mis logros por ser la persona que me brindo sus sabios consejos, valores y sobre todos las experiencias que la vida le ha otorgado, para formarme en una persona de bien. A la gran mujer que es mi madre quiero darle las gracias por la confianza, el cariño y el amor que siempre me ha brindado y decirle que lo quiero mucho.

**Sr. Marcelo Ek Balam**, que a pesar de la distancia nunca perdió la confianza en mi, sus consejos siempre han estado presentes, por el apoyo incondicional y sobre todo por ser una persona que aun ante las adversidades siempre ha sabido salir adelante demostrándonos que el que persevera alcanza, te quiero mucho papá.

### **A mis hermanos (as):**

**Lic. Marisol**, por ser la hermana que espere y dame ánimos en los momentos más difíciles, además de darme de manera incondicional todo su amor y cariño. De la que siempre he admirado sus logros y los deseos por superarse.

**Analleli**, por brindarme todo su amor y darme la oportunidad de confiar en ella como una gran amiga, por depositar buenos deseos en mí, te quiero mucho.

**Israel Baltazar**, por ser mi hermano mayor que me estuvo apoyando siempre en los momentos más difíciles de mi vida y que siempre supo salir adelante en las buenas y en las malas.

***José del Carmen Ek**, quien desde el momento de la llegada de su fallecimiento el supo aconsejarme, hacerme un hombre de bien, humilde, ayudar a las personas necesitadas apoyarnos unos a otros y cuidarme de las personas malas con quien enfrentaría en mi camino. El fue uno de los hombres mas apreciados del pueblo solo a el le dedico todo. Te quiero mucho Abuelo.*

#### **A mis abuelos:**

José del Carmen Ek (+)

Lucia Balam (+)

Casimiro Maas

Agustina Coyoc (+)

#### **A mis tíos,**

José del Carmen, José Martín, José Cruz, que siempre estuvieron conmigo apoyándome en todo momento, así como **mis primos (as)**, que con su alegría y travesuras siempre han alegrado mi existir.

#### **A mis amigos**

Esperanza, Beti, Carmen, Rosy, Adriana, Cheli, Olivia, Oliver, Angélica, Isaac, Enrique, Rusbel, Tavo, Freddy, Ángel, Peter, Sergio, Edgar y todos los demás compañeros de trabajo.

En especial a Rusbel por ser uno de mis mejores amigos durante casi toda mi estancia en la universidad, acompañándonos en todo momento, escuchándonos y apoyándonos. A quien le deseo éxito en toda su vida.

#### **A todos mis compañeros de generación**

Nina, Cheli, Maricela, Celia, Irene, Carlos Emmanuel, Fabián, Neftalí, Alfredo.

## **AGRADECIMIENTOS:**

**A mi “Alma Terra Mater”,** Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por haberme brindado todas las facilidades para mi formación profesional.

**Al DR. Rubén López Cervantes,** que en la elaboración del trabajo de investigación mostró interés en el logro de los objetivos, dedicando el tiempo necesario en los avances presentados, además de ser parte fundamental en la terminación del mismo, poniendo de antemano toda la confianza y brindándome su enseñanzas.

**Al M.C. Rosario Zúñiga Estrada,** por la dedicación que mostró en la revisión del trabajo, además ser una persona accesible a las dudas que surgieron durante este proceso.

**Al M.A. E Tomás E. Alvarado Martínez,** por su apoyo incondicional durante mi estancia en la universidad, que me asesoro tanto en clase como en mi vida personal. También, por el tiempo que dedico en la revisión de mi trabajo.

A todos **los catedráticos** de esta universidad en especial a los de la división de Ciencias Socioeconómicas, que de manera incondicional me brindaron su apoyo, así como los **trabajadores** en los que encontré una amistad sincera.

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar la efectividad de un fulvato de hierro (FFe), extraído de una composta elaborada con gallinaza, en la calidad y producción de tomate “cherry”, se colocaron 8 kg del horizonte Ap de un calcisol en macetas de plástico y se transplantó plántula de tomate “cherry” cv. “Red cherry”. Los tratamientos fueron 1,2 y 3 ml litro<sup>-1</sup> del FFe y K-tionic (K) y agua como testigo absoluto (TA). Las variables medidas a la planta: altura (AP) y racimos florales (RF); al fruto: diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE), sólidos solubles totales (SST), firmeza (FI) y producción total (PT). Se encontró que el FFe2 superó en 83% al K2 en AP; en RF al agregar FFe3 aventajó en 33% al TA; en el DP y DE al adicionar el K1, adelantó en 50% y 69%, respectivamente al TA; al aplicar K2 se aventajó al TA en 15% en SST asimismo en FI en 80%. Al agregar el FFe se superó al TA en 62% en PT. Se realizó la curva de retención de humedad, mostrando una capacidad de un 31.7 por ciento de retención de agua para capacidad de campo (C.C.), y 16.12 por ciento para el punto de marchitez permanente (P.M.P.). Se concluye que el FFe tiene efecto positivo en la calidad y producción de tomate cherry.

**PALABRAS CLAVE:** Catión, Ácidos Fúlvicos (AF), Ácidos húmicos (AH), Tomate Cherry, composta.

## INDICE DE CONTENIDO

|                                              | Pág.   |
|----------------------------------------------|--------|
| DEDICATORIAS.....                            | i      |
| AGRADECIMIENTOS.....                         | iii    |
| RESUMEN.....                                 | iv     |
| INDICE DE CONTENIDO.....                     | v      |
| INDICE DE CUADROS.....                       | vi     |
| INDICE DE FIGURAS.....                       | vii    |
| <br>INTRODUCCIÓN.....                        | <br>1  |
| <br>OBJETIVO.....                            | <br>3  |
| HIPÓTESIS.....                               | 3      |
| <br>REVISIÓN DE LITERATURA.....              | <br>4  |
| Generalidades del Tomate “Cherry”.....       | 4      |
| Los Ácidos Fúlvicos.....                     | 4      |
| <br>MATERIALES Y MÉTODOS.....                | <br>9  |
| <i>Ubicación del Área Experimental</i> ..... | 9      |
| Metodología.....                             | 9      |
| <br>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....              | <br>11 |
| <br>CONCLUSIÓN.....                          | <br>24 |
| <br>LITERATURA CITADA.....                   | <br>25 |

## INDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Cuadro 1. Análisis de varianza (ANVA) de altura de planta de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....         | 11   |
| Cuadro 2. Análisis de varianza (ANVA) de racimos florales de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.....         | 12   |
| Cuadro 3. Análisis de varianza (ANVA) de diámetro polar del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol..... | 14   |
| Cuadro 4. Análisis de varianza (ANVA) de diámetro ecuatorial de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.....      | 15   |
| Cuadro 5. Análisis de varianza (ANVA) de sólidos solubles totales de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol..... | 17   |
| Cuadro 6. Análisis de varianza (ANVA) de firmeza de plántula de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....      | 18   |
| Cuadro 7. Análisis de varianza (ANVA) de rendimiento de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....              | 20   |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                               | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Comparación de medias de altura de planta de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....              | 11          |
| Figura 2. Comparación de medias de altura de planta de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....              | 12          |
| Figura 3. Comparación de medias del número de racimos florales de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....   | 13          |
| Figura 4. Comparación de medias del número de racimos florales de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....   | 13          |
| Figura 5. Comparación de medias de diámetro polar del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.....      | 14          |
| Figura 6. Comparación de medias de diámetro polar del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....      | 15          |
| Figura 7. Comparación de medias de diámetro ecuatorial del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol..... | 16          |
| Figura 8. Comparación de medias de diámetro ecuatorial del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol..... | 16          |
| Figura 9. Comparación de medias de sólidos solubles en fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....     | 17          |
| Figura 10. Comparación de medias de sólidos solubles en fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....    | 18          |

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 11. Comparación de medias de firmeza del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....         | 19 |
| Figura 12. Comparación de medias de firmeza del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.....         | 19 |
| Figura 13. Comparación de medias del rendimiento por hectárea de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro.....                 | 20 |
| Figura 14. Comparación de medias del rendimiento por hectárea de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol..... | 21 |
| Figura 15. Curva de Retención de Humedad, extraída por el método de las membranas de presión.....                                          | 22 |

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es de suma importancia en México, debido a la superficie destinada a la producción de este cultivo, a la gran cantidad de subproductos que se obtienen de él, como generador de divisas y porque su manejo produce una gran cantidad de jornales por hectárea (Valadez, 1998). En México, se producen tres tipos de tomate: “bola”, “saladette” y “cherry”, en los que se encuentra una gran diversidad de cultivares e híbridos con diferentes características, sobresaliendo algunos por su hábito de crecimiento, resistencia a enfermedades, firmeza y vida de anaquel. A pesar de cultivarse en 27 estados de la República Mexicana, solo cinco de ellos concentran más del 60 por ciento de la superficie sembrada, cosechada y producida. Sinaloa es el principal productor, tanto para abastecer el mercado Nacional como al Internacional (Neri, 1999).

Los suelos agrícolas del Noreste de México son Calcisoles, que se caracterizan por poseer pH de 7.8 a 8.7, menos de uno por ciento de materia orgánica (MO), la fracción arcilla es dominada por illitas y montmorillonitas y más del 25 por ciento de carbonatos de calcio (WRB-FAO/UNESCO, 1994), esto provoca fijación de cationes metálicos, como el Hierro (Fe). Este micronutriente, es uno de los de mayor importancia en la nutrición vegetal, ya que interviene en la constitución química de la molécula de clorofila y forma parte de enzimas y sustancias metabólicas que intervienen en la fotosíntesis, pero, la falta de éste provoca el problema conocido como clorosis férrica. En muchas especies la clorosis es intervenal y en las hojas recientemente formadas se puede observar un patrón de fino reticulado, las venas más verdes contrastan notablemente contra un fondo verde ligero o amarillento (Mengel y Kirkby, 2001).

Es conocido que con los fertilizantes químicos se soluciona el problema de la nutrición de cultivos, sin embargo, éstos salinizan los suelos por su poder residual, es por ello que se hace necesaria la búsqueda de metodologías ecológica y económicamente factibles. Una práctica común que los agricultores realizan desde tiempos inmemorables, es la adición de residuos tanto de origen vegetal como animal sin descomponer y humificados como son las compostas.

La composición fundamental de las compostas es el humus, el cual está constituido por sustancias húmicas (SH), las que se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis y son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura

química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos (Schnitzer, 2000) y por metamorfismo de residuos orgánicos, sepultados por arcillas después de millones de años en deltas de ríos, es decir generación de minerales fósiles (Escobar, 2002, comunicación personal).

Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros dominan los grupos funcionales carboxilos (-COOH) y para los segundos, los grupos oxhidrilos fenólicos (OH), porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000), sin embargo, contrario a lo anterior encontró López (2002), al analizar compuestos húmicos extraídos de compostas.

En la actualidad, existen diferentes productos para corregir las carencias de Hierro los que pueden aplicarse vía foliar o en el riego por goteo; a estos productos se les conoce con el nombre de quelatos de Hierro, son una molécula orgánica sintética (DTPA, EDTA, EDDHA, etc.) que rodea y enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior, al evitar su hidrólisis y precipitación (Cadahia *et al.* 1997), éstos son muy efectivos, se requieren dosis muy altas y su costo de adquisición es elevado, se demanda la búsqueda de métodos económica y ecológicamente factibles; alternativas amigables con el medio ambiente. Una acción efectiva, puede ser el empleo de la mezcla de AF con el catión Hierro, lo cual se denomina fulvato de Hierro.

## **OBJETIVO**

Determinar la efectividad de un fulvato de Hierro extraído de una composta elaborada con gallinaza, en la calidad y producción de tomate “Cherry”.

## **HIPOTESIS**

El fulvato de Hierro extraído de una composta elaborada con gallinaza, tiene efecto positivo en la calidad y producción de tomate “Cherry”.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Generalidades del Tomate “Cherry”**

El tomate “cherry” también conocido como cereza, es originario de la costa oeste de Sudamérica, propio de climas tropicales y subtropicales. Con la llegada de los españoles a América, fue introducido en Europa como planta ornamental, hasta que descubrieron sus cualidades culinarias y comenzó a cultivarse como hortaliza (<http://infomorelos.com/ecologia/tomate.html>).

En su lugar de origen es una planta perenne y en las zonas no tan cálidas es cultivada como planta anual. La planta es de tipo mata, con tallo erguido y ramificado (cuando sus frutos engordan llegan a tumbar la planta), recubierta en su totalidad por vellosidades, alguna de las cuales son glandulares con sustancias de olor muy característico. Las hojas son alternas y compuestas, con margen dentado y están recubiertas de las mismas vellosidades que el tallo. Posee raíz compuesta de una estructura muy ramificada. Las flores producen unas bayas globosas y carnosas de color rojo y forma variada, conocidas con el nombre de tomate. Las semillas están inmersas en una pulpa bastante líquida de agradable sabor. En todas las especies salvajes los frutos son muy pequeños (Warnock, 1988).

### **Los Ácidos Fúlvicos**

Según Porta *et al.* (1999), la materia orgánica que contiene el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos que contiene: lombrices, insectos de todo tipo, microorganismos, etc. La descomposición de estos restos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus. Muestran también que dicha descomposición lleva a que los materiales originales pasen a diversas formas químicas: dióxido de carbono, agua, amoníaco, óxidos de nitrógeno, elementos minerales esenciales para la nutrición de las plantas.

En la antigüedad, al suelo se le llamaba humus, posteriormente, decir humus y materia orgánica del suelo era lo mismo. Actualmente, es una parte de la materia orgánica del suelo, por ejemplo debido al hecho de que parte de la materia orgánica del suelo son

seres vivos. Humus entonces se puede decir que son sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, alto peso molecular, naturaleza coloidal, muy resistentes al ataque por los microorganismos del suelo y con propiedades ácidas (Stevenson 1994).

Los grupos funcionales libres oxigenados, son los principales agentes que pueden adsorber o quelatar a los cationes, en función de la naturaleza de éstos, así, los AH quelatan con mayor facilidad los cationes metálicos, mientras que los AF los alcalinos y alcalino-térreos (Orlov, 1995), además, la complejación y/o quelatación de cationes, es probablemente el más importante papel de las SH con respecto a los seres vivos, porque al quelatar a los elementos, se facilita su disponibilidad (López, 2002), sin embargo, el proceso anterior podría no ser explicado con el incremento en la disponibilidad de elementos nutrimentales, sino que otros mecanismos podrían ser considerados tales como la oxidación-reducción (Salisbury y Ross, 1994) y el de transporte activo de cationes (Marschner, 1995).

Según Porta et al. (1999), asegura que en la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal, constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, etc., en constante estado de degradación y síntesis, denominado humus. Éste abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso, que desarrollan un papel de importancia capital en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos. A su vez, la descomposición del humus en mayor o menor grado, produce una serie de productos coloidales que, en unión con los minerales arcillosos, originan los complejos órgano-minerales, cuya aglutinación determina la textura y estructura de un suelo. Estos coloides existentes en el suelo presentan además carga negativa, hecho que les permite absorber cationes  $H^+$  y cationes metálicos ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) e intercambiarlos en todo momento de forma reversible; debido a este hecho, los coloides también reciben el nombre de complejo absorbente.

El humus se puede separar en dos grupos de sustancias:

Sustancias no húmicas formadas fundamentalmente por aminoácidos, hidratos de carbono y lípidos y cuya presencia no es exclusiva del suelo.

Sustancias húmicas que son sustancias de alto peso molecular, de color oscuro formadas por reacciones secundarias de síntesis en las que participan algunos de los productos de las reacciones de descomposición.

Muchas veces es difícil distinguirlas ya que las sustancias no húmicas se enlazan a las sustancias húmicas, formando un todo, ya sea por enlaces débiles o fuertes. En cuanto a su formación existen diversas teorías. Dentro de cada teoría existen múltiples reacciones químicas e intervienen múltiples sustancias y esto concuerda con el alto peso molecular y complejidad de dichas sustancias. La mayor parte de las veces las sustancias húmicas se forman mediante una unión de las teorías existentes pero está cobrando fuerza la idea de que se generan en su mayor parte debido a reacciones de condensación de quinona, procedentes de polifenoles.

La forma más común y aceptada de caracterización de las sustancias húmicas se base en la distinta solubilidad en función del pH que presentan las distintas fracciones de las que dichas sustancias están formadas. El humus se puede fraccionar empleando extracciones químicas simples como sigue:

Humina que es la fracción insoluble a pH básico o alcalino.

Sustancias húmicas que son solubles mediante extracción con álcali.

Una vez separadas la humina (insoluble) de la materia orgánica que permanece disuelta (sustancias húmicas), con dicha fracción soluble podemos realizar otra separación en dos tipos de sustancias empleando condiciones ácidas:

Ácidos húmicos (AH) que son las sustancias que no son solubles.

Ácidos fúlvicos (AF) que son las sustancias solubles en este medio ácido de extracción.

La humina a la que antes nos hemos referido es la fracción que menos interés ha despertado, al contrario que los AF y AH que forman en si las SH. Esa distinta solubilidad viene dada por su composición y estructura química. Básicamente podemos decir que los AH son macromoléculas más grandes que los fúlvicos, que presentan mayor contenido en carbono y de nitrógeno y que los ácidos fúlvicos presentan un mayor porcentaje de oxígeno en sus estructuras que los AH.

Ese mayor contenido en oxígeno de los AF lleva a que su acidez sea mayor y que presenten mayor capacidad de retención de metales. Pero el peso mayor de los húmicos conduce a una serie de propiedades relacionadas con el estado coloidal muy diferentes a las de los AF como son: mayor poder de intercambio catiónico y mayor poder de retención de agua. En contra, eso lleva a que tengan un poder distorsionante de enzimas. La no presencia de materia orgánica en el suelo conduce a un deterioro de sus propiedades físico-químicas, mayor erosionabilidad, con la consiguiente pérdida de productividad a medio y largo plazo. Por lo tanto, la aplicación de materia orgánica en el suelo está sobradamente justificada. Entre los efectos indirectos de las sustancias húmicas sobre la planta hay que incluir los efectos que produce en el suelo:

Aporte de nutrientes minerales a las raíces; mejora de la estructura del suelo; aumento de la actividad microbiana del suelo; aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de la capacidad tamponante del suelo a nivel de pH; formación de complejos estables con cationes polivalentes y aumento así de la disponibilidad de micronutrientes para las plantas; aporte de sustancias húmicas que actúan como transportadores de nutrientes; facilitar el calentamiento del suelo debido a que lo oscurecen y afectan a la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de plaguicidas por combinarse con ellos.

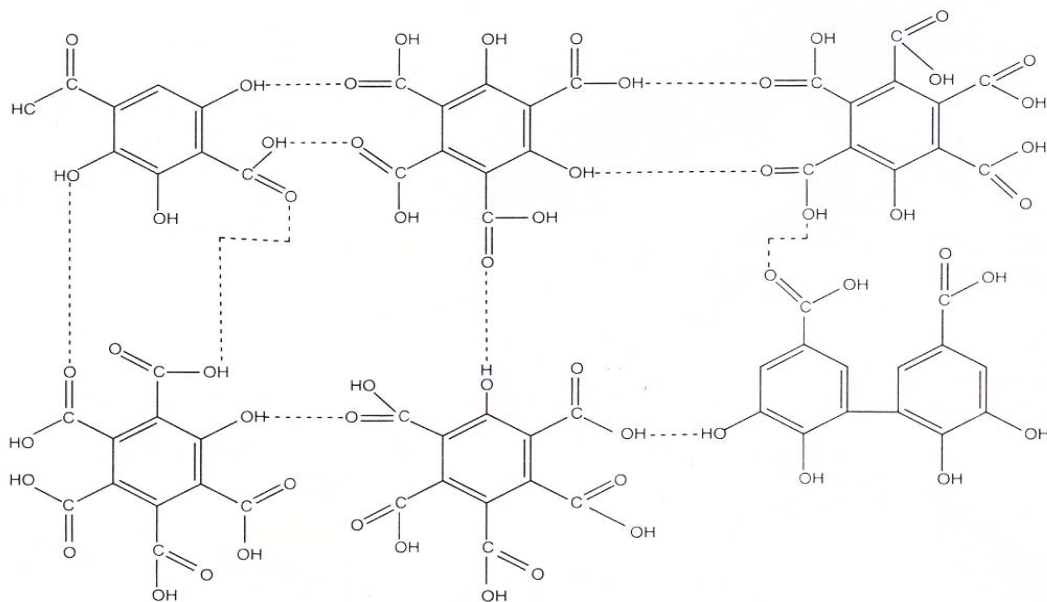
En la planta las SH realizan efectos fisiológicos; esto implica que la planta absorbe dichas sustancias. Los ácidos húmicos se desplazan a la parte aérea en menor cantidad que los fúlvicos siendo estos últimos los que la planta absorbe mejor.

Las SH ejercen un efecto favorable sobre la toma y contenido de nutrientes. Para algunos elementos como el cloro, la adición de SH tiene efectos inhibidores por lo que puede contrarrestar los síntomas de salinidad. Pueden influir directamente en la toma de micronutrientes debido a su capacidad de formar complejos con determinados cationes como hierro, manganeso, cinc, etc., aumentan la solubilidad del hierro en la disolución del suelo y mejoran su translocación en el interior de la planta. Ya sea mediante aplicación al suelo o foliar, aumentan el crecimiento radicular y la formación de raíces secundarias (<http://www.cannarias.com/foros/showthread.php?t=1940>, [http://descargas.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/04703959799125806410046/003979\\_3.pdf](http://descargas.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/04703959799125806410046/003979_3.pdf), año 2007).

El crecimiento y producción de las plantas depende de su nutrición mineral, del agua, el aire y de otros parámetro medioambientales como luz y temperatura. Sin embargo, el efecto positivo de la materia orgánica sobre el desarrollo vegetal también esta sobradamente demostrado (Csicsor et al., 1994; Galli et al. 1994; Barón et al. 1995; Varanini et al. 1995).

Los AF constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables por los ácidos, susceptibles de experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos. <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/susthum.htm>).

Según Porta *et al.* (1999), otro componente orgánico de los suelos es el ácido fúlvico, que es un tipo de ácido orgánico débilmente polimerizado, que interviene en el proceso de podsolización. Junto con las arcillas y el hierro presentes en el suelo, este ácido forma complejos coloidales que por lixiviación son desplazados hasta cierta profundidad, donde finalmente floculan como consecuencia de actividad bacteriana.



Esquema 1. Estructura química del ácido fúlvico (Porta *et al.* 1999).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del Área Experimental**

El presente trabajo se llevó a cabo en el área de investigación del Departamento de Ciencias del Suelo, del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada en la Ex – Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, la cual se encuentra a los 25° 23’ de latitud norte, los 101° 00’ de longitud oeste y una altitud de 1742 msnm.

### **Metodología**

En charolas de poliestireno de 200 cavidades, con peat moss como sustrato, se sembraron semillas de tomate “cherry”, variedad “Red cherry” de hábito de crecimiento indeterminado, para la producción de plántula. Cuando la plántula contenía dos pares de hojas verdaderas (ocho centímetros en promedio), se trasplantaron en bolsas de plástico que contenían 8 kg de horizonte Ap de un Calcisol, con 25 por ciento arena, 45 por ciento de limo y 30 por ciento de arcilla y 0.62 por ciento de materia orgánica.

Al momento del trasplante y después de 10 días, al suelo, se le agregaron los tratamientos: 1, 2 y 3 ml./ litro de AF extraídos de un compost (Miyaorganic<sup>®</sup>), mezclados con 2 gr./litro de sulfato ferroso ( $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ ); como testigo comercial se emplearon las mismas cantidades de K – tionic (AF del mineral fósil denominado leonardita) (Grupo Bioquímico Mexicano) y agua como testigo absoluto (TA). Esto solo hasta el “amarre” del fruto.

A los 30, 60 y 90 días, después del trasplante, se midieron el nitrógeno (N) (microkjeldahl), el fósforo (P) (colorimetría), y el potasio (K), el calcio (Ca) y el fierro (Fe) (espectrofotómetro de absorción atómica), del tejido vegetal del follaje.

El trabajo se estableció de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente el Azar, donde hay un total de siete tratamientos y tres repeticiones (tres plantas formaron una repetición). Las variables evaluadas a la planta fueron: altura (AP) y racimos florales (RF); al fruto: diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE), sólidos solubles totales (SST), firmeza (FI) (penetrómetro) y producción total (PT).

El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ), para la cual se empleó el paquete para computadora MINITAB, versión 14 para Windows.

La curva de retención de humedad, se efectuó mediante el método de las membranas de presión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la altura de planta (AP), no hay efecto estadístico significativo de los tratamientos (Cuadro 1), pero gráficamente cuando se adicionó el fulvato de Hierro a la cantidad de 2 ml por litro<sup>-1</sup> de agua (FFe2) y con el testigo absoluto (TA), se aventajó un 83 por ciento a la aplicación del K-tionic a razón de 2 ml por litro<sup>-1</sup> de agua. (Figuras 1 y 2).

Cuadro 1. Análisis de varianza (ANVA) de altura de planta de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

| Fuente       | gl | SC     | CM    | F    | P        |
|--------------|----|--------|-------|------|----------|
| Tratamientos | 6  | 389.7  | 65.0  | 0.23 | 0.960 NS |
| Repetición   | 2  | 71.7   | 35.9  | 0.12 | 0.884 NS |
| Error        | 12 | 3444.5 | 287.0 |      |          |
| Total        | 20 | 3906.0 |       |      |          |

NS= no significativo estadísticamente

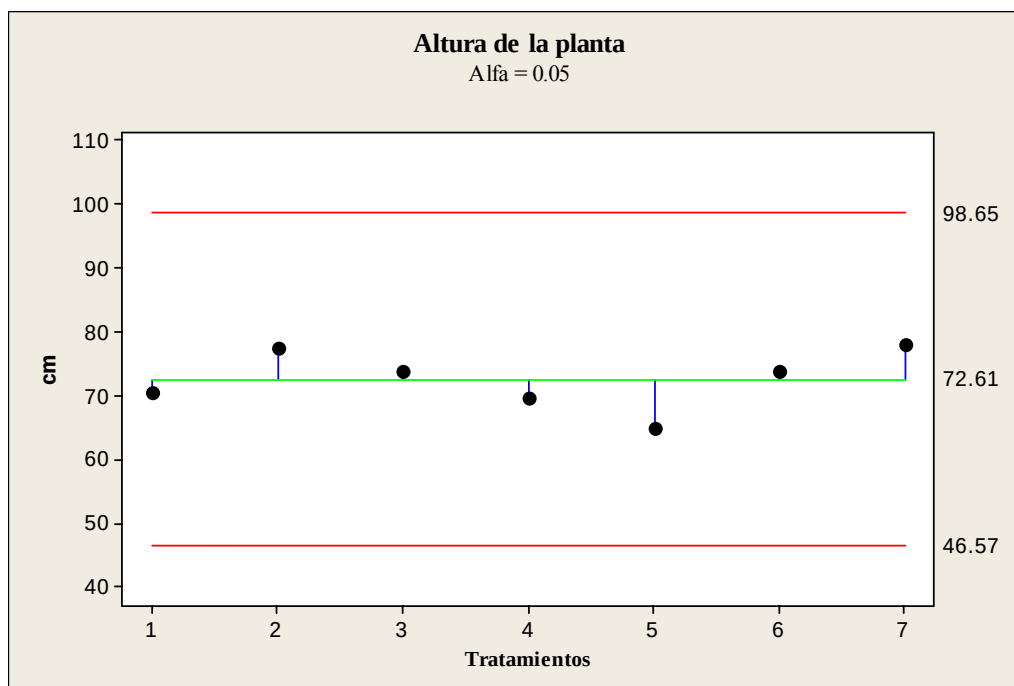


Figura 1. Comparación de medias de altura de planta de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

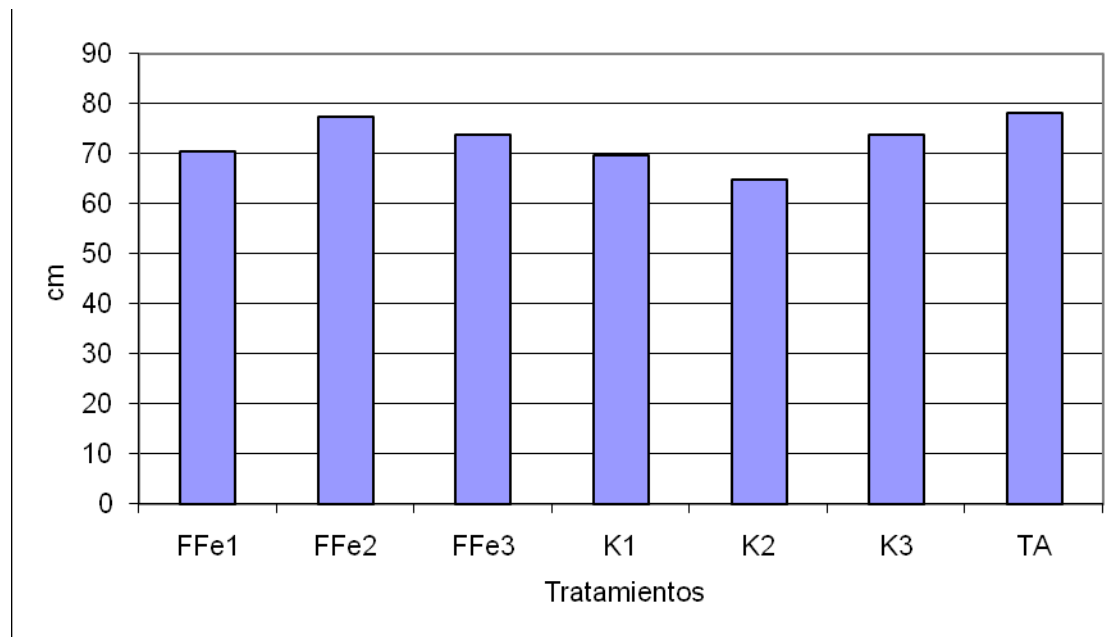


Figura 2. Comparación de medias de altura de planta de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

En el número de racimos florales (RF), hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 2) donde sobresale la adición de 3 ml de fulvato de hierro por  $\text{litro}^{-1}$  de agua (FFe3), porque superó al testigo absoluto (TA) en 33 por ciento. (Figuras 3 y 4).

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANVA) de racimos florales de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.

| Fuente       | Gl | SC      | CM     | F    | P        |
|--------------|----|---------|--------|------|----------|
| Tratamientos | 6  | 8.4448  | 1.4075 | 3.39 | 0.034*   |
| Repetición   | 2  | 1.7867  | 0.8933 | 2.15 | 0.159 NS |
| Error        | 12 | 4.9867  | 0.4156 |      |          |
| Total        | 20 | 15.2181 |        |      |          |

\*Efecto significativo

NS= no hubo efecto significativo

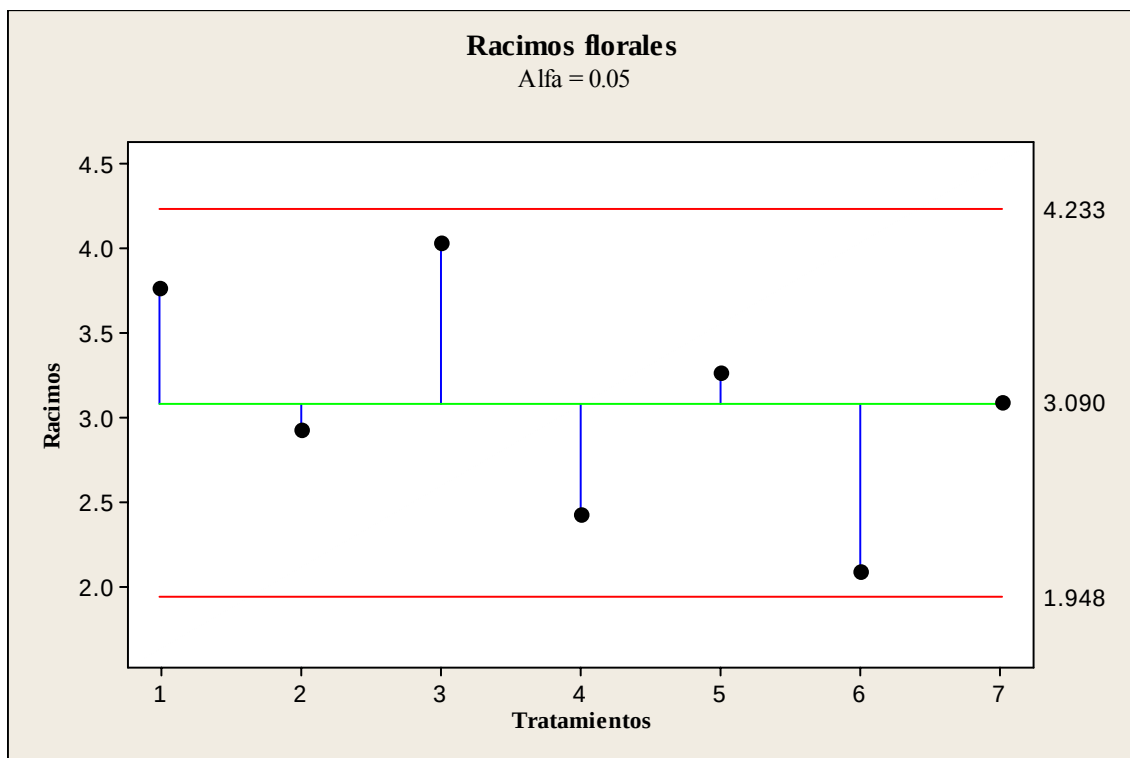


Figura 3. Comparación de medias del número de racimos florales de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

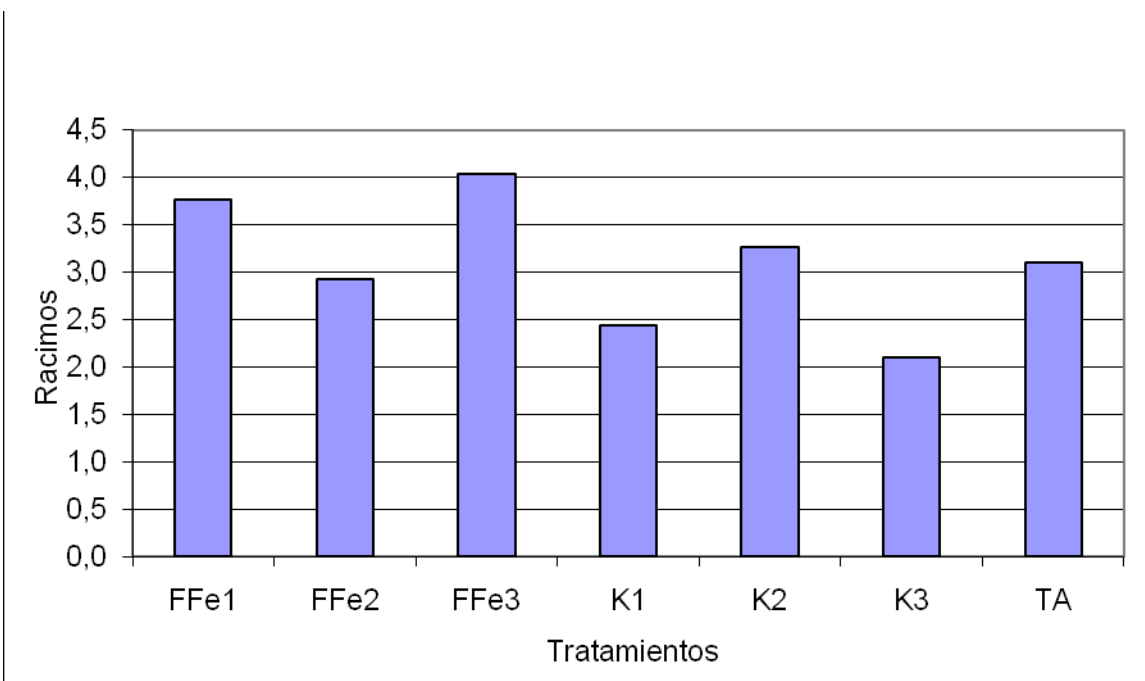


Figura 4. Comparación de medias del número de racimos florales de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

En el diámetro polar (DP), hay efecto significativo entre los tratamientos (Cuadro 3), donde sobresale la adición de K-tionic a la cantidad de un 1 ml por litro<sup>-1</sup> de agua (K1), superando al TA en 50 por ciento.(Figuras 5 y 6). No se encontró efecto por repeticiones.

Cuadro 3. Análisis de varianza (ANVA) de diámetro polar del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.

| Fuente       | Gl | SC      | CM      | F    | P        |
|--------------|----|---------|---------|------|----------|
| Tratamientos | 6  | 3.00000 | 0.50000 | 6.73 | 0.003*   |
| Repetición   | 2  | 0.23524 | 0.11762 | 1.58 | 0.245 NS |
| Error        | 12 | 0.89143 | 0.07429 |      |          |
| Total        | 20 | 4.12667 |         |      |          |

\*Efecto significativo

NS= no hubo efecto significativo

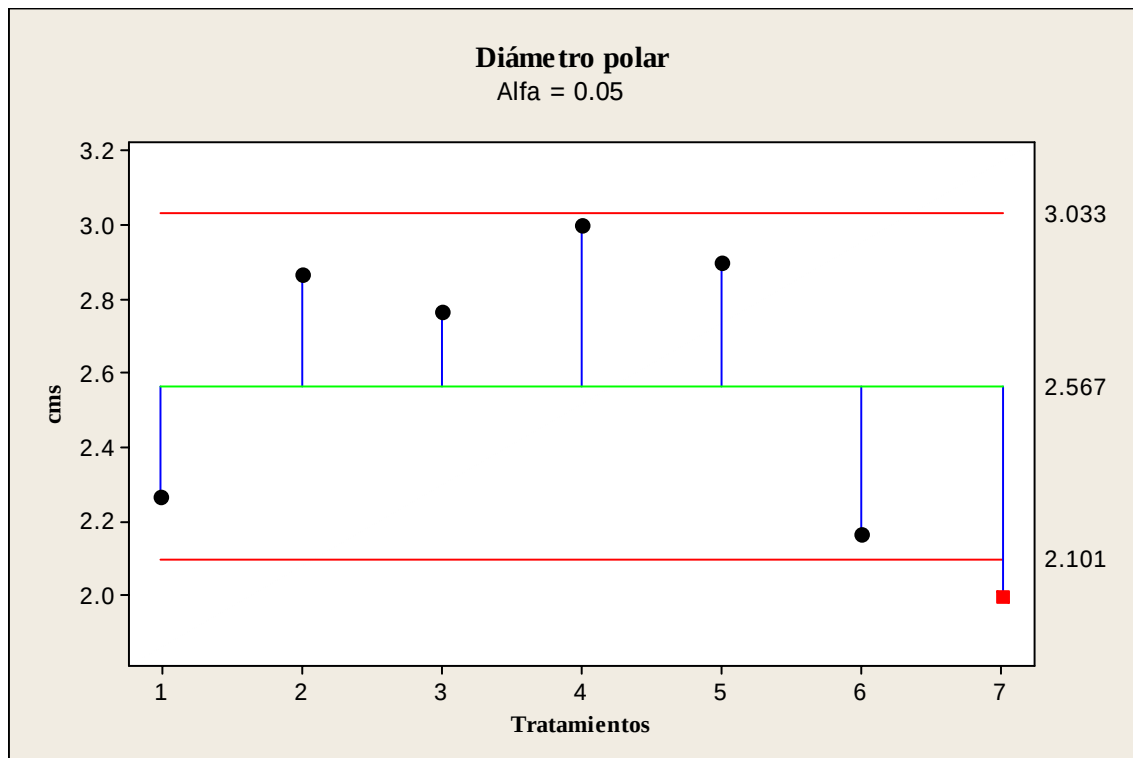


Figura 5. Comparación de medias de diámetro polar del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.

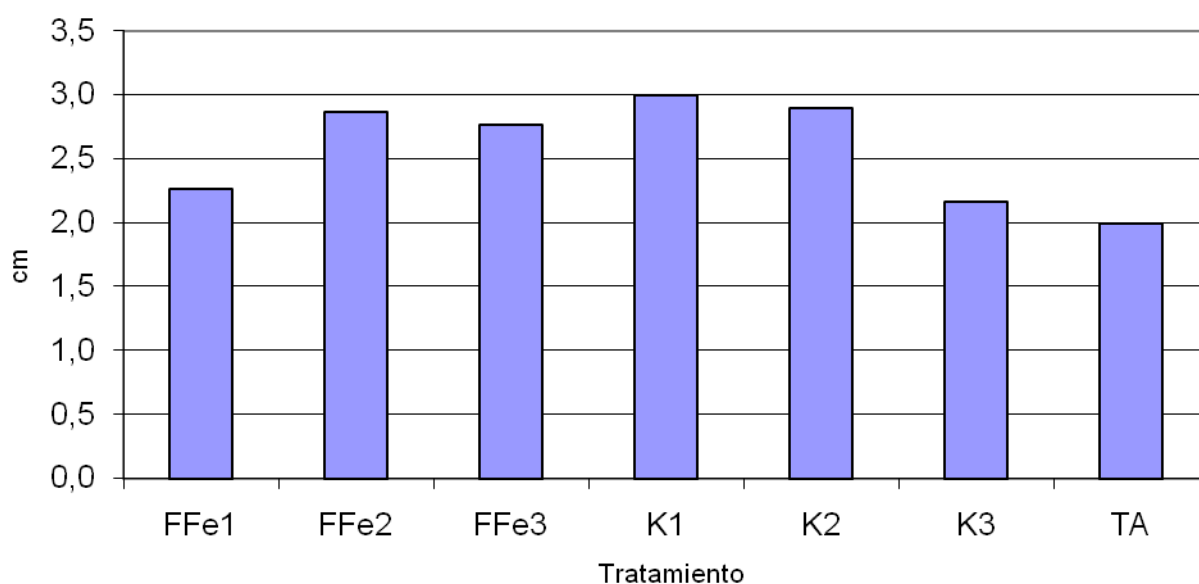


Figura 6. Comparación de medias de diámetro polar del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

En el diámetro ecuatorial (DE), hay efecto altamente significativo de los tratamientos (Cuadro 4), observándose que al adicionar al K-tionic a la cantidad de un 1 ml por litro 1 de agua (K1), superó al TA en 69 por ciento (Figuras 7 y 8). No se encontró efecto estadístico por repeticiones.

Cuadro 4. Análisis de varianza (ANVA) de diámetro ecuatorial de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.

| Fuente       | gl | SC     | CM     | F    | P        |
|--------------|----|--------|--------|------|----------|
| Tratamientos | 6  | 4.2057 | 0.7010 | 6.66 | 0.003*   |
| Repetición   | 2  | 0.1638 | 0.0819 | 0.78 | 0.481 NS |
| Error        | 12 | 1.2629 | 0.1052 |      |          |
| Total        | 20 | 5.6324 |        |      |          |

\*Efecto significativo

NS= no hubo efecto significativo

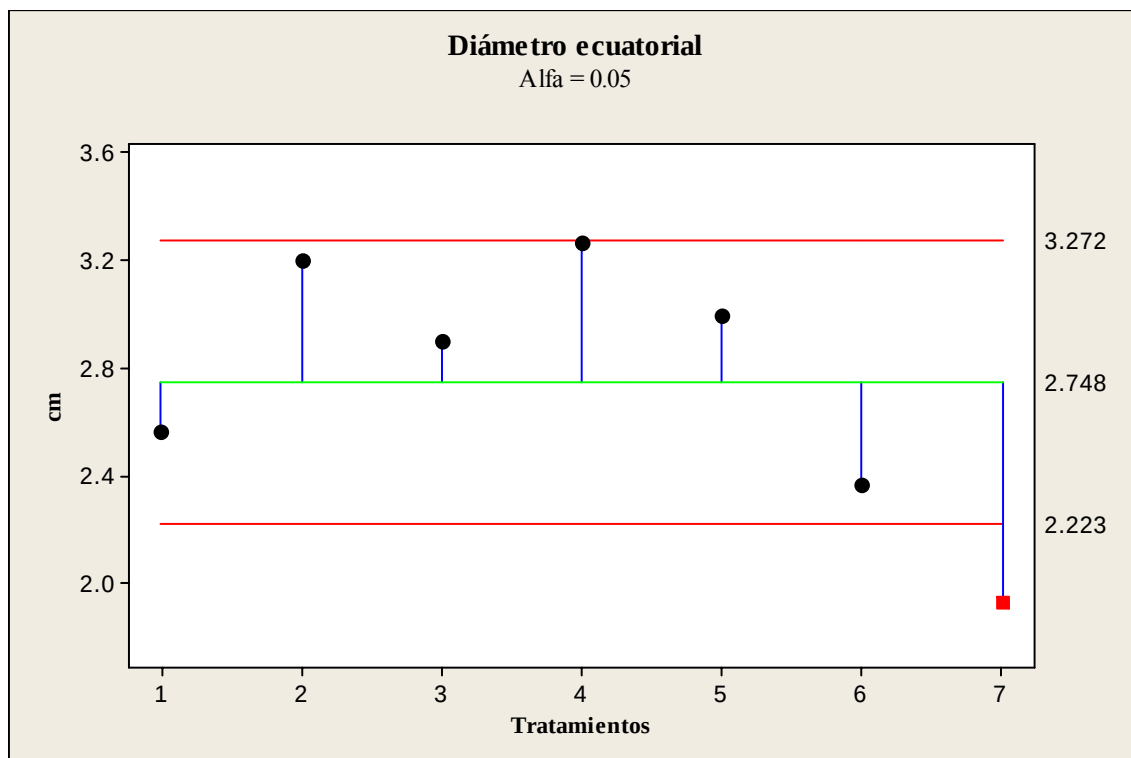


Figura 7. Comparación de medias de diámetro ecuatorial del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

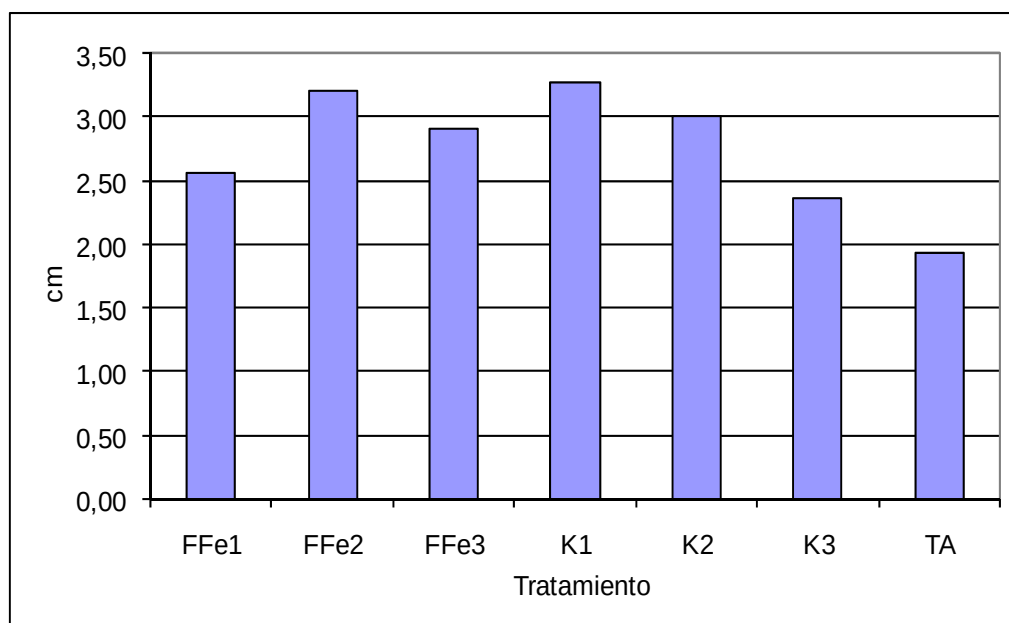


Figura 8. Comparación de medias de diámetro ecuatorial del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

En los sólidos solubles totales (SST), no hay efecto estadístico significativo de los tratamientos y ni de las repeticiones (Cuadro 5), sin embargo, gráficamente cuando se aplicaron 2 ml. por litro<sup>-1</sup> de agua del K-tionic (K2), superó en 15 por ciento al TA. (Figuras 9 y 10).

Cuadro 5. Análisis de varianza (ANVA) de sólidos solubles totales de tomate cherry con la adición de un fulvato de hierro, en un calcisol.

| Fuente       | gl | SC     | CM     | F    | P        |
|--------------|----|--------|--------|------|----------|
| Tratamientos | 6  | 2.4762 | 0.4127 | 0.72 | 0.641 NS |
| Repetición   | 2  | 0.3267 | 0.1633 | 0.29 | 0.757 NS |
| Error        | 12 | 6.8667 | 0.5722 |      |          |
| Total        | 20 | 9.6695 |        |      |          |

NS=no significativo

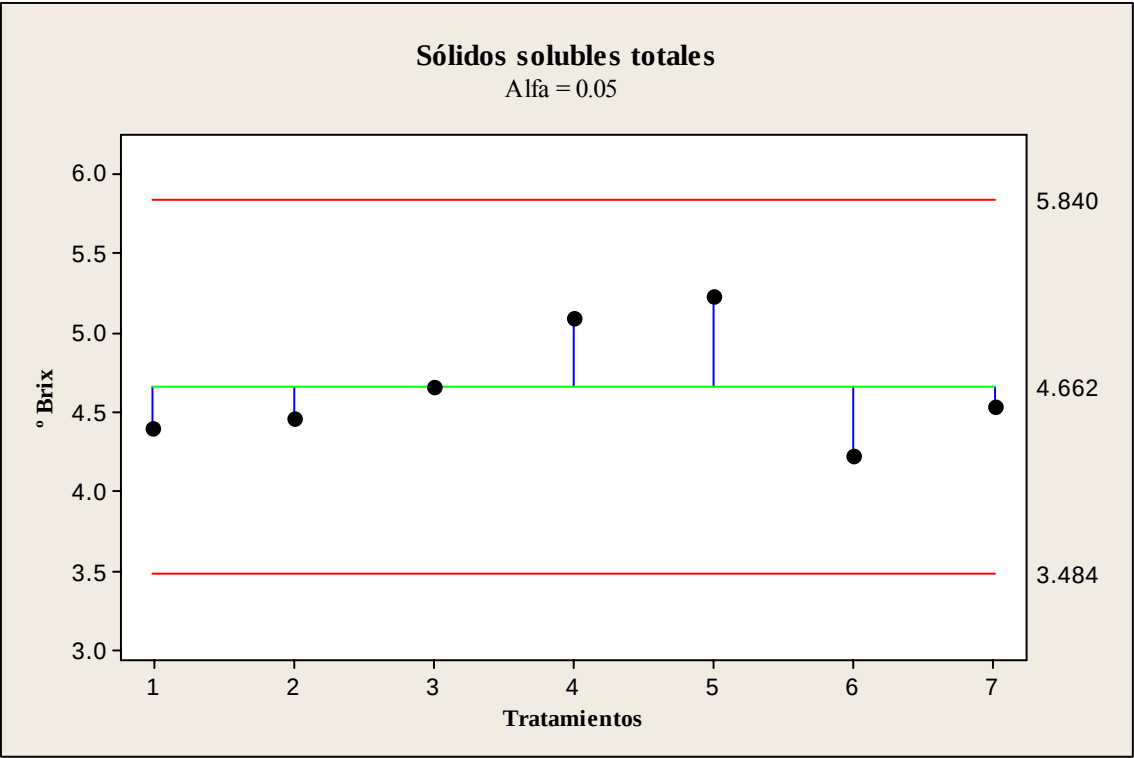


Figura 9. Comparación de medias de sólidos solubles en fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

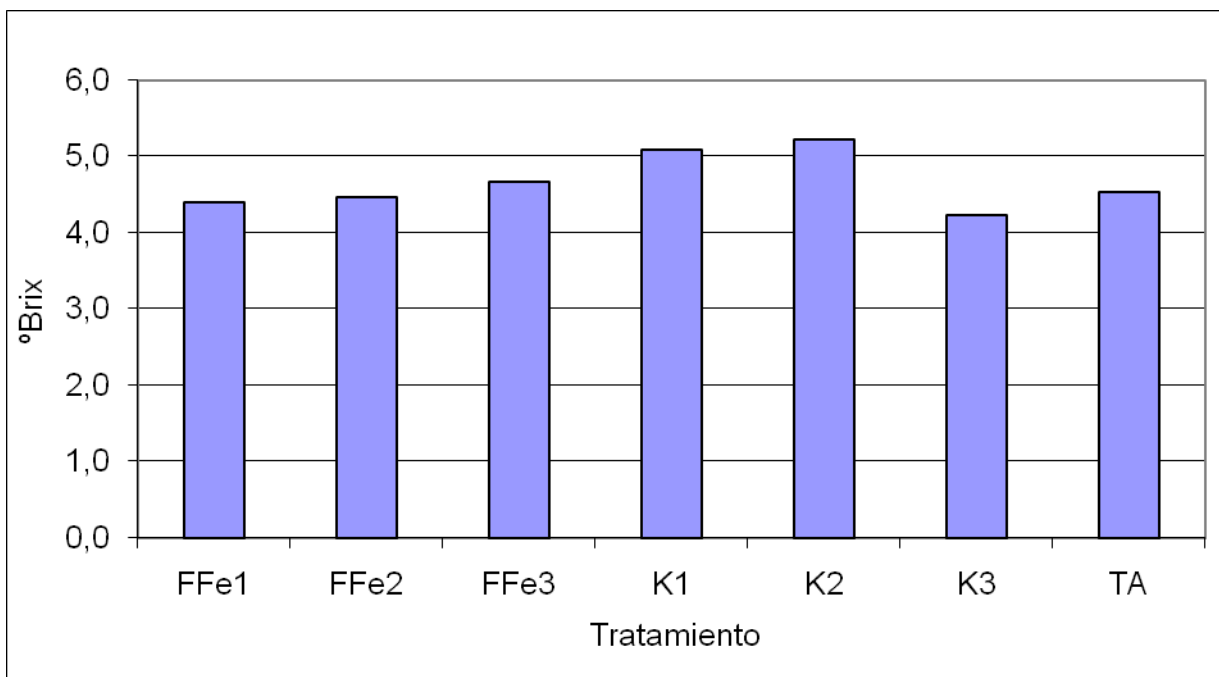


Figura 10. Comparación de medias de sólidos solubles en fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

En firmeza (FI), se encontró un efecto significativo de los tratamientos y las repeticiones (Cuadro 6), sin embargo, gráficamente, cuando se adicionó 2 ml. por litro<sup>-1</sup> de agua al K-tionic (K2), sobrepasó al TA en un 80 por ciento. (Figuras 11 y 12).

Cuadro 6. Análisis de varianza (ANVA) de firmeza de plántula de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

| Fuente       | Gl | SC      | CM     | F    | P      |
|--------------|----|---------|--------|------|--------|
| Tratamientos | 6  | 17134.4 | 2855.7 | 4.60 | 0.012* |
| Repetición   | 2  | 5210.4  | 2605.2 | 4.19 | 0.042* |
| Error        | 12 | 7454.2  | 621.2  |      |        |
| Total        | 20 | 29799.0 |        |      |        |

\*Efecto significativo

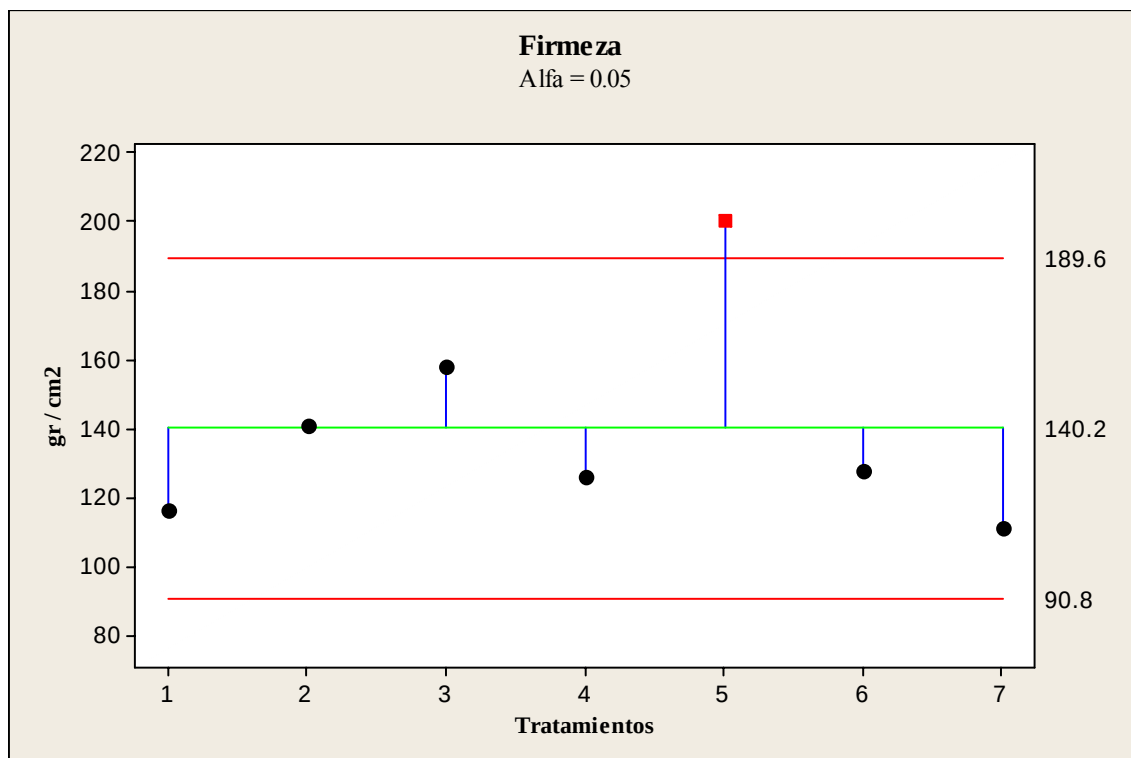


Figura 11. Comparación de medias de firmeza del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

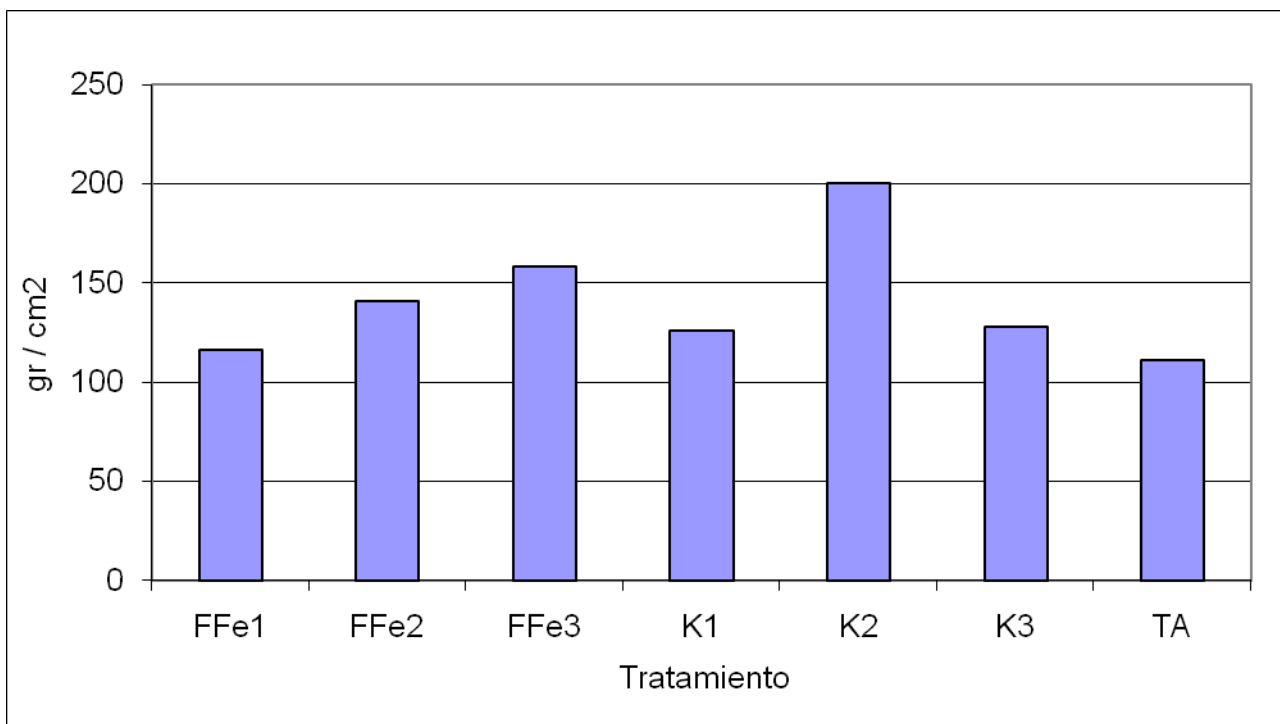


Figura 12. Comparación de medias de firmeza del fruto de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

En producción total (PT), aunque ningún tratamiento y ninguna repetición realizaron efecto estadístico significativo (Cuadro 7), gráficamente al aplicar el fulvato de fierro, a la cantidad de 3 ml. por  $\text{litro}^{-1}$  de agua ( $\text{FFe3}$ ), adelantó un 62 por ciento al TA. (Figuras 13 y 14).

Cuadro 7. Análisis de varianza (ANVA) de rendimiento de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

| Fuente       | Gl | SC      | CM     | F    | P        |
|--------------|----|---------|--------|------|----------|
| Tratamientos | 6  | 3080664 | 513444 | 1.31 | 0.326 NS |
| Repetición   | 2  | 1256957 | 628478 | 1.60 | 0.243 NS |
| Error        | 12 | 4720648 | 393387 |      |          |
| Total        | 20 | 9058269 |        |      |          |

NS= no hubo efecto significativo

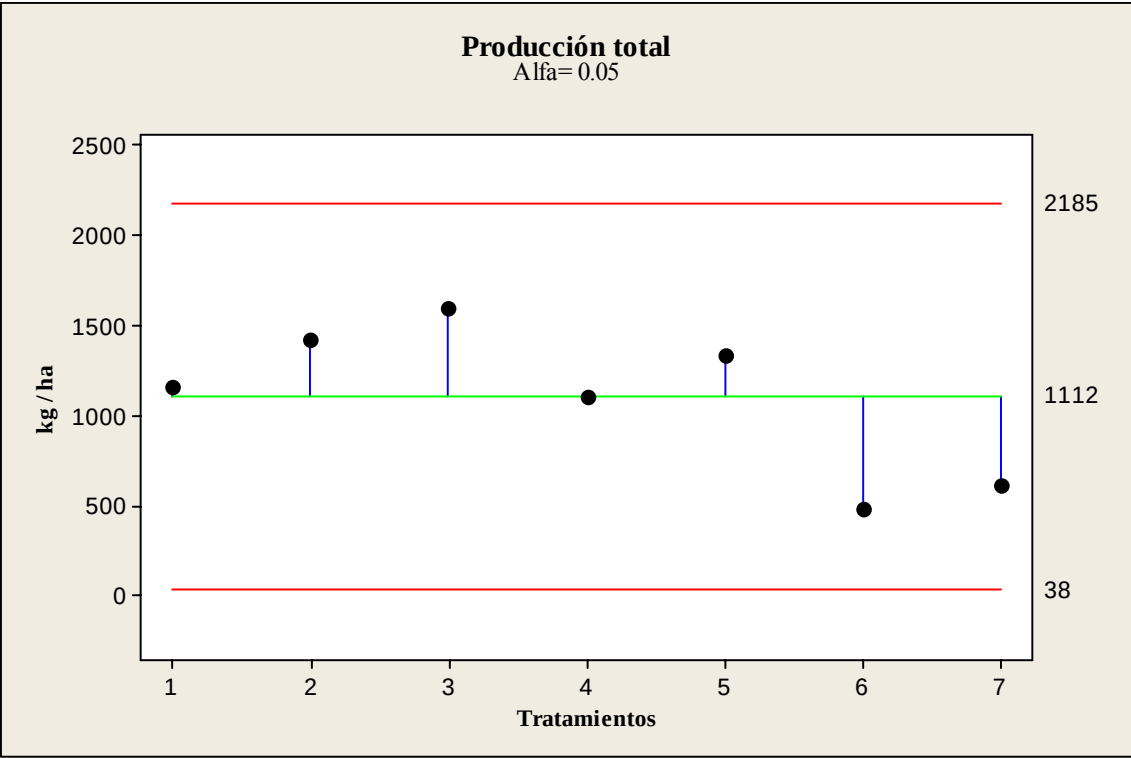


Figura 13. Comparación de medias del rendimiento por hectárea de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro.

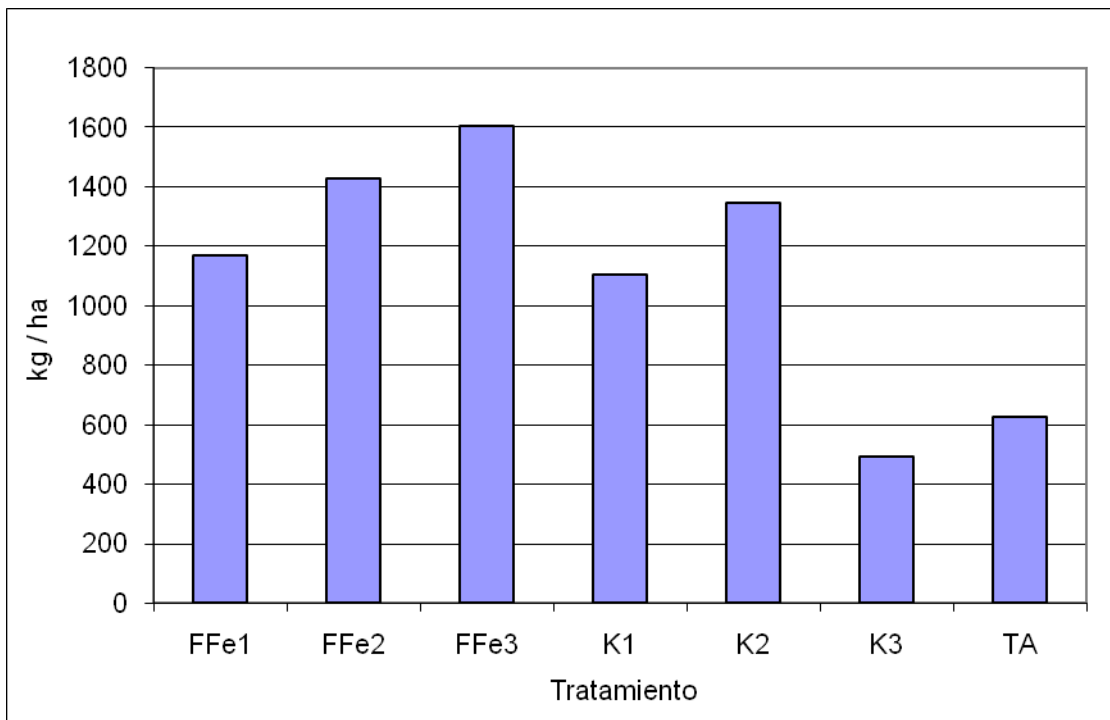


Figura 14. Comparación de medias del rendimiento por hectárea de tomate cherry con la adición de un fulvato de Hierro, en un calcisol.

Entre las variable medidas y el peso del fruto, se estableció una correlación y se encontró que esta ultima variable, depende en 86 por ciento ( $R^2=0.866$ ), de todas las otras variables medidas, con la ecuación de regresión:  $\text{Peso} = -3267 + 15.4 \text{ A.Planta} + 468 \text{ R.Florales} + 38 \text{ D. Polar} + 455 \text{ D. Ecuatorial} - 16 \text{ °Brix} + 3.87 \text{ Firmeza}$ .

Se realizo la curva de retención de humedad (Membranas de presión) y se muestra que el suelo tiene una capacidad de un 31.7 por ciento de retención de agua para capacidad de campo (C.C.), y 16.12 por ciento para el punto de marchitez permanente (P.M.P.). (Figura 15).

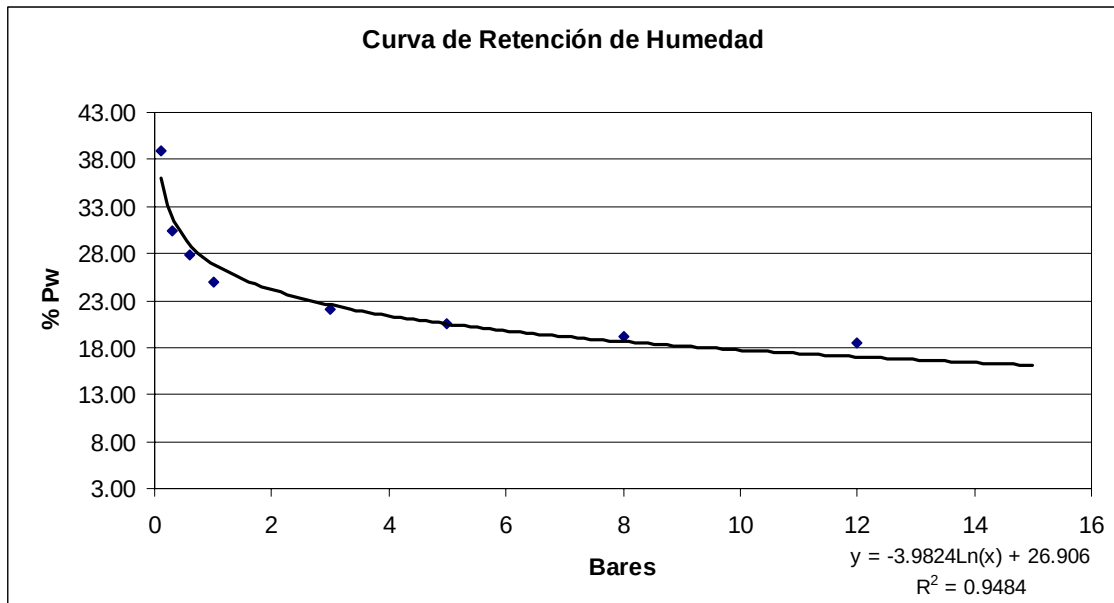


Figura 15. Curva de Retención de Humedad, extraída por el método de las membranas de presión.

A manera de discusión se observa que el fulvato de Hierro, aplicado en dosis de 2 y 3 ml por litro<sup>-1</sup> de agua (FFe2 y FFe3), es benéfico en la planta y fruto de tomate cherry, porque superó al testigo absoluto (TA) y al comercial K-tionic (K), en altura de planta (AP), racimos florales (RF) y producción total (PT) y al TA en las demás variables como diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), sólidos solubles totales (SST) y firmeza (FI). Además, con el fulvato de fierro, también aumentó el contenido de nitrógeno, de hierro y sodio, lo cual quiere decir que al agregar el compuesto orgánico mezclado con el Fe, realizaron un efecto positivo en las variables mencionadas. Los contenidos de Fe, P, Ca, los diámetros polar y ecuatorial y la firmeza, fueron superiores cuando se agregó el K-tionic. Así, de forma general se puede establecer que la clorosis férrica fue controlada eficazmente, excepto en el testigo absoluto, el cual presentó signos visuales de clorosis severa. Sin embargo, los contenidos de Hierro en el análisis de tejido vegetal de follaje según Castellanos et al. (2000), son deficientes. Para Cuevas (2001), el contenido de Hierro fue más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate, cuando se agregó un fulvato de Fe. Adani et al. (1998), al estudiar el comportamiento de ácidos húmicos comerciales, en el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate, confirmaron que al adicionarlos al suelo, el contenido de Fe del tejido vegetal de raíz incrementó y esto podría deberse a la oxidación de Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> por la presencia de las SH.

Aquí, se puede establecer que los grupos funcionales libres carboxilos ( $-\text{COOH}$ ) de los compuestos orgánicos actuaron como ligantes naturales del Fe y posteriormente lo colocaron disponible para las plantas. Esto quiere decir que las sustancias húmicas están bien polimerizadas y bien oxidadas, aunque, es necesario considerar el número de cargas eléctricas negativas (de 1 a n: donde n es el número total de sitios aniónicos disponibles) de las moléculas orgánicas, las cuales pudieron ser equilibradas por cargas positivas de los cationes (Fründ et al. 1994). Mientras que para Evangelou et al. (2004), todas las moléculas que sirven como agentes quelatantes, sin importar su origen, tiene una capacidad limitada de unir moléculas o iones, dependiente de la cantidad de sitios de unión (cargas eléctricas negativas). Pero, los AF siempre estarán mas oxidados que los AH, independientemente de la fuente de origen (Pettit, 2004).

La gran importancia de precisar la química de la unión de metales traza con las SH, radica en la extensión de la complejación, la estabilidad de los complejos y el efecto de la formación de los complejos en propiedades como su solubilidad, pero, esto es un tema de bastante controversia. La acidez total (AT) es generalmente considerada como la que provee una adecuada medida de la habilidad de las sustancias húmicas para unirse con metales, sin embargo, existe la posibilidad de que grupos funcionales no oxigenados podrían estar involucrados (Schnitzer, 2000), además, aquí es necesario considerar la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (Marschner, 1995).

## **CONCLUSIÓN**

El fulvato de Hierro tiene efecto positivo en el contenido de nitrógeno y Hierro del tejido vegetal de follaje, el número de racimos florales y la producción total; mientras que el K-tionic lo realizó en el fósforo, potasio, calcio, los diámetros polar y ecuatorial y la firmeza del tomate cherry, producido en un suelo calcisol.

## LITERATURA CITADA

Adani, F., P. Genevini, P. Zaccheo, G. Zocchi. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J. Plant Nutrition* 21 (3):561-575.

Cadahía L, C., A. E. Eymer, J. J. Lucena, M. 1997. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. En: *Fertirrigación, Cultivos hortícolas y ornamentales*. Ed. Cadahia L, C. Ediciones Mundi-Prensa. España-México. Pp. 99-111.

Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle, B., A. Aguilar S. 2000. *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. Segunda Edición. México. D. F.

Cuevas, P. A. 2001. Control de la Clorosis Férrica en el Tomate por Fulvato de Hierro. Tesis de Maestría. Departamento de Horticultura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Escobar, 2002, comunicación personal.

Evangelou, M. W. H. Hactice, D. Andreas, S. 2004. The Influence of Humic Acids on the Phytoextraction of Cadmium from Soil. *Chemosphere*. 57 207—213.

FAO/UNESCO. 1994. *World Reference Base for Soil Resources*. Wageningen/Rome.

Fründ, R., K. Güggenberg, K. Haider, H. Knicker, I. Kögel-Knaber, H.-D. Lüdeman et al. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 157: 175-186.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/susthum.htm>.2007

<http://infomorelos.com/ecologia/tomate.html>.2007

<http://www.cannarias.com/foros/showthread.php?t=1940>.2007

López, C. R. 2002. Comportamiento de sustancias húmicas de diverso origen en la física de un suelo limo-arcilloso y en la fisiología del tomate. Tesis Doctoral en

Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition. Academic Press Inc. London.

Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5<sup>th</sup> ed. Klumer, Dordrecht, Notherlands. Pp. 425 – 437.

Neri, T., A. 1999. Evaluación de diferentes genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tipo bola de habito indeterminado extra firmes, en Villa de Arista, S.L.P. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N, Coahuila, Mexico. pp. 1 -3.

Orlov, D. S. 1995. Humic substances of the soil and general theory of humification. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT, USA.

Pettit. 2004. Organic matter, Humate, Humic acid, Fulvic acid and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health. Huma Tech. Inc. Makers of Promax.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. 849 pg.

Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. FISIOLOGÍA VEGETAL. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F.

Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). Advances in Agronomy, Academic Press. 68: 3-58.

Valadez López, A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial Limusa S.A de C.V. México, D.F.

Warnock, S.J. A Review of Taxonomy and Phylogeny of the Genus *Lycopersicon*. HortScience, 23(4), 1988.