

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



**EFFECTIVIDAD DE TRES FULVATOS DE HIERRO EN LA CALIDAD DE
PLANTULA DE TOMATE.**

Por:

MAURILIO ANGEL LÓPEZ GARCÍA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2008.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION**

**EFFECTIVIDAD DE TRES FULVATOS DE HIERRO EN LA CALIDAD DE
PLANTULA DE TOMATE.**

TESIS

Presentada por:

MAURILIO ANGEL LÓPEZ GARCÍA

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

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

Ph. D. Alfonso Reyes López

Dr. Rubén López Cervantes
Asesor

MC. María del Rosario Zúñiga Estrada
Asesor

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA

Dr. Mario Ernesto Vásquez Badillo

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA
ENERO DE 2008**

DEDICATORIAS

A mis padres:

Maurilio José López Porras y Alicia García Gutiérrez. Con todo mi cariño: ya que son los seres que mas quiero, respeto y admiro, y por brindarme su apoyo y su confianza, porque ayudaron a contribuir este sueño que significa la realización y culminación de mis estudios por esto y mas les agradezco con todo mi corazón.

A mis hermanos:

Gilberto López García y Mara Itzel López García: Por brindarme su apoyo y confianza, por estar conmigo en las buenas y en las malas lo quiero mucho.

A mis familiares:

Que gracias por su apoyo y su cariño incondicional que me brindaron durante este tiempo.

A mis amigos:

Juan Carlos, Missael y Lalo: Por haberme brindado su confianza, su amistad y me ayudaron a concluir este sueño por eso y mas gracias.

A mi amiga:

Gaby. Te doy las gracias por haberme brindado tu amistad, apoyo y comprensión durante este tiempo, en gran parte te debo este sueño que ahora se hace realidad, gracias chaparra.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme brindado salud y bienestar, por darme la oportunidad de alcanzar uno de mis mas queridos sueños.

A mi “**Alma Mater**” por la formación recibida dentro de sus aulas.

Al Dr. **Rubén López Cervantes**, por ser maestro amigo y asesor de esta tesis y por compartir sus conocimientos para una mejor formación.

Al Dr. **Juan Carlos Zúñiga**. Por ser un buen maestro y amigo, que me ayudo a tener una mejor formación durante este tiempo.

A todos mis maestros que me brindaron su apoyo y amistad durante estos cuatro años y medio gracias a ellos pude concluir mis sueños.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
HIPOTESIS	3
REVIÓN DE LITERATURA	4
Centro de origen del tomate	4
Función del hierro en las plantas	4
Absorción del hierro por las plantas	6
Efecto de los ácidos fulvicos en el crecimiento vegetal	7
MATERIALES Y METODOS	8
Localización del experimento	8
Metodología	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
Longitud de vástago de plántula de tomate.....	11
Peso fresco de la raíz en plántula de tomate.....	12
Peso fresco del vástago en plántula de tomate.....	13
Peso seco de la raíz en plántula de tomate.....	14
Peso seco del vástago en plántula de tomate	15

Contenido de potasio (K) en la plántula de tomate, al adicionar un fulvato de Fierro.....	16
Contenido de sodio (NA) en la plántula de tomate, al adicionar un fulvato de Fierro.....	17
Contenido de fierro (Fe) en la plántula de tomate, al adicionar un fulvato de Fierro.....	18
Contenido de magnesio (Mg) en la plántula de tomate, al adicionar un fulvato de Fierro.....	19
Contenido de calcio (Ca) en la plántula de tomate, al adicionar un fulvato de Fierro.....	20
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIÓN.....	22
LITERATURA CITADA.....	23

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Análisis de varianza de longitud de vástago de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	10
2. Análisis de varianza de peso fresco de raíz de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	12
3. Análisis de varianza de peso fresco de vástago de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	13
4. Análisis de varianza de peso seco de raíz de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	14
5. Análisis de varianza de peso seco de vástago de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	15
6. Análisis de varianza de contenido de potasio (K) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	16
7. Análisis de varianza de contenido de sodio (Na) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	17
8. Análisis de varianza de contenido de fierro (Fe) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	18
9. Análisis de varianza de contenido de magnesio (Mg) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	19
10. Análisis de varianza de contenido de calcio (Ca) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	20

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Longitud de vástago de plántula de tomate.....	11
2. Peso fresco de raíz de plántula de tomate.....	12
3. Peso fresco de vástago de plántula de tomate.....	13
4. Peso seco de raíz de plántula de tomate.....	14
5. Peso seco de vástago de plántula de tomate.....	15
6. Contenido de potasio (K) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	16
7. Contenido de sodio (Na) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	17
8. Contenido de fierro (Fe) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	18
9. Contenido de magnesio (Mg) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	19
10. Contenido de calcio (Ca) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.....	20

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la efectividad de tres fulvatos de hierro en la calidad de plántula de tomate, se aplicaron un fulvato de hierro extraído de una composta (AFM), uno de leonardita (AFL) y uno sintético (QF), a las dosis de 2, 4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua y agua como testigo absoluto (TA), a plántulas de tomate variedad “Rio Grande”. Se midió la longitud (LV) y peso fresco (PFV) y seco de vástago (PSV), peso fresco (PFR) y seco de raíz (PSR), y al tejido vegetal de follaje K, Na, Fe, Mg y Ca. Se encontró que el AFM a razón de 2 ml.litro⁻¹ supero en 88% al TA, el AFL a 6 ml.litro⁻¹ aventajó al TA en 301% y el QF a la dosis de 6 ml.litro⁻¹ supero en 28, 180, 110, 33 y 400% a LV, PFV, PSV, Fe y Mg, respectivamente. Se concluye que el fulvato de fierro de composta, realizó efecto positivo en el peso seco de raíz, el de leonardita en el peso fresco de raíz; mientras que el quelato de fierro sintético lo efectuó en la longitud, peso fresco y peso seco de vástago y en el contenido de magnesio y de fierro.

INTRODUCCION

Los abonos orgánicos son menos solubles, ponen los nutrientes a disposición de las plantas de manera más gradual. Al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, pueden mantener mas nutrientes absorbidos, reduciendo se las perdidas por su lixiviación. Los abonos orgánicos son catalogados como mejoradotes de suelo ya que tienden a mejorar su estructura. Mientras tanto los fertilizantes químicos en general son solubles y los nutrientes están mas rápidamente disponibles para las plantas, por otro lado en condiciones de exceso de agua gran cantidad de estos nutrientes pueden ser desaprovechados ya sea por su erosión o lixiviación.

El tomate, en México, es una de las hortalizas de mayor importancia para el desarrollo económico y social, por la superficie sembrada, el valor del producto y por la cantidad de divisas que genera, ya que es la hortaliza de mayor exportación, sobre todo al mercado de los Estados Unidos de Norteamérica (USA).Y está considerada como alimento básico dentro de la dieta de los mexicanos, ya sea para su consumo en fresco o procesado. Las tecnologías de producción son muy variados y en los últimos años ha tomado gran auge hacerlo bajo condiciones de invernadero, con el fin de obtener mayores rendimientos y productos de alta calidad y así estar en posibilidades de competir con el producto de otras partes del mundo como Canadá, Israel y Marruecos, entre otros.

En México, una de las técnicas más comunes para la producción de plántula es en charolas germinadoras con el uso de sustratos, los cuales son un recurso natural no renovable y con altos costos. Sin embargo, la producción de tomate depende en un alto porcentaje del tiempo de producción, condiciones fitosanitarias y la calidad nutritiva de la plántula a trasplantar, ya que desafortunadamente no se tiene un control adecuado de los medios de cultivo usados.

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).

OBJETVO

Determinar la efectividad de tres fulvatos de hierro en la calidad de plántula de tomate.

HIPOTESIS

Al menos un fulvato de hierro, aumente la calidad de plántula de tomate.

REVCION DE LITERATURA

Centro de Origen del Tomate

El centro de origen del tomate (*Lycopersicum esculentum*), se encuentra en la región andina que encierra a los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, por lo que dentro de esta área prosperan diversas especies de este género (Nuez *et al.* 1995). Ya en el Siglo XVI, en México, se consumía tomate de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX.

Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, de allí a otros países asiáticos. De Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá. Actualmente esta hortaliza, crece en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo (INFOAGRO, 2003).

Función del fierro en las plantas

El fierro (Fe) en la planta es importante para la formación de la clorofila y proteínas, en la fotosíntesis, la respiración, fijación de nitrógeno, entre otros. Los metales como el Fe, Cu y Mn se pueden encontrar en distintos estados de valencia y en combinación con enzimas proteicas pueden servir como trasmisores de electrones en una cadena de procesos metabólicos gracias a la cual se oxidan los sustratos orgánicos (André, 1988).

Por su parte Jones *et al.* (1991) comenta que el Fe existe en suelos como catión férrico (Fe^{+3}). Y ferroso (Fe^{+2}). Esta es la forma activa que toma las plantas con suficiente hierro acidifican la rizófora cuando se descargan compuestas de hierro y mejoran su disponibilidad de extracción.

Las raíces lo toman como (Fe^{+2}) o en forma de quelato. La absorción de hierro inorgánico está ligada a la capacidad de raíces para reducir el pH y reducir el (Fe^{+3}). En (Fe^{+2}) en la rizófora. Dentro de los procesos fisiológicos, participa en la cadena de transporte de electrones en la fotosíntesis así como el metabolismo de las proteínas (André, 1988). Como un transportador de electrones, está involucrado en las reacciones de oxido-reducción es también un componente de las hemo-proteínas como los citocromas, que son constituyentes de los sistemas de oxido-reducción en los cloroplastos, en las mitocondrias, y también es un componente de oxido-reducción en la nitrato-reductasa. Otra hemo-enzimas son la catalasa y las peroxidasas. En condiciones de deficiencia de hierro, la actividad de ambas disminuye. La catalasa juega un papel en la fotorrespiración y en el ciclo de Calvin. Las peroxidasas son necesarias en la biosíntesis de lignina y suberina (Marshner, 1995). Jones *et al.* (1991) reducción de sulfatos y nitratos, en la asimilación de nitrógeno, en la producción de energía (NADP) y funciona como catalizador de un sistema enzimático asociado con la formación de clorofila y Olsen *et al.* (1981) mencionan que, en general, la cantidad de hierro requerida por un cultivo por temporada de crecimiento es de $5\text{-}10\text{Kg ha}^{-1}$.

Absorción de hierro por las plantas

Las plantas tienen dos diferentes vías o estrategias por medio de las cuales son capaces de aumentar la disponibilidad de (Fe^{+3}) en la solución del suelo.

Estrategia I. Las monocotiledóneas, no gramíneas y las dicotiledóneas disponen de varias formas de extraer el (Fe^{+3}) del suelo, y que 1) disminuyen el pH de la rizosfera al bombear protones al suelo; 2) secretan fenoles y ácidos orgánicos que funciona como agente quelantes del Fe, y 3) las con estrategias 1 son capaces de la membrana plasmática, dicha reductasa es inducible por la baja concentración de Fe.

Estrategia II. Las gramíneas excretan fitosideróforos, aminoácidos no proteínicos, que solubilizan los iones (Fe^{+3}) formando un complejo (Fe^{+3}) -fitosideróforos, la liberación de fitosideróforos se correlaciona positivamente con la resistencia a la clorosis férrica. Los fitosideróforos también acarrear otros cationes como el Zn^{+2} , Mn^{+2} y Cu^{+2} (Marschner y Romheld, 1994).

Efecto de los Ácidos Fúlvicos en el Crecimiento Vegetal

Como efecto indirecto las SH intervienen en la disponibilidad de iones y traslocación dentro de las plantas (Adani *et al.* 1998). Los AH estimularon la longitud de raíces en un 54 por ciento y la parte aérea en 146 por ciento, pero el contraste más marcado, fue la longitud de la parte aérea de plantas de tomate tratadas con AF, porque fue superior en 170 por ciento, mientras que las raíces, solo aumentaron un 10 por ciento.

Adani *et al.* (1998), postulan que los grupos carboxilos y los hidroxilos fenólicos y alcohólico de los AF son los responsables para la influencia de estos ácidos en la raíz de los hipocotilos, como un resultado de su actividad quelatante con el hierro. Los compuestos de bajo peso molecular (ácido fúlvicos) intervienen en la solución de iones metálicos e influyen en el transporte hacia las raíces de la planta. En contraste, compuestos de alto peso molecular (ácido húmicos), funciona como una “piel” para los cationes polivalentes (Stevenson, 1982).

A pesar de lo comentado no hay evidencia de que las SH intervenga en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de la planta (Kuitert y Mulder, 1993), es decir, que actúen como suplidores y reguladores de la nutrición vegetal en forma similar a los intercambiadores sintéticos de iones (agentes quelatantes) (Orlov, 1995; Pettit, 2004).

MATERIALES Y METODOS

Localización del Experimento

El presente trabajo se realizó en el invernadero del Departamento de Ciencias del suelo de la universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en Buena vista, Saltillo, Coahuila a los 25° 23’ de latitud norte, 101°00’ de longitud oeste y a los 1743 msnm.

Metodología

En charolas de poliestireno de 200 cavidades, con peat moss como sustrato, se sembraron semillas de tomate tipo saladette cv. “Río Grande”, de hábito de crecimiento indeterminado, se produjo la plántula. Cuando ésta contenía dos pares de hojas verdaderas (ocho centímetros en promedio), se transplantaron en bolsas de plástico que contenían la mezcla de peat moss con perlita (proporción 1:1). Después de seis días del trasplante, a la plántula se adicionaron 2, 4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua, de un fulvato de hierro (FFe) experimental (extraído de composta de gallinaza) (López *et al.* 2006), de un ácido fúlvico comercial denominado K-tionic (extraído de leonardita-mineral fósil) (K) y de un quelato de hierro (sequestrine 130) ; además, agua como testigo absoluto (TA) Tres aplicaciones fueron realizadas, cada siete días.

A los 25 días después del trasplante, se midió la altura de plántula (AP), el peso fresco (PF) y seco (PS) de vástago (V) y raíz (R) raíz. Por medio del espectrofotómetro de absorción atómica (EAA), se determinó la cantidad de potasio (K), sodio (Na), hierro (Fe), magnesio (Mg) y calcio (Ca) al tejido vegetal del follaje.

El trabajo se estableció de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente el Azar, el cual arrojó diez tratamientos y tres repeticiones (tres plántulas formaron una repetición).

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.

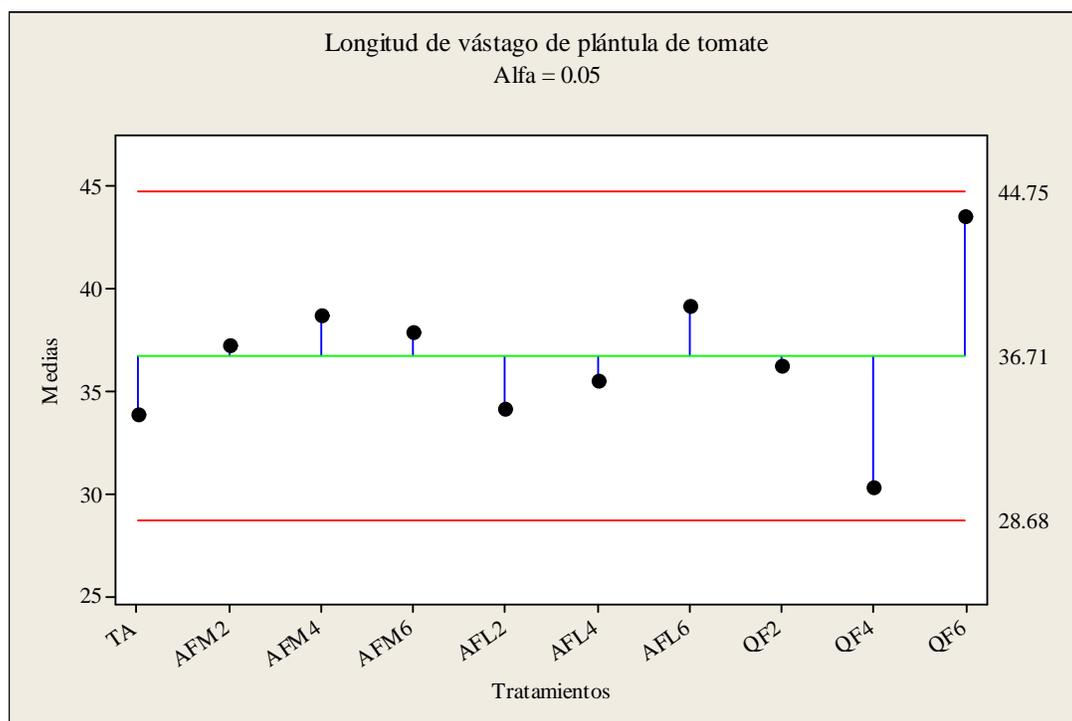
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la longitud del vástago (LV) no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro). Pero de forma gráfica, el mayor valor de esta variable se presentó a la adición del quelato de hierro a la cantidad de seis ml.litro⁻¹ (QF6), porque adelantó al testigo absoluto (TA) en 28 por ciento. De manera general se observa que el comportamiento de la adición del fulvato de hierro extraído de la composta (AFM), fue normal conforme aumentó la dosis; mientras que con la agregación del fulvato de leonardita (AFL), conforme aumentó la dosis, el valor de la variable también lo hizo, solo que los valores de las dos primeras cantidades no sobrepasaron la media y la mayor si. Cuando se agregó el quelato de hierro, en las dos primeras dosis esta variable no alcanzó el valor medio (Figura 1).

Cuadro1. Análisis de varianza de la longitud de vástago de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	347.30	38.59	1.73	0.148NS
Error	20	446.64	22.33		
Total	29	793.94			

Figura 1. Longitud de vástago de planta de tomate

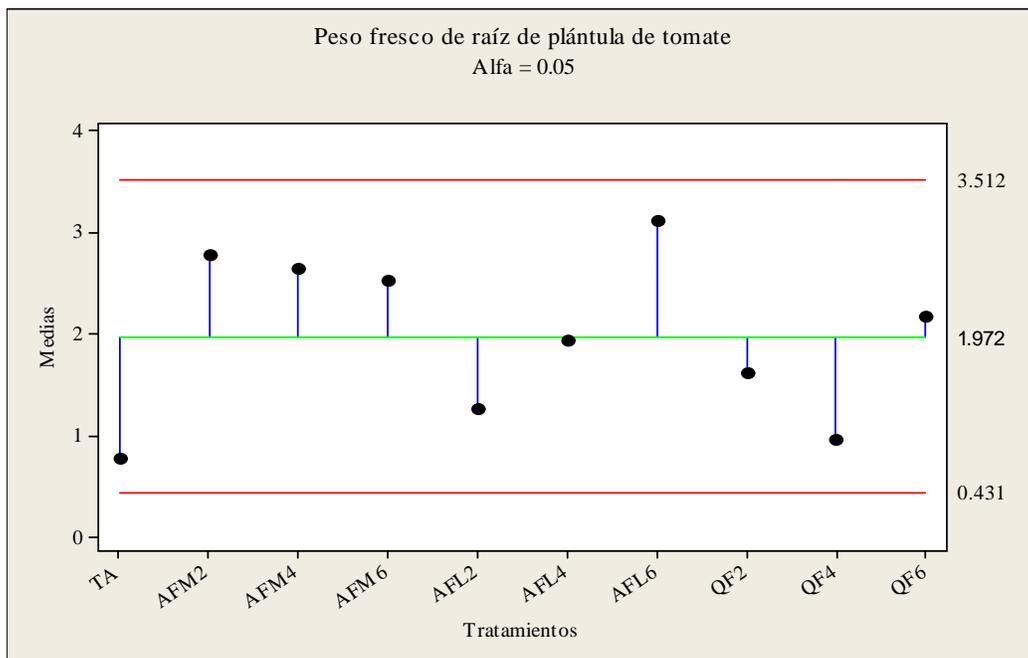


En el peso fresco de raíz (PFR), hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 2). El uso del fulvato de hierro proveniente de leonardita (AFL6) a la cantidad de seis ml.litro⁻¹, aventajó en 301 por ciento al testigo absoluto (TA). Conforme aumentó la dosis del fulvato de hierro obtenido de la composta (AFM), los valores de esta variable disminuyeron progresivamente conforme aumentó la dosis; mientras que al agregar el fulvato de hierro de leonardita (AFL), sucedió lo contrario y con el quelato sintético (QF) con la dosis baja y media no se alcanzó la media (Figura 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza del peso fresco de raíz de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	17.4155	1.9351	2.36	0.053*
Error	20	16.4051	0.8203		
Total	29	33.8206			

Figura 2. Peso fresco de la raíz en plántula de tomate.

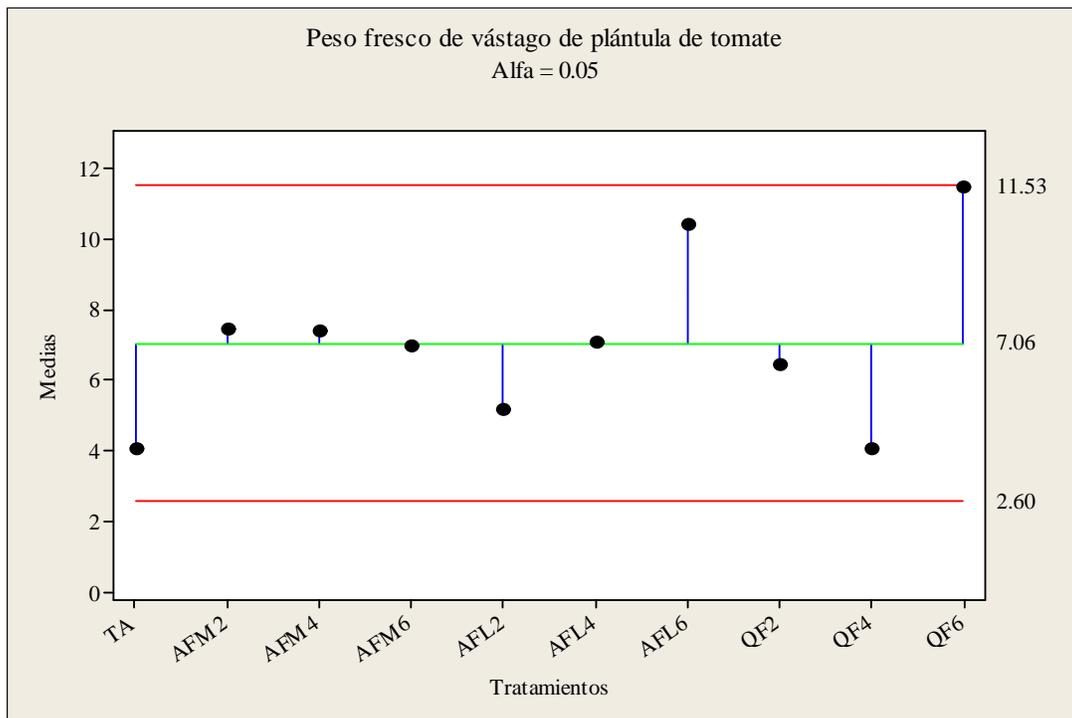


El análisis de varianza del peso fresco del vástago (PFV), revela efecto significativo (Cuadro3). Cuando se agregó el quelato de hierro sintético (QF) a razón de seis ml.litro⁻¹, el valor de esta variable fue 180 por ciento mayor que el testigo absoluto (TA). Al adicionar el fulvato de hierro de composta (AFM), los valores fueron muy cercanos a la media, pero al aumentar la dosis del fulvato de hierro de leonardita (AFL), el valor aumentó y con el quelato sintético (QF) con la dosis baja y media no se alcanzó la media (Figura 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza del peso fresco de vástago de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	156.966	17.441	2.53	0.040*
Error	20	138.047	6.902		
Total	29	295.012			

Figura 3. Peso fresco de vástago de plántula de tomate.

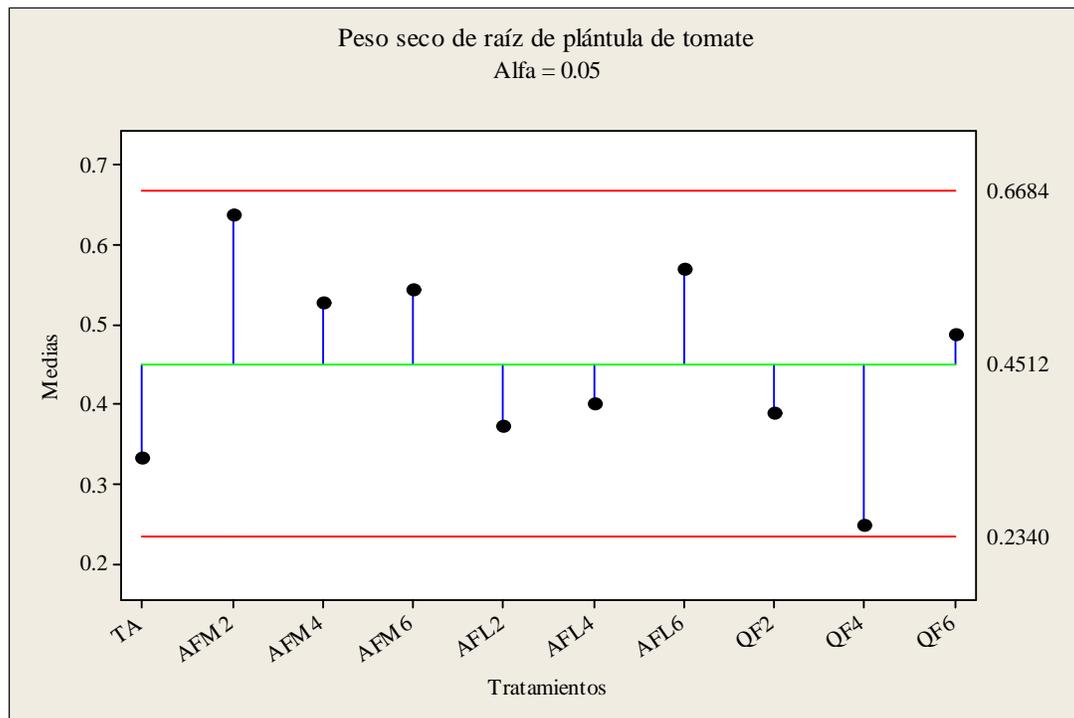


Hay efecto significativo de los tratamientos en el peso seco de raíz (PSR) (Cuadro 4). Al aplicar el fulvato de hierro de composta a la cantidad de dos ml.litro⁻¹ (AFM2), se superó al testigo absoluto (TA) con 88 por ciento. De forma general se observa en la Figura , que hay disminución de los valores de esta variable, en la dosis media y alta. Al agregar el fulvato de hierro de leonardita (AFL), conforme aumentó la dosis, aumentó el valor de la variable y con el quelato sintético (QF) con la dosis baja y media no se alcanzó la media, pero con la alta, se sobrepasó este valor (0.45 g) (Figura 4).

Cuadro4. Análisis de varianza del peso seco de raíz de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	0.39800	0.04422	2.71	0.030*
Error	20	0.32642	0.01632		
Total	29	0.72442			

Figura 4. Peso seco de raíz de plántula de tomate.

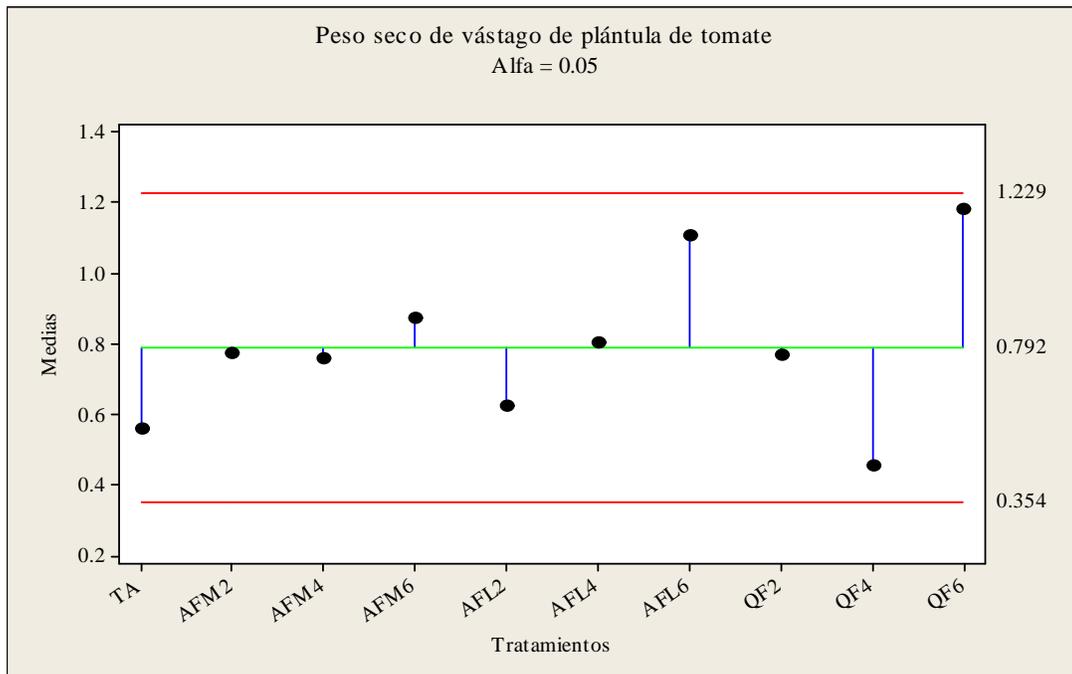


Al adicionar el quelato de fierro sintético (QF2) a la cantidad de 2 ml.litro⁻¹ de agua, en la variable del peso seco de vástago (PSV), superó en 110 por ciento al testigo absoluto (TA). El efecto de los tratamientos es significativo. El fulvato de fierro de composta (AFM) a la dosis baja y media no alcanzaron el valor medio; mientras que la dosis alta si. El comportamiento de esta variable, al agregar el ácido fúlvico de leonardita (AFL), aumentó al aumentar la dosis y con el quelato sintético (QF) con la dosis baja y media no se alcanzó la media (Figura 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza del peso seco de vástago de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	1.35509	0.15057	2.27	0.061*
Error	20	1.32474	0.06624		
Total	29	2.67983			

Figura 5. Peso seco de vástago de plántula de tomate.

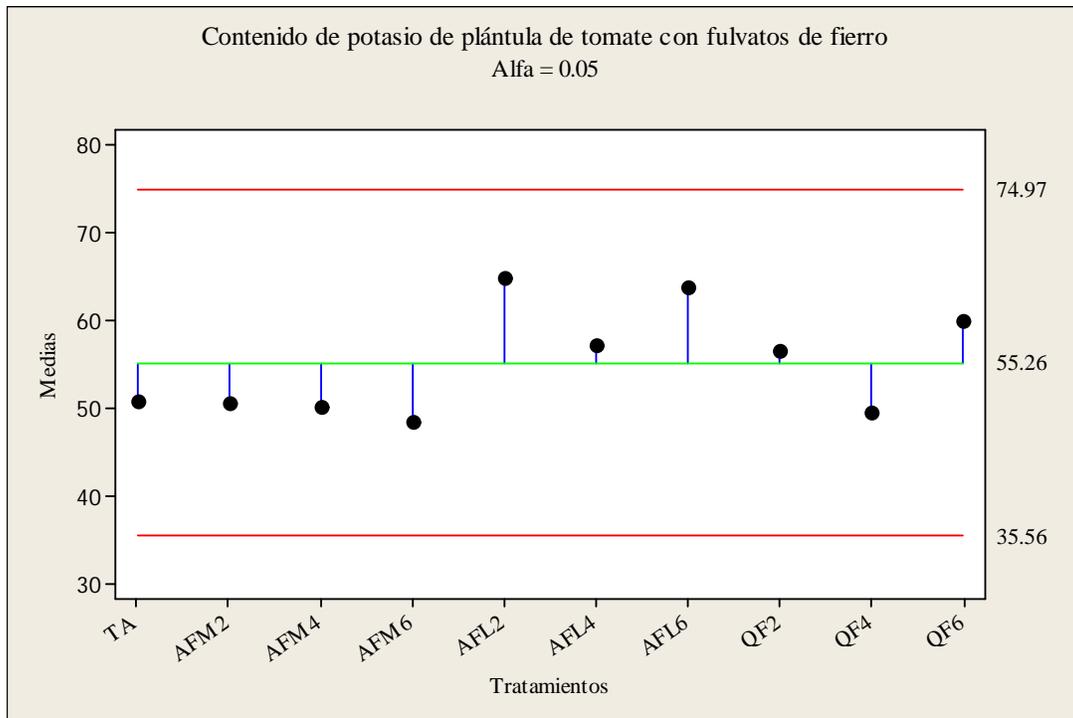


No hay efecto significativo de los tratamientos, en la cantidad de potasio en el tejido vegetal del follaje de la plántula de tomate, ya que el tratamiento de AFM no superó el valor medio, mientras tanto el tratamiento AFL superó el valor medio en sus tres dosis, y al aplicar QF, solamente la dosis media no superó el valor medio (Cuadro 6 y Figura 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de potasio (K) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	1014.4	112.7	0.84	0.590NS
Error	20	2685.0	134.2		
Total	29	3699.3			

Figura 6. Contenido de potasio (K) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

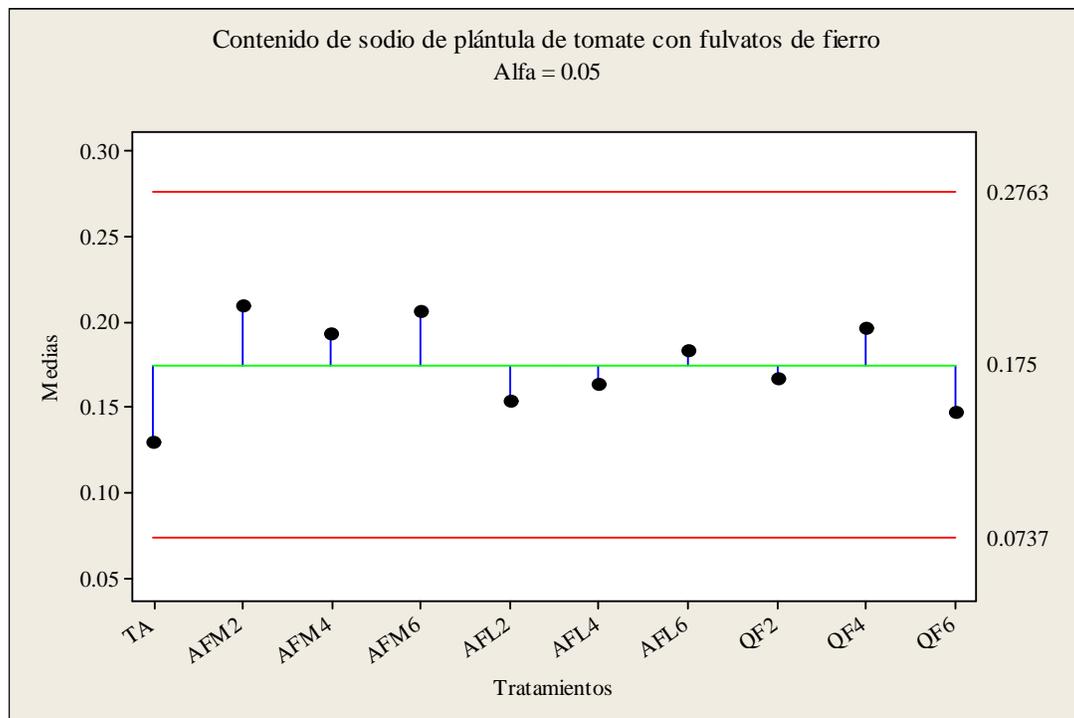


Los tratamientos no realizaron efecto significativo en la cantidad de sodio en la plántula de tomate; el tratamiento AFM en su dosis media fue superada por la menor y la mayor dosis, mientras que el tratamiento AFL en las dosis baja y media, no superaron el valor medio, solamente la dosis alta y el tratamiento QF a las dosis baja y alta no adelantaron el valor medio, mientras que la dosis media si (Cuadro 7 y Figura 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza del contenido de sodio (Na) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	0.019817	0.002202	0.62	0.766
Error	20	0.070933	0.003547		
Total	29	0.090750			

Figura 7. Contenido de sodio (Na) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

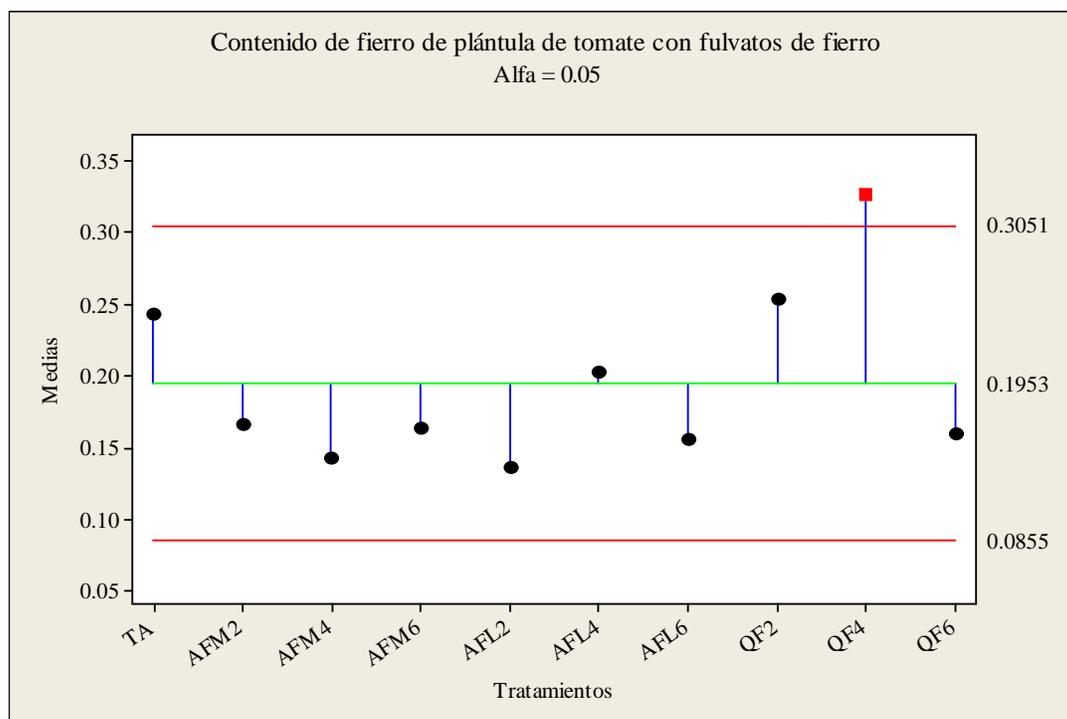


En el contenido de hierro hay efecto significativo del tratamiento QF en la dosis de cuatro ml.litro⁻¹, porque aventajó al testigo absoluto en 33 por ciento; pero a la dosis alta no superó el valor medio. El tratamiento AFM en ninguna de sus tres dosis sobrepasó el valor medio, sin embargo la dosis media del tratamiento AFL pasó a este y la dosis baja y alta no lo rebasaron (Cuadro 8 y Figura 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza del contenido de hierro (Fe) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	0.101147	0.011239	2.70	0.031*
Error	20	0.083400	0.004170		
Total	29	0.184547			

Figura 8. Contenido de hierro (Fe) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

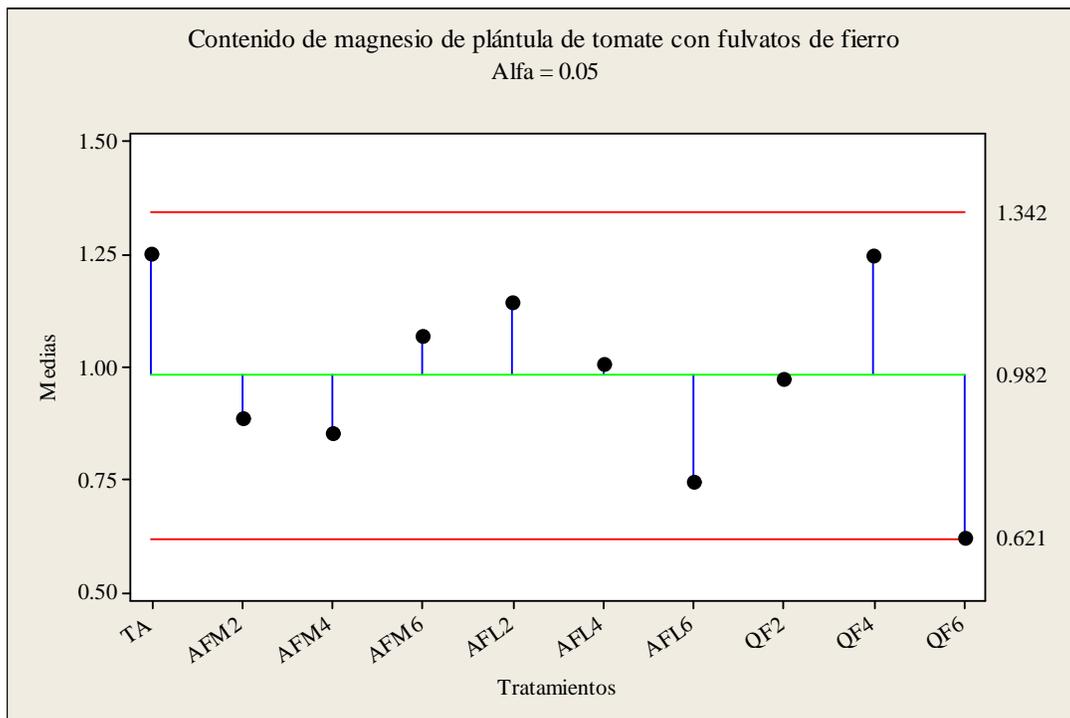


Al agregar el QF a razón de cuatro ml.litro-1, hay efecto significativo en el contenido de magnesio, en el tejido vegetal de la plántula de tomate y ni la dosis alta, ni baja sobre pasaron el valor medio; mientras que el tratamiento AFM en dosis media y baja no pasaron el valor medio, solamente en la dosis alta y por el contrario el tratamiento AFL en dosis baja y media pasaron el valor medio y la dosis alta no lo logró, lo contrario del tratamiento anterior (Cuadro 9 y Figura 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza del contenido de magnesio (Mg) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.

Fuente	Gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	1.16448	0.12939	2.87	0.024*
Error	20	0.90013	0.04501		
Total	29	2.06462			

Figura 9. Contenido de magnesio (Mg) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de fierro.

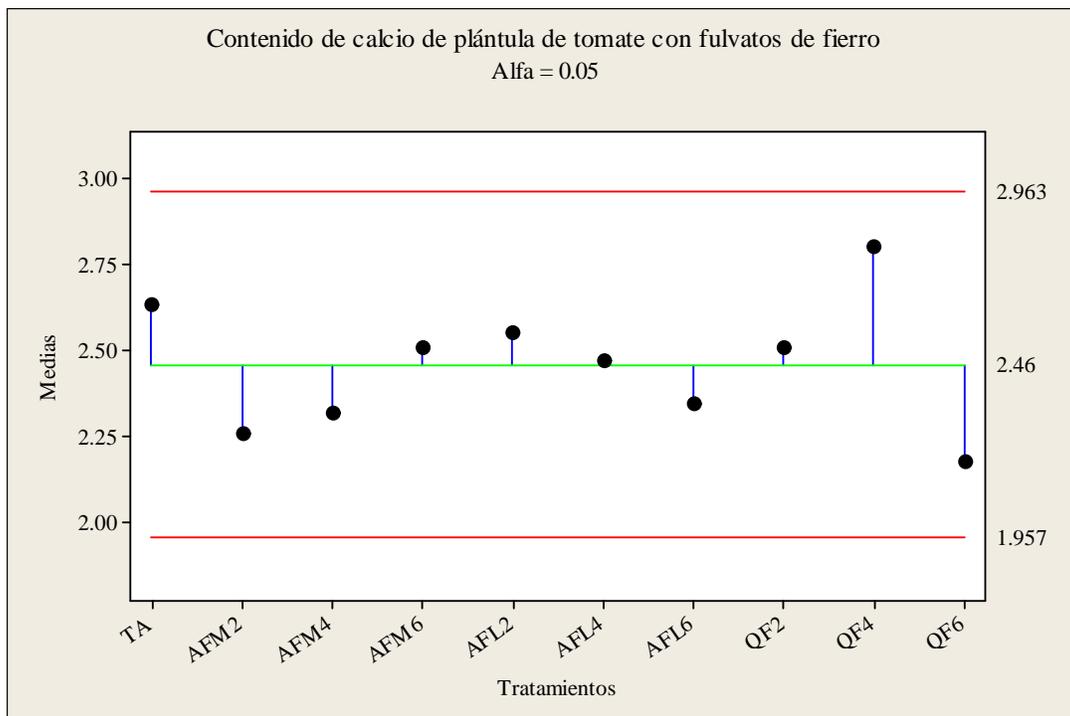


No hay efecto significativo de los tratamientos en el contenido de calcio, pero con AFM en sus dosis baja y media no rebasaron el valor medio, solamente en dosis alta. El tratamiento AFL en sus tres dosis rebasó el valor medio y el tratamiento QF en la dosis baja, no rebasó el valor medio y en las dosis media y altas si (Cuadro 10 y Figura 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza del contenido de calcio (Ca) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.

Fuente	gl	SC	CM	F	P
Tratamientos	9	0.94867	0.10541	1.20	0.345
Error	20	1.75013	0.08751		
Total	29	2.69880			

Figura 10. Contenido de calcio (Ca) de plántula de tomate, al adicionar un fulvato de hierro.



DISCUSIÓN

El fulvato de fierro extraído de la composta realizó efectos significativo sobre el peso seco de raíz, el obtenido de leonardita en el peso fresco de este mismo órgano vegetal; mientras que el quelato de fierro sintético lo efectuó en la longitud, y peso seco y fresco de vástago y en los contenidos de magnesio y fierro del tejido vegetal del follaje. Esto quiere decir que el quelato sintético de fierro penetra en los órganos de la hoja, posiblemente por las vías apoplástica y simplástica (Ross y Salisbury, 1994). Lo anterior no concuerda con lo establecido por Sánchez et al. (2006), al determinar que los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, mejoran el funcionamiento del fierro cuando se combinan con las sustancias orgánicas, en árboles de limón, naranjo y uva de mesa, sin embargo, con las dosis altas de las sustancias orgánicas hay una inhibición del crecimiento.

CONCLUSIÓN

El fulvato de fierro experimental, realizó efecto positivo en el peso seco de raíz, el de leonardita en el peso fresco de raíz; mientras que el quelato de fierro sintético lo efectuó en la longitud, peso fresco y peso seco de vástago y en el contenido de magnesio y de fierro.

LITERATURA CITADA

- André, L. C. 1998. Los micro elementos en la agricultura. Trad. Alonso Domínguez. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Adani, F; Genevini, P.; Zocchi, G. 1998. The effect of commercial húmica ácido on tomato plant growth and mineral nutrition. *Jornal of Plant Nutrition*, 21 (3):561-575.
- Escobar, 2002, comunicación personal.
- http: //www.infoagro.com.html
- Jones, J. B.; Wolf, B.; Mills, H. A. 1991. *Plant Análisis Handbook*. Micro-Macro. Publishin. U.S.A.
- Kuiter, A. T. and Mulder, W. 1993. Weter-soluble organic matter in forest soils. II. Interferencie whit plant cation up take. *Plant and soil*. 152:225-235.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of higher plants*. 2nd. Edition academic press Inc. London.
- Marschner, H. and Romheld V. 1994. Strategies of plants for acquisition of iron. *Plants soil* 165: 261-374
- Olsen, R. A.; Clark, R. B.; Bennett, J. H. 1981. The enhacement of soil fertility by planta roots. *Am. Sci.*69: 378-384

- Orlov, D. S. 1995. Humic substances of the soil and general theory of humification. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). Advances in Agronomy, Academic Press. 98:3-58.
- Stevenson, F. 1982. Humus Chemistry: Genesis, composition and reactions. Wiley, New York, USA