

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



Comportamiento de un Fulvato de Potasio y Magnesio Vía Foliar en la  
Calidad del Tomate Cherry

Por:

**REYNA AMADA DÍAZ LÓPEZ**

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2014

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

Comportamiento de un Fulvato de Potasio y Magnesio Vía Foliar en la  
Calidad del Tomate Cherry

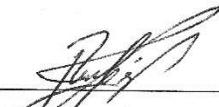
Por:

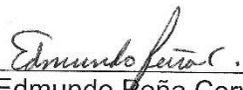
**REYNA AMADA DÍAZ LÓPEZ**

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito parcial para obtener el título de:

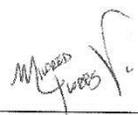
**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**

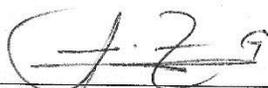
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rubén López Cervantes  
Asesor principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Edmundo Peña Cervantes  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Guillermo González Cervantes  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
M. C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez  
Coordinador de la División de Ingeniería

  
Universidad Agraria  
"ANTONIO NARRO"  
Coordinación de  
Ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

*Una vez llegado al final de la tesis y hechando una mirada atrás me doy cuenta de todas las personas a las que tengo algo que agradecer y que de alguna manera han contribuido a la realización de este trabajo. Sinceramente doy gracias a:*

### ***A DIOS:***

*Por darme la vida, salud, esperanza y darme fortaleza para seguir adelante; además de concederme y llenar de bendiciones mis días por permitirme tener a mi lado una bella familia.*

### ***A MI ALMA TERRA MATER Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro:***

*Por haberse convertido en mi segundo hogar, consuelo y seguridad. Donde aprendí el verdadero valor y amor hacia la agronomía, permitiéndome superación profesional.*

### ***Al Dr. Rubén López Cervantes:***

*Por su paciencia e incondicional asesoría en la revisión del presente trabajo y por compartir sus anécdotas. Es un ejemplo hecho persona, con un corazón de oro. Gracias por todo.*

### ***Al Dr. Edmundo Peña Cervantes:***

*Por su confianza, amabilidad e incondicional asesoría en la revisión del presente trabajo. Un ser humano excepcional.*

### ***Dr. Guillermo Gonzales Cervantes***

*Por su valioso apoyo e incondicional asesoría y amabilidad en la revisión del presente trabajo. Gracias por todo.*

*M. C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui*

*Por su paciencia, disponibilidad, valiosa e incondicional asesoría y amabilidad en la revisión del presente trabajo. Gracias por todo.*

*A la empresa INTAGRI: Por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales en sus instalaciones. Institución comprometida con el agro mexicano.*

*Al departamento de Ciencias del Suelo de esta universidad por todo el apoyo y facilidades brindadas al permitirme la culminación de mis estudios profesionales.*

*Al departamento de Nutrición y Alimentos, por las facilidades que me brindaron para la realización del presente trabajo de investigación.*

*A todos los profesores de la universidad: Por aquellos que me impartieron clases y brindaron sus conocimientos, consejos y apoyo, que fueron base fundamental para moldearme profesionalmente.*

*“Cualesquiera que hayan sido nuestros logros,  
alguien ayudó siempre a alcanzarlos”*

*Althea Gibson*

**DE CORAZÓN, GRACIAS A TODOS**

## DEDICATORIAS

*Con especial dedicación a mis Padres:*

*Sra. Angélica Amada López Vargas (+)*

*Sr. Mario Arcadio Díaz Arias*

*Como un testimonio de amor y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional. Son Madre tu “legado”; que por tu cariño, comprensión, esfuerzo, sacrificio que en mí depositaste, fuiste pieza fundamental al demostrarme la fortaleza de tu ser y a formarme en la mujer que ahora soy. A ti padre, por la confianza y enseñarme a ser humilde y sencilla, sobre todo por creer en mí; admiro la fortaleza de tu corazón. Quiero que sepan, que han sido y serán siempre la motivación que me impulsa a salir adelante. Bendito Dios por lo que hemos logrado; donde mi trofeo, es también el vuestro. Esto será la mejor de las herencias. Orgullosamente por Ustedes: Su hija que los ama.*

*A mi abuelita Micaela (+):*

*Por sus sabios consejos que me sirvieron en gran manera para moldear mi carácter y por aquellos momentos que siempre recordare.*

*A mis hermanas:*

*Araceli, Beatriz, Micaela, Zaragoza y Nolverttha, por los buenos y malos momentos que vivimos juntas, por el apoyo brindado y la confianza depositada. Me enseñaron que estando unidos “no hay imposibles” y que con dedicación se alcanza la excelencia. Recuerden, hermanas de mi vida, que las amo, porque han sido una segunda madre para mí, pues gracias a ustedes continuo de pie, por lo tanto, me siento muy orgullosa de ustedes. Las llevo siempre en mi mente y corazón. La sangre nunca muere.*

*A mis sobrinos:*

*Mario Alexander, Mario Arcadio, Candy, Julissa, Ruby, Lupita, Toñito, Darío, Leymi, Miquelita, Yucundo, Osmar y Porfirio; por los gratos e inolvidables momentos que compartimos juntos, gracias por verme como una amiga y por mostrarme la vida de otra manera. No podían faltar los hijos de mis sobrinos, que de alguna manera iluminan mis días con sus sonrisas y rostro que los caracteriza: Dorian, Josgar, Josmar, Sofia Y Alexander. A todos ustedes, los amo, mis niños queridos.*

*A mis compañeros de generación CXVIII de la carrera Ing. Agrícola y ambiental:*

*Especialmente a Carmen, Israel, Belinda, Ramón, Leonardo, Claudia, Chanito, Felicita y Arely, por brindarme su amistad incondicional, sincera y por los buenos e inolvidables momentos que juntos compartimos. Las llevo en mi corazón.*

*A mis queridos amigos del Colegio de Bachilleres de Chiapas, EMSaD 092:*

*Agustín, Urileny, Cristian, Lidia, Fabiola, e Icela: por su incondicional y valiosa amistad, con los que he compartido inmemorables momentos y que le alegran la vida a uno.*

*A la Sra. Marbella:*

*Por todo el apoyo brindado, que sin antes conocerme abrió las puertas de su casa brindándome techo, confianza, poniendo en mis manos la seguridad de su familia.*

*Con cariño y admiración, sinceramente... Amada*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	4
General.....	4
Específico.....	4
<b>HIPÓTESIS</b> .....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
El Humus.....	5
Las Substancias Húmicas (SH).....	6
Importancia en la Nutrición y Fisiología Vegetal.....	8
Ácidos Húmicos (AH).....	9
Ácidos Fúlvicos (AF).....	11
Potasio en Suelo y Planta.....	14
Magnesio en Suelo y Planta.....	16
Los Fulvatos.....	18
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	20
Localización del Área Experimental.....	20
Metodología.....	21
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	23
Peso Total de Fruto (PT) en Tomate.....	23
Diámetro Polar (DP).....	24
Diámetro Ecuatorial (DE).....	25
Firmeza (F).....	26

<b>Sólidos Solubles Totales (SST - °Brix)</b> .....	27
<b>Altura (AP)</b> .....	28
<b>Diámetro de Tallo (DT)</b> .....	29
<b>Azúcares Totales (AT)</b> .....	30
<b>Potasio (K) en Planta</b> .....	31
<b>Magnesio (Mg) en Planta</b> .....	32
<b>DISCUSIÓN</b> .....	33
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	34
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	35
<b>PÁGINA WEB</b> .....	42

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
Cuadro1.- Descripción de los tratamientos adicionados a tomate cherry.....	22
Cuadro 2.- Análisis de varianza del peso de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	23
Cuadro 3.- Análisis de varianza del diámetro polar de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	24
Cuadro 4.- Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	25
Cuadro 5.- Análisis de varianza de la firmeza en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	26
Cuadro 6.- Análisis de varianza de sólidos solubles totales en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	27
Cuadro 7.- Análisis de varianza de altura en planta de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	28
Cuadro 8.- Análisis de varianza de diámetro de tallo en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	29
Cuadro 9.- Análisis de varianza de azúcares totales en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	30
Cuadro 10.- Análisis de varianza en el contenido de $K^{+1}$ en hoja, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	31
Cuadro 11.- Análisis de varianza en el contenido de $Mg^{+2}$ en hoja, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	32

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1.- Localización del área experimental.....	20
Figura 2.- Peso de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar .....	23
Figura 3.- Diámetro polar de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	24
Figura 4.- Diámetro ecuatorial de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	25
Figura 5.- Firmeza de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	26
Figura 6.- Sólidos solubles totales de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	27
Figura 7.- Altura en planta de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar .....	28
Figura 8.- Diámetro de tallo en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	29
Figura 9.- Azúcares totales en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	30
Figura 10.- Potasio ( $K^{+1}$ ) en la hoja expresado en porcentaje (%), con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	31
Figura 11.- Magnesio ( $Mg^{+2}$ ) en la hoja expresado en porcentaje (%), con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.....	32

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar el comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar, en la concentración de azúcares del tomate cherry, variedad “*First love*” crecimiento indeterminado; a las semillas se efectuó un tratamiento hidrotérmico y se colocaron en charola germinadora de poliestireno de 200 cavidades, incorporados a éstos sustratos como: Peat moss y Perlita, en una relación de 1:1. Cuando la plántula inició la formación del primer par de hojas verdaderas se trasplantó a macetas estándar, al medir 15 cm. fue trasplantada a macetas que contenían 25 kg del horizonte Ap de un Calcisol. Los tratamientos consistieron en la mezcla de un ácido fúlvico de leonardita, con potasio ( $K^{+1}$ ) y magnesio ( $Mg^{+2}$ ) al uno por ciento y al testigo absoluto (TA) se aplicó fertilización química, los cuales se aplicaron cada quince días y el riego se realizó cada tercer día. Durante el crecimiento del cultivo se evaluaron las variables: Peso Total (PT); Firmeza (F); Sólidos Solubles Totales (SST - °Brix); Azúcares Totales (AT) en fruto; Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE) y Diámetro de Tallo (DT); Altura (AP) en planta y contenido de los elementos de potasio ( $K^{+}$ ) y magnesio ( $Mg^{+2}$ ). Al agregar 3 mL L<sup>-1</sup> del compuesto incrementaron los valores en las variables (PT), (DP), (DE), (F), (AP), (DT) y (AT) respecto al testigo absoluto. Los (SST) mostraron un mejor comportamiento a dosis de 2 mL L<sup>-1</sup> del compuesto; en la variable:  $K^{+1}$  se observó un decremento en valores, debido a que FQ superó a los demás tratamientos y en especial a dosis de 3 y 4 mL L<sup>-1</sup> del compuesto; en cuanto al  $Mg^{+1}$ , a dosis de 4 mL L<sup>-1</sup> de ácido fúlvico solo, logró un mejor comportamiento en la acumulación de este elemento en planta, respecto a los demás tratamientos; por tanto, las extracciones de los nutrimentos, por el método de Espectrofotometría de absorción atómica en general para el K fue baja y para el Mg resultó alta, con respecto a los índices de referencia.

**Palabras clave:** sustancias húmicas, fulvato, ácidos fúlvicos, cherry.

## INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más importante en todo el mundo y la de mayor valor económico, porque es denominado como alimento básico en la dieta de los mexicanos. El tomate tipo cherry, es considerado como la forma ancestral del tomate cultivado; se conoce también como cereza, pajarito ó vagabundo. Es conocido por su rico sabor, son frutos pequeños y numerosos que se desarrollan a lo largo del tallo y ramas de la planta; su forma es esférica. Además, su importancia se debe también, a la fuente de empleo para un considerable número de familias en México y se estima que para la producción de 75,000 hectáreas de tomate, se emplean a 172 mil trabajadores de campo (Lobo, 2001).

En general, el nivel de productividad en tomate cherry bajo invernadero, es menor en comparación a los otros tipos de tomate; para el caso de España éste puede variar de 4.44 a 17.54 kg m<sup>-2</sup> (Berenguer *et al.* 2003). En México, se presentan producciones de tomate de 300 a 500 ton/ha/año (Muñoz, 2003a); en promedio, la producción se incrementó de 23 t/ha/mes en 1990 a 39 t/ha/mes en 2010 (Revista Hortalizas, 2010). Por lo comentado, la producción total de tomate mexicano para el año comercial 2013/2014 (Octubre/Septiembre) alcanzaría las 2.3 millones de toneladas métricas, en función de condiciones climáticas favorables y precios internacionales atractivos para la fruta (Departamento de Agricultura de EE.UU. - USDA).

Para obtener excelente peso del fruto, Muñoz (2003b) afirma que, podar los racimos sacrificando producción, será redituable mayormente. Acosta (2003), adicionó diversas dosis de una lombricomposta a tomate cherry y, encontró que con el testigo, el peso de fruto obtenido, fue el de superior valor. De acuerdo con Rodríguez *et al.* (1998), una mayor altura causa mayor número de hojas y de clorofila, por lo que aumenta la fotosíntesis; por consiguiente, el peso y rendimiento.

Zarate (2002), evaluó tomate en invernadero, con vermicomposta y encontró, que al adicionar el 50 por ciento de la vermicomposta de estiércol de cabra, con paja de alfalfa y zacate chino, el valor de los grados Brix, alcanzó los 5.6. Lo encontrado por el investigador anterior, fue mayor a lo afirmado por Díez (1995), donde dice que, los valores permisibles, oscilan entre 4.4 y 5.5° Brix. Es conocido, que para el éxito en la producción agrícola, se hace necesario el uso de fertilizantes químicos, porque aumentan la calidad de las cosechas; pero, el uso irracional y los altos costos de estos productos, hace necesario buscar alternativas ecológica y económicamente factibles.

Así, por ejemplo, es conocido que las funciones principales que el potasio (K) tiene en los vegetales, es en la formación del fruto y en la descomposición de carbohidratos; un proceso sumamente importante que provee de energía a la planta, para su crecimiento. El magnesio (Mg) forma parte de la molécula de clorofila, por lo cual activa enzimas para la formación de moléculas de ATP y utiliza fotoasimilados (producidos por la fotosíntesis, desde hojas a órganos de la planta,), para la formación de sacarosa (Marschner, 1995). Este mismo científico, establece que al aumentar los contenidos de K y Mg, el peso de la biomasa (vástago y raíz) de los vegetales aumenta y también los contenidos de sacarosa en los frutos.

Una alternativa que, en los últimos 20 años en América Latina, ha tomado gran auge, es el uso de las sustancias húmicas (SH), el que va en aumento; por lo que, la Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS, 2013), las definen como una mezcla compleja y heterogénea de materiales polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado humificación) y Stevenson (1994), las clasifica en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis.

A los AH y los AF, se les atribuyen algunas características, entre las que se pueden mencionar: pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los primeros, dominan los grupos funcionales oxhidrilos fenólicos (-OH) y en los segundos, los grupos carboxilos (-COOH), porque más del 80 por ciento de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados; además, presentan alta capacidad de intercambiar cationes y en el suelo, ayudan a permitir la disponibilidad de los nutrimentos para la planta (Schnitzer, 2000).

A pesar de lo comentado, el mecanismo exacto del funcionamiento de las SH, en la nutrición y fisiología vegetal, aún es desconocido; pero, algunos investigadores consideran dos hipótesis para dilucidar el efecto de estas sustancias, como estimuladores del crecimiento vegetal: 1) hay similitud entre la estructura química de las SH y algunas hormonas (Loffredo *et al.* 2005) y 2) las SH, sirven como agentes quelatantes para los nutrimentos y colocarlos disponibles para las plantas (Schnitzer, 2000), si son adicionados por la raíz y/o vía foliar (Miramontes, 2013).

Por lo comentado hasta ahora, es necesario el uso de productos que no sean agresivos con el medio ambiente y económicamente factible; además, que aumenten la calidad y acumulen carbohidratos en el fruto del tomate cherry, para la concentración de azúcares y que no demerite la firmeza, ni la vida de anaquel.

Por lo tanto, la agricultura de hoy, requiere la integración de conocimientos que permitan lograr altos rendimientos y superior calidad, con nuevas e innovadoras alternativas en la fertilización.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar el comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio, adicionado por vía foliar, en la calidad y contenido de azúcares del tomate Cherry.

### **Específico**

Establecer la dosis óptima de un fulvato de potasio y magnesio, adicionado por vía foliar, en la calidad y contenido de azúcares del tomate Cherry.

## **HIPÓTESIS**

El fulvato de potasio y magnesio, adicionado por vía foliar, tiene efecto positivo, al aumentar la calidad y la concentración de azúcares, en el tomate Cherry.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## El Humus

La palabra humus data de 2.000 A. C. y se designa su uso en la civilización griega. Para ella el humus, era aquel mineral orgánico de color marrón oscuro, de consistencia pastosa que resulta de la descomposición de los restos vegetales y animales que se encuentran en el suelo (Theophrastus 372 – 287 A. C., citado por Bollo, 1999). El término humus, se utilizó también en la antigüedad para hacer referencia a la totalidad del suelo. De Saussure (1804) fue el primero en utilizar la palabra “humus” (del latín significa suelo) tal cual, para describir el material orgánico de color oscuro presente en el suelo.

Howard (1974) y Bollo (1999), lo definen como la materia orgánica (MO) del suelo en estado avanzado de estabilización, que está formado por ácidos húmicos, fúlvicos y huminas (Urzúa, 1978; Bollo, 1999). El humus posee características físicas y químicas que provocan efectos positivos tanto en el suelo como en la planta, tales como: mejorar la estructura del suelo (Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, 1996), mejorar la retención de humedad (Guerrero, 1996; Bellapart, 1996; Bollo, 1999), facilitar la absorción de nutrientes por parte de la planta (Tisdale y Nelson, 1966; Tan y Nopamornbodi, 1979; Cooper *et al.*1998; Mackowiak *et al.*2001) y estimular el desarrollo de éstas (Vaughan y Linehan, 1976; Mylonas y Mc Cants, 1979; Tan y Nopamornbodi, 1979; Guerrero, 1996; Hartwigsen y Evans, 2000).

La mayor parte de los humus líquidos que se comercializan en el mundo se obtienen a partir de Leonardita (Tradecorp, 2001), que es un material que requiere de miles de años de descomposición (Atlántica Agrícola S. A., 2002). El humus, está formado por sustancias húmicas y no húmicas.

## Las Substancias Húmicas (SH)

De acuerdo con Stevenson (1994), la materia orgánica de suelo está conformada por la totalidad de las sustancias de tipo orgánico presentes en los suelos, incluyendo los restos de tejidos vegetales y animales inalterados, sus productos de descomposición parcial, la biomasa del suelo que algunos autores (Drozd *et al.* 1996) excluyen de la totalidad de la materia orgánica: La fracción orgánica soluble en agua y la materia orgánica estabilizada: “el humus”.

Schnitzer M. ( 1978), divide la materia orgánica en dos grupos: Las SH y las S no H, y varios autores (Stevenson, 1982. López, 2002. Schnitzer y Schulten, 1995) concuerdan con él, en que las sustancias como los carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y compuestos de bajo peso molecular, se transforman y producen las sustancias húmicas, las cuales son una muestra heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original.

Las SH, son compuestos de color que van de amarillento a negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, tienen naturaleza coloidal, presentan núcleos de carácter aromático y propiedades refractarias (Aiken, 1985). Las principales sustancias húmicas son: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y hematmelánicos (fracción del ácido húmico soluble en alcohol), que poseen grupos funcionales, energía y nutrimentos que al aplicarse al suelo y a las plantas estimulan el crecimiento vegetal interviniendo directamente en mecanismos como la formación de raíces adventicias, en la síntesis de proteínas y la división celular dentro de las plantas (Narro, 1996).

De acuerdo a Chen y Aviad (1990) las sustancias húmicas aplicadas vía foliar tienen mejores resultados debido a que la adsorción es de manera inmediata. Al aplicar productos que tengan sustancias húmicas se logra incrementar el desarrollo de meristemos apicales, debido a que influyen en algunos procesos bioquímicos en la pared celular.

Es sin duda la genética, la principal protagonista de la mejora productiva de muchas especies vegetales, empero, no puede considerarse como la principal responsable de dicho éxito. Es ayudada por las sustancias húmicas, debido a que permiten la capacidad de absorción y traslocación de nutrimentos en las plantas, de tal forma que cada proceso de biosíntesis se ve optimizado con beneficios productivos y cualitativos (Dubini, 1995).

Debido a que la estructura química de las SH es realmente complicada (por sus efectos sobre las plantas), es posible realizar un fraccionamiento de la misma: Por lo cual, Aiken *et al*, 1985, la define como: Ácidos Húmicos (AH): Fracción insoluble en agua en condiciones ácidas ( $\text{pH} < 2$ ) pero soluble a valores mayores de pH. Ácidos Fúlvicos (AF): Fracción soluble en agua en todo intervalo de pH. Humina (H): Fracción insoluble a cualquier valor de pH.

Las SH no se fabrican, sino que se forman de modo natural a partir de la materia orgánica. Dentro de la materia orgánica de tipo sedimentario son de especial interés las turbas, lignitos y Leonardita, ligadas al proceso de formación de carbono. El carbón consiste en distintos tipos de humus, en un estado de descomposición avanzado, que se formaron durante épocas prehistóricas.

La Leonardita es una sustancia vegetal humificada, muy rica en materia orgánica. Tiene su origen en el enterramiento de materiales vegetales desde hace millones de años y suele encontrarse en las capas superiores de las minas a cielo abierto de lignito (carbón). <http://www.fertilizantesyabonos.com/acidoss-humicos-de-leonardita/>

Kumada (1983) estudia las sustancias húmicas procedentes de distintos horizontes de diversos suelos, comparándolas con las obtenidas de carbones vegetales, basándose en los resultados de los análisis de su composición, encuentra que los AH y AF procedentes de materiales carbonáceos son idénticos a los del suelo.

## Importancia en la Nutrición y Fisiología Vegetal

Las sustancias húmicas, además tienen un papel importante en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas, puesto que forman complejos con los metales como el hierro, manganeso, zinc y cobre, contribuyendo además a mejorar la absorción por las plantas, como es el fósforo, nitrógeno, calcio y magnesio. Influyen en el contenido y distribución de azúcares y sobre la maduración. Por último, las sustancias húmicas tienen actividad auxínica y citoquínica. <http://www.terraia.com/index.php?revista=80&articulo=684>.

La complejación y/o quelatación de cationes, es el papel más importante de las sustancias húmicas con respecto a los seres vivos (vegetales), porque al quelatar los iones, se facilita la disponibilidad de estos mecanismos, principalmente al prevenir su precipitación, además de la influencia directamente en la disponibilidad de iones (López, 2002).

Las sustancias húmicas influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando el crecimiento radicular ya que la elongación y la formación de los primeros pelos radicales son afectados por los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sánchez - Andréu, *et al.* 1994).

Chen y Abiad (1990) encontraron que los estudios de los efectos de las sustancias húmicas en el desarrollo vegetal muestran efectos positivos sobre la acumulación de biomasa en la planta. Permite la absorción de nutrientes como Fe, Cu y Zn es mejorable en el cultivo de maíz, y en trigo (Mackowiak *et al.* 2001).

Howard (1974), señala que “la planta toma un aspecto que se asemeja a la “personalidad”; el follaje cobra apariencia característica; las hojas adquieren brillo de la salud; las flores desarrollan en sus colores tonos profundos. El desarrollo de las raíces es abundante; las raíces activas muestran no solamente, sino también un estado floreciente”.

## Ácidos Húmicos (AH)

El AH, es un material de origen biológico natural, producto de la degradación biológica de la materia orgánica; no es tóxico para los humanos y animales de sangre caliente. Este también puede obtenerse de materiales inorgánicos como el ya mencionado: mineral Leonardita. Se le conoce también, como un complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo, que se extrae del suelo por soluciones de álcalis, sales neutras o disolventes orgánicos, llevan el nombre de sustancias húmicas. (Cononova, 1981).

En una entrevista realizada al Ingeniero Técnico Agrícola D. Gregorio Murillo, por el departamento de comunicación de la Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (AEFA, 2014) menciona que la procedencia de los AH se debe, a la obtención de Leonardita, que por sus características son considerados los de mejor calidad y mayores propiedades agronómicas. Disponible en <http://www.fertilizantesyabonos.com/acidos-humicos-de-leonardita/>

Comenta que los AH en terrenos arcillosos, ayudan a mejorar la estructura del suelo, consiguiendo mejorar la permeabilidad del terreno y aumentar la aireación a nivel radicular de la planta. En los suelos arenosos, que suelen tener bajos niveles de materia, ayudan a incrementar el intercambio catiónico de los macro y micronutrientes, mejoran la capacidad de retención de agua y por lo tanto se evita una pérdida de nutrientes por lixiviación.

Algunos autores han demostrado una fórmula genérica de lo que podrían ser los AH sin tener en cuenta la cantidad de azufre (S):  $C_{10}H_{12}O_5N$  (Stevenson, 1994). Son sustancias de alto peso molecular y forman la fracción más numerosa de la materia orgánica, aproximadamente el cincuenta por ciento. El carbono (C) de 54 a 59 por ciento y el oxígeno (O) de 33 a 38 por ciento; donde dominan los grupos funcionales carboxilos (-COOH). Presentan alta capacidad de intercambio catiónico y son macromoléculas de 800 y 500,000 Unidad de Masa Atómica (UMA) (Stevenson, 1994).

Tlatempa (2001) afirma que los AH de distintos suelos y materia orgánica en descomposición presentan estructuras muy semejantes. La forma de las moléculas juega un papel importante en la formación de la estructura del suelo, el hecho que estas moléculas posean una estructura flexible y ramificada con multitud de cavidades internas, misma que determina su capacidad de absorción frente al agua (Labrador, 2001).

Por otro lado; Kuwatsuka, *et al.* (1978) comenta que los tratamientos con ácidos húmicos dan altos resultados sobre el cultivo, así como proliferación en el crecimiento de raíces y aumento en el área foliar.

Guminski *et al.* (1965), atribuyen a los ácidos húmicos presentes en la materia orgánica del suelo, el estímulo de crecimiento a las plantas de tomate, los cuales actúan como quelatantes de fierro haciéndolo disponible para las raíces. Sin embargo, atribuye a los ácidos húmicos la capacidad de elongación celular en las raíces del chícharo; ésto debido a que tiene la característica de formar complejos de fierro en los tejidos, Demostró también que las substancias húmicas inducen un mayor desarrollo del sistema vascular en tomate y en betabel, seguido de un incremento en el transporte de los nutrimentos. Ha sido propuesto que los ácidos húmicos tienen su mayor efecto sobre las células meristemáticas.

La aplicación de AH al suelo favorecen, entre otros aspectos, la formación de agregados y de la estructura, disminuye la densidad aparente, la capacidad de humedad aprovechable, disminuye el pH en los suelos alcalinos y se eleva la fertilidad natural al facilitar la absorción de los nutrimentos presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberados en forma asimilable (García, 1992).

En definitiva, las SH son promotores esenciales en la iniciación de las raíces en esquejes de geranio, los humatos del sodio, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y la Leonardita en concentraciones de 0.05 por ciento indujeron la formación de raíces; por lo que concluye que éstos tienen acción semejante a las auxinas (O'Donnell, 1973).

## Ácidos Fúlvicos (AF)

Los primeros conocimientos sobre el ácido crénico ( $C_{24}H_{24}O_{16}$ ) y apocrénico ( $C_{24}H_{12}O_{12}$ ) o ácidos fúlvicos, se deben a las investigaciones realizadas en la primera mitad del siglo XIX por el científico sueco Berzelius. El ácido crénico tiene un color amarillo claro y cuando se oxida en el aire forma una coloración pardo oscura transformándose, en una sustancia poco soluble parecida al ácido húmico, clasificado como ácido apocrénico. Los estudios realizados por el sueco Mulder y Berzelius, así como el ruso Guerman, comprobaron que estos ácidos contienen menos carbono (44-49 por ciento) y más oxígeno que los ácidos húmicos.

Fúlvico procede de la palabra “fulvus”, amarillo, en referencia al color que suelen mostrar (Hortícolas., 1998). Fracción soluble tanto en solución ácida como alcalina de la materia orgánica humificada. Los ácidos fúlvicos (AF) son mezclas de sustancias orgánicas, a diferencia de los AH, por lo cual no pueden mezclarse (no son homogéneos), ya que cada uno contiene sustancias de una amplia gama de pesos moleculares.

El peso molecular de AF, es de 10,000 moléculas/gramo y el del ácido húmico es de 5000 moléculas/gramo, llegando hasta varios millones (FitzPatrick, 1985). Los ácidos fúlvicos se distinguen de los ácidos húmicos por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55 por ciento) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales.

Los ácidos fúlvicos presentan un peso molecular bajo, de 40-50 por ciento de (C), contiene menos del 4 por ciento de nitrógeno (N), 44-48 por ciento de (O), además de grupos funcionales: carboxílicos ( $-COOH$ ) de 8-9 meq/g, metoxílicos ( $OCH_3$ ) <0.5 meq/g, alcohólicos (OH) de 3-6 meq/g, fenólicos ( $-OH$ ) de 3-6 meq/g y carbonilos ( $C=O$ ) de 1-3 meq/g (Cosmocel, 1992), citado por Cueva L. (2004), expresa que el ácido fúlvico es el material sobrante en la solución única que se ha extraído del ácido húmico por acidificación. Tiene carga negativa.

## **Importancia en la agricultura**

En la actualidad la tendencia a utilizar productos orgánicos, permite a los agricultores incrementar sus rendimientos sin alterar el medio ambiente. En este sentido, los ácidos fúlvicos han despertado un gran interés en los productores del campo; pues sus múltiples beneficios posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radicales. ([http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2013132III\\_3.pdf](http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2013132III_3.pdf)).

Los ácidos fúlvicos son de gran interés para productores del campo, debido a que posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radicales, además de estimular el crecimiento de la planta. Como resultado da un incremento en cuanto a rendimiento de cosecha, también, se obtiene un mejoramiento y recuperación del suelo al favorecer la formación de agregados y la producción exponencial de microorganismos benéficos (Anónimo, 2009; Camacho, 2001).

Rauthan y Schnitzer (1981) trabajando en el cultivo de pepino adicionaron ácidos fúlvicos en concentraciones de 100 mg.L<sup>-1</sup> de agua, observando incremento en la longitud de raíz en un 31 por ciento, peso del tallo en 81 por ciento, peso de la planta en 130 por ciento, en cuanto al número de hojas y flores por planta fue de 40 y 145 por ciento respectivamente, comparado con las plantas donde también se adicionaron AF pero en altas concentraciones.

Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que compleja hierro y zinc (Stevenson, 1982; Orlov, 1995), por lo que al adicionar ácidos fúlvicos, el hierro es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate, ya que hay mayor absorción del mismo (Ramos, 2000).

En el cultivo de melón se ha observado una mayor cantidad de calcio y resulta muy favorable para corregir la clorosis férrica en el cultivo de altramuces (De Santiago 2007; De Santiago, 2008).

## **Funciones en la planta**

Los ácidos fúlvicos estimulan la germinación de algunas variedades de semillas cultivadas. Estimula el crecimiento de las plantas y favorece la solubilización de nutrimentos. Además de estimular el crecimiento general de la planta, la traduce en mayores rendimientos y mejor calidad de cosechas. ([http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2013132III\\_3.pdf](http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2013132III_3.pdf)).

La aplicación de los ácidos fúlvicos en cereales y hortalizas, bajo condiciones controladas, estimula el crecimiento vegetal de las plantas, ya que intervienen en varios mecanismos: como la formación de raíces adventicias, respiración de raíces, síntesis de proteínas, división celular, e indirectamente en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de la planta, ya que actúan como suplementos y reguladores de la nutrición de la planta, cuando se aplican concentraciones bajas de ácidos fúlvicos (Aza, 2001; Camacho, 2001; Frías, 2000; Ovalle, 2005).

Los efectos de los ácidos fúlvicos son visibles principalmente en la parte subterránea de las plantas, ya que poseen un extraordinario poder estimulante en la raíz. Por esta razón son utilizados como enraizantes. De forma general, la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el suelo, contribuyen al desbloqueo de los nutrientes y actúan como agentes complejantes naturales, facilitando la asimilación de los mismos en la planta.

Los ácidos fúlvicos tienen importancia en la producción de iones minerales, son también reconocidos por su habilidad de hacer vitaminas y minerales absorbibles por las plantas. La interacción entre los ácidos fúlvicos y los elementos minerales debe tomar lugar antes de que esta absorción pueda suceder, cuando los minerales se ponen en contacto con los ácidos fúlvicos, en un medio acuoso, los minerales son transformados en su forma iónica o asimilable para las plantas a través de un proceso químico natural involucrado ácido fúlvico y fotosíntesis, ésto lo hace seguro para ser usado tanto en humanos como animales (Hipócrates, 2000). Citado por Ramos R. S.

## Potasio en Suelo y Planta

En los experimentos de campo a lo largo de la historia y del mundo, se ha demostrado que con un suministro adecuado de potasio y mejor manejo de nitrógeno, la eficiencia de uso del nitrógeno (N) aumenta significativamente, y consecuentemente se reduce la deposición de N al ambiente. Es valioso en la producción de hortalizas para consumo en fresco, donde el consumidor espera una apariencia atractiva y saludable.

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

En la fotosíntesis, el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto regula la absorción de  $CO_2$ . En las plantas, el potasio desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos que tienen lugar en las células de la planta. Asimismo, el agregado de K vía fertilizante incrementa rápidamente el nivel de este nutriente inmediatamente disponible.

En el seminario “El Potasio en la Agricultura” realizado el 15 de diciembre de 2011, el ingeniero agrónomo Ricardo Melgar, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), menciona que, el K reduce la incidencia de desordenes fisiológicos que afectan la calidad comercial del tomate como locus vacío (complejo de manchas en la madurez, paredes grisáceas, áreas doradas, y reverdecimiento en la base).

También hizo énfasis en el rol del potasio en la producción agrícola, debido a que es esencial en casi todos los pasos de la síntesis de proteínas y de almidón en las plantas. En la síntesis de almidón, la enzima responsable del proceso está activada por el potasio, el cual tiene un rol importante en la activación de muchas enzimas relacionadas con el crecimiento de la planta y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción de las plantas. Aumenta la síntesis de pigmentos carotenoides, especialmente el licopeno, que es el que le da el color rojo a los frutos del tomate.

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

Se considera segundo luego del nitrógeno y es generalmente considerado como el "nutriente de calidad". El  $K^+$  afecta la forma, tamaño, color y sabor de la planta y otras características atribuidas a la calidad del producto. Además, favorece la síntesis de proteínas y aumenta la actividad de enzimas, los carbohidratos deben ser reducidos para ser aprovechados en el proceso de formación de las flores.<http://www.smart-fertilizer.com/articulos/potasio-en-plantas>

En el XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Norman, S. I. (2002), menciona que el potasio se considera estimulador de la formación de azúcares, esto se debe a la capacidad que tiene el elemento para activar determinadas proteínas en el metabolismo asimilador.

En resumen el potasio es un elemento activador de varios procesos, que aumenta la resistencia de las plantas promoviendo el alargamiento de vida de anaquel de los frutos.

## Magnesio en Suelo y Planta

Loué, A. (1988), cita en su libro “Los Microelementos en la Agricultura”, la importancia de microelementos, oligoelementos, elementos menores, elementos trazas o micronutrientes, los cuales, fueron descubiertos como elementos esenciales en el decenio de 1920, con el desarrollo de métodos de análisis de laboratorio más sensibles y precisos; que es lo que la planta utiliza en cantidades muy pequeñas como catalizadores de los procesos metabólicos de las mismas, dentro de ellos se encuentra el hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, boro y cloro y más recientemente el níquel.

El magnesio (Mg) es un nutriente esencial para las plantas. Es clave para una amplia gama de funciones en los vegetales. Uno de los papeles bien conocidos del magnesio se encuentra en el proceso de la fotosíntesis, ya que es un componente básico de la clorofila, la molécula que da a las plantas su color verde. La deficiencia de magnesio puede ser un factor importante que limita la producción de cultivos. <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/magnesio>.

Este elemento forma parte estructural de la molécula de la clorofila y es necesario para la actividad de varias enzimas que intervienen en el metabolismo de los carbohidratos. También es necesario para la activación de varias enzimas que intervienen en la fotosíntesis, respiración y en la formación de ATP, ADN y ARN ([http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion\\_publicaciones/horticola/jitomate/groups/public/documents/edomex\\_archivo/icamex\\_arc\\_jitomate.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/jitomate/groups/public/documents/edomex_archivo/icamex_arc_jitomate.pdf)).

El magnesio asegura un mayor crecimiento de la planta durante la respiración, formación de aminoácidos, proteínas, grasas, vitaminas, entre otros; además, participa positivamente en la absorción de fósforo de las plantas, asociando al potasio en su movimiento por el floema para abastecer los frutos y órganos (ficha técnica “agro villacuri”, 2009), disponible en <http://www.greenfol.com/pdf/productos/MAGNESIO.pdf>.

En el XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Norman, S. I. (2002), menciona que el Mg es requerido para generar el cambio de una yema vegetativa a una yema floral, para que luego se produzca la formación de flores; se mueve normalmente a las partes más jóvenes para inducir dicho cambio y favorecer la formación de las partes florales, que ocurren progresivamente desde el cáliz, luego la corola y a continuación al androceo y finalmente al gineceo.

En la página web de smart-fertilizer (2013) se comenta que, las plantas absorben el magnesio en su forma iónica  $Mg^{+2}$ , que es la forma de magnesio disuelto en la solución del suelo; por lo tanto, las cantidades de magnesio que la planta puede absorber dependen de su concentración ésta. Así como, en la capacidad del suelo para reponer la solución del suelo con magnesio. Cuando se presenta la deficiencia de magnesio, al igual que cualquier otro nutriente, conduce a una reducción en el rendimiento, así como, una mayor susceptibilidad de la planta a enfermedades.

Dado que el magnesio es móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas inferiores y mayores. El primer síntoma es hojas pálidas, que luego desarrollan una clorosis intervenal. En algunas plantas aparecerán manchas rojizas o púrpuras en las hojas. ([http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion\\_publicaciones/horticola/jitomate/groups/public/documents/edomex\\_archivo/icamex\\_arc\\_jitomate.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/jitomate/groups/public/documents/edomex_archivo/icamex_arc_jitomate.pdf)).

A pesar del conocido papel del Mg en varias funciones de las plantas, actuando en la formación de clorofila y la fotosíntesis, es sorprendente la poca investigación conducida de este nutriente en el rendimiento y calidad de los cultivos. Existe una preocupación creciente por el agotamiento del nutriente en suelos dedicados a la agricultura de alta productividad; donde la creciente evidencia indica que los órganos receptores (como raíces en crecimiento y las semillas en desarrollo) se afectan severamente cuando no está en cantidades adecuadas en el cultivo (Cakmak, I. and A. M. Yanzici, 2010).

## Los Fulvatos

Fagbenro y Agboola (1993) mencionan que las sustancias húmicas particularmente el ácido húmico y ácido fúlvico desde varias fuentes tuvieron efecto positivo en el crecimiento de la planta a través de la aceleración de los procesos respiratorios, o al incrementar la permeabilidad de las células y por la estimulación hormonal. Evidencias recientes señalan que las respuestas de los compuestos húmicos afectan la producción de materia seca en la planta y nódulos en plantas leguminosas, ellos también presentan influencia en la toma de nutrimentos.

La característica importante del AF, es la capacidad de reaccionar con algunos metales especialmente con iones de potasio y magnesio, con ello aumenta su solubilidad en agua (información técnica y comercial del fulvato, 2014). Entonces, al mezclar un AF con algún elemento químico, se denomina fulvato (compuestos de cationes (nutrimentales) en su combinación con ácidos fúlvicos), ya que todos los fertilizantes químicos son sales (Schnitzer, 2000).

Los fulvatos de potasio, son fertilizantes y mejoradores del suelo líquido, fuertemente ionizado, formulado especialmente para incrementar la producción de aminoácidos en las plantas y enriquecer los contenidos de fósforo en suelos de cultivo, por sus propiedades quelatantes los ácidos fúlvicos ayudan a liberar los nutrimentos atrapados en el suelo e ingresarlos de manera rápida y efectiva en las plantas, tanto por vía radicular como foliar. <http://www.cosmos.com.mx/wiki/1hfn/fulvato-biodinamico>

Ya en la planta, las hojas de tomate usan la sacarosa como la principal forma de transporte del carbono (Yamaki, 1995), ya que durante la maduración del fruto de tomate, se producen cambios importantes en el color, la composición, aroma, sabor y textura que hacen al fruto atractivo para el consumo humano (Nuez, 1995). El cambio de color de los frutos durante la maduración es muy típico y suele deberse a la degradación de la clorofila (pigmento de color verde), haciendo visibles otros pigmentos que se encontraban encubiertos (Vollmer G, 1999).

Por otro lado, el fulvato de magnesio potencializa la actividad fotosintética y metabólica, necesarios en el crecimiento y desarrollo de la planta y así obtener un alto rendimiento en la cosecha (ficha técnica “agro villacuri”, 2009), disponible en <http://www.greenfol.com/pdf/productos/MAGNESIO.pdf>.

La formulación especial para aplicación foliar o directa al suelo o en algunos sistemas de riego de cualquier nivel de tecnificación, el fulvato de potasio circula y se diluye rápidamente en el agua sin dar problemas para su aplicación y por sus características de quelatación y fácil asimilación para las plantas. Disponible en (<http://www.fertilizantesgl.com/FERTILIZANTESGL/fichafulhumpot.pdf>)

En un experimento con fulvato de hierro realizado bajo condiciones de hidroponía por González (1999), se obtuvo efecto sobre la corrección de la deficiencia de hierro en el cultivo del tomate, donde el fulvato de hierro a las dosis de 3, 4, y 5  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$ , corrigieron adecuadamente la deficiencia de hierro. Además la dosis de 5  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$  produjo el mayor crecimiento de la planta, al romper el hábito de crecimiento determinado, pero el rendimiento fue menor. La mejor calidad de fruto, se obtuvo con 3 y 4  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$  de fulvato de hierro, al igual que la mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y de hierro.

Los resultados obtenidos por Mendieta (2001), cuando aplicaba 2  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$  de fulvato de hierro y 3.5  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$  de fulvato de hierro + 2  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$  de ácidos húmicos, muestran que la dosis de 2  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$  de fulvato de hierro produjo una mejor respuesta en cuanto a altura de planta y diámetro de cobertura, el testigo presentó un diámetro de tallo más grueso, la cantidad de materia seca de raíz y de follaje se obtuvo con la dosis de 3.5  $\text{cm}^3 \text{L}^{-1}$  de fulvato de hierro.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Localización del Área Experimental

La presente investigación se realizó en un invernadero del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo, perteneciente al *Campus Sede* de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la cual se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México a los 25° 21' 13.61" Latitud Norte y 101° 2' 3.68" Longitud Oeste, a una altura de 1775 msnm (Figura 1).



Figura 1. Localización del área experimental.

## Metodología

A semillas de tomate cherry variedad “*First Love*”, se les efectuó un tratamiento hidrotérmico, el que consistió en colocar las semillas en “Baño María” a 50 °C durante 15 minutos, con la finalidad de evitar en lo mayor posible, el ataque de hongos y bacterias patógenos y de acelerar la germinación; posterior a ello, fueron sembradas en charola germinadora de poliestireno de 200 cavidades, que consistió en la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación de 1:1 v/v). Cuando la plántula contenía el primer par de hojas verdaderas, se trasplantó a macetas de plástico con el mismo sustrato y cuando midió 15 cm de altura, fue trasplantada a macetas con 25 kg del horizonte Ap de un Calcisol.

Los tratamientos, consistieron en la adición vía foliar, de un fulvato de potasio y magnesio a las dosis de 0.5, 1, 2, 3, 4, y 5 mL L<sup>-1</sup> de agua aplicado y como testigos, se aplicaron 4 mL L<sup>-1</sup> de un ácido fúlvico, extraído de Leonardita y la fertilización química al 100 por ciento. También, al suelo se le agregaron 4 mL L<sup>-1</sup> de agua de un ácido fúlvico solo (AFs) (Cuadro 1).

El trabajo se distribuyó de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar, el que consistió en ocho tratamientos con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas a la planta fueron: Altura (AP) y Diámetro de Tallo (DT) (Vernier Scherr-Tumico) y al fruto: Peso Total (PT), Diámetro Polar (DP) y Diámetro Ecuatorial (DE) (Vernier Scherr-Tumico), Firmeza (F) (un probador de dureza, modelo FHT200, con punta de 3 mm), Sólidos Solubles Totales (SST - °Brix), Azúcares Totales (AT) y el K y el Mg, en el tejido vegetal de follaje (Digestión vía húmeda- a base de microondas MARS y con Espectrofotómetro de absorción atómica, modelo Varian A-5). A los datos generados, por la medición de estas variables, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ); es decir, al 95 por ciento de confianza, para la cual se empleó el paquete para computador Statistic Analysis System (SAS), versión 9.0.

Cuadro1. Descripción de los tratamientos adicionados a tomate cherry

Tratamiento	Dosis (mL L <sup>-1</sup> de agua)
*FKM <sub>1</sub>	0.5
FKM <sub>2</sub>	1
FKM <sub>3</sub>	2
FKM <sub>4</sub>	3
FKM <sub>5</sub>	4
FKM <sub>6</sub>	5
**AFs	4
***FQ	100%

\*FKM: Fulvato de Potasio y Magnesio.      \*\* AFs: Ácido Fúlvico solo

\*\*\* FQ (Fertilización Química): TA

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso Total de Fruto (PT) en Tomate

Al efectuar el análisis de varianza en el PT, se muestra que el efecto de los tratamientos, es altamente significativo (Cuadro 2); esto al 95 por ciento de confianza. Así, al comparar las medias, se demuestra que al adicionar 3 mL L<sup>-1</sup> del compuesto, se presentó el más alto valor de esa variable, al superar a la fertilización química (FQ) en 112 por ciento. Se puede decir que conforme se aumentó la dosis del fulvato, las cuantías aumentaron; pero, con excepción de la segunda dosis y con las dos cantidades más altas y los ácidos fúlvicos solos, los valores fueron los más bajos (Figura 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza del peso de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	125502.483	17928.926	14.31	0.0032**	23.33%
Error	24	99751.6671	4156.3195			
Total	31	25254.1497				

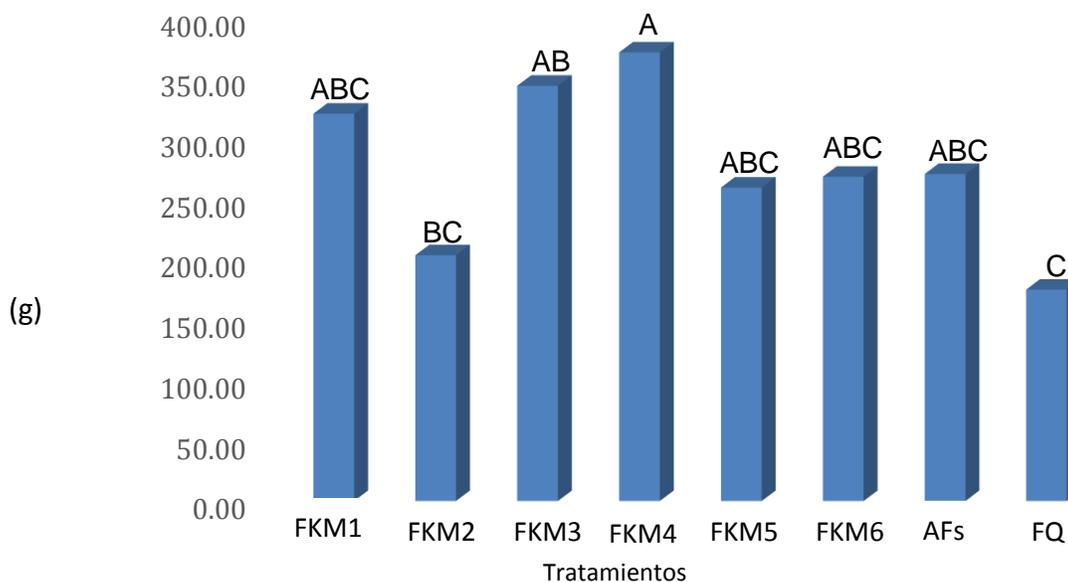


Figura 2. Peso de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

## Diámetro Polar (DP)

En el DP de fruto, los tratamientos no realizaron efecto significativo (Cuadro 3); sin embargo, gráficamente se establece que conforme aumentó la dosis del fulvato de potasio y magnesio, el valor aumentó, con excepción de la penúltima dosis, ya que ésta disminuyó considerablemente. De manera particular, se puede establecer que, a la cantidad de 3 mL L<sup>-1</sup> del compuesto, el diámetro polar, aumentó considerablemente, ya que fue superior a la fertilización química (FQ), en 13 por ciento (Figura 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza del diámetro polar de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	0.17218750	0.02459821	1.56	942NS	6.280612%
Error	24	0.37750000	0.01572917			
Total	31	0.54968750				

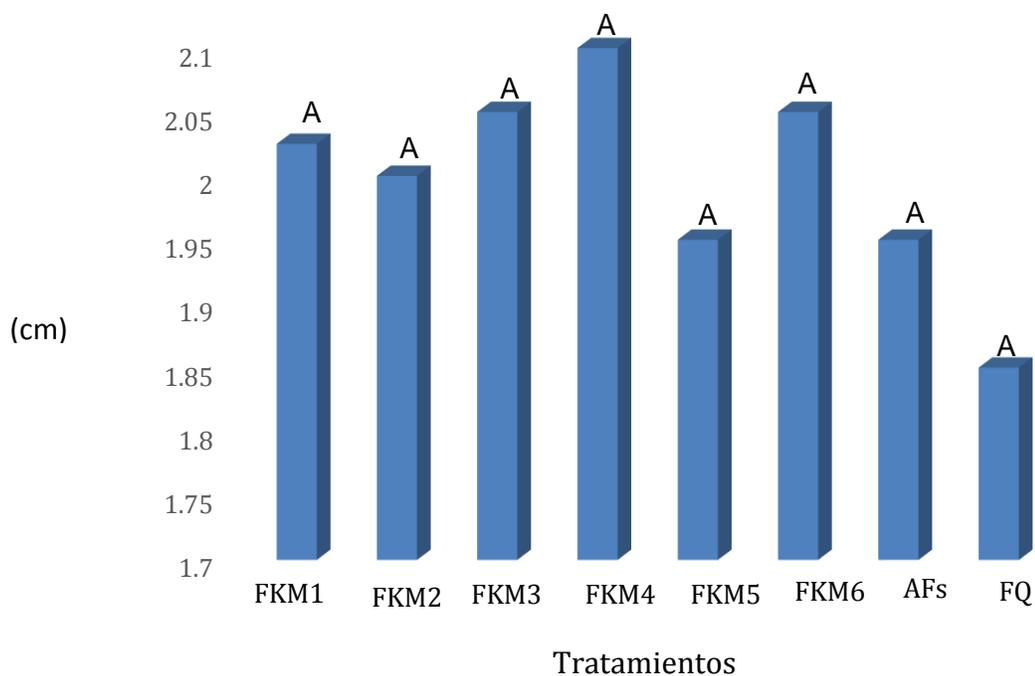


Figura 3. Diámetro polar de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

### Diámetro Ecuatorial (DE)

En esta variable, no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 4); sin embargo, al incrementar la dosis del fulvato de potasio y magnesio, el valor del DE aumentó considerablemente y a la dosis de 3 mL L<sup>-1</sup> del compuesto, se presentó el superior valor, ya que con este tratamiento, se aventajó a la fertilización química (FQ) en 15 por ciento (Figura 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	0.22932188	0.03276027	1.96	042NS	5.842886%
Error	24	0.40187500	0.01674479			
Total	31	0.63119688				

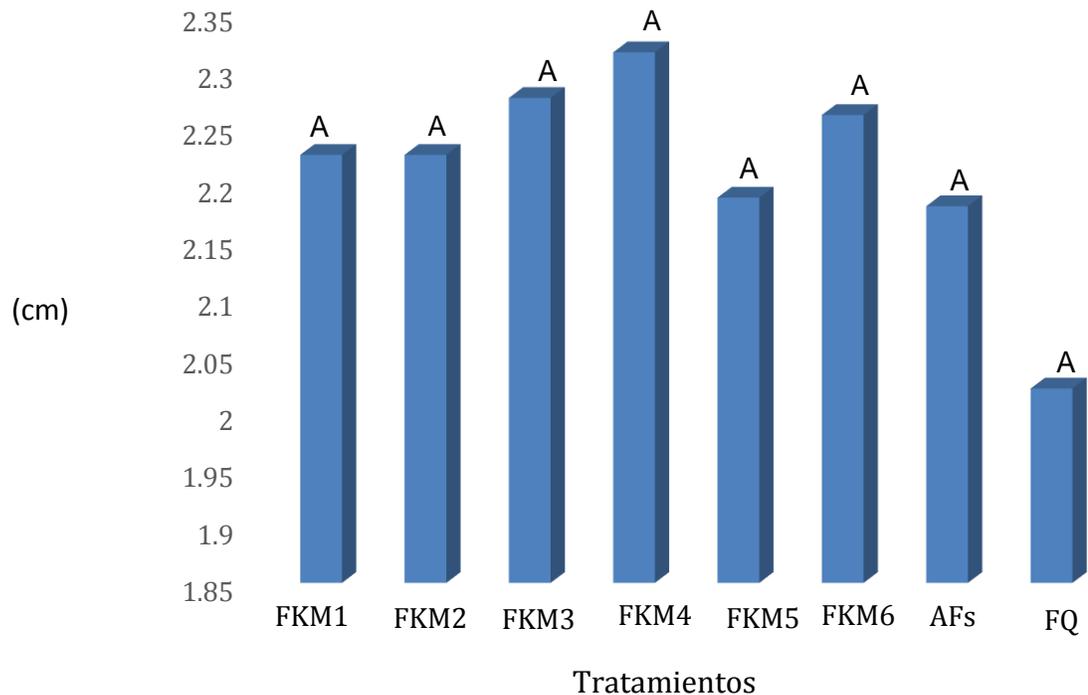


Figura 4. Diámetro ecuatorial de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

## Firmeza (F)

Aquí, los tratamientos realizaron efecto altamente significativo, al 95 por ciento de confianza (Cuadro 5). Todos los valores oscilaron entre 0.8 y 1.0 kg; pero, con el tratamiento de 3 mL L<sup>-1</sup> del fulvato de potasio y magnesio, se presentó la superior cuantía, ya que se adelantó a la fertilización química (FQ) en 53 por ciento (Figura 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza de la firmeza en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	0.37130000	0.05304286	6.81	0.0002**	10.14331%
Error	24	0.18690000	0.00778750			
Total	31	0.55820000				

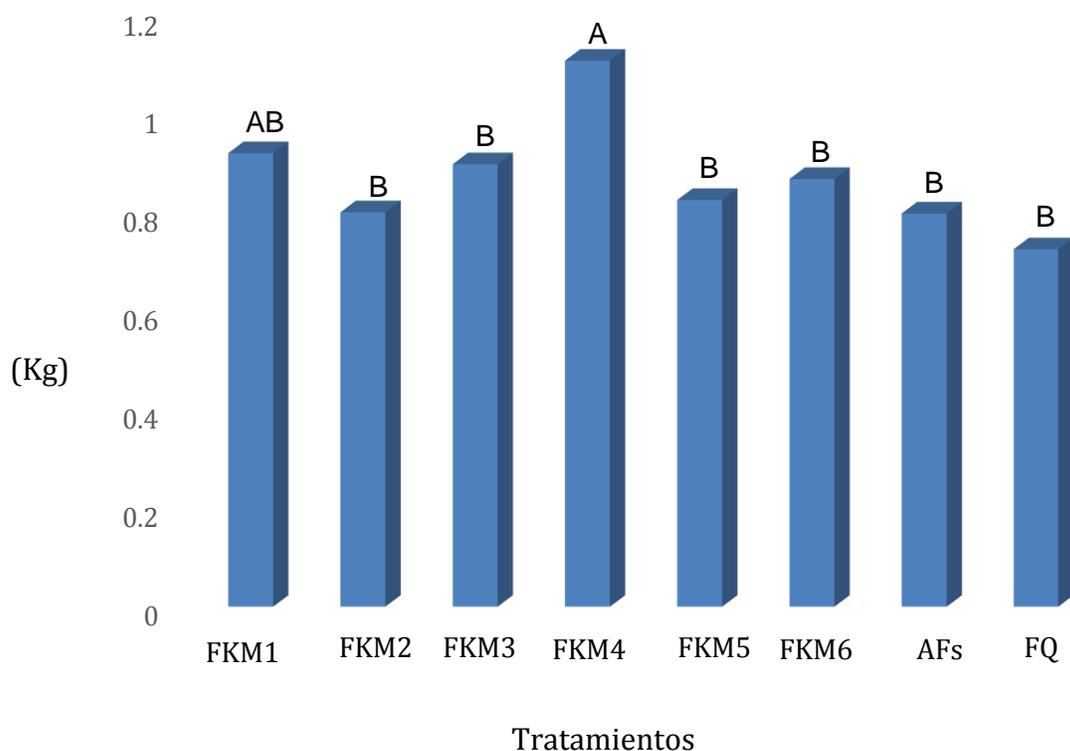


Figura 5. Firmeza de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

### Sólidos Solubles Totales (SST - °Brix)

El análisis estadístico, muestra que el efecto de la adición de un fulvato de potasio y magnesio, vía foliar, fue altamente significativo sobre los SST (Cuadro 6). A partir de la Figura 6, se puede establecer que, con la adición de diversas dosis de la mezcla del ácido fúlvico con el K y Mg, los valores fueron muy similares; sin embargo, con la aplicación de 2 mL L<sup>-1</sup> del fulvato, se superó a la fertilización química (FQ) en 22 por ciento.

Cuadro 6. Análisis de varianza de sólidos solubles totales en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	6.57718750	0.93959821	3.56	0.0091**	6.559228%
Error	24	6.32750000	0.26364583			
Total	31	12.90468750				

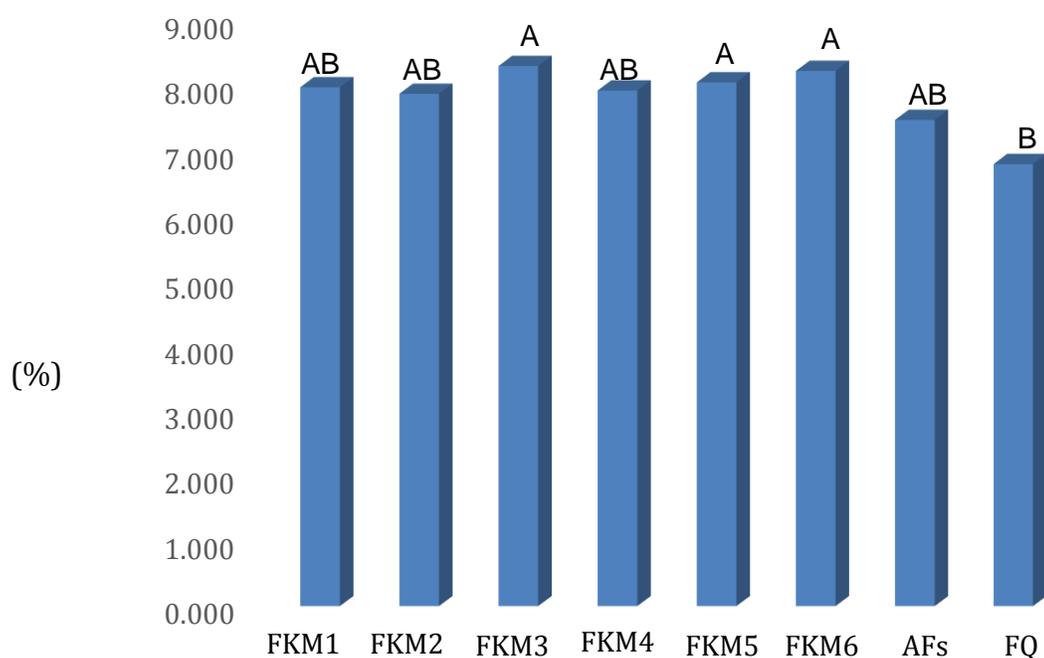


Figura 6. Sólidos solubles totales de tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

### Altura (AP)

En la AP de la planta, encontramos efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 7). Como se puede observar en la Figura 7, con la dosis de 3 mL L<sup>-1</sup> de agua del compuesto, el valor aumentó; aquí se establece que, a dosis de 4 mL L<sup>-1</sup> del compuesto disminuye el valor. El valor de la FQ, fue el inferior, porque fue superado en 24 por ciento, por el tratamiento comentado.

Cuadro 7. Análisis de varianza de altura en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	2441.468750	348.781250	2.91	0.0236*	8.331326%
Error	24	2873.750000	119.739583			
Total	31	5315.218750				

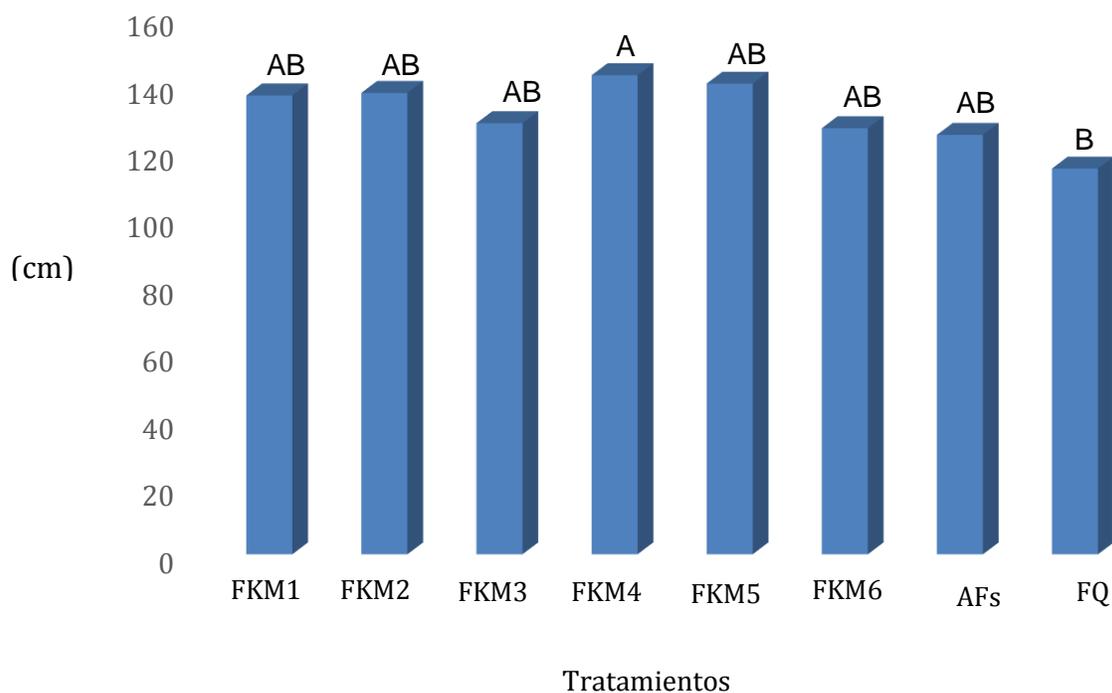


Figura 7. Altura de planta tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

### Diámetro de Tallo (DT)

Con base en el Cuadro 8, se establece que hay efecto significativo de los tratamientos en esta variable. Al agregar la dosis de 3 mL L<sup>-1</sup> del compuesto, se superó al testigo (FQ) en 25 por ciento (Figura 8). Además, con la adición de todas las dosis, con excepción de la de 2 mL L<sup>-1</sup> del fulvato de potasio y magnesio, se observa una distribución más o menos normal de los valores.

Cuadro 8. Análisis de varianza de diámetro de tallo en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	0.18420000	0.02631429	3.17	0.0161*	8.837685%
Error	24	0.19935000	0.00830625			
Total	31	0.38355000				

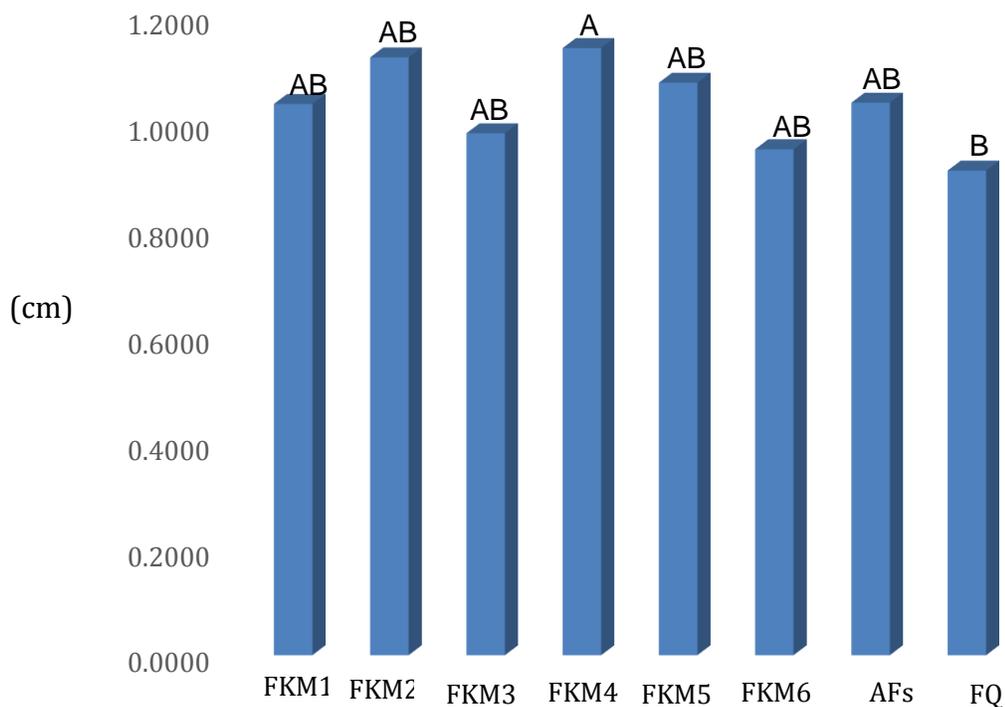


Figura 8. Diámetro de tallo en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

### Azúcares Totales (AT)

En esta variable, no hay efecto significativo de los tratamientos (Cuadro 9). Sin embargo, gráficamente (Figura 9), se establece que conforme aumentó la dosis del complejo, el valor aumentó y a la cantidad de 4 mL L<sup>-1</sup> del fulvato con potasio y magnesio, nuevamente disminuyen. Además, el valor inferior se presentó con la adición de la FQ, porque fue sobrepasado en 122 por ciento, por el tratamiento de 3 mL L<sup>-1</sup>.

Cuadro 9. Análisis de varianza de azúcares totales en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	3834.50000	547.78571	2.01	0.0961NS	39.56176%
Error	24	6547.50000	272.81250			
Total	31	0382.00000				

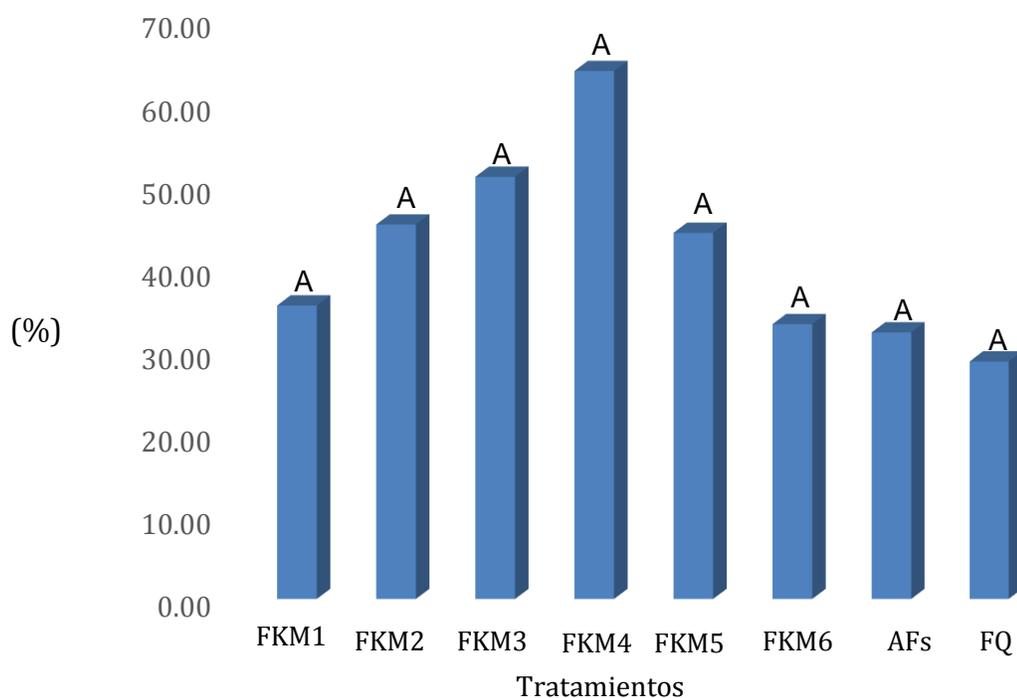


Figura 9. Azúcares totales en tomate cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

## Potasio (K) en Planta

En el contenido de K en el tejido vegetal de follaje, los tratamientos no demostraron efecto significativo (Cuadro 10); pero, de forma gráfica (Figura 10), se establece que conforme aumentó la dosis, el valor aumentó y a cantidad de 5 mL L<sup>-1</sup> del compuesto nuevamente disminuye. Sin embargo, a las dosis de 3 y 4 mL L<sup>-1</sup>, se observa un comportamiento similar, debido a que ambos se aproximaron a la cuantía de 2.3 por ciento. La FQ superó a los tratamientos, en 72 por ciento; de acuerdo a la norma para el contenido de K, en el Plant Analysis as Interpretation Manual (2008), se indica que el valor ideal es tres por ciento por lo tanto, el valor de las medias obtenidas son inferiores (deficientes) con la adición de todos los tratamientos.

Cuadro 10. Análisis de varianza en el contenido de K<sup>+</sup> en hoja, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	129740000.0	18534285.7	1.32	0.2846NS	17.48148%
Error	24	337460000.0	14060833.3			
Total	31	467200000.0				

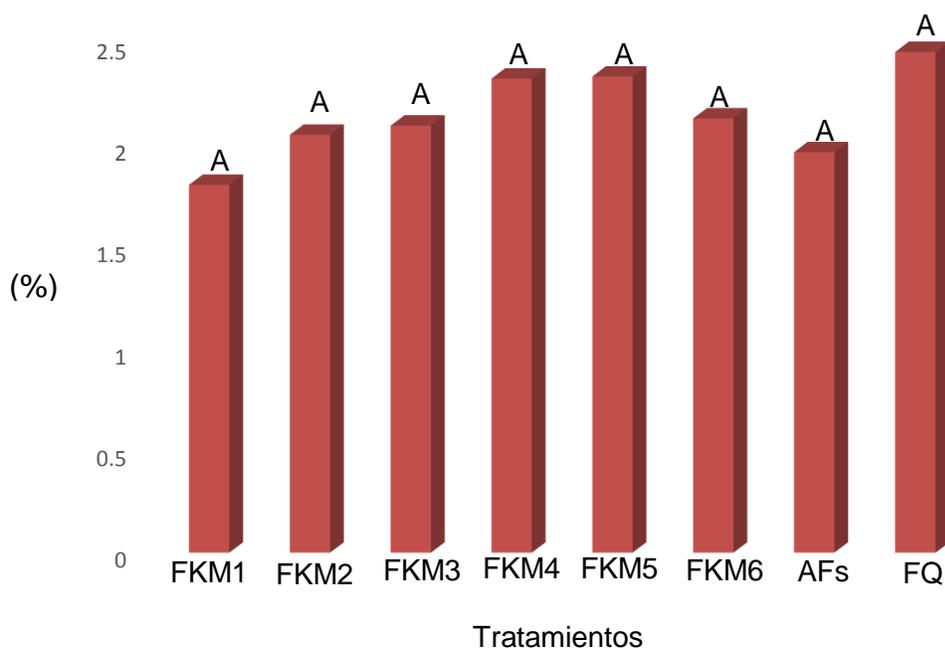


Figura 10. Potasio (K<sup>+</sup>) en la hoja expresado en porcentaje (%), con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

## Magnesio (Mg) en Planta

En el Mg en el tejido vegetal de follaje de tomate cherry, los tratamientos realizaron efecto significativo (Cuadro 11). Cuando se aplicaron los AFs, se presentó el valor más alto, ya que superó a la fertilización FQ en siete por ciento; aquí, se establece que al incrementar la dosis el valor disminuyó gradualmente y a 4 mL L<sup>-1</sup> del compuesto aumenta, y luego disminuyó. Sin embargo, todos los tratamientos están por encima del rango (0.4-0.8 por ciento), mencionado en el Plant Analysis as Interpretation Manual (2008).

Cuadro 11. Análisis de varianza en el contenido de Mg<sup>+2</sup> en hoja, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

FV	GL	SC	CM	P	P>F	CV
Modelo	7	236088750.0	33726964.3	2.97	0.0217*	25.42591%
Error	24	272650000.0	11360416.7			
Total	31	508738750.0				

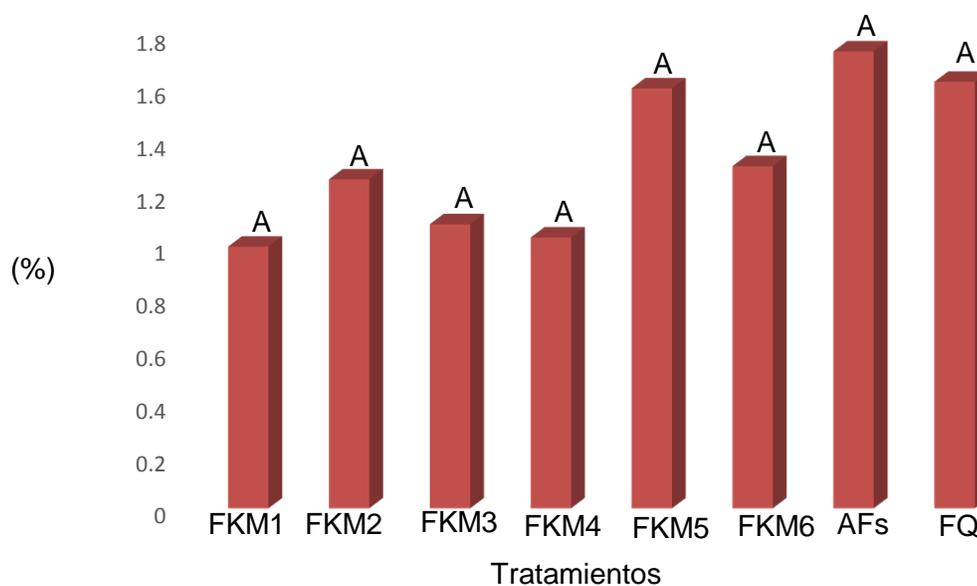


Figura 11. Magnesio (Mg<sup>+2</sup>) en la hoja expresado en porcentaje (%), con la adición de un fulvato de potasio y magnesio vía foliar.

## DISCUSIÓN

A manera de discusión, se establece que al adicionar un fulvato de potasio y magnesio por vía foliar, a la dosis de 3 mL L<sup>-1</sup>, incrementaron los valores de: PT, DP, DE, F, AP, DT y AT; mientras que, con la cantidad de 2 mL L<sup>-1</sup>, aumentaron los SST. La fertilización química, acrecentó el K<sup>+</sup> en el tejido vegetal de follaje y la adición los ácidos fúlvicos solos, lo efectuaron en el contenido de Mg<sup>+</sup>.

Es conocido que para la fertilización química, se requieren cantidades en kilogramos por hectárea; además, se incrementa la probabilidad de contaminar el medio ambiente, ya que se pueden presentar algunos efectos desfavorables, como el lavado, lixiviado, emisión y eutroficación de ecosistemas acuáticos y/o terrestres (Vessey ,2003; Ma *et al.* 2007). Un mejor método de fertilización, es la orgánica; sin embargo, aquí se requieren grandes cantidades (toneladas por hectárea), para suplir los adecuados nutrimentos que la planta necesita.

Respecto a lo anterior, gran cantidad de investigaciones han presentado que las sustancias húmicas regulan los procesos bioquímicos y fisiológicos de la planta (Vaughan *et al.* 1985), en la absorción de nutrimentos (Varanini y Piston, 2001) y las actividades biológicas, depende de la concentración, características, tamaño y peso molecular (Albuzio *et al.* 1993).

En el trabajo de Navarrete *et al.* (2004) donde marcaron plantas de frijol con dos radioisótopos (<sup>59</sup>Fe y <sup>32</sup>PO<sub>4</sub>), con y sin ácidos fúlvicos extraídos de una composta; estos investigadores encontraron que ambos nutrimentos, se distribuyeron en la hoja de manera uniforme al mezclarlos con los ácidos fúlvicos; pero, esto no sucedió donde no se adicionaron los compuestos orgánicos. Posiblemente, situación similar sucedió en el presente trabajo, porque se presentó efecto significativo en las variables medidas a la planta y al fruto en tomate cherry.

## **CONCLUSIÓN**

El fulvato de potasio y magnesio, realizó efecto positivo en las variables medidas al fruto y a la planta; mientras que, la fertilización química lo efectuó en el potasio y los ácidos fúlvicos en el magnesio.

## LITERATURA CITADA

- Acosta B., B. 2003. Producción Orgánica de Hortalizas con Vermicomposta bajo Condiciones de Invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México.
- Aiken, G. R. 1985. An Introduction to Humic Substances in Soil, Sediment and Water. In Humic Substances in Soil, Sediment and Water. Geochemistry, Insolation and Characterization. New York.
- Anónimo. 2009. Los Ácidos Fúlvicos. Teorema Ambiental Revista Técnico Ambiental. México, D. F.
- Albuzio, A., Dell'agnola, G., Dibona, D., Concheri, G., and Nardi S. 1993. Humic Constituent of Forest Soils as Plant Growth Regulating Substances, pp. 15–25, in M.G. Paoletti, W. Foissner, and D. Coleman (eds.). Soil Biota, Nutrient Cycling, and Farming Systems Lewis, Boca Raton, USA.
- Atlántica Agrícola S. A., 2002. Informe Técnico Biocat- 15. España.
- Aza A. E. 2001. Efecto de los Ácidos Fúlvicos de sus Orígenes de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- Bellapart C. 1996. Nueva Agricultura Biológica en Equilibrio con la Agricultura Química. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. Pp. 298.
- Berenguer, J.J., Escobar I. y Cuartero J. 2003. Gastos de cultivo de Tomate Tipo Cereza en Invernadero. Actas de Horticultura.39:47-48.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura, una Alternativa de Reciclaje. Ediciones Mundi- Prensa, Barcelona, España. 150p.
- Cakmak, I. and A. M. Yazici. 2010. Magnesium: A Forgotten Element in Crop Production. Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales, Universidad de Sabanci, Estambul. Better Crops 94(2):23-25.
- Camacho, I. F. A., 2001. Efecto de los Ácidos Fúlvicos en la Calidad Fisiológica y el Crecimiento de Algunas Especies Vegetales. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Chen, Y. and Aviad T. 1990. Effect of Humic Substances on Plant Growth. In: Humic Substances in Soil and Crop Sciences: "Selected Readings". Wisconsin, U. S. A.: C. E. Mac Carthy, R. L. Clapp, P. Malcolm and P. R. Bloom, Wisconsin, U. S. A. pp. 161-186.
- Cononova M.M. 1981. Materia Orgánica del Suelo, su Naturaleza, Propiedades y Métodos de Investigación. Oikos – Tav. Barcelona. España. Pag. 365.
- Cooper, R.J., Chunhua Lui y D. S. Fisher. 1998. Influence of Humic Substances on Rooting and Nutrient Content of Creeping Bentgrass. *Crop Science* 38: 1639-1644.
- Cueva, L. 2004. "Efecto de las Sustancias Húmicas en el Crecimiento y Producción de Banano Cavendish en la Zona de Baba". Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Agraria del Ecuador. p. 80.
- De Santiago A. and A. Delgado. 2007. Effects of Humic Substances on Iron Nutrition of Lupin. *Biol Fertile Soils*. 43: 829-836.
- De Santiago A.; M. J. Quintero, E. Carmona, A. Delgado. 2008. Humic Substances Increase the Effectiveness of Iron Sulfate and Vivianite Preventing Iron Chlorosis in White Lupin. *Biol Fertile Soils*. 44: 875-883.
- Diez, J. M. 1999. Tipos Varietales. Pp. 95-129. En: F. Nuez (Ed.) *El Cultivo del Tomate*. Editorial Mundi-Prensa México.
- Drozd, J. and Weber. 1996. The Role of Humic Substances in the Ecosystem and in Environmental Protection. Proc. 8 Meeting of the International Humic Substances Society. Wroclaw.
- Dubbini, G. 1995. Intereses de los Bioestimulantes. Volumen 2. Número 2. Hortoinformacion. *Revistas JDC*. 9: 50-51
- Fagbenro, J. A. and A. A. Agboola. 1993. Effect of Different Levels of Humic Acid On the Growth and Nutrient Uptake of Teak Seedlings. *Journal of Plant Nutrition*. 16(8): 1465-1483. U.S.A.
- FitzPatrick E. A., 1985. Suelos su Formación, Clasificación y Distribución. Compañía Editorial Continental, S. A. de c. V. México, D. F. Pp 430.

- Frías M. S. N., 2000 Efecto de dos Tipos de Ácidos Fúlvicos en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- García, A. J. 1992. Evaluación de Ácidos Húmicos a Diferentes Dosis en el Desarrollo del Cultivo de la Papa, en la Región de Galeana, N. L. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.
- González, R. E. 1999. Evaluación del Superquelato de Hierro (Fe) en el Cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Bajo Condiciones de Hidroponía. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Guerrero, A. 1996. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Ediciones Mundi- Prensa, Bilbao, España. 206p.
- Guminski, S., Guminisca Z. and Sulej J. 1965. Effects of Humate Agar – Agar and EDTA on the Development of Tomato Seedlings in Aired and non Aired Water Cultures. In: Journal of Experimental Botany. vol (16): pp 151 – 152.
- Hartwigsen J. y M. R. 2000. Humic Acid Seed and Substrate Treatments Promote Seedling Root Development. Hort Science 35 (7): 1231- 1233.
- Hipócrates, 2000. Citado por Ramos R. S. Fertilización Orgánica y Aplicación de Ácidos Fúlvicos Foliares en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum*), variedad rio grande.
- Hortícolas, D. 1998. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Barcelona, España: Aedos.
- Howard, A. 1974. Un testamento Agrícola, 237 p.
- Kumada, 1983. "Carbonaceous materials as a possible source of soil humus". Soil Sci. plant Nutr., 29, 383-386.
- Kuwatsuka, S.; K. Tsutsuki and K. Kumada. 1978. Chemical studies on soil humic acids I. Elementary composition of humic acids. Ibid. 24: 337 – 347.
- Labrador M. J. 2001. La Materia Orgánica en los Agroecosistemas. Madrid, España. 293 p.

- Lobo M., Medina C. I. 2001 Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var *ceraciforme*), precursor del tomate cultivado. *Revista Corpoica* vol 3 n° 02.
- Loffredo E., Monaci L. and Senesi N. 2005. Humic substances can modulate the allelopathic potential of caffeic, ferulic, and salicylic acids for seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Agric. Food Chem.* 53: 9424–9430.
- López, C. R. 2002. Comportamiento de Substancias Humicas de Diverso Origen en la Física de un Suelo Limo-Arcilloso y en la Fisiología del Tomate. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Loué, A. 1988. Los Microelementos en la Agricultura. 1ª. Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Ma J, Li XL, Xu H, Han Y, Cai ZC, Yagi K (2007) Effects of nitrogen fertilizer and wheat straw application on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from a paddy rice field. *Aust J Soil Res* 45:359–367.
- Mackowiak, C. L., P. R Grosol y B. G. Bugbee.2001. Beneficial Effects of Humic Acid on Micronutrient Availability to Wheat. *Soil Science society American Journal* 65: 1744- 1750.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, (2nd Edition). London, U.K
- Melgar R., Magen H., Imas P. 2011. El Rol del Potasio en la Producción Agrícola. International Plant Nutrition Institute.
- Mendieta E, J. 2001. Relaciones Hídricas y Fulvato de Hierro en Tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). Tesis de Mestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 48-63.
- Miramontes, L. E.A. 2013. Manejo Práctico y Eficiente de la Fertilización Foliar. Curso INTAGRI, Celaya, Guanajuato.
- Muñoz R.J.J. 2003a. El cultivo de Tomate en Invernadero. p. 226-262 *En: J.J. Muñoz y J.Z. Castellanos (Eds) Manual de Producción Hortícola en Invernadero. INCAPA. México*

- Muñoz R.J.J. 2003b. La Producción de Plántula en Invernadero. p. 187-225 En: J.J. Muñoz y J.Z. Castellanos (Eds) Manual de Producción Hortícola en Invernadero. INCAPA. México.
- Mylonas V. A. y C. B. Mc Cants. 1979. Effects of Humic and Fulvic Acids on Growth of Tobacco. *Plant and Soil* 54: 485-490.
- Narro, F. E. 1996. Sustancias Húmicas en la Agricultura (resumen). Semana de Investigación Científica. Universidad de Baja California Sur. La Paz, Baja California, México.
- Navarrete, J. M.; V. M. Urbina; T. Martínez; L. Cabrera. 2004. Role of Fulvic Acids for Transporting and Fixing Phosphate and Iron Ions in Bean Plants by Radiotracer Technique. *Journal of Radio Analytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 259, No. 2:311-314
- Norman, S. I. 2002. Nutrición Foliar y Defensa Natural. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Profesor de Fisiología Vegetal IASA-ESPE.
- Nuez, F. 1995. El Cultivo del Tomate. Barcelona, España: Aedos, S. A.
- O'Donnell, R.W. 1973 The Auxin – Like Effects of Humic Preparation from Leonardite. *Soil Science*. 116(2): 106 – 112.
- Orlov. D. S. 1995. Humic Substances in Soil and General Theory of Humification. Russian Translations Series III A. A. Balkema/Rotherdam/Brookfield
- Ovalle, R. M. C., 2005. Efecto de Sustancias Húmicas de Leonardita en el Crecimiento y Desarrollo de Plántulas de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rauthan, B. S. and M. Schnitzer. 1981. Effects of a Soil Fulvic Acid on the Growth and Nutrient Content of Cucumber (*Cucumis sativus*) Plants. *Plant and Soil*, 63: 491-495
- Ramos R. R. 2000. Aplicación de Sustancias Húmicas Comerciales como Productos de Acción Bioestimulante: Efectos Frente al Estrés Salino. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante facultad de ciencias. Departamento de Agroquímica y Bioquímica.

- Rodríguez M., N., G. Alcántar G., A. Aguilar S., J. D. Etchevers B. and J. A. Santizo R. 1998. Estimación de la Concentración de Nitrógeno y Clorofila en Tomate Mediante un Medidor Portátil de Clorofila. *Terra* 16: 135-141.
- Sánchez - Andréu, J., J. Jordá and M. Juárez 1994. Humic Substances 1994. Humic Substances. Incidence on Crop Fertility *Acta Horticulture*. 357:303-313.
- Saussure 1804. Obtenido de [www.compostadociencia.com/2008/09/antecedentes-historicos-y-origen-de-las-html](http://www.compostadociencia.com/2008/09/antecedentes-historicos-y-origen-de-las-html)
- Schnitzer, M. 1978. Humic Substances: Chemistry and Reactions: In Soil Organic Matter. (Schnitzer and Khan. Soil Organic Matter. Ed.) . Elsevir, Amsterdam.
- Schnitzer, M. and Schulten, H. R., 1995. Analysis of Organic Matter in Soli Extracts and Whole Soils by Pyrolysis-Mass Spectrometry. Ed. D. L. Sparks. *Advances in Agronomy*, Academic Press. 55: 167-217.
- 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. Ontario, Canadá.
- Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. J. Willey and Sons. New York, NY.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composición, Reacciones*. (2ª Ed.). New York, U. S. A.
- Tisdale S. L. y W. Nelson; 1966. *Soil Fertility and Fertilizers*. Segunda Edición. Macmillan Company. New York, Estados Unidos. 694p.
- Tlatempa M. L. 2001. Efecto de Nitrógeno (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: urea) y Ácidos Húmicos sobre Tomate de Cascara (*Physalis Ixocarpa Brot*) en Hidroponía. Tesis de Licenciatura del Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México. 74 p.
- Torres D. M. 2009. Ciclo del Potasio en Agroecosistemas y Reacción de los Fertilizantes Potásicos en el Suelo. Tecnoagro SRL y Comité de Fertilidad y Nutrición Vegetal-Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS).
- Trade Corp, 2001. Informe Técnico Humistar. España.
- Urzúa, H. 1978. *Materia Orgánica y Sustancias Húmicas del Suelo*. Publicación número 19, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 77p.

- Varanini, Z. and Pinton, R. 2001. Direct Versus Indirect Effects of Soil Humic Substances on Plant Growth and Nutrition, pp. 141–158, in R. Pinton, Z. Varanini, and P. Nannipieri (eds.). *The Rhizosphere*. Marcel Dekker, Basel, Switzerland.
- Vaughan D. y D. J. Linehan. 1976. The Growth of Wheat Plants in Humic Acid Solutions Under Axenic Conditions. *Plants and Soil* 44: 445- 449.
- Vaughan, D., Malcolm, R. E. and Ord, B. G. 1985. Influence of Humic Substances on Biochemical Processes in Plants, pp. 77–108, in D. Vaughan and R. E. Malcolm (eds.). *Soil Organic Matter and Biological Activity*. Nijhoff/Dr. W. Junk, Dordrecht, Germany.
- Vessey KV 2003. Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Biofertilizers. *Plant Soil* 255:571–586.
- Vollmer G, J. G. 1999. *Frutas, Verduras y Hortalizas, Legumbres en Elementos de Bromatología descriptiva*. Zaragoza, Acribia, S. A.
- Yamaki, S. 1995. Physiology and Metabolism of Fruit Development, Biochemistry of Sugar Metabolism and Compartmentation in Fruits. *Acta de Horticulturae*. 398: 109-120.
- Zarate L., T. 2002. *Respuesta Fisiológica del Tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en Cuatro Substratos de Vermicomposta en Diferentes Niveles*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 63p.

## PÁGINA WEB

[http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2013132III\\_3.pdf](http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2013132III_3.pdf)

[http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion\\_publicaciones/horticola/jitomate/grupos/public/documents/edomex\\_archivo/icamex\\_arc\\_jitomate.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/jitomate/grupos/public/documents/edomex_archivo/icamex_arc_jitomate.pdf)

<http://www.smart-fertilizer.com/articulos/potasio-en-plantas>.

<http://www.smart-fertilizer.com/articulos/magnesio>

<http://www.terraia.com/index.php?revista=80&articulo=684>.

<http://www.fertilizantesgl.com/FERTILIZANTESGL/fichafulhumpot.pdf>.

<http://www.greenfol.com/pdf/productos/MAGNESIO.pdf>

<http://www.cosmos.com.mx/wiki/1hfn/fulvato-biodinamico>