

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



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

Por:

CATALINA GARCÉS VELÁZQUEZ

TESIS

Presenta como Requisito Parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenvista Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

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

Por:

CATALINA GARCÉS VELÁZQUEZ

TESIS

Elaborada por la supervisión del comité de asesoría y aprobada como
requisito parcial, para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

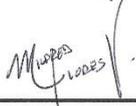
Aprobado por:



Dr. Rubén López Cervantes
Asesor Principal



Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor



MC. Mildred Inna Marcela
Flores Verástegui
Coasesor



MC. Fidel Maximiano
Peña Ramos
Coasesor



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


Coordinación de
Ingeniería

Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2014.

AGRADECIMIENTO

A Dios

A ti señor agradezco que me hayas dado la oportunidad de existir, aun que mis ojos no te puedan ver, mis manos no te pueden sentir, pero sé que estás a mi lado acompañándome en todo momento.

Este trabajo no habría sido posible sin la participación más o menos directa de numerosas personas que me han instruido, aconsejado, ayudado y acompañado en cada una de sus fases y a las que estoy infinitamente agradecida a mis maestros del Departamento Ciencias del Suelo.

Quiero agradecer y mostrar mi cariño a mis asesores de tesis, Dr. Rubén López Cervantes, Dr. Edmundo Peña Cervantes, MC. Fidel Maximiano Peña Ramos y a la MC. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui.

A mi familia, en general agradezco en la manera en cómo me educaron, gracias a la educación que recibí por parte de mi padre puedo decir con orgullo que he concluido lo que muchos dudaban.

Agradezco a mis amigos, Norma Ángel, Mariza Cistina, Víctor Manuel, Dulce Olivia, Lupita, Daniela Daymi y Areli quienes durante el tiempo que más necesite de su apoyo, estuvieron ahí brindándome su amistad. A Luis y a Roque que son lo mejor de lo mejor, gracias a todos.

Mis compañeros de la carrera, agradezco infinitamente por su apoyo en todo momento.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

A mi "Alma Terra Mater" gracias por haber permitido que yo formara parte de ti gracias a ti pude culminar una etapa más de mi vida, gracias.

DEDICATORIA

Este trabajo como resultado de mucho esfuerzo, consejos, dedicación, amor, paciencia, fe, de todas aquellas personas que estuvieron y están confiando en mí, les dedico este escrito con mucho amor.

A mis padres

Miguel Garcés Cruz y María Margarita Velázquez Mejía

No habría sido posible este logro sino hubiera tenido unos padres como ustedes, que supieron como orientar a su hija, con todo mi amor este logro ha sido gracias a ustedes.

A mis hermanos

Mi gran familia Garcés Velázquez. Gracias por estar siempre pendiente de mí, por mostrar sus preocupaciones que sin importar los problemas que pasábamos, ustedes siempre procuraron por mí, los amo mucho hermanos míos, a ti hermano Ricardo que confiaste ciegamente sin pedir nada a cambio, diste mucho por mi simplemente confiaste y creíste en mí. Los amo y que DIOS siempre los colme de mucha salud.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICES DE FIGURAS	v
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
General.....	4
Específicos	4
HIPÓTESIS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Descripción Botánica Del Tomate Tipo Cherry	5
Parámetros de Calidad.....	6
Las Substancias Húmicas	9
Mecanismos de Interacción de las SH y los Nutrientos	11
Sobre el Suelo.....	14
Sobre la Planta.....	15
Fulvato Como Agente Quelatante	16
El Magnesio (Mg)	16
Magnesio en la Planta	17
El Potasio (K)	17
El Potasio en la Planta.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Localidad del Área Experimental.....	18
Metodología	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
Peso Fresco del Fruto	21
Diámetro Polar (DP).....	23
Diámetro Ecuatorial (DE).....	25
Firmeza (FIR)	27
El magnesio (Mg)	31
El potasio (K).....	32
Altura de Planta (AP).....	34
DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIÓN.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de contenido de azúcares.....	7
Cuadro 2.Composición media de fruto de tomate.	8
Cuadro 3. Contenido nutricional detallado de dos tipos de tomate.	9
Cuadro 4. Intervalos usuales para la composición elemental de las SH. (Steelink, 1985).	11
Cuadro 5. Distribución de los tratamientos adicionados a tomate tipo Cherry, variedad “First Love”.	19
Cuadro 6. Análisis de varianza del peso fresco del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	21
Cuadro 7. Análisis de varianza del diámetro polar del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	23
Cuadro 8. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	25
Cuadro 9. Análisis de varianza de firmeza del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	27
Cuadro 10. Análisis de varianza de los SST-°Brix del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	29
Cuadro 11. Análisis de varianza del Magnesio del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	31
Cuadro 12. Análisis de varianza del Potasio del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	32
Cuadro 13. Análisis de varianza de los azúcares totales del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	33
Cuadro 14. Análisis de varianza de la altura de la planta del tomate Cherry, variedad “First Love” con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	34

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Tomate tipo Cherry, visto desde arriba, abajo y en un corte transversal. Se pueden observar los dos lóculos, la placenta y las semillas adheridas a tales placentas.	6
Figura 2. Estructura química de AF tomada de Buffle et al. 1977.....	12
Figura 3. Estructura de los AH propuesta por (Stevenson 1982).....	12
Figura 4. Localización del área experimental.	18
Figura 5. Peso fresco de fruto de tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	22
Figura 6. Peso fresco de fruto de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.	22
Figura 7. Diámetro polar de tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).....	24
Figura 8. Diámetro polar fruto de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.	24
Figura 9. Diámetro ecuatorial de tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	26
Figura 10. Diámetro ecuatorial del tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.	26
Figura 11. Firmeza del fruto del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	28
Figura 12. Firmeza del fruto de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.	28
Figura 13. SST-°Brix del zumo del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	30
Figura 14. SST- Brix del zumo de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.	30
Figura 15. Magnesio en el tejido vegetal de la planta del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).....	31
Figura 16. Potasio en el follaje de la planta del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).....	32
Figura 17. Azúcares totales del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	33
Figura 18. Altura de la planta del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).	34

RESUMEN

Con el fin de determinar el comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio, en la calidad del tomate tipo Cherry, en charolas de 200 cavidades fueron sembradas las semillas de tomate tipo Cherry variedad "*Firts love*", después fueron trasplantadas en macetas de 25 Kg de suelo y tres días después se adicionaron al suelo 4 mL L^{-1} de ácidos húmicos (AH). Por vía foliar, se adicionaron el fulvato de potasio y magnesio a dosis de 0.5, 1, 2, 3, 4 y 5 mL L^{-1} de un fulvato de potasio y magnesio; además, ácidos fúlvicos de Leonardita solos (AF_{solos}) y fertilización química (FQ) como testigo. Las variables medidas al fruto: sólidos solubles totales (SST-°Brix), firmeza (FIR), peso fresco del fruto (PFF), diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE), el contenido de potasio (K), y magnesio (Mg) en el tejido vegetal de follaje y la altura de planta (AP). Se encontró que el fulvato de potasio y magnesio, realizó efecto positivo en PFF, DE, SST, AT, AP, con la adición de 5 mL L^{-1} , 3 mL L^{-1} , 0.5 mL L^{-1} , 2 mL L^{-1} , 4 mL L^{-1} , y con un 33%, 13%, 16%, 72% y 31% sobre el testigo (FQ), respectivamente. En el Mg y DP, lo efectuaron los AF solos y en FIR y K, la FQ. En el corte siete, se obtuvieron los mayores valores de PFF, DP y DE; en FIR, el corte 5 y en SST, los cortes 2 y 4. Se concluye que en todas las variables medidas al fruto y a la planta, el fulvato de potasio y magnesio realizaron efecto positivo; pero en el DE del fruto y el Mg del tejido de follaje, lo efectuaron los ácidos húmicos solos, en la FIR, y el contenido de K, lo hizo la FQ.

Palabras claves: *Lycopersicon sculentm Mill*; ácidos fúlvicos.

INTRODUCCIÓN

El tomate tipo Cherry corresponde a la especie *Solanum lycopersicum* var. *First Love*, variedad botánica considerada como la forma ancestral del tomate cultivado y se encuentra diseminada en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Se conoce también como cereza, pajarito o vagabundo; en la actualidad, se ha posicionado gastronómicamente, no solamente como decoración de platos, sino como parte integral de los mismos, en ensaladas, salsas, cocteles y en programas de mejoramiento (Lobo, 2001).

El tomate es la hortaliza más importante en todo el mundo y la de mayor valor económico; según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2006), el tomate es el segundo vegetal más cultivado en el mundo, después de la patata, con una producción mundial de aproximadamente 125×10^6 t de tomate fresco en 4.6×10^6 por todo el mundo; China, U.S.A. y Turquía, son los principales productores (Estadística de la Organización para la Alimentación y la Agricultura, FAOSTAT, 2006). El tomate Cherry, en varias regiones del área mediterránea, se cultiva a lo largo del año en invernaderos de plásticos y es España, el país donde se encuentra la mayor superficie de invernaderos (Castilla, 2004).

El tomate, en México es sustentable, con una producción de dos millones de toneladas promedio al año, con poco más de 70 mil hectáreas dedicadas a la siembra de este cultivo. Los tipos de tomate más importantes producidos, tanto a campo abierto como en agricultura protegida, son el de tipo Saladette (el más producido), seguido por los tipos Bola (steak), Cherry, en Racimo y otras especialidades como los tipo Mimi y Campari, esto lo menciona la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2011); el tomate Cherry, es el de mayor exportación, tanto a Estados Unidos, Canadá y Japón (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática - INEGI, 2009).

El tomate tipo "Cherry", se ha expandido en casi todo el mundo, debido a que es una buena fuente de antioxidantes y reduce el riesgo de contraer enfermedades crónicas, tales como cardiovasculares y cáncer de próstata (Giovannucci, 1999). En recientes estudios en España, sobre fuentes alimenticias

de vitamina C, vitamina E y carotenoides específicos, el tomate ocupa el primer lugar como fuente de licopeno con 71.6 por ciento, en segundo lugar como fuente de vitamina C (12.0%), de pro-vitamina A ó carotenoides (14.6 %), de β -caroteno (17.2%) y la tercera fuente de vitamina E (6.0 %).

Las expectativas de mercado que presenta este tipo de producto, son limitadas por la nula oferta de híbridos de tomate tipo “Cherry” nacionales, que estén acordes a las condiciones socioeconómicas de nuestro agricultor. En la actualidad, la producción de esta especialidad, depende de la semilla de cultivares híbridos F1 importados, la cual es muy costosa. Estos materiales importados requieren de gran cantidad de agroquímicos, lo que hacen que los costos de producción se eleven por la compra y aplicación de agroquímicos (García-Closas *et al.* 2004).

Con el auge de la Agricultura Sostenible y/o Sustentable, en México en los últimos 20 años, el uso de sustancias húmicas (SH), va en aumento; así, la Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS - 2013), dice que las SH, son 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).

El uso de los fertilizantes químicos, incrementa el rendimiento de los cultivos por superficie; sin embargo, la mayoría de estos productos son derivados de recursos naturales no renovables y su costo es elevado, originan mayor contaminación en los suelos, probabilidad de intoxicación de cultivos debido a excesos, salinización de los suelos, etc. A diferencia de los fertilizantes orgánicos que aumentan la actividad microbiana, mayor fertilidad en los suelos, pero la asimilación por los cultivos es más lento, se requiere grandes cantidades para abastecer un cultivo. Debido a esto se ha optado el uso de los productos organominerales. Que son todas aquellas mezclas de un mineral y un producto orgánico.

El magnesio (Mg) y el potasio (K) son de gran importancia en el desarrollo de los vegetales. El Mg ocupa la posición central de la molécula de la clorofila. La clorofila es un pigmento verde de la planta que interviene en la producción de

materia orgánica utilizando la energía solar. Un adecuado suministro de Mg a las plantas intensifica claramente la actividad fotosintética de las hojas.

Se menciona que si el suelo se encuentra bien provisto en Mg disponible, este progresivo descenso como consecuencia de aplicaciones importantes de K al suelo, no nos llevará a niveles de Mg inferiores al nivel crítico de Mg en la planta, y será posible aprovechar al máximo el potencial productivo genético de la planta por una acción conjunta de los elementos K y Mg que no provoque deficiencias de ninguno de ellos.

A los ácidos húmicos (AH) y los ácidos fúlvicos (AF), se les atribuye que pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su 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 para intercambiar cationes (Schnitzer, 2000). Gracias a lo anterior, cuando a estos compuestos orgánicos se les adicionan nutrimentos, son denominados humatos y/o fulvatos del elemento químico dominante; por ejemplo, si se adiciona potasio, serán humatos y/o fulvatos de potasio (Stevenson, 1984)

Eyheraguibel *et al.* (2008), indican que con la aplicación de las SH aumenta la nutrición mineral; es decir, la absorción de macro y micronutrimentos podrían estar relacionado con la estimulación del crecimiento vegetal. La aplicación de extractos húmicos, mejora la absorción de potasio, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso y hierro. En los tejidos radicales, se ha observado mayor concentración de nutrimentos, debido a su contacto directo con la solución de estos compuestos químicos. También, se presenta un ligero aumento en la absorción de cobre, magnesio y azufre.

En los últimos 10 años, López y Peña (comunicación personal, 2014), realizaron una serie de trabajos, donde adicionaron diversas dosis de SH a tomate tipo Cherry y no lograron aumentar el contenido de sólidos solubles totales; por ello, se hace necesario el uso de fulvatos de potasio y magnesio, con el fin de aumentar la calidad del tomate tipo Cherry y en específico, el contenido de azúcares totales.

OBJETIVOS

General

- Determinar el comportamiento de un fulvato de potasio y magnesio, en la calidad del tomate tipo Cherry.

Específicos

- Establecer la dosis óptima de un fulvato de potasio y magnesio, que aumente la calidad del tomate tipo Cherry.
- Aumentar la cantidad de sólidos solubles totales en el tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio.

HIPÓTESIS

Un fulvato de potasio y magnesio, tiene efecto positivo, al aumentar la calidad y el contenido de sólidos solubles totales del tomate tipo Cherry.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción Botánica Del Tomate Tipo Cherry

Las variedades precoces (que florecen y fructifican más rápido), suelen alcanzar la longitud de 1.2 m; las tardías presentan un crecimiento mayor llegando a los 2.5 m de longitud. El hábito de crecimiento es muy diverso, en su estadio juvenil son erguidas y en el adulto son semi-erguidas; el tallo no es lo suficientemente rígido como para soportar el peso de las hojas, ramas secundarias y frutos por lo que se emplea alguna estructura de sostén, como “tutoreos” o “espalderas” con el fin de sostener a la planta. El tallo es anguloso, pubescente, con algunos pelos glandulares, mostrando al principio una consistencia herbácea y leñosa, en estado adulto. La ramificación del tallo es simpodial, es decir, las yemas axilares desarrollan ejes sucesivos, mientras que las yemas terminales producen flores. El sistema radical es pivotante, muy denso y ramificado en los treinta primeros centímetros. (Smith, 1994).

Presenta hojas compuestas imparipinadas y de siete a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. (Jaramillo *et al.* 2007).

Para Atherton y Rudich (1986), las flores son hermafroditas, actinomorfas y péndulas, de uno a dos centímetros de largo y color amarillo brillante. El cáliz está formado por cinco a diez segmentos, lineales a lanceolados y persistentes. La corola es amarilla, rota, con el tubo corto, dividida en 5 o más lóbulos, con numerosos pelos glandulares en la cara dorsal, cinco o más estambres adheridos al tubo de la corola, de filamentos cortos y anteras conniventes, dehiscentes por hendiduras longitudinales. El pistilo es único, formado por la unión de cinco a seis carpelos. El ovario es bilocular (existen hasta 10 lóculos en ciertas variedades cultivadas), con el fruto.

El fruto es una baya, siendo en esta por lo general en las especies silvestres biloculares o 30-locular, presenta de cinco a nueve lóculos. En la epidermis de los frutos, se desarrollan pelos y glándulas que desaparecen cuando estos llegan a la madurez. La forma del fruto es variable, generalmente globoso u oblongo; presenta numerosas semillas, pequeñas, amarillento-grisáceas, velludas, embebidas en una masa gelatinosa. El tomate, al igual que sus congéneres silvestres, es una especie diploide con 24 cromosomas en sus células somáticas. (Atherton y Rudich, 1986).



Figura 1. Tomate tipo Cherry, visto desde arriba, abajo y en un corte transversal. Se pueden observar los dos lóculos, la placenta y las semillas adheridas a tales placentas.

Parámetros de Calidad

La calidad se define en función del uso al que va a ser destinado el producto. En el caso del tomate fresco deben considerarse todas las características valoradas por los consumidores, incluyendo el sabor, aroma y la textura (Jarén, 2005). Las cualidades organolépticas están relacionadas con la composición química. Aguayo y Artés (2004) consideran que para tener un aroma y un sabor óptimo, los tomates deben tener un contenido en sólidos solubles (TSS) de entre 4 y 6 °Brix y un pH entre 4 y 5. La calidad del tomate fresco se debe tener al concepto de “calidad total” considerando todas las características (Jones, 1999).

- Apariencia física: el color, el tamaño, la forma, los defectos y el deterioro. La calidad del tomate estándar, se basa principalmente en la uniformidad de la forma (dependiendo del tipo puede ser redondo, forma globosa aplanada u ovalada); el color (anaranjado-rojo a rojo intenso o amarillo claro, evitando las manchas); el tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero influye en las expectativas de su calidad comercial.
- Firmeza: los atributos texturales más importantes en el tomate son carnosidad, jugosidad, harinosidad y sobre todo, firmeza. El tomate debe ser firme al tacto, no debe estar suave ni deformarse fácilmente debido a sobre-madurez.
- Sabor: es determinado por: el contenido de azúcares, el grado de maduración, la nutrición vegetal, el genotipo y el manejo de postcosecha. La intensidad del

sabor del fruto, es determinado por el contenido de azúcares (fundamentalmente fructosa y glucosa), de ácidos orgánicos (cítrico, málico y acidez total) y la composición de compuestos volátiles. El gusto del consumidor, determina que una mayor relación azúcares/acidez, genera un efecto favorable en el sabor (Baldwin *et al.*1998).

- Características nutricionales: el contenido nutricional del tomate, ha ganado interés por la salud de los consumidores, existe una relación inversa entre el consumo de tomate y el riesgo en la aparición de ciertos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y degeneración muscular, relacionada con la edad; ésto, debido a su elevado contenido en compuestos antioxidantes y minerales (Dorais *et al.* 2008).

Entre los índices de calidad que acabamos de mencionar, cabe destacar principalmente el sabor y el contenido nutricional.

Fernández-Ruiz *et al.* (2004), menciona que para el sabor, los frutos contienen mayor cantidad de vitaminas y minerales, se presenta bajo valor calórico y se caracteriza por un elevado contenido de agua (de 90 a 94%); además, se presentan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno. Peet (1996), describió el sabor del fruto basado en la acidez (bajo pH) y el contenido en azúcares de la siguiente manera:

Cuadro 1. Clasificación de contenido de azúcares.

Acidez	Contenido en azúcar	Sabor
Alta	Alto	Bueno
Alta	Bajo	Agrio
Baja	Alto	Suave
Baja	Bajo	Insípido

Stevens *et al.* (1977) encontraron que la fructuosa y el ácido cítrico eran más importantes en el dulzor y en la acidez, que la glucosa y el ácido málico; el pH, es una medida más objetiva de la acidez que la acidez valorada.

Mencionan también que el fruto de tomate se ha conocido, gracias a su elevado contenido en licopeno, el pigmento rojo antioxidante más conocido del fruto; además, los tomates contienen cantidades importantes de vitamina A [una media de 1000 unidades internacionales (UI) por cada 100g], ácido ascórbico (vitamina C; entre 20-25 mg/100 g) y potasio (K; 200-210 mg/100 g). Las variedades de tomate varían su contenido en sólidos solubles entre 4.5 y 7 por ciento, siendo la gran parte de ellos fructosa y glucosa. El ácido cítrico es el predominante en el zumo de tomate y el pH del fruto normalmente se encuentra por debajo de 4.5. (Cuadro 2).

Davies y Hobson (1981), fueron los primeros en mostrar de forma general la composición de los frutos de tomate (Cuadro 1).

Cuadro 2. Composición media de fruto de tomate.

Constituyente	Materia seca (%)	Constituyente	Materia seca (%)
Azúcares		Minerales	
Glucosa	22	(K,Ca,Mg,P)	8
Fructosa	25	Otros	
Sacarosa	1	Lípidos	2
Sólidos insolubles en alcohol		Acido amino dicarboxílicos	2
Proteínas	8	Pigmentos	0.4
Sustancias pécticas	7	Ácido ascórbico	0.5
Hemicelulosas	4	Volátiles	0.1
Celulosas	6	Otros amino ácidos, vitaminas y polifenoles	1.0
Ácidos orgánicos			
Ácido cítrico	9		
Ácido málico	4		

Cuadro 3. Contenido nutricional detallado de dos tipos de tomate.

Constituyente	Tomate (100g porción comestible)	Tomate Cherry (100g porción comestible)
Agua%	93.5	93.5
Energía, cal	22	22
Carbohidratos, g	4.75	4.9
Proteínas, g	1.05	1.00
Grasas, g	0.20	0.20
Fibras, g	0.55	0.40
Calcio (Ca), mg	12	29
Fosforo (P), mg	26	62
Potasio (K), mg	244	-
Sodio (Na), mg	3	-
Magnesio (Mg), mg	14	-
Hierro (Fe), mg	0.5	1.7
Vitamina A, UI	900	2000
Ácido ascórbico, mg	25	50
Vitamina B ₁ , mg	0.06	0.05
Vitamina B ₂ , mg	0.04	0.04
Niacina, mg	0.7	-

Las Substancias Húmicas

El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbón, química y físicamente, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente, de productos desmenuzados, de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzer y Schultem 1995, Schnitzer, 2000).

La humificación de la materia orgánica (MO), origina las sustancias húmicas (SH), las cuales son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original, provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, y de la actividad de síntesis de microorganismos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000).

Stevenson (1994), cita que las (SH) en el suelo se encuentran asociadas, mediante uniones de carácter débil (puentes de hidrógeno) a otra fracción orgánica constituida por productos de composición química y de alto peso molecular, polisacáridos y proteínas, sustancias simples como azúcares y aminoácidos. En algunos casos, esas uniones son de tipo covalente. Todo este heterogéneo grupo de materiales se engloba bajo el término de *sustancias no húmicas*. En conclusión, el humus está formado por SH y no húmicas, los términos humus y SH son empleados como sinónimos por algunos autores.

La importancia de las SH es la complejación y/o quelatación de cationes, con respecto a los sistemas vivos (vegetales), porque al quelatar los iones, ellos facilitan la disponibilidad de éstos para algunos mecanismos, uno de los cuales es prevenir su precipitación y otro puede ser su influencia directa en la disponibilidad de los iones (López, 2002).

Las SH han sido divididas en grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: AH, AF y huminas (H). Los AH son moléculas más grandes y complejas que los AF, además, presentan contenidos más altos de nitrógeno, pero menor de grupos funcionales (Meléndez, 2003).

La técnica de fraccionamiento más común es basada en diferentes solubilidades en agua a varios valores de pH. Así, Aiken *et al.* (1985) distingue entre:

- Ácidos húmicos: Como la fracción insoluble en agua en condiciones ácidas (pH<2) pero insoluble a valores mayores de pH.
- Ácidos flúvicos: A la fracción soluble en agua en todo el intervalo de pH.
- Humina: Fracción insoluble a cualquier valor de pH.

La composición y estructura de las SH, varía dependiendo de su origen, método de extracción y otros parámetros. Sin embargo, las similitudes entre diversas SH son más numerosas que sus diferencias. Dichas analogías son las que han hecho que estos productos sean identificados como un grupo de sustancias. Los resultados de las mediciones de las propiedades de las SH suelen ser valores medios, debido precisamente a esa heterogeneidad (MacCarthy *et al.*, 1990).

Los análisis elementales de estos compuestos muestran que, en general, el 98-100 por ciento de sus elementos (libres de cenizas) son C, H, O, N, S y P. La distribución se puede ver en el cuadro 3. Se observa, como los ácidos fúlvicos presentan mayores contenidos de oxígeno y menores de carbono. De esa manera las relaciones O/C para los ácidos húmicos presentan un valor aproximados 0,5, mientras que para ácidos fúlvicos este valor se centra en 0,7 (Steelink, 1985).

Cuadro 4. Intervalos usuales para la composición elemental de las SH. (Steelink, 1985).

Elemento	Ácidos Húmicos (%)	Ácidos Fúlvicos (%)
Carbono	53,8-58,7	40,7-50,6
Oxígeno	32,8-38,3	39,7-49,8
Hidrogeno	3,2-6,2	3,8-7,0
Nitrógeno	0,8-4,3	0,9-3,3
Azufre	0,1-1,5	0,1-3,6

Mecanismos de Interacción de las SH y los Nutrientos

Las SH, estimulan la absorción de iones en muchas plantas a una concentración de 10 a 100 ppm (Zachariakiset al. 2001). Dursun *et al.* (2007) afirma que tienen efectos benéficos en la absorción de nutrientes por las plantas y particularmente en el transporte y disponibilidad de microelementos.

La quelatación es el papel más importante de las sustancias húmicas, ya que quelata cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta además de que previene su precipitación. Los elementos metálicos son más adsorbidos que los alcalinos térreos, ya que se compleja el hierro y zinc más rápido que el sodio (Orlov, 1995), por lo que al adicionar AF el hierro es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate por la mayor absorción (Romos, 2000).

La reactividad de las SH y por tanto, sus efectos sobre el suelo y las plantas están estrechamente relacionadas con el tipo y concentración de grupos funcionales la mayor parte son de tipo oxigenado: carboxilos, alcoholes, hidroxilos fenólicos y carbonilos. Además, la presencia de grupos nitrogenados está ampliamente demostrada (Varanini *et al.* 1995).

también está sobradamente demostrado, sin embargo, la genética es el principal artífice de la productividad de muchas especies vegetales, pero no puede ser considerada como la única responsable de los éxitos alcanzados, (Csicsor et al., 1994; Galli *et al.* 1994; Barón *et al.* 1995; Varanini *et al.* 1995).

Resulta obvio que la creciente capacidad de control de los parásitos y el de mayor conocimiento de la fisiología vegetal, sobre todo desde el punto de vista nutricional, han contribuido de manera muy significativa. Y es aquí donde entran a jugar un papel decisivo los productos tales como las SH, que exaltan la capacidad de absorción y traslocación de nutrientes en las plantas, de manera que cada proceso de biosíntesis se ve optimizado con beneficios productivos y cualitativos. Hasta ahora, las SH se han venido empleando mayoritariamente como mejoradores de las condiciones de la fertilidad de los suelos, es decir, para optimizar la estructura, permeabilidad, y niveles de materia orgánica etc, de los suelos. (Dubbini, 1995).

Se menciona que los AF se distinguen de los AH por su coloración más clara, contenido bajo de carbono (menos del 50 por ciento) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales. Los AF pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxílicos y en la hidrólisis ácida forman sustancias reductoras, tienen alta capacidad de cambio (hasta 700 meq 100 g de sustancia), actúan destructivamente sobre los minerales, son propensos a formar complejos R_2O_3 que poseen gran movilidad, por lo tanto no existen dudas sobre los AF como grupos independientes de materiales húmicos con propiedades distintas a la de los AH. (Meléndez, 2003).

Los AH son activadores de la flora microbiana del suelo con lo que aumenta la mineralización de la MO y la consecuente liberación de nutrientes a formas disponibles para las raíces de las plantas. Los AH y AF incrementan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo y la retención de humedad, estimulan el desarrollo de la raíz, y a nivel foliar aumentan la permeabilidad de la membrana celular facilitando la absorción de nutrientes y son agentes naturales quelatantes de metales catiónicos, por lo que son utilizados para la nutrición mineral de los cultivos debido a la acción acomplejante que ejerce sus grupos funcionales carboxílicos (COOH) e hidroxílicos (OH) (Molina, 2003).

Sobre el Suelo

La adición al suelo de SH utilizada como fuente de carbono; incrementa la población microbiana y por tanto la actividad enzimática asociada (Lizarazo, 2001).

Cadahia (1998), menciona que las principales propiedades atribuidas a las SH se clasifican en:

- Físicas: dosis adecuadas; mejora la estructura del suelo; incrementa la capacidad de retención de agua del suelo, que junto a la propiedad anterior evitarían los procesos de erosión e incrementan la temperatura del suelo.
- Químicas: son transportadoras de metales, principalmente los ácidos fúlvicos; ejercen control de la disponibilidad de nutrimentos y elementos tóxicos (ácidos húmicos); poseen elevada capacidad de intercambio catiónico (ácidos húmicos) y son acidificantes.
- Biológicas: propician ambiente adecuado al desarrollo de micro y macro organismos, ejercen efectos benéficos sobre la fisiología de plantas; liberan sustancias de bajo peso molecular, precursoras de hormonas vegetales e incrementan absorción de nutrimentos. Las SH pueden incidir indirectamente en la nutrición vegetal por distintos mecanismos:

Suministrando Nutrientes a las Raíces

Akinremi *et al.* (2000) menciona que las SH pueden servir de fuente de N, P y S, que libera a través de la mineralización que la m.o. sufre en el suelo. Duplessis *et al.* (1983) observaron que la aplicación de leonardita incrementaba la producción y los niveles de N, P, K para maíz cultivado en el suelo franco-arenoso, mientras que no afectó a la producción, ni a los niveles cuando era aplicado en maíz.

Los suelos pobremente agregados tienen un tamaño de poro demasiado pequeño para permitir el necesario movimiento del aire y el agua, por el contrario en suelos con agregados estables, aunque sean de textura fina hay un adecuado intercambio de gases con la atmósfera, creciendo las raíces en un ambiente idóneo y teniendo la planta un mejor crecimiento (Stevenson, 1994).

Incremento de la Población Microbiana

La adición de sustancias húmicas que al ser utilizadas como fuente de carbono, incrementan la población microbiana y por tanto la actividad enzimática asociada (Lizarazo, 2001).

Sobre la Planta

Las investigaciones del efecto directo de las SH sobre las plantas, se centralizan en los efectos bioestimulantes al considerar la implicación de estos productos en los diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que tienen lugar en la planta (Ramos, 2000).

Si nos referimos a la influencia de las SH en el crecimiento y desarrollo de la raíz, se considera suficientemente probado que estos compuestos mejoran el crecimiento radicular, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo (Sladky, 1959; Fernández, 1968).

El hecho de que las SH puedan tener un efecto directo sobre el desarrollo vegetal, implica su absorción por las plantas ya sea por aplicación foliar o adición al suelo. Sin embargo, solo una pequeña parte fracción del material absorbido es transportado hacia la parte aérea de la planta. Otras investigaciones muestran que los ácidos fúlvicos son transportados, en mayor medida, hacia la parte aérea que los ácidos húmicos (Fürh *et al.* 1967). De la misma manera, Vaughan *et al.* (1976) encontraron que los ácidos húmicos son absorbidos por raíces de trigo, y que aproximadamente un 5% es transportado hacia el tallo. Así mismo, Vaughan *et al.* (1981) demuestra que la proporción de absorción de AF/AH incrementa el tiempo de incubación, indicando una absorción preferentemente de sustancias de bajo peso molecular.

David *et al.* (1994), reportaron que las plantas de tomate en condición de 1280 mg.litro⁻¹ de AH, produjeron incremento significativo en brotes, acumulación de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn); así como, incremento en la acumulación de nitrógeno (N), Ca, Fe y Cu en raíces. Los pesos secos y frescos se incrementaron también. Aza (2001), realizó dos experimentos en tomate, en invernadero, donde determinó el efecto de AF de dos orígenes, uno de Leonardita y el otro extraído de composta y encontró que

estos son positivos al incrementar el número y peso del fruto, en más del 25% con respecto al testigo, en el que se aplicó solución nutritiva.

Fulvato Como Agente Quelatante

Se considera un fulvato, cuando a estos compuestos orgánicos se les adicionan nutrimentos, por ende son denominados humatos y/o fulvatos del elemento químico dominante; por ejemplo, si se adiciona potasio, será humatos y/o fulvatos de potasio (Stevenson, 1984)

Las SH forman sales con catión de metales alcalinos y alcalinotérreos, así como otros metales, dando origen a humatos y fulvatos. Algunos de ellos son de alto valor nutrimental para las plantas ya que vuelve solubles y asimilables a los metales. Así, por ejemplo, los ácidos fúlvicos reducen y movilizan al hierro transformándolo de Fe^{3+} a Fe^{2+} . (Santiago, 2008).

La presencia de SH promueve el crecimiento de plantas de vid; además aumenta el número de brotes laterales, mayor altura, mayor contenido de materia seca de hojas, tallos, raíces y aumento de clorofila total, se ha encontrado que aumenta la concentración foliar de clorofilas totales conforme aumenta la dosis de aplicación de SH, (Ramos 2000).

El Magnesio (Mg)

Castellanos *et al.* (2000), argumentan que el Mg forma parte esencial de la clorofila, es necesario para la actividad enzimática incluyendo aquellos pasos más importantes en la actuación del ATP, así como, es fundamental para formar carbohidratos, grasas y ceras. La propiedad más importante del Mg^{+2} es su solubilidad. Su abundancia sugiere una multiplicidad de funciones, principalmente como activador de reacciones enzimáticas. Entre las reacciones en las que participa el Mg^{+2} , están las de transferencia de fosfatos nucleótidos (fosfatasas, kinasas, ATP asas, sintetetasas, nucleotidotransferasas), de grupos carboxilos (carboxilasas, descarboxilasas) y activador de deshidrogenasas, mutasas y liasas.

Magnesio en la Planta

El Mg, es absorbido por las plantas como ion Mg^{+2} (Marschner, 1986; Mengel y Kirkby, 2000). Este elemento constituye normalmente cerca del 0.5 por ciento de la biomasa total de las plantas (Navarro y Navarro, 2003); sin embargo, las diferentes especies vegetales pueden presentar un rango relativamente amplio en su contenido total entre un 0.07 y 9 por ciento (Larcher, 2003).

El Mg se absorbe mejor por las plantas a pH5 que a pH7, aunque los humatos favorecen dicha absorción a ambos pH. La acción negativa mostrada por un inhibidor metabólico como el 2,4-dinitrofenol, demuestra que los ácidos húmicos actúan a través de procesos metabólicos (Sánchez Andreu, 1994).

El Potasio (K)

El K es uno de los macronutrientes esenciales más importantes que permiten el funcionamiento de sistemas agropecuarios. 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. En gran parte de los suelos su disponibilidad edáfica aún no es limitante, en zonas tropicales y subtropicales, con suelos más meteorizados como los Oxisoles y Ultisoles, el agregado de K a través del uso de fertilizantes es una práctica cotidiana. Conocer las bases de su dinámica en sistemas agrícolas, es el primer paso para el diseño de estrategias de fertilización sustentables, (Rodríguez, 1990).

El Potasio en la Planta

El K^{+} activa una enzima llamada almidón sintasa que cataliza la síntesis de la formación de almidones en los cloroplastos a partir de difosfoglucosa de adenina (ADPG), siendo una de las razones por las cuales dicho ion es esencial para las plantas y que probablemente sean azúcares solubles y no almidones los que se acumulan en las plantas con deficiencias de K^{+} , (Salisbury y Ross, 1994; Marschner, 1986).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad del Área Experimental

La presente investigación, se efectuó en uno invernadero del área experimental del Departamento Ciencias del Suelo, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila; ubicada geográficamente en los 25° 21' de Latitud Norte y 101° 02' de Longitud Oeste, a la altura de 1742 m.s.n.m. (Figura4).

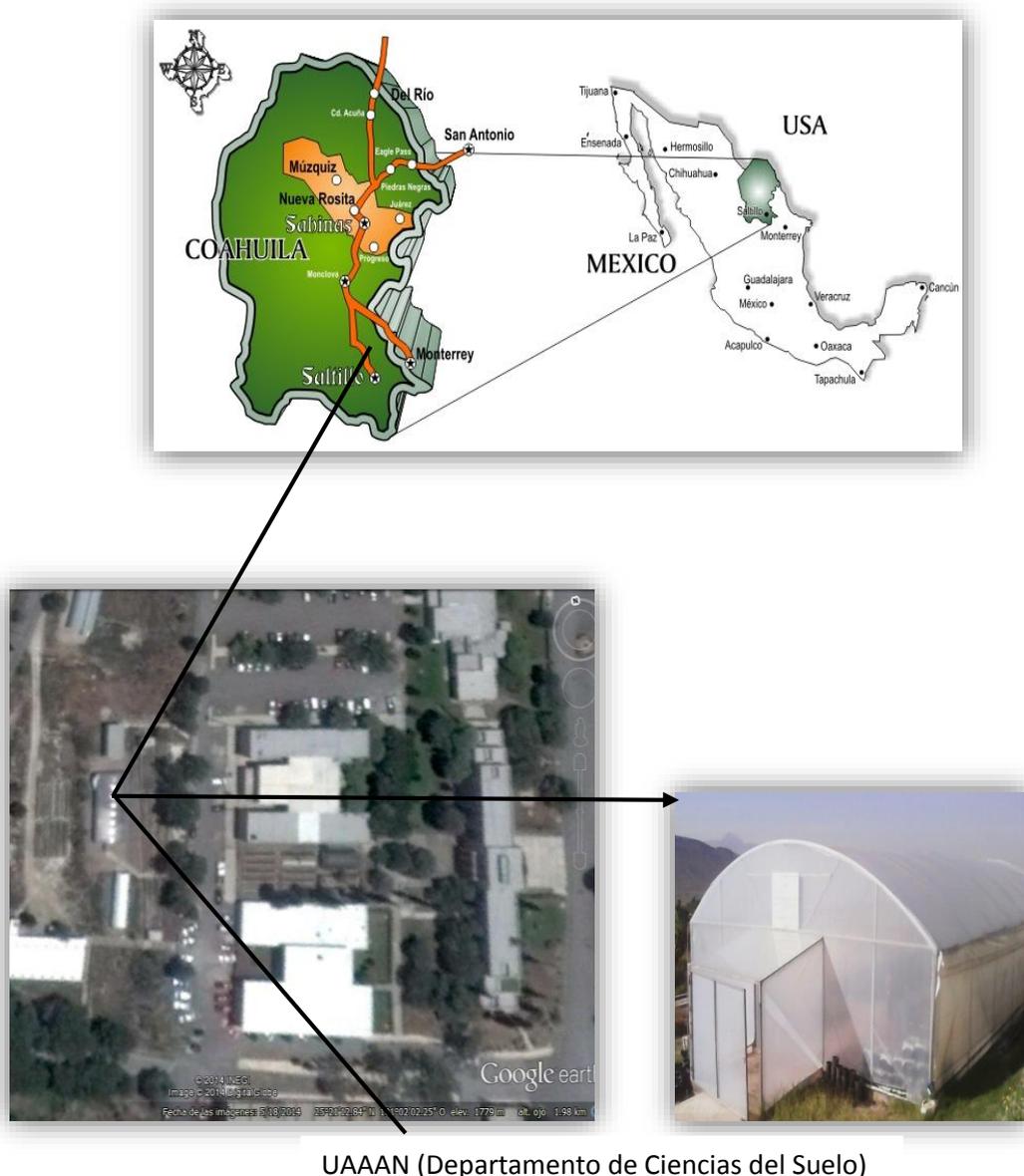


Figura 4. Localización del área experimental.

Metodología

En charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, que contenían la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 v/v), como sustrato, se germinaron semillas de tomate Cherry, variedad “*First Love*”; cuando las plántulas presentaron la altura de 15 cm (dos pares de hojas verdaderas), fueron trasplantadas en macetas de polietileno con 300 g del mismo sustrato y en la misma proporción, con la finalidad de que la plántula fortaleciera la raíz.

Las plantas, al presentar tres pares de hojas verdaderas, fueron trasplantadas en macetas de plástico, que contenían 25 kg del horizonte Ap de un suelo Calcisol, el que se caracteriza por el abundante contenido de carbonatos de calcio (22 %) y pH de 8.2. Al transcurrir cinco días, se fertilizó con 25 g de nitrato de potasio (KNO₃), 20 g de nitrato de calcio [Ca (NO₃)₂.4H₂O] y 15 g de fosfato mono amónico, esto, por 20 litros de agua.

Los tratamientos se aplicaron por vía foliar y su distribución se muestra en el Cuadro 4. Para la formación del Fulvato, se empleó un ácido fúlvico extraído de Leonardita y se le agregaron potasio y magnesio, ambos al uno por ciento; para estos nutrimentos, como fuente se emplearon nitrato de potasio y sulfato de magnesio. Las dosis del fulvato, fueron 0.5, 1, 2, 3, 4 y 5 mL L⁻¹; el séptimo tratamiento, fue a base de ácidos fúlvicos solos (AFsolos) y como testigo, fertilización química. También, en todas las macetas, se aplicaron 4 ml.litro⁻¹ de agua, de ácidos húmicos de Leonardita al suelo, sin fertilizantes.

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos adicionados a tomate tipo Cherry, variedad “*First Love*”.

Tratamientos	Dosis (ml.litro ⁻¹ de agua)
FKMg	0.5
FKMg	1
FKMg	2
FKMg	3
FKMg	4
FKMg	5
AF	4
FQ	100 %

FKMg: Fulvato de potasio y magnesio; AF: Ácidos fúlvicos solos; FQ: Fertilización química.

Las variables medidas al fruto fueron: diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP) (Vernier Scherr-Tumico), los sólidos solubles totales (SST-°Brix) (refractómetro, Master Refractometer Marca ATAGO), firmeza (FIR) (penetrometro, Fruit Hardress Tester, Modelo FHT 200. EXTECH Instruments), peso fresco (PFF) y los azúcares totales (AT) (espectrofotómetro). A la planta, su altura (AP) y al tejido vegetal de follaje la concentración de potasio (K) y el magnesio (Mg) (Espectrofotómetro de absorción atómica, Modelo Varian A-5).

A lo largo del experimento, se realizó una serie de labores culturales, las cuales constaron de eliminación de malezas, colocación de tutores, eliminación de laterales, podas y riego.

El trabajo, se distribuyó de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar, con cuatro repeticiones. A los datos generados, se les efectuó el análisis estadístico y pruebas de normalidad mediante el método de Shapiro-Wilk normality, por lo que en los datos generados por PFF y DE se realizaron transformaciones mediante el Método de Box Cox Powers (Transformations for Lineal Models). Una vez realizado esta prueba, se efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($p = 0.05$); es decir, al 95 por ciento de confianza; para dicho análisis, se empleó el paquete estadístico R versión 3.0.1. (R. Core Team, 2013). Las variables PFF, DP, DE, FIR y SST-°Brix se analizaron, mediante un arreglo factorial A x B: donde A son los tratamientos y B.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso Fresco del Fruto

En esta variable, los tratamientos realizaron efecto altamente significativo, así como, también se presentó este efecto por los cortes (Cuadro 5). Al comparar las medias, se establece que conforme aumentó la dosis del fulvato de potasio y magnesio, también aumentaron los valores y con la dosis de 5 mL L⁻¹, se obtuvo la superior cuantía. Con este tratamiento, se aventajó al testigo en 71 por ciento (Figura 5). A partir de la Figura 6, se puede establecer que conforme aumentó el número de cortes, el valor de esta variable, creció; pero, en corte ocho, disminuyó; sin embargo, las cuantías no son tan inferiores como en los primeros cinco cortes, ya que en el primero, se presentó el inferior valor y se vio superado en 33 por ciento por el corte siete.

Cuadro 6. Análisis de varianza del peso fresco del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	123.23	17.604	12.7379	0.000**
Cortes	7	94.89	13.555	9.8081	0.000**
Residual	241	33.07	1382		
Total	255				

CV% = 23.1652

** Altamente significativo

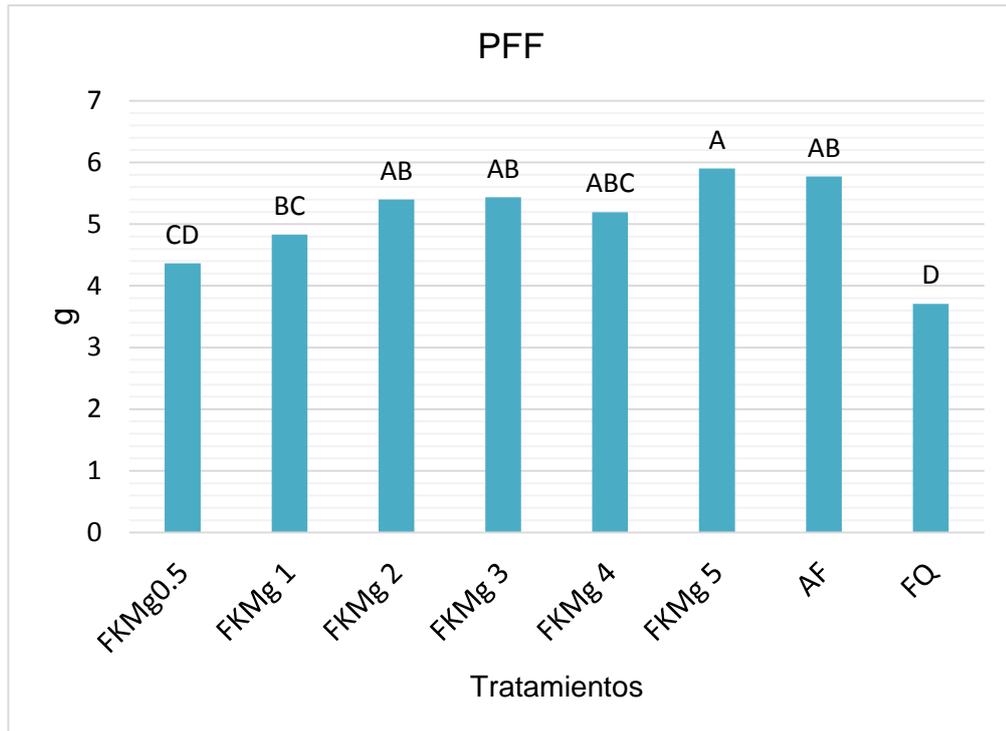


Figura 5. Peso fresco de fruto de tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

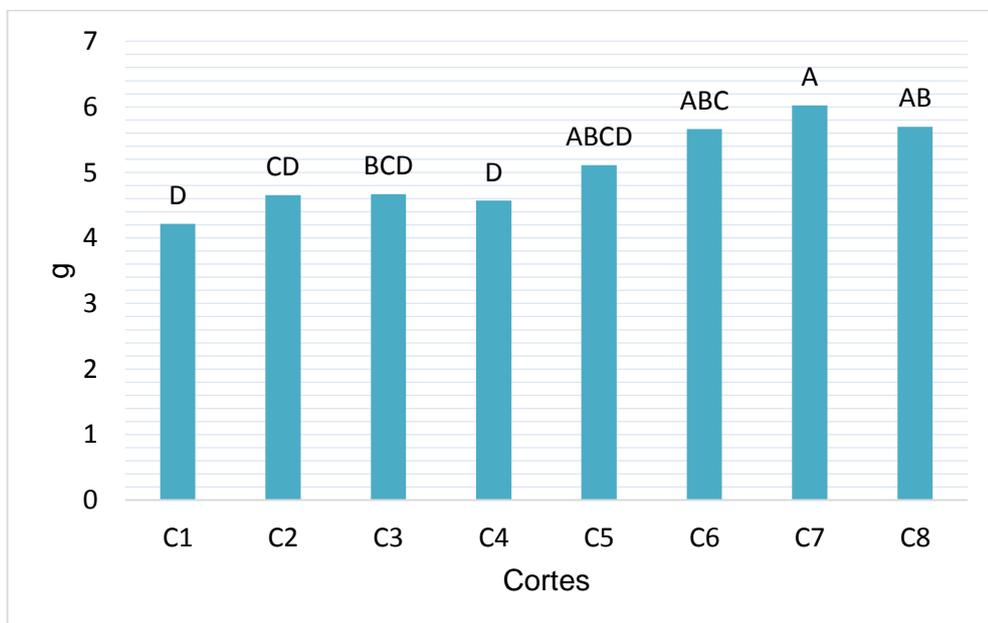


Figura 6. Peso fresco de fruto de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.

Diámetro Polar (DP)

Al realizar el análisis de varianza, tanto los tratamientos como el número de cortes, efectuaron efecto altamente significativo en esta variable (Cuadro 7). Aquí, con la comparación de medias, se puede observar que conforme se aumentó la dosis del fulvato de potasio y magnesio, los valores se acrecentaron; excepto, con la dosis de 2 mL L⁻¹, ya que aventajó al testigo en cinco por ciento. Similar situación sucedió con el número de cortes realizados (Figura 8) y en el corte número siete, se obtuvo el superior valor, porque se adelantó al corte ocho en tres por ciento.

Cuadro 7. Análisis de varianza del diámetro polar del tomate Cherry con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	0.09106	0.0130092	4.2227	0.0002**
Cortes	7	0.10261	0.0146586	4.758	0.000**
Residual	241	0.74247			
Total	255	0.0030808			

CV%= 4.512518

**Altamente significativo.

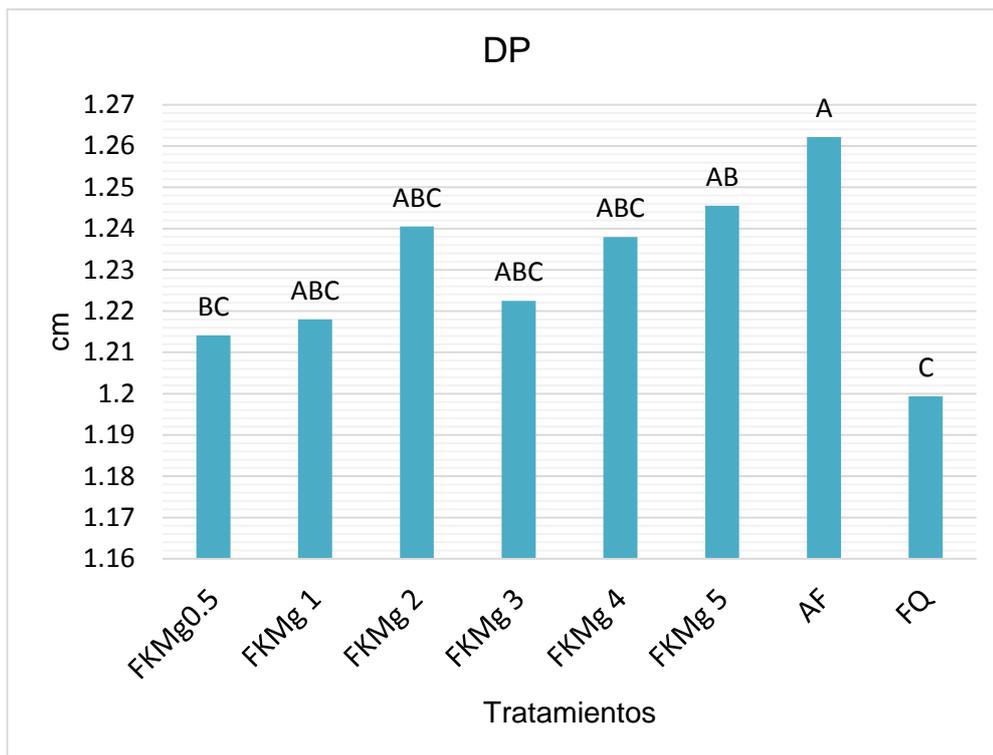


Figura 7. Diámetro polar de tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

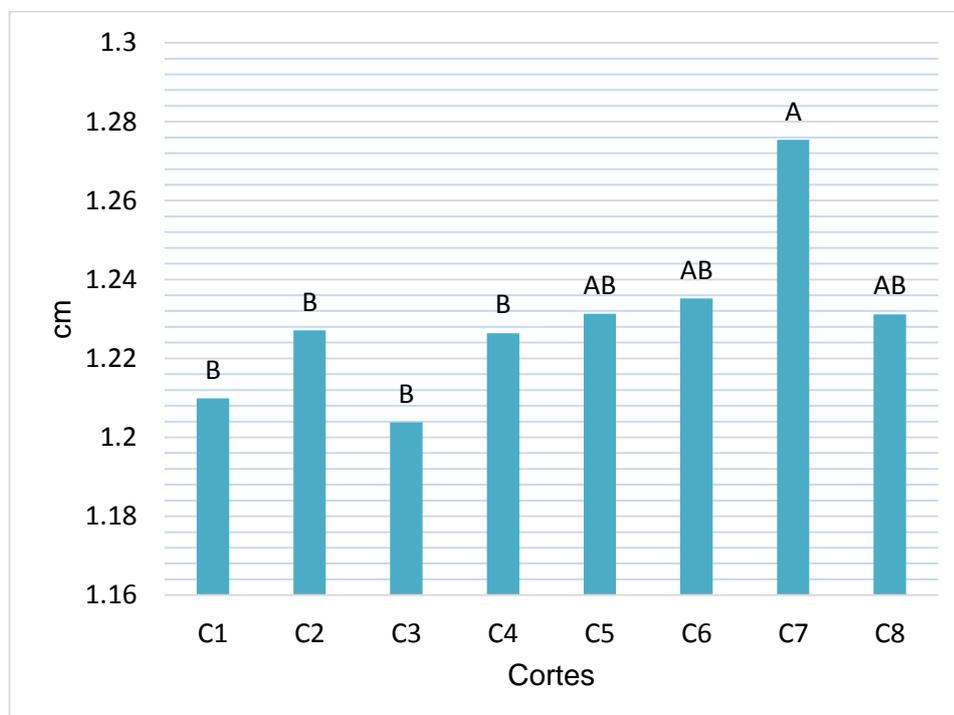


Figura 8. Diámetro polar fruto de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.

Diámetro Ecuatorial (DE)

En esta variable, los tratamientos generaron efecto significativo; sin embargo, en los cortes, estadísticamente, no se presentó la diferencia (Cuadro 8). Con la comparación de medias, el resultado es que donde se adicionaron 3mL L⁻¹ de agua del fulvato de potasio y magnesio, sobresalió con respecto a los demás tratamientos; es decir, superó en 13 por ciento al tratamiento donde se le aplicó la dosis de 0.5 mL L⁻¹ (Figura 9). En la Figura 10, se aprecia como en el corte siete, se presentó el mayor valor del DE y en este corte, aventajó a los primeros cortes en 11 por ciento.

Cuadro 8. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	1.7383	0.24832	2.4305	0.0201*
Cortes	7	1.2066	0.17237	1.6871	0.1127 NS
Residual	241	24.6228	0.10217		
Total	255				

CV%= 15.03145

* Significativo

NS= no significativo.

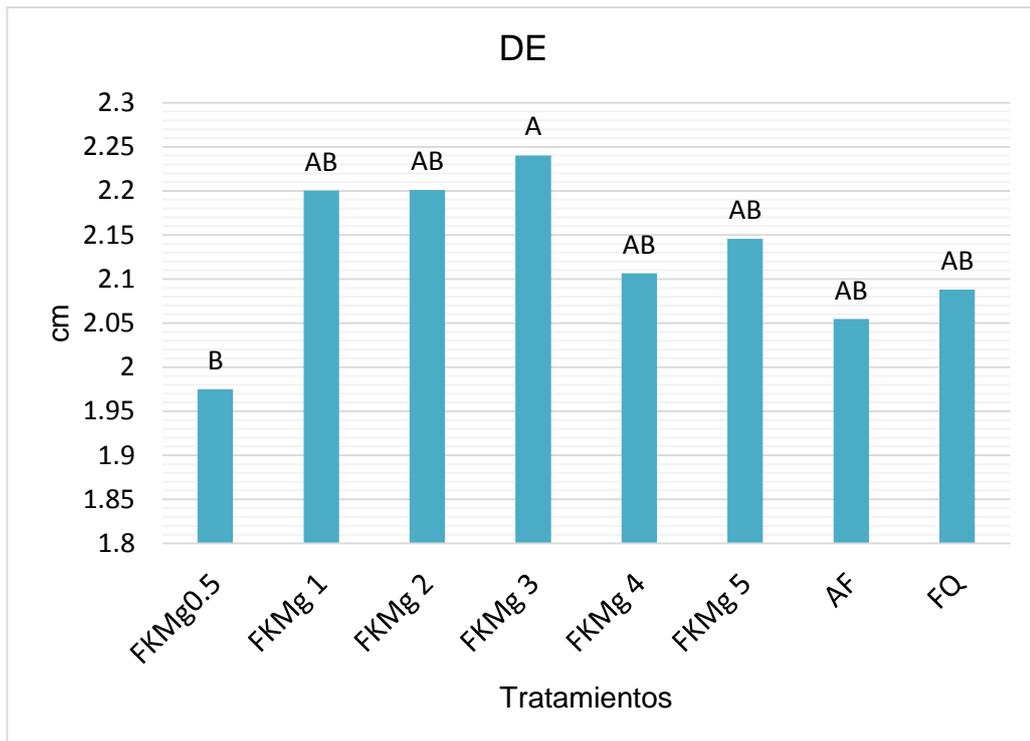


Figura 9. Diámetro ecuatorial de tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

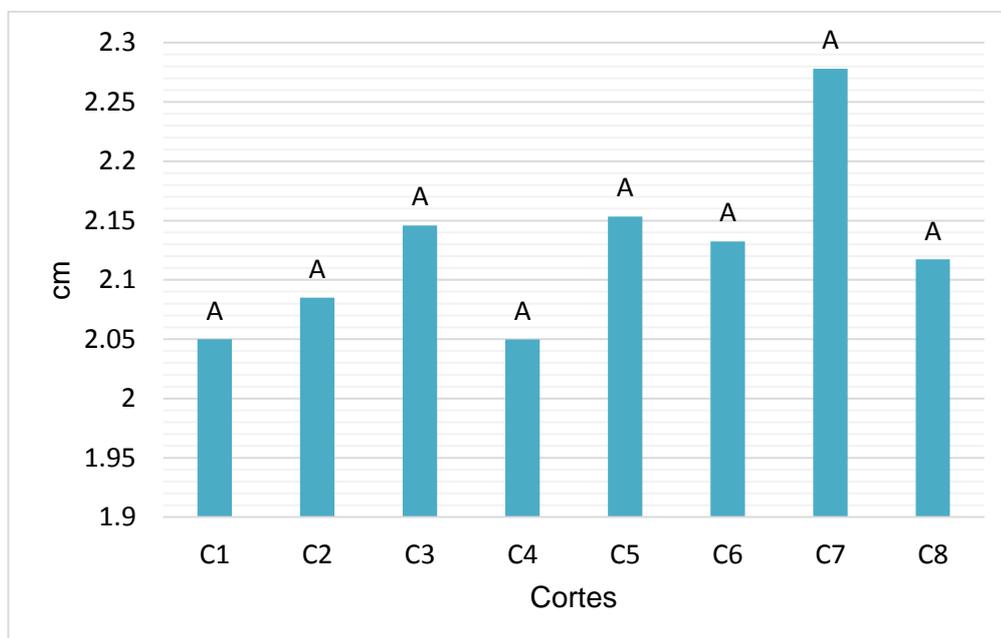


Figura 10. Diámetro ecuatorial del tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.

Firmeza (FIR)

El análisis de varianza en esta variable medida (Cuadro 9), muestra que los tratamientos no realizaron efecto significativo; sin embargo, gráficamente en la Figura 11, se puede observar de forma general, que al aumentar la dosis del fulvato de potasio y magnesio los valores disminuyeron; pero, con la FQ se presentó el superior valor, ya que aventajó en 85 por ciento al tratamiento donde se adicionaron 4 mL L⁻¹, ya que fue el tratamiento con el valor más reducido. Con base en la Figura 12, se tiene que en el corte cinco, se presentó el superior valor, ya que logro sobrepasar a todos los cortes, dejando por debajo al corte dos con 23 por ciento.

Cuadro 9. Análisis de varianza de firmeza del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	0.5597	0.079961	1.8067	0.086607 NS
Cortes	7	0.948	0.135428	3.06	0.004189**
Residual	241	10.6662	0.044258		
Total	255				

CV%=22.93169

**Significativo

NS= No significativo

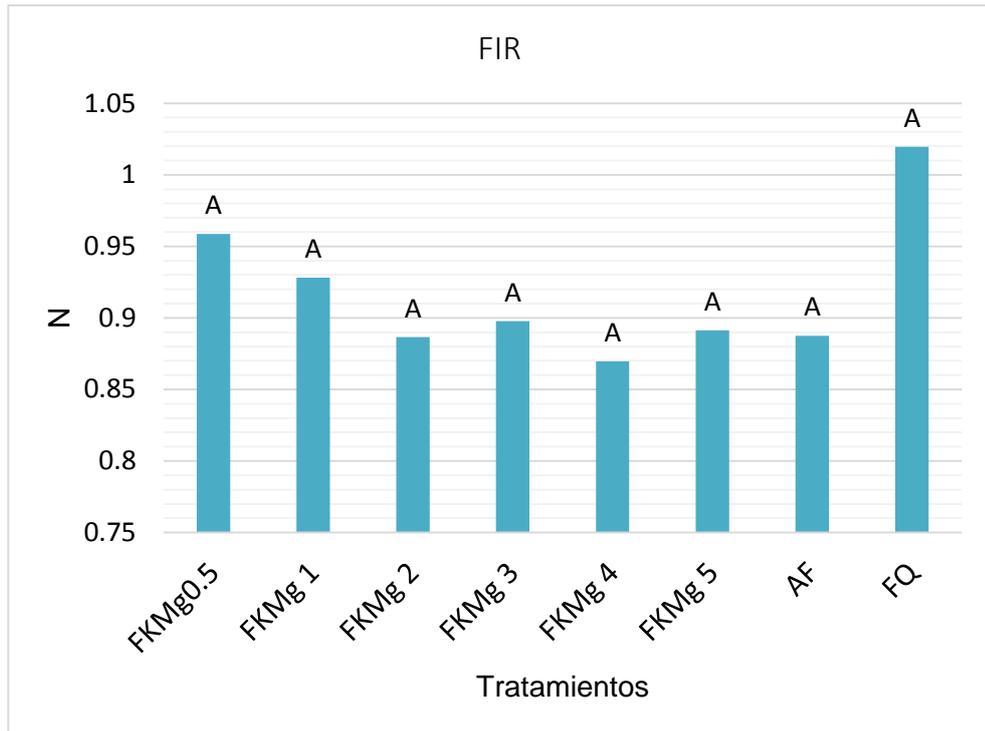


Figura 11. Firmeza del fruto del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

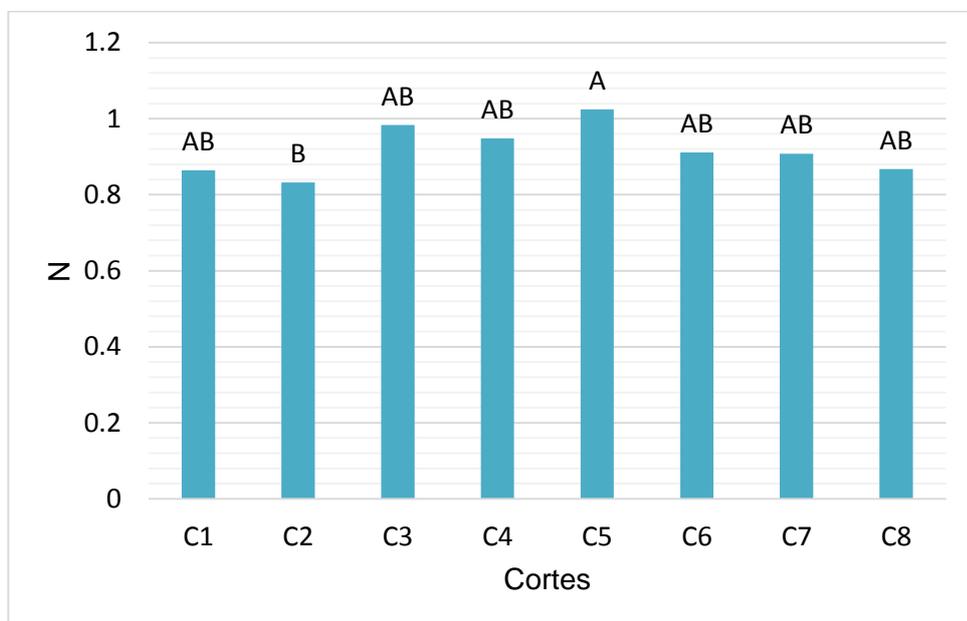


Figura 12. Firmeza del fruto de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.

Sólidos Solubles Totales (SST)

Al efectuar el análisis de varianza, del zumo del fruto del tomate Cherry, se encontró que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo, tanto en la variable medida como en los cortes (Cuadro 10). Por ende en la comparación de medias los tratamientos influyeron en los SST-°Brix, al aplicar la dosis de 5 mL L⁻¹, dejando por debajo al testigo en 16 por ciento (Figura 13). Para los cortes, sobresalió el cuatro, y el número cinco, estuvo por debajo con un porcentaje menor del 11 por ciento (Figura 14).

Cuadro 10. Análisis de varianza de los SST-°Brix del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	45.956	6.5651	5.9513	0.000**
Cortes	7	25.937	3.7053	3.3588	0.00195**
Residual	241	265.859	1.1032		
Total	255				

CV% = 13.69416

** Altamente significativo.

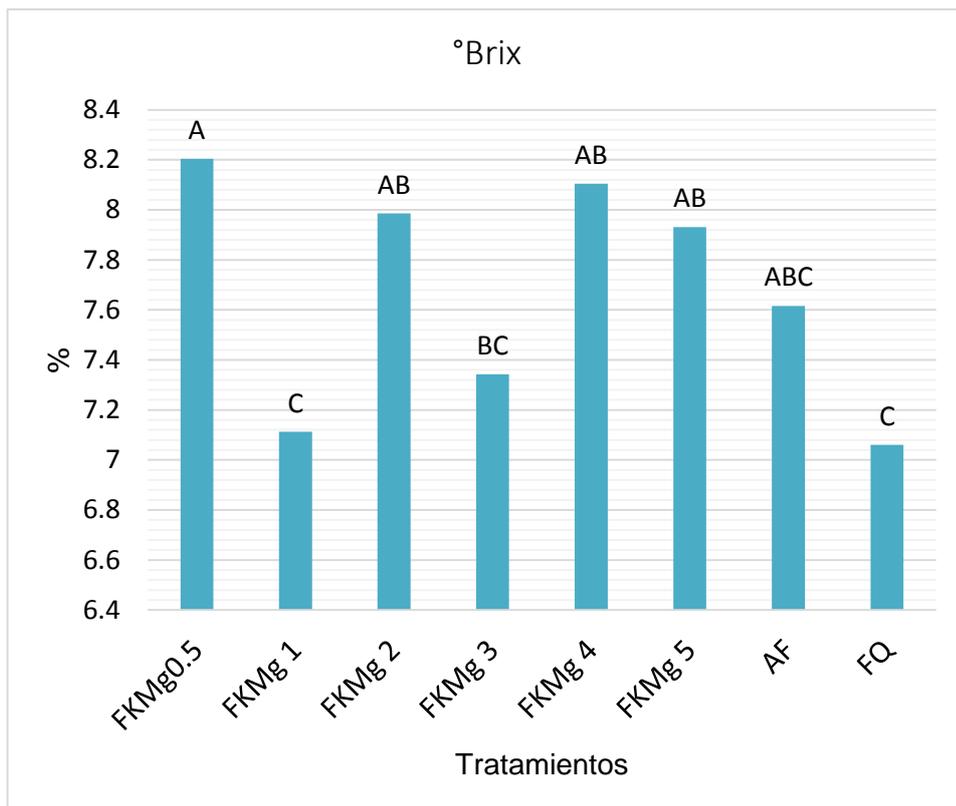


Figura 13. SST-°Brix del zumo del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

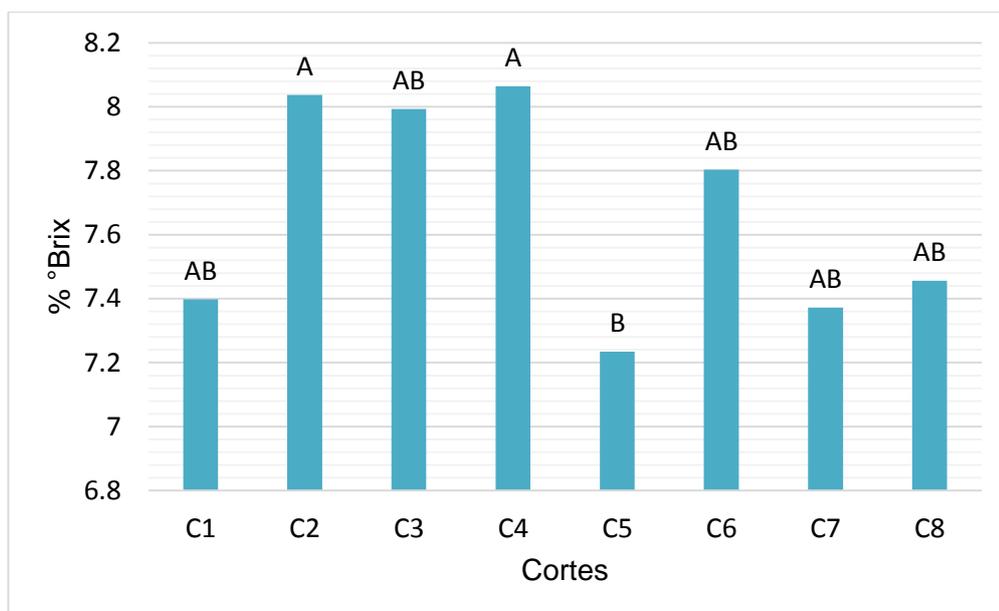


Figura 14. SST- Brix del zumo de tomate tipo Cherry, con la adición de un fulvato de potasio y magnesio, en función del número de corte.

El magnesio (Mg)

Con base en el Cuadro 11, la variable Mg se tiene que los tratamientos realizaron efecto significativo; además, de manera particular en la Figura 15, se establece que al adicionar 4 mL L⁻¹ de los AF, el valor de esta variable alcanzó la superioridad, que cuando se aplicaron los demás tratamientos y este tratamiento aventajó en 89 por ciento, con respecto al que se adicionaron 3 mL L⁻¹.

Cuadro 11. Análisis de varianza del Magnesio del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	236798750	33828393	2.4759	0.04602*
Residual	24	327910000	13662917		
Total	31				

CV%=26.9437

*significativo

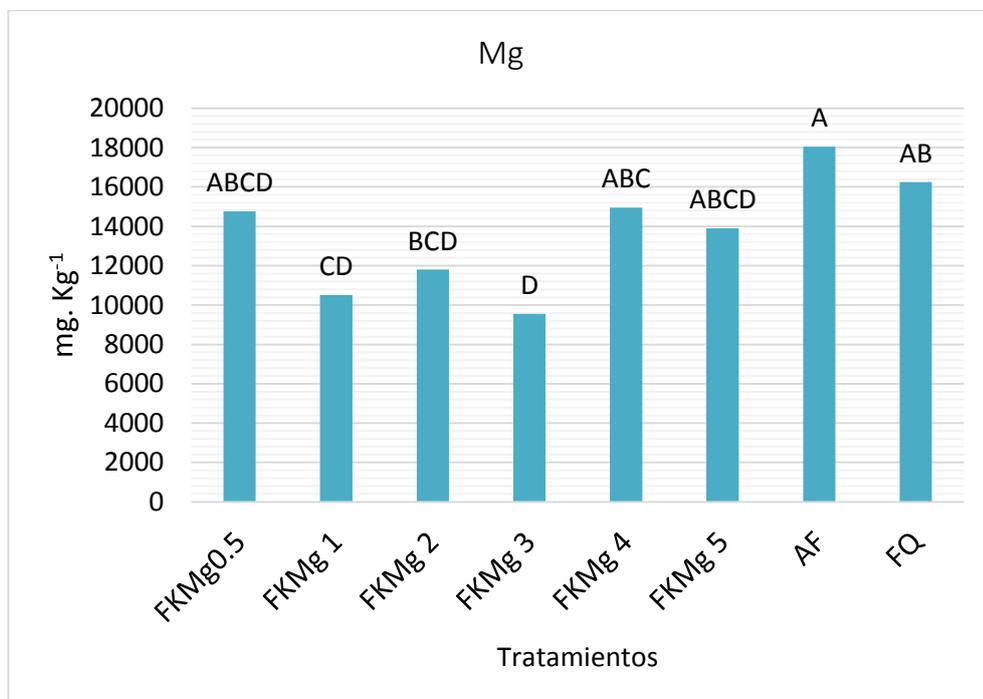


Figura 15. Magnesio en el tejido vegetal de la planta del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

El potasio (K)

Al efectuar el análisis de varianza para el potasio, los tratamientos no realizaron efecto significativo (Cuadro 12); sin embargo, gráficamente (Figura 16) el testigo presentó mayor valor, sobre los tratamientos, al dejar con una diferencia mayor de 47 por ciento al tratamiento donde se agregó la dosis de 4 mL L⁻¹; además, a medida que aumentó la dosis del fulvato, aumentaron los valores.

Cuadro 12. Análisis de varianza del Potasio del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	172998750	24714107	1.2386	0.3212 NS
Residual	24	478870000	19952917		
Total	31				

CV%=22.5386 No significativo

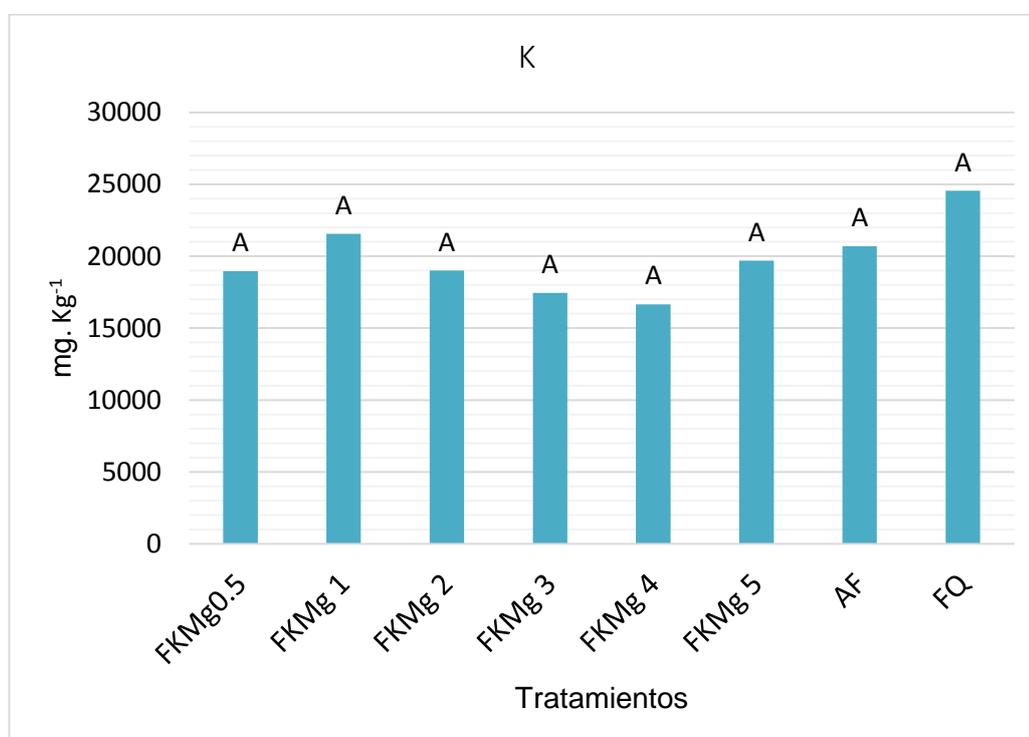


Figura 16. Potasio en el follaje de la planta del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

Azúcares Totales (AT)

En la variable AT, hay efecto significativo de los tratamientos, con el análisis de varianza (Cuadro 13), por lo tanto en la comparación de medias (Figura 17), hay una mayor tendencia en la aplicación de 2 mL L⁻¹, del fulvato de potasio y magnesio, dejando por debajo al testigo con una diferencia de 72 por ciento; a medida que fue aumentando la dosis, el valor fue disminuyendo y con la aplicación de una dosis 2 mL L⁻¹ presenta una respuesta aceptable.

Cuadro 13. Análisis de varianza de los azúcares totales del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	13181	1882.95	3.3055	0.01003*
Residual	24	13671	569.64		
Total	31				

CV%=53.73282

*Significativo

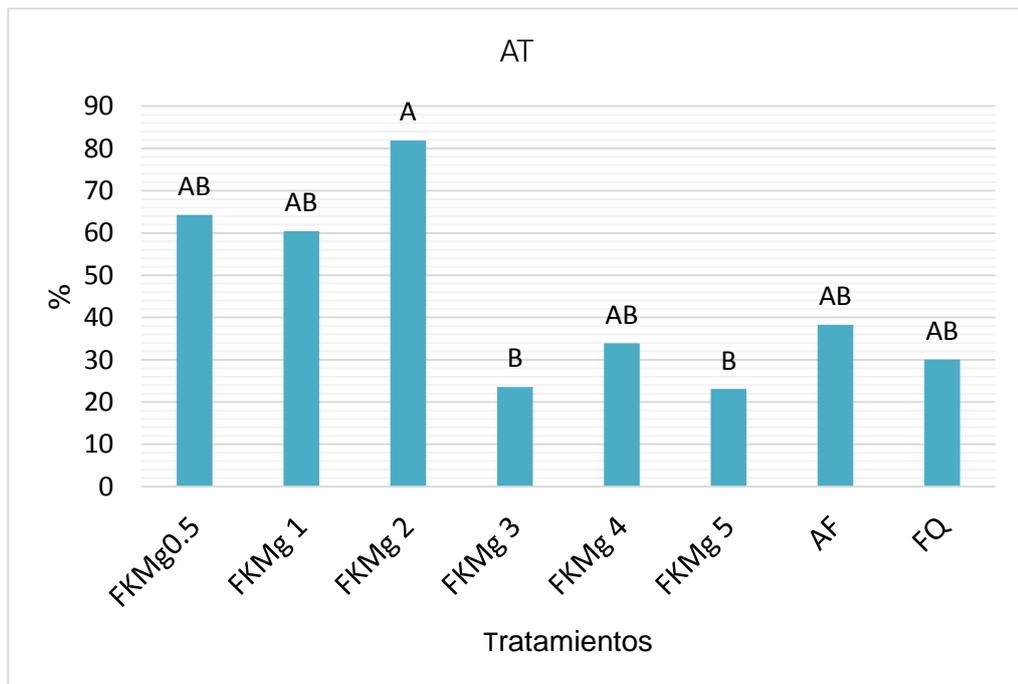


Figura 17. Azúcares totales del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

Altura de Planta (AP)

La variable altura del tomate Cherry, no presentó diferencia significativa en el análisis de varianza (Cuadro 14); de tal forma que, los valores fueron muy similares con la adición de todos los tratamientos (Figura 18).

Cuadro 14. Análisis de varianza de la altura de la planta del tomate Cherry, con la adición de un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

F.V	GL	SC	CM	CM	Pr(>F)
Tratamientos	7	3543.2	506.17	1.0069	0.4509 NS
Residual	24	12065.2	502.72		
Total	31				

CV%=17.97756 No significativo

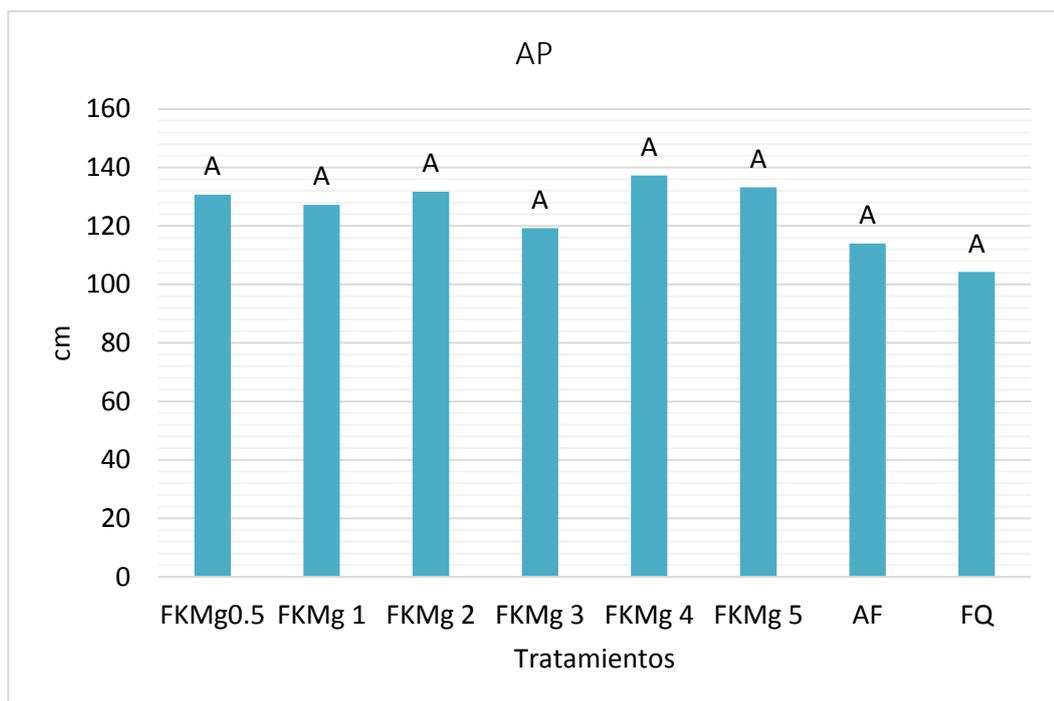


Figura 18. Altura de la planta del tomate tipo Cherry, al adicionar un Fulvato de potasio (K) y magnesio (Mg).

DISCUSIÓN

A manera de discusión, se puede que es conocido el papel de los nutrimentos en las plantas; pero, en función de una serie de factores del suelo y de la movilidad de los nutrimentos, la disponibilidad y la absorción por la planta se dificulta.

Los agricultores por solucionar lo anterior, han aplicado durante muchas décadas micronutrimentos por vía foliar con buenos resultados, sin embargo, en la actualidad son costosos y no muy fácil su consecución. Por lo comentado, se hacen esfuerzos por encontrar formas más económicas para colocar disponibles a los nutrimentos y una forma es la adición de complejos húmicos-minerales.

Así, por ejemplo, Pinton *et al.* (1999) y Chen *et al.* (1999), al provocar la aplicación de la mezcla de un ácido húmico con fierro (Fe) en melón y pepino, encontraron efecto positivo en el peso de la materia seca y Barnard *et al.* (1992), encontró algo similar al mezclar ácidos fúlvicos con Fe y cobre (Cu) al suelo, la disponibilidad de estos elementos aumenta y su efecto se refleja en la materia seca y la calidad de frutos de cultivos como tomate, limón y pimiento, entre otros.

Pero, la mayoría de los experimentos sobre el tema, se han consagrado en la aplicación al suelo de los complejos.

Por lo tanto en el presente trabajo, con la adición del fulvato de potasio y magnesio, por vía foliar, realizó efecto positivo en PFF, DE, SST, AT, AP, con la aplicación de 5 mL L⁻¹, 3 mL L⁻¹, 0.5 mL L⁻¹, 2 mL L⁻¹, 4 mL L⁻¹, y con 33, 13, 16, 72 y 31 por ciento sobre el testigo (FQ), respectivamente. En el Mg y DP, lo efectuaron los AF_{solos} y en FIR y K, la FQ. En el corte siete, se obtuvieron los mayores valores de PFF, DP y DE; en FIR, el corte 5 y en SST, los cortes 2 y 4.

Con lo anterior, se muestra que los ácidos fúlvicos, sirvieron de agentes complejantes para los macronutrimentos y a través de los estomas, fueron introducidos y de ahí pasaron los diferentes parénquimas para llegar al follaje, después al fruto y así aumentar la calidad del tomate Cherry.

CONCLUSIÓN

En todas las variables medidas al fruto y a la planta, el fulvato de potasio y magnesio realizaron efecto positivo; pero en el diámetro ecuatorial del fruto y el magnesio del tejido de follaje, lo efectuaron los ácidos húmicos solos. En la firmeza y el contenido de potasio, lo hizo la fertilización química.

BIBLIOGRAFÍA

- Castellanos J.Z., J. X. Uvalle-Bueno., A. Aguilar-Satelices. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda Edición. INTAGRI. Celaya, Guanajuato.
- Castilla N, 2004. El cultivo protegido. En: invernadero de plástico. Manejo y tecnología. Mund-Prensa, España, pp 25-35.
- Dorais M, Ehret DL, Papadopoulos AP, 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochem. Rev.* (En prensa, 10.1007/s11101-007-9085-x).
- Dubbini, G. 1995. Interés de los bioestimulantes. Hortoinformación, 9, 50-51.
- Duplessis, G. L., Mackenzie, A. F. 1983. Effects of leonardite applications on phosphorus availability and corn growth. *Can. J. Soil Sci.* 63:749-751.
- Dursun, I., K.M. Tugrul and E. Dursun. 2007. Some physical properties of sugar beet seed. *Journal of Stored Products Research* 43(2): 149-155.
- Eyheraguibel, B., Silvestre, J. and Morard, P., 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology* 99: 4206-4212.
- FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations 2006. "Mejor food and agricultural commodities and producers". November Disponible en: <http://fao.org>
- FAOSTAT, 2006. Disponible: <http://faostat.fao.org/site/DesktopDefault.aspx?PageID=567> [30 Octubre 2007].
- Fernández Ruiz, V.; Galiana, L.; Sánchez Mata, M.C., 2004 Internal quality characterization of fresh tomato fruits *Hort Science*, 39(2): 339-345.
- Fernández, V. H. 1968. The actino of humic acids of different souces on the development of plant and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. *Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia*.

- Fürh, F. y Sauerbeck, D. 1967. The uptake of colloidal organic substances by plant roots as shown by experiments with C-labelled humus compounds. p. 73-82. In Report FAO/IAEA Meeting, Viena, Pergamon Press, Oxford.
- García R., Berenguer A., Tormo M.J., Sánchez M.J., Quirós J.R., Navarro C., Arnaud R., Dorronsoro M., Chirlaque M.D., Barricarte A., Ardanaz E, Amiano P., Martínez C., Agudo A., González C.A. 2004.
- INEGI. Productos del reino vegetal. Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos. Secc. 2 Cap. 7: 33-34, 2009.
- Jaramillo J. Rodríguez V.P., Guzmán M., zapata M., Rengifo T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas –BpaEn La producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Corpoica – Mana – Gobernación de Antioquia – Fao. 331 P.
- Jaren, C., Arazuri, S. Garcia, M.J., Arnal, P. y Arana, J.I. 2005. White *Aspargus*, Harvest Date Discrimination Using NIRS Technology. International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2006 (en prensa).
- Jones CM, Mes P, Myers JR, 2003. Characterization and inheritance of the anthocyanin fruit (Aft) tomato. *J. Hered.* 94, 449-456.
- Larcher, W. 200. Physiological plant ecology; Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Fourth edition. Springer. 513 p.
- Lizarazo, L. M. 2001. Incidencia de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos del suelo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Lobo M., Medina C. I. 2001 Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*lycopersicom esculentum* var *ceraciforme*), precursor del tomate cultivado. Revista Corpoica vol 3 nº 02.
- MacCarthy, P., Malcolm, R.L., Clapp, C.E. y Bloom, P.R. 1990. An introduction to soil humic substances. pp. 1-12. In MacCarthy, C.E. Clapp, R.L. Malcolm, P.R. Bloom (Eds). 1985. Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings. Proceedings of a symposium by the IHSS, Chicago, Illinois.

- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London. 889p.
- Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2000. Principios de la nutrición vegetal. Traducción al español de la 4ª edición (1987). Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. 692p.
- Mendez, G. 2003. Taller de Abonos Organicos. Residuos organicos y en la material organica del suelo. Centro Agronomico tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Navarro B., S; Navarro G., G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 487.
- Orlov, D. S. 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA.
- Peet MM, 1996. *Tomato*. En: Peet MM (Ed.), Sustainable Practices for Vegetable Production in the South. Focus Publishing, R. Pullins Company, Newburyport, EEUU, pp 149-15.
- Ramos, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Rodríguez, J. 1990. La Fertilización De Los Cultivos: Un Método Racional. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Pp. 406
- SAGARPA. Estudio de oportunidades de Mercado e inteligencia comercial y estudio de logística internacional de tomate. De: sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/TOMTE.pdf, consultado en octubre de 2011.
- Sánchez-Andreu, J., Jordá, J. y Juárez, M. 1994. Humic substances. Incidence on crop fertility. *Acta Horticulturae*. 357, 303-313.
- SIAP. Sistema de Información agroalimentaria y pesquera. Consultado el 2 de agosto de 2010. <http://www.siap.gob.mx/>

- 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.
- Schnitzer, M., H. R. Schulten. 1995. Analysis of Organic Matter in Soil Extracts and Whole Soils by Pyrolysis-Mass Spectrometry. Advances in Agronomy, Vol. 55:167-217.
- Sladky, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. Biol. Plant. 1, 142-150.
- Smith AF, 1994. *The tomato in America: early history, culture, and cookery*. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, EEUU.
- Stevens MA, Kader AA, Albrigh-Holton M, Algazy M, 1977. Genotypic variation for flavour and composition in fresh market tomatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 102, 680-689.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J Wiley and Sons, New York, NY 443 p.
- Vaughan, D y Linehan, D.J. 1976. The growth of wheat plants in humic acid solutions under exenic conditions. *Plant Soil*, 44, 445-449.
- Vaughan, D y Ord, B.G. 1981. Uptake and incorporation of ¹⁴C-labelled soil organic matter by roots of *Pisum sativum* L. *J. Exp. Bot.* 32,679-687.
- Zachariankis, M., Tzorakakis, E., Kritsotakis, I., Siminis, C. I. and Manios, V. 2001. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rooststocks. *Acta Horticulturae*. 549.