

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Estudio de Efectividad Biológica del Producto Fulva K[®], en el Cultivo de Tomate
(*Solanum lycopersicum*)

Por:

CRISTOBAL ALVARADO GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Estudio de Efectividad Biológica del Producto Fulva K[®] en el Cultivo de Tomate
(*Solanum lycopersicum*)

Por:

CRISTOBAL ALVARADO GARCIA

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal

Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Coasesor

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y concluir esta etapa tan importante en mi vida

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A Dr. Alberto Sandoval Rangel por darme la confianza para realizar esta investigación, así como los conocimientos y tiempo que me compartió

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal, por su valiosa aportación para la realización de este proyecto y su tiempo invertido.

A el Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar, gracias por ser uno de los mejores maestros, y por su apoyo incondicional.

A los ingenieros Gerardo y Florencio Espínola Alvarado por apoyarme incondicionalmente, y por ser unas grandes personas.

Al ing. Octavio Augusto Pérez Rodríguez por toda la confianza, paciencia y conocimientos otorgados durante mis prácticas profesionales.

A Vicente Alvarado, Luis Espínola, Abraham Zarazúa y Oscar Tadeo por su valiosa colaboración en la realización de este proyecto.

A todos mis compañeros de generación y tesis por apoyarme, y brindarme su amistad durante estos años.

A la empresa Solar Garden S.A de C.V por permitirme realizar mis prácticas profesionales y permitirme aprender tantas cosas.

DEDICATORIA

A mis padres.

Por darme el regalo de la vida, por ser las personas tan importantes para mí, el sacrificio que tuvieron que hacer durante los años en los que estuve formándome profesionalmente y por su confianza y apoyo incondicionalmente.

J. Antero Alvarado Mejía

Por ser un hombre tan trabajador, por darme el ejemplo a seguir, por el sacrificio que realizas todos los días para sacar adelante a la familia. Gracias por la confianza papá

Rosa García Sánchez

A ti por darme la fuerza y consejos que solo una madre puede darle a su hijo, gracias por hacer hasta lo imposible para que saliera adelante y por nunca dejar de confiar en mí. Gracias mamá

A todos mis hermanos. Por darme el apoyo y confianza

Al Ing. José Rodríguez Cabrera (La pira), por ser el gran entrenador y por hacerme sentir lo que es un triunfador. Gracias por todo.

A mi hija Mayrani Sughey Alvarado Loyola por haber llegado a mi vida y hacerme tan feliz te amo bebé.

Y sobre todo a mi esposa Monserrat Loyola Solano, estaré el resto de mis días agradecido contigo por el amor, la comprensión y el apoyo que me diste para estar lejos de ti mientras me formaba profesionalmente. Todo te lo debo a ti amor. Gracias por estar conmigo

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Estudios de efectividad biológica.....	4
NOM-077-FITO-2000.....	4
La materia orgánica.....	7
Los ácidos fúlvicos.....	10
Propiedades y aplicaciones de los AF.....	13
Procesos de extracción y purificación de los AF.....	15
Extracción alcalina (NaOH).....	17
Estudios de la interacción Ácidos Fúlvicos –Metal.....	17
Generalidades del cultivo del Tomate.....	19

Origen e historia.....	20
Requerimientos de clima y suelo.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Ubicación del Experimento.....	22
Descripción de los tratamientos.....	22
Actividades para el establecimiento del estudio.....	23
Variables evaluadas.....	23
Análisis de datos.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSIÓN.....	31
LITERATURA CITADA	32
APÉNDICES.....	36
Descripción del producto Fulva K [®]	36
Análisis de varianza.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Extractantes de SH comúnmente utilizado	16
Cuadro 2. Temperaturas óptimas para el cultivo de tomate.....	21
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos.....	22
Cuadro 4. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de AF sobre el crecimiento del cultivo de tomate.....	26
Cuadro 5. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de AF sobre la productividad de tomate.....	27
Cuadro 6. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de AF sobre la calidad de los frutos de tomate	28
Cuadro 7. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de AF sobre la conductividad eléctrica	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Teoría de la formación de sustancias húmicas a partir de lignina.....	11
Figura 2. Ruta de formación de humus propuestas por <i>Stevenson</i>	12
Figura 3. Estructuras hipotéticas de ácidos fúlvicos	14
Figura 4. Proceso de separación de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas con base a sus solubilidades en medios alcalinos y/o ácidos.....	16
Figura 5. Planta de tomate.....	19

RESUMEN

Los estudios de efectividad biológica en agroquímicos bajo la NOM 077 FITO - 2000., son importantes para su regulación y garantía de funcionalidad en la agricultura. En este estudio se evaluó un producto a base de ácidos fúlvicos para aplicación al suelo. Por lo cual este trabajo se realizó con el siguiente objetivo: Realizar el estudio de efectividad biológica del producto Fulva K, en el cultivo de tomate, cultivado en suelo, con fertirriego y bajo cubierta de malla antiáfidos. Se evaluaron 3 dosis del producto más un testigo absoluto 1). 0.0 L.ha⁻¹ Testigo absoluto, 2). 2.5 L.ha⁻¹, 3.) 5.0 L.ha⁻¹ y 4). 10.0 L.ha⁻¹, en un diseño de bloques completos al azar. Los resultados muestran que la aplicación del producto fulva K, al suelo no afectó el crecimiento de la planta, la calidad del fruto y la conductividad eléctrica en el suelo. Pero aumentó el rendimiento total del cultivo, donde la mejor dosis fue 10.0 L.ha⁻¹.

Palabras clave: ácidos fúlvicos, mejoradores de suelo.

INTRODUCCIÓN

Los agroquímicos son necesarios para la agricultura moderna, y debido a la enorme demanda han aparecido en el mercado una gran cantidad de productos, que lejos de mejorar los cultivos provocan daños, o efectos negativos, impactando de manera significativa la sostenibilidad de la agricultura. (Zavaleta, 1999).

Con el propósito de evitar la comercialización de productos, cuya acción tenga un efecto negativo en los cultivos ocasionando problemas a los agricultores. La Secretaria Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), regula la formulación y venta de agroquímicos, mediante lineamientos que están especificados en la NOM-077-FITO-2000. (Diario Oficial de la Federación, 11/04/2000), actualizada en diciembre del 2011 (Diario Oficial de la Federación, 19/12/2011). De tal manera que, todas las empresas productoras o importadoras de agroquímicos deben de cumplir con estos requisitos, entre ellos realizar estudios de efectividad biológica de sus productos antes de llevarlos al mercado. Con estos estudios la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), emite un registro, que debe citarse en la etiqueta del producto en cuestión y es requisito para ser comercializado en la república mexicana.

Los estudios de efectividad biológica de agroquímicos, pueden ser realizados por dependencias autorizadas, en la región, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Estos estudios se realizan bajo el rigor científico, planteamientos estadísticos y tratamientos. Por lo anterior este trabajo consistió en evaluar un producto cuyo ingrediente activo es ácido fulvico denominado fulva K, de la BioStar México S de RL de CV.

Se eligió el cultivo del tomate, por ser una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo y mayor valor económico. En México, se cultiva en 28 estados, pero solo cuatro concentran más del 70% en superficie sembrada, cosechada y en valor de producción, Sinaloa, Baja California Norte, San Luis Potosí, Michoacán. Siendo Sinaloa el principal productor (López, 2001). Así mismo es la hortaliza que más exporta, en el 2011 generó 10, 336,853.07 miles de pesos producidos en 53,780.18 has., (SAGARPA, 2011).

Por lo anterior este trabajo se realizó con el siguiente

Objetivo

Realizar el estudio de efectividad biológica del producto Fulva K, el cultivo de tomate, cultivado en suelo, con fertirriego y bajo cubierta de malla antiáfidos.

Hipótesis

El producto Fulva K, tendrá un efecto positivo en el desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo de tomate.

REVISIÓN DE LITERATURA

Estudios de Efectividad Biológica

Los estudios de efectividad biológica contemplados en la Norma Oficial Mexicana NOM-077-FITO 2000. (Diario Oficial de la Federación 2000). Son evaluaciones de los productos que solicita la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a las empresas formuladoras o comercializadoras de agroquímicos con el propósito de obtener el registro de sus productos para poder comercializarlos, estos estudios los realizan instituciones autorizadas por la SAGARPA, en la región. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Los requisitos y procedimientos se establecen en documentos que emite la SAGARPA, denominados Normas oficiales, para fertilizantes, reguladores de crecimiento y mejoradores de suelo que es este caso particular, se emite la norma oficial mexicana NOM – 077 FITO-2000, publicada en el diario oficial de la federación del martes 11 de abril del 2000 y modificada el 19 de Diciembre del 2011.

Modificación de la norma oficial mexicana nom-077-fito-2000, por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal.

2. Definiciones

Fertilizante inorgánico: Insumo de nutrición vegetal elaborada con base en nutrientes primaria y/o nutriente secundaria y/o micronutrientes que se presentan en forma mineral.

Fertilizante orgánico: Insumo de nutrición vegetal cuya función principal es aportar nutrientes para las plantas, los cuales proceden de materiales que contienen carbono de origen animal y/o vegetal.

Nutrientes primarios: Nutrientes minerales que las plantas requieren en grandes cantidades y comprenden al nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Mejorador de suelo: Sustancia orgánica o inorgánica capaz de modificar las propiedades y características físicas, químicas o biológicas del suelo.

Micronutrientes: Nutrientes minerales que las plantas requieren en pequeñas cantidades y comprenden al hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y cobalto (Co).

3. Especificaciones

3.1. Los estudios de efectividad biológica se realizarán en los cultivos que designe la Secretaría a partir de una lista propuesta por el particular. En el caso en que el particular designe el cultivo donde se evaluará la efectividad biológica del insumo de nutrición vegetal correspondiente y con base en los resultados del estudio, la Secretaría dictaminará el uso del insumo para todos los cultivos de la misma familia botánica.

3.1.1. Si el particular considera que su producto se registre con recomendación para cultivos de distintas familias botánicas, debe proponer a la Secretaría la designación del cultivo en el cual se evaluará el insumo, con base en una lista de cultivos en donde se incluyan las dosis, épocas y métodos de aplicación que proporcione a ésta; en este caso, la Secretaría dará respuesta en un plazo no mayor a 15 días hábiles.

3.1.2. Para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal, el particular presentará un protocolo de investigación, el cual será elaborado por el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado, que desarrollará el estudio conforme a lo establecido.

3.2. Procedimiento para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal.

3.2.1. Los estudios de efectividad biológica de insumos de nutrición vegetal se realizarán por los laboratorios de pruebas acreditados y aprobados, con el fin de estar acorde con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con el segundo transitorio de la presente Norma Oficial Mexicana.

3.2.2. Se utilizará un diseño que indique el arreglo y distribución de la unidad experimental con un mínimo de tres repeticiones, incluyendo por lo menos tres dosis a evaluar y un testigo absoluto.

3.2.3. Se permite la utilización de otros insumos de nutrición vegetal o plaguicidas en el desarrollo del estudio, siempre y cuando éstos no interfieran en los resultados del insumo de nutrición vegetal que se estudia, siendo responsabilidad del profesional encargado del mismo el presentar la justificación del uso y la comprobación correspondiente en el informe final y/o cuando se le solicite.

3.3. El procedimiento para obtener el dictamen técnico por parte de la Secretaría se ajustará a lo establecido.

La materia orgánica

El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbón. Química y físicamente, consiste en una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente, de productos desmenuzados, de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzer y Schulten, 1995; Schnitzer, 2000). Por convención, es dividida en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas (Stevenson, 1982).

Las sustancias no húmicas son los carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y ácidos grasos de bajo peso molecular (Atlas, 1984), éstos son relativamente fácil de descomponer por los microorganismos, por lo que tienen poca duración en el suelo, mientras que la celulosa, hemicelulosa y lignina por su estructura molecular son difíciles de alterar (Alexandrova, 1994; Schnitzer y Schulten, 1995; Yano *et al.*, 1998) y se les considera los principales “precursores” de las sustancias húmicas (SH) (Duchaufour, 1984; Fründ *et al.*, 1994; Orlov, 1995). La transformación de las sustancias no húmicas en húmicas se integra en dos procesos: la mineralización y la humificación. La primera es la formación de compuestos, en general solubles (nitratos, fosfatos, etc.) o gaseosos (CO₂), por la acción de microorganismos (Duchaufour, 1984; Fründ *et al.*, 1994).

La segunda consiste en la síntesis y/o unión química y/o biológica de compuestos de la degradación de residuos de plantas y animales, por la actividad enzimática de los microorganismos (Fründ *et al.*, 1994).

La humificación de materiales orgánicos, origina las sustancias húmicas (SH), las cuales son una mezcla heterogéneas 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, así como de la

actividad de síntesis de microorganismos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000) y sus características generales son: color de amarillo a oscuro, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, polielectrolíticas, con un amplio rango de peso molecular, el cual va desde algunos cientos hasta algunos miles (Schnitzer, 1978) y constituyen del 70 al 80 por ciento p/p de la materia orgánica de la mayoría de los suelos (Schnitzer, 2000).

De acuerdo a su solubilidad en álcalis y ácidos, las sustancias húmicas se clasifican en ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF), los que son macromoléculas aromáticas complejas, muy estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas y racimos (Schnitzer, 1978; Schnitzer y Ghosh, 1982; Stevenson, 1982; Schnitzer y Schulten, 1995), ciclos aromáticos condensados (eworobe-at-cc.Umanitoba.CA, 1996), con aminoácidos, amino-azúcares, péptidos y compuestos alifáticos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 1978, 2000) y las huminas residuales (HR), las que están menos estudiadas hasta ahora.

Las características son: los AH no son solubles en agua pero en álcalis sí, precipitan en medio ácido, son de color café oscuro a negro y con alto peso molecular (20000 KDa), 62 % de carbón y 30 % de oxígeno. Los AF se caracterizan por ser solubles en agua a cualquier condición de pH del medio y permanecen en solución después de la separación de los AH por acidificación, son de color amarillo claro a amarillo oscuro, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 Da), con un 45 % de carbón y 48 % de oxígeno. Una importante diferencia entre los AH y AF es que el oxígeno de estos últimos, puede ser considerado como grupos funcionales $-COOH$, $-OH$ fenólicos, $-COO$ y $C=O$, unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos, mientras que en los AH la mayor porción de oxígeno, parece estar presente como un componente estructural del núcleo y/o ciclos aromáticos (Schnitzer, 1978, 2000; Stevenson,

1982; Stevenson y Schnitzer, 1982; Cameron *et al.*, 1989).

Para la extracción de sustancias húmicas, de cualquier material orgánico humificado y/o suelos, se emplean métodos denominados no degradativos y degradativos. Por su facilidad el más empleado (aunque es degradativo) es por vía química, el cual consiste en el uso de hidróxido de sodio (NaOH) a concentraciones de 0.1, 0.5 y 1.0 N en solución acuosa (Senesi, 1994; Sorge *et al.*, 1994; Amalfitano *et al.*, 1995; Schnitzer, 1978, 1991, 2000). Aunque también han sido probadas algunas sales neutras y ácidos orgánicos, como el pirofosfato de sodio a 0.1 N y 0.1 M e hidróxido de potasio al 0.1 y/o 0.5 N (Piccolo, 1989). Sin embargo, la estructura molecular de los AH y AF no ha sido plenamente identificada, ni reconocida universalmente, por la gran heterogeneidad de orígenes, fuentes de materiales y factores que intervienen en su constitución y porque los científicos no están en posibilidades de proponer un concepto válido de la(s) molécula(s) de estos compuestos. (López *et al.*, 2005)

En la estructura de los AH, una de las formas muy interesantes, es la presencia de vacíos de variadas dimensiones, los cuales pueden atrapar o unir otros componentes orgánicos como carbohidratos, proteínas y lípidos o bien inorgánicos como arcillas minerales y oxihidróxidos. Además, los carbohidratos y las proteínas, son adsorbidos en la superficie externa y en los vacíos internos, los puentes de hidrógeno juegan un importante papel en su inmovilización, junto con el agua. Los grupos funcionales, principalmente los oxigenados, están involucrados en reacciones con metales y minerales, los que proveen elementos nutrimentales para las raíces de los vegetales (Orlov, 1995; Schnitzer, 2000). Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres. Aquí dominan los grupos funcionales carboxilos, estimados entre 500 y 900 meq/100g para los AH y los oxhidrilos fenólicos, cuya cantidad no es más de

1400 meq/100g para los AF, porque más del 80 % de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados, por ejemplo, los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalino-térreos (Orlov, 1995; Harter y Naidu, 1995; Schnitzer, 2000).

La complejación y/o quelatación de cationes, es probablemente el más importante papel de las SH 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).

Los Ácidos Fúlvicos

Son sustancias químicas naturales polifuncionales muy complejas que forman parte de las sustancias húmicas (SH) las cuales están presentes en suelos, lagos y mares y que además son la base de los ciclos de los micronutrientes del suelo. Los ácidos fúlvicos son agentes complejantes de cationes metálicos muy importantes, por los que causan un impacto directo en la biodisponibilidad y transporte de los mismos.

Al igual que los ácidos húmicos tienen una alta capacidad de intercambio catiónico en un rango de 200-300 meq/100g dada por la presencia de los grupos carboxílicos y fenólicos (Schnitzer y Skinner 1965). Estos grupos como están en forma libre pueden absorber cationes, siendo los cationes bivalentes los que en mayor frecuencia se adhieren a estas cargas negativas, seguido por los cationes monovalentes. El H^+ varía en este respecto ya que al adherirse con estos grupos tiende a formar un enlace químico.

Por varios años se han propuesto varias rutas por las cuales se forman los SH a partir del decaimiento natural de las plantas y animales que yacen en el suelo. Sin embargo solo dos de los mecanismos propuestos especifican la formación de los AF. La teoría popularizada Haksman (2), fue que las SH son el resultado de modificaciones hechas a estructura de lignina. De acuerdo a esta teoría la

lignina es utilizada de forma incompleta por microorganismos, generando con ello residuos que terminan siendo parte del humus del suelo. La modificación de la lignina involucra la pérdida de grupos $-\text{COOH}$. El material modificado está sujeto a cambios futuros desconocidos que dan origen a los AF y AH.

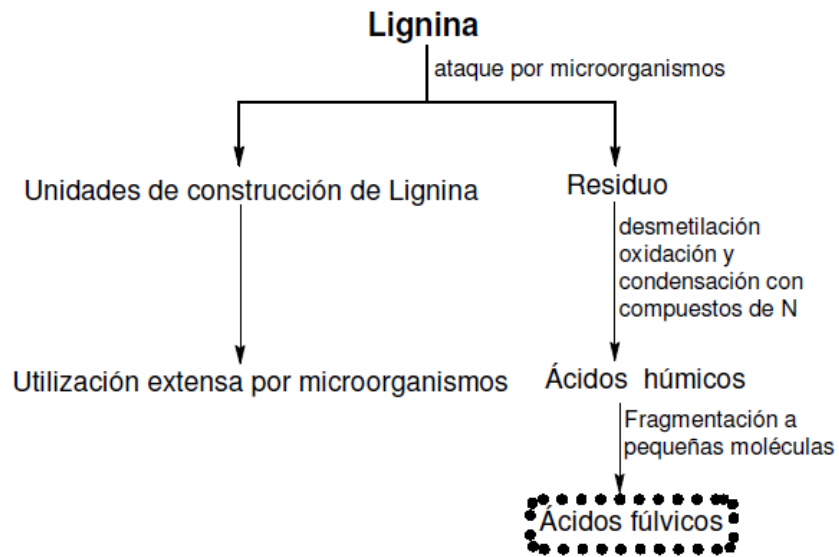


Figura 1. Teoría de la formación de SH a partir de la lignina según Waskman.

A pesar de que la teoría de la lignina es comúnmente considerada para explicar la formación de las SH hoy en día la mayoría de los investigadores están a favor de las rutas propuestas por Stevenson mismas que involucran quinonas; estas rutas se ilustran en las figuras 2a) y 2b)

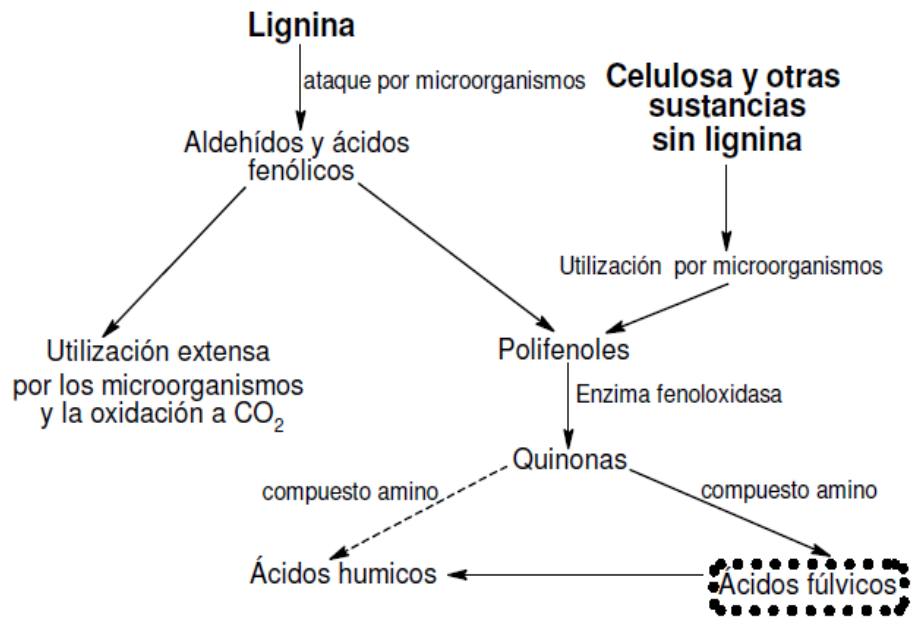
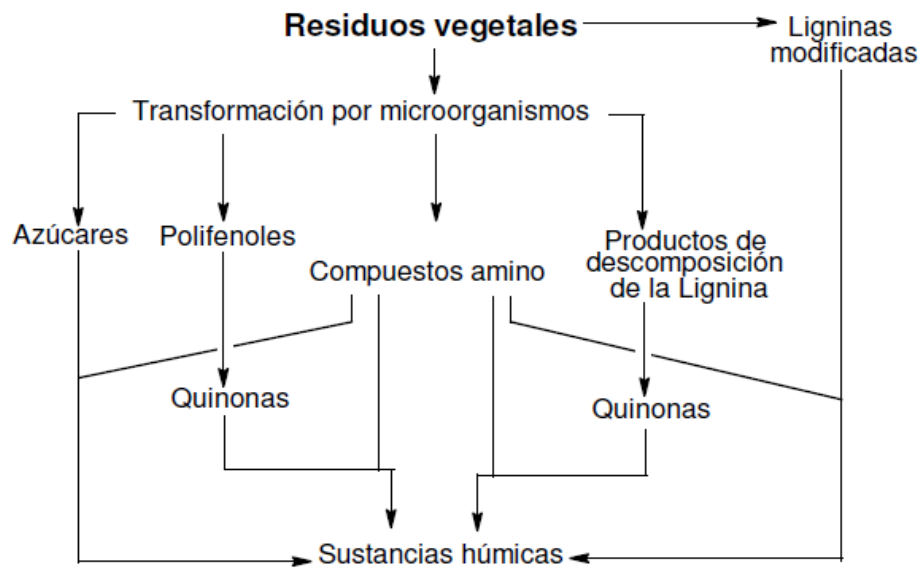


Figura 2. Rutas de formación de humus propuestas por Stevenson (1982) basadas en la formación de quinonas.

En la ruta a) no se contempla la formación de los ácidos fúlvicos sin embargo la ruta (b) de la Figura 2, muestra que los ácidos y aldehídos fenólicos son liberados a partir de la lignina durante la degradación microbiana y posteriormente transformados a polifenoles, sufren posteriormente una conversión enzimática a quinonas, las cuales se polimerizan en presencia o ausencia de compuestos amino para formar moléculas de AH, o AF que posteriormente se polimerizan para generar más AH.

Se ha propuesto que estas rutas pueden suceder en cualquier tipo de suelo pero no en la misma proporción, ni en el mismo orden de importancia. Por ejemplo la teoría de la lignina podría predominar en suelos pobremente drenados, así como en suelos lodosos. En cambio en ecosistemas con frecuentes y extremas fluctuaciones de temperatura, humedad e irradiación de la superficie del suelo, se podría favorecer la condensación de aminoácidos a partir de azúcares.

Propiedades y aplicaciones de los AF

Tanto los AH como los AF son de gran importancia en los cultivos, donde evitan que la tierra se compacte además que ayudan a transferir nutrientes del suelo a la planta, aumentan la capacidad de retención de agua, incrementan la velocidad de germinación de las semillas y estimulan la proliferación de la microflora presente en el suelo. (Senesi, et al.1991)

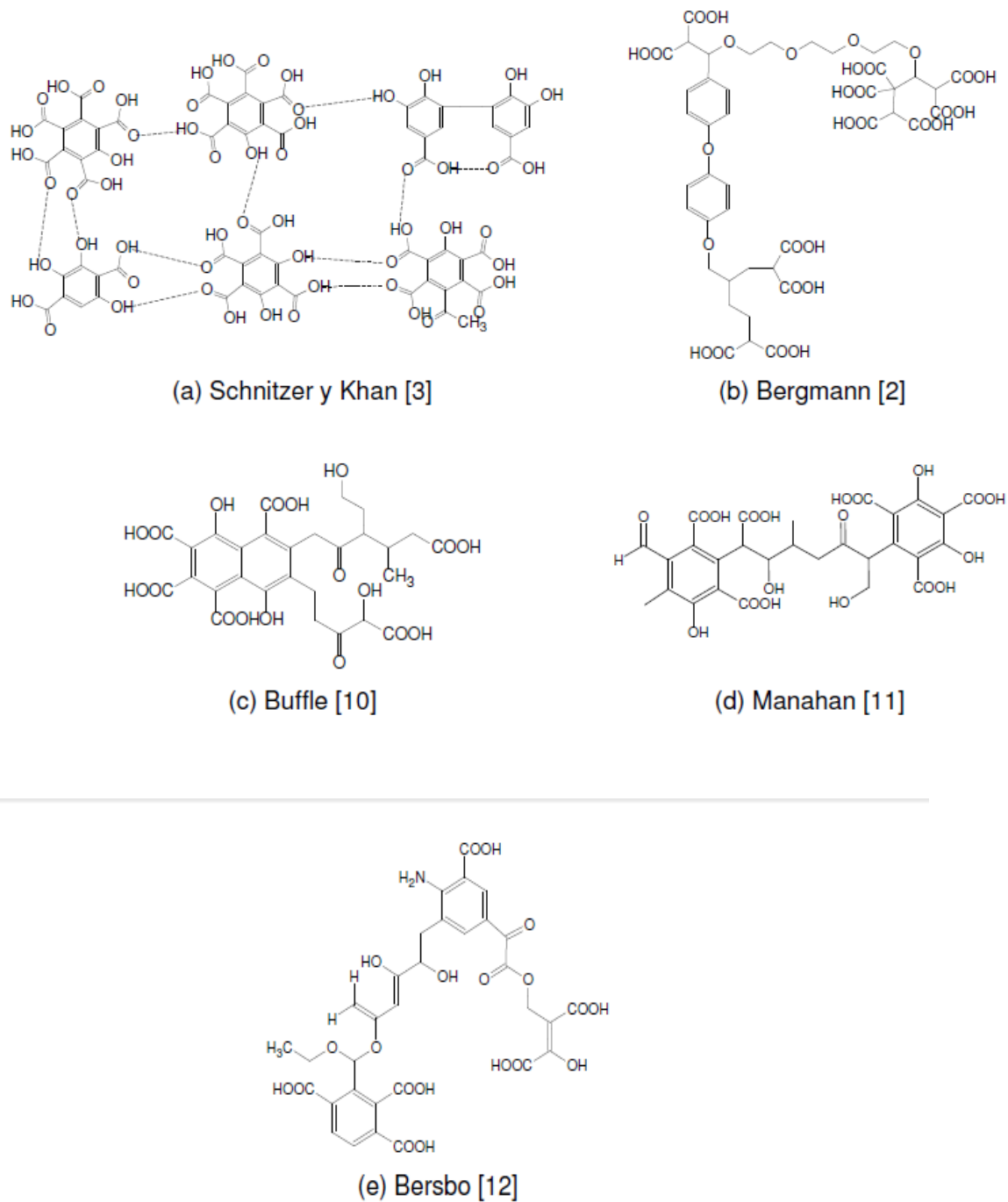


Figura 3. Estructuras hipotéticas de AF, propuestas por Schnitzer y Khan(a), Bergmann (b), Buffle (c), Manahan (d) y Bersbo (e).

Las SH forman sales con cationes de metales alcalinos y alcalinotérreos, así como algunos otros metales, dando origen a humatos y fulvatos. Algunos de ellos son de alto valor nutricional para las plantas ya que vuelven solubles y asimilables a los metales. Así por ejemplo los AF reducen y movilizan el Hierro transformándolo de Fe^{3+} a Fe^{2+} .

Como ya se ha mencionado, los AF son moléculas poco polimerizadas con grandes cantidades de grupos carboxílicos, hidróxidos, aminas, unos cuantos anillos aromáticos y cadenas laterales alifáticas de gran longitud. Estos grupos reactivos les proporcionan un carácter global ácido y una elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC), por lo que no solo la roca madre que conforma el suelo es la responsable de este fenómeno. En un suelo a mayor CIC, mayor es la capacidad y disponibilidad de nutrientes y por consiguiente mayor es su fertilidad además que se evitan precipitaciones o bloqueos indeseables de los nutrientes (Stevenson, 1982). Por ello se dice que las SH funcionan como reguladores de pH de los suelos y ayudan al proceso de meteorización de las aguas. De esta manera el papel principal de las SH en el medio ambiente es la de complejar y remover metales, sustancias químicas orgánicas de origen antropogénico y otros componentes del agua.

Procesos de extracción y purificación de los ácidos fúlvicos

La clasificación de SH comúnmente conocida hasta la fecha, AF, AH y huminas (Kononova, 1966) fue hecha con respecto a su solubilidad tal como se muestra en la figura 4. Los AF y AH representan las fracciones solubles en soluciones acuosas alcalinas, mientras que las huminas representan la fracción insoluble del humus. Los AF son separados de los AH a través de la precipitación de estos últimos, lo cual se logra mediante la acidificación de la solución acuosa en la que se encuentran disueltos. Los AF son solubles a cualquier pH, por lo que permanecen disueltos en el medio acuoso.

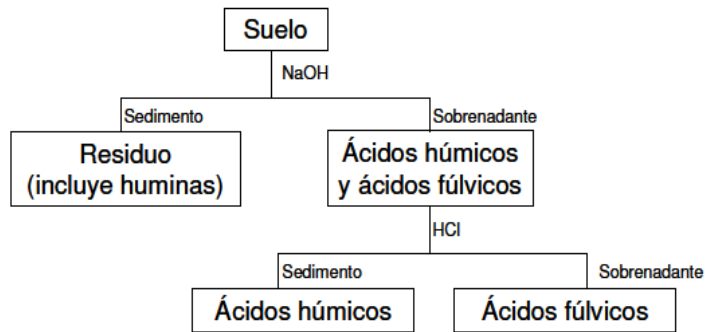


Figura 4.Proceso de separación de AF, AH y huminas con base a sus solubilidades en medios alcalinos y/o ácidos.

Las propiedades tanto de los AF y AH pueden ser estudiadas adecuadamente únicamente si se encuentran libres de material orgánico. Existen varias técnicas extractivas las cuales se emplean dependiendo de la naturaleza de la muestra que se vaya a tratar.

En el Cuadro 1, se listan algunos de los extractantes de SH más utilizados (Stevenson, 1982)

Cuadro 1. Extractantes de Sustancias Húmicas comúnmente utilizados

Extractante	% aproximado de SH extraídas
NaOH	80%
Na ₄ P ₂ O ₇	30%
Agentes orgánicos quelatantes	30%
Ácido fórmico	55%

Extracción alcalina (NaOH)

Este es el proceso extractivo más comúnmente utilizado y comienza con el lixiviado del suelo con HCL de baja concentración. Permite remover Calcio y cationes polivalentes, además de que se incrementa la extracción de materia orgánica que se obtiene en el siguiente paso de este proceso.

A continuación se usa una solución de NaOH cuya concentración comúnmente varia de 0.1 a 0.5 M, manteniendo una relación de g de suelo por mL de solución de NaOH de 1:2 a 1:5(g/mL). Este paso puede repetirse varias veces para obtener la mayor cantidad de materia orgánica posible. Comúnmente es posible extraer dos terceras partes de materia orgánica con este método. Sin embargo los inconvenientes de este proceso extractivo son:

1.-Las soluciones alcalinas disuelven la silica de material mineral, lo que contamina la fracción orgánica que se encuentra en la solución acuosa.

2.-Las soluciones alcalinas también disuelven los componentes estructurales y protoplasmáticos de los tejidos orgánicos frescos que posteriormente se mezclan y contaminan el humus presente en suelo.

3.-En la solución alcalina pueden ocurrir otros cambios químicos como condensaciones entre aminoácidos y aldehídos o quinonas.

Es por ello que entre más alcalinas sea la solución extractante, así como mayor sea el periodo en el que se trata la muestra, mayores son los cambios químicos que se producen sobre ella, a pesar que se observa que la cantidad de materia orgánica es mayor.

Estudios de la interacción Ácidos Fúlvicos –Metal

Los metales pesados son algunos de los componentes de la roca madre de la que está compuesto el suelo, los cuales son transportados hasta los mantos

acuíferos, las fuentes de agua potable, así como los sistemas marinos. Esto se debe a la movilidad de los metales en su forma iónica o cuando se encuentran como complejos metálicos orgánicos (Essington, 2003)

Concretamente la materia orgánica en la solución acuosa es capaz de:

- 1.-Complejar metales e incrementar su solubilidad
- 2.-Alterar la distribución de la forma oxidada o reducida de los metales.
- 3.-Reducir la toxicidad de los metales y alterar su biodisponibilidad hacia la vida acuática.

Si bien los AF acuáticos y los de origen terrestre que se encuentran en la solución acuosa pueden liberar los iones metálicos que se encuentran adsorbidos en sedimentos, también son capaces de secuestrar iones metálicos que se encuentran en la solución cuando la materia orgánica (entre ella humus) se encuentra adsorbida en los sedimentos.

En los AF existen muchos grupos funcionales, que contienen en su estructura átomos de oxígeno que se asocian con iones de metales alcalinotérreos (comúnmente Ca y Mg) y metales de transición (Cu, Fe, Cd, Zn, V y Ni). Los cationes monovalentes como Na^+ y K^+ pueden formar enlaces electrostáticos débiles con un solo grupo funcional de los AF mientras que los iones metálicos divalentes pueden complejarse con dos sitios aniónicos adyacentes formando con ello un quelato, que posee una unión mucho más fuerte que la formada con cationes monovalentes(Steinberg,2003).

Los estudios realizados sobre los AF muestran claramente que existen una relación benéfica, como los resultados encontrados por Rauthan y Schnitzer (1981), que al aplicar AF a concentraciones de 100-300 ppm incrementaron la longitud de la raíz en un 31%, en el peso del tallo en 81%, peso de la planta en

130% el número de hojas y flores por planta fue de 40 y 145% respectivamente, a comparación con el testigo absoluto.

Generalidades del cultivo del Tomate

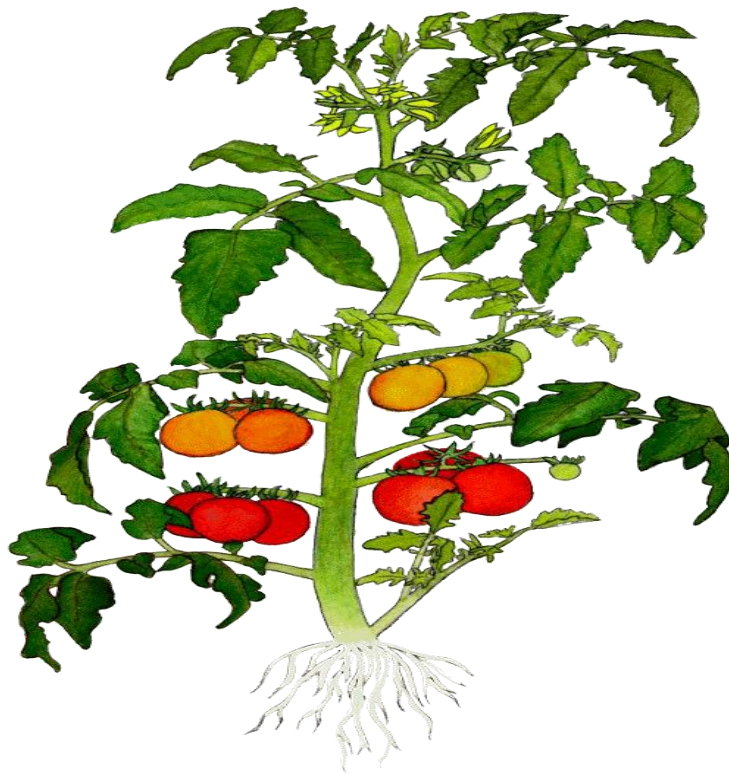


Figura 5. Planta de tomate

Origen e historia

El jitomate es originario de la América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México. Durante el siglo XVI los colonizadores lo llevaron a Europa donde tardó mucho tiempo en ser aceptado como fruto comestible debido a que el herborista italiano Pietro Andrea Mattioli relacionaba al tomate con la belladona y mandrágora, plantas extremadamente venenosas.

La creencia sobre la toxicidad del fruto restringió durante siglos su uso como alimento permaneciendo solo como ornamental y curiosidad botánica. En muchas regiones del mundo estas supersticiones persistieron ampliamente hasta el siglo XX incluyendo al hoy principal consumidor de tomate en el mundo; Estados Unidos.

Actualmente solo en México se utiliza el término jitomate que gradualmente se va sustituyendo por tomate (Casseres 1981). El nombre de jitomate procede del náhuatl *xictli*, ombligo y *tomatl*, tomate, que significa tomate de ombligo. Nuestro país es considerado a nivel mundial como el centro de domesticación más importante.

Requerimientos de clima y suelo

Temperatura. La temperatura óptima de desarrollo del cultivo de tomate oscila entre los 20 y 30°C durante el día y entre 10 y 17°C durante la noche. Las temperaturas superiores a los 35°C impactan negativamente sobre el desarrollo de los óvulos fecundados y, por ende, afectan el crecimiento de los frutos. Por el otro lado, las temperaturas inferiores a 12°C afectan adversamente el crecimiento de la planta. Las temperaturas son especialmente críticas durante el período de floración, ya que por encima de los 25°C o por debajo del 12°C la fecundación no se produce. Durante la fructificación las temperaturas inciden

sobre el desarrollo de los frutos, acelerándose la maduración a medida que se incrementan las temperaturas. No obstante, por encima de los 30°C (o por debajo de los 10°C) los frutos adquieren tonalidades amarillentas.

Humedad. La humedad relativa óptima oscila entre 60% y 80%. Con humedades superiores al 80% incrementa la incidencia de enfermedades en la parte aérea de la planta y puede determinar, además, el agrietamiento de los frutos o dificultades en la polinización ya que el polen se apelmaza. En el otro extremo, una humedad relativa menor al 60% dificulta la fijación de los granos de polen al estigma, lo que dificulta la polinización. (Infoagro, 2013)

Cuadro 2. Temperaturas para varios estadios de desarrollo de tomate en campo (Olimpia, 2000)

Se hiela la planta		2°C
Detiene su crecimiento		10°-12°C
Mayor Desarrollo		20°-24°C
Desarrollo normal	(Media mensual)	16°-27°C
	Mínima	10°C
Germinación	Optima	16-29°C
	Máxima	34°C
Nacencia		18°C
Desarrollo	Día	18°-21°C
	Noche	13°-16°C
Floración	Día	23°-26°C
	Noche	15°-18°C
	Día	14°-17°C
Fructificación	Noche	19°-24°C

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del lugar de trabajo

El estudio se realizó bajo cubierta de malla antiáfidos, en la parcela 17 del ejido el Pilar, municipio de General Cepeda, Coahuila., ubicado a 25° 22' 30.47" N y 101° 28' 26.39" O, con una altitud de 1474 msnm. (Digital Globe, 2012). Durante el periodo de Junio a Diciembre del 2012.

Material vegetal

Se utilizó tomate tipo saladatte o roma de hábito indeterminado Rafaello[®] F1.

Descripción de los tratamientos

Se evaluaron 3 dosis del producto Fulva K[®] (Descripción ver apéndice 1), más 1 testigo absoluto (Cuadro 3). En un diseño de 4 bloques completos al azar. Con 10 plantas por repetición, lo cual dio 160 plantas, por unidad experimental.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos o dosis del producto.

Tratamiento 1	2.50 L.ha ⁻¹
Tratamiento 2	5.00 L.ha ⁻¹
Tratamiento 3	10.00 L.ha ⁻¹
Tratamiento 4	0.00 L.ha ⁻¹ Testigo absoluto

La aplicación se realizó cada 14 días, diluyendo en 6 litros de agua las dosis respectivas, 6,12 y 24 cc del producto. La solución se distribuyó uniformemente en el suelo a lo largo del surco sobre la base de las plantas.

Actividades para el establecimiento del estudio

El terreno se preparó con riego por goteo, para lo cual se utilizó cintilla marca T-tape 6 mil, con goteros a 12 pulgadas, y un gasto por gotero de 1 L por hora. La planta se produjo en charolas de poliestireno de 200 cavidades y peatmos® como sustrato. El trasplante se realizó el 3 de agosto del 2012.

El cultivo se manejó de acuerdo al paquete tecnológico del cultivo de tomate bajo cubierta (INFOAGRO, 2011). La nutrición del cultivo se realizó, según el programa de nutrición de tomate (Sandoval, 2012).

Variables evaluadas

Variables de crecimiento

Altura de la planta. Se realizó la medición semanalmente con un flexómetro hasta que se decapitó.

Número de racimos. Se contó semanalmente los racimos que tenía la planta.

Número de frutos por racimo. Se contó el número de frutos cuajados en cada racimo.

Diámetro y longitud de entrenudo. Con un vernier electrónico, se midió el diámetro central del entrenudo y con una regla graduada la longitud del mismo. Esta medición se realizó cada semana.

Largo y ancho de hoja: Se realizó la medición semanalmente con una regla graduada, se midió la hoja abajo del racimo más próximo a cosecha.

Variables de productividad

Número y peso de frutos cosechados por planta. Se cosecho el total de plantas de cada repetición. Se contó el número de frutos y se pesó el total de los mismos. Tanto el número de frutos cosechados, como el peso de los mismos se dividieron entre el número de plantas cosechadas. Esta evaluación se realizó en cada corte.

Rendimiento por planta. Se sumó el peso de frutos por planta de cada corte.

Variables de calidad de fruto

Estas variables a excepción del peso promedio de fruto, se evaluaron en cada corte, tomando al azar 3 frutos por repetición.

Peso promedio de fruto: Se obtuvo dividiendo el peso del total de los frutos cosechados en cada repetición entre el número de los mismos. Este dato se obtuvo en cada corte y finalmente se reporta el promedio general.

Longitud y diámetro del fruto: Con un vernier electrónico, se midió el diámetro ecuatorial y con una regla la longitud del fruto.

Firmeza: Se realizó con un penetrometro con punta de 6mm de diámetro.

Grados Brix: Se determinó con un refractómetro manual marca Sper Scientific®. Modelo 300010.

pH: Se tomó la medición potenciómetro manual marca Hanna modelo HI98130.

Conductividad eléctrica: Con un conductímetro para medir conductividad eléctrica en el suelo, marca Hanna modelo HI 98331, se midió semanalmente.

ANALISIS DE DATOS

Los datos obtenidos fueron analizados bajo un diseño de bloques al azar, realizando el análisis de varianza (ANVA) y separados con la prueba múltiple de medias Tukey ($P > 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de Crecimiento

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de ácidos fúlvicos sobre el crecimiento del cultivo de tomate.

TRATAMIENTO	Altura (cm)	Diámetro entrenudo (mm)	Longitud entrenudo (cm)	Ancho de Hoja (cm)	Largo de Hoja (cm)
2.50 L.ha ⁻¹	207.667 a	10.3942 a	28.25 a	49.25 a	57.00 a
5.00 L.ha ⁻¹	214.333 a	10.3608 a	28.833 a	41.833 a	53.167 a
10.0 L.ha ⁻¹	212.083 a	10.5233 a	29.167 a	46.917 a	57.833 a
0.0L.ha ⁻¹ Testigo absoluto	215.583 a	10.5858 a	27.333 a	44.5 a	54.333 a
C.V. (%)	7.451194	7.330342	16.80561	18.59929	11.58643
F	N.S.	N.S.	N.S.	N.S	N.S

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas, según la prueba de Tukey (P<0.05). *Prueba de F significativa (P<0.05), N.S. Prueba de F no significativa.

El cuadro 4, se presentan los efectos de las distintas concentraciones de ácidos fúlvicos AF. Se observa que no hubo diferencia significativa en todas las variables, lo anterior difiere a lo reportado por Rauthan y Schnitzer (1981), que al aplicar AF a dosis de 100 a 300 ppm, se incrementó el crecimiento del pepino en un 50% respecto al testigo absoluto, al igual que con Fagbenro y Agboola (1993), mencionan que las sustancias húmicas, tienen efecto positivo en el crecimiento de la planta, a través de los procesos respiratorios, al incrementar la permeabilidad de las células y por estimulación hormonal.

Por otro lado Ramos (2005), reporta que al aplicar Ácidos Fúlvicos al follaje, los resultados obtenidos no tienen diferencia estadística

Variables de productividad

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de ácidos fulvicos, sobre la productividad del cultivo de tomate.

Tratamientos	Numero de Racimos	Frutos por racimo	Rendimiento por planta (kg)	Rendimiento ton/ha (22800 Plantas /ha)
2.50 L.ha ⁻¹	7.6667 a	6.25 a	4.22 a	96.216
5.00 L.ha ⁻¹	7.75 a	6.5833 a	3.80 b	86.811
10.0 L.ha ⁻¹	7.5 a	7.3333 a	4.27 a	97.356
0.00 L.ha ⁻¹ Testigo absoluto	7.6667 a	5.5 a	3.61 b	82.365
C.V. (%)	9.976205	32.10504	11.67	
F	N.S.	N.S.	*	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas, según la prueba de Tukey (P<0.05). *Prueba de F significativa (P<0.05), N.S. Prueba de F no significativa.

Los ácidos fúlvicos aumentaron el rendimiento de tomate. Se cosecharon 6 racimos y se puede observar que al aplicar la prueba de Tukey (P≤0.05) para la variable de rendimiento que es una variable de mayor importancia, la dosis de 10 L.Ha⁻¹. Tuvo una respuesta el mayor rendimiento. En el 2000, Frías obtuvo resultados similares al aplicar ácidos fúlvicos a dosis de 2.5 L.Ha⁻¹. de un producto comercial de AF. De igual manera Rodríguez *et,al* (2009), encontraron resultados muy favorables, altamente significativos al aplicar abonos orgánicos al cultivo de tomate variedad Romina.

Aun y cuando, para la variable de numero de racimos difiere a lo reportado por López *et, al* (2005) donde menciona que al aplicar ácidos fúlvicos a razón de

0.4 ml L⁻¹ combinado con una solución Douglas al 100% el número de racimos superó en 70 % a su similar combinada con una solución nutritiva al 50%.

Variables de Calidad

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de ácidos fulvicos sobre la calidad del tomate.

TRATAMIENTO	Peso promedio de Fruto (gr)	Longitud (mm)	Diám. ecuatorial (mm)	Firmeza (Kg/cm ²)	°Brix (%)	pH
2.50 L.ha ⁻¹	91.18 a	75.083 a	49.75 a	3.733 a	4.041 a	4.259 a
5.00 L.ha ⁻¹	103.69 a	73.083 a	50.417 a	3.75 a	3.9583 a	4.152 a
10.0 L.ha ⁻¹	84.29 a	72.75 a	47.333 a	3.562 a	3.833 a	4.181 a
0.00 L.ha ⁻¹ Testigo absoluto	112.09 a	75.75 a	48.917 a	3.633 a	3.875 a	4.236 a
C.V. (%)	15.09284	7.727807	8.209984	23.61492	7.445517	2.676227
F	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas, según la prueba de Tukey (P<0.05). *Prueba de F significativa (P<0.05), N.S. Prueba de F no significativa.

En general los ácidos fúlvicos no tuvieron efecto significativo en ninguna variable de calidad, lo anterior difiere de lo reportado por López et,al (2005) que al aplicar ácidos fúlvicos de leonardita a la cantidad de 0.4 ml L⁻¹ de agua más la solución nutritiva Douglas al 50%, fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, en cuanto a peso de fruto, lo cual significa un 150% más, que al aplicar la solución nutritiva sola al 50% y 145% delante de la solución al

100%. Por otra parte coincide con lo encontrado por Rodríguez et,al (2009) que de igual manera no obtuvieron diferencia significativa en peso de fruto, al aplicar abonos orgánicos al cultivo de tomate.

Para la variable Diámetro polar tampoco hubo diferencias significativas que difiere de lo reportado por Rodríguez et, al (2009) que al aplicar té de compost, usando arena como sustrato obtuvo resultados altamente significativos, pero por otra parte coincide con los resultados de Moreno (2009) donde al aplicar dosis respectivas, 2, 4,6, cc de ácidos fúlvicos a tomate, menciona que no hay diferencia significativas entre los tratamientos.

Aunque se observa una tendencia a aumentar el diámetro de fruto, no hubo diferencia estadística significativa, los resultados coinciden con Rodríguez et, al (2009) que de igual manera reportan que no existe diferencia significativa al aplicar abonos orgánicos al cultivo de tomate, de la misma manera que Moreno (2009) reporta que no hay efecto al aplicar AF al cultivo de tomate.

Así mismo la Firmeza del fruto observa una tendencia a aumentar, destacando el tratamiento de 5.00 L.ha⁻¹, en promedio la firmeza encontrada fue de 3.66 kg/cm² cuando el tomate presentaba un color naranja- amarillento, que posteriormente se va reduciendo, conforme el estado de madurez avanza.

En cuanto a °Brix, la dosis de 2.5 L.ha⁻¹, sobresale numéricamente, la media para esta variable fue de 3.98%, la cual conforme el fruto madura se va incrementando. Los datos vuelven a coincidir con lo reportado por Moreno (2009), que tampoco obtuvo resultados significativos al aplicar AF a dosis de 2,4 y 6 cc por litro de agua, en el cultivo de tomate. No obstante Rodríguez et, al (2009) reportó resultados que difieren, puesto que al aplicar abonos orgánicos al cultivo de tomate variedad Romina, encontró resultados altamente significativos.

Conductividad eléctrica en el suelo

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de AF sobre la conductividad eléctrica del suelo.

Conductividad Eléctrica	
TRATAMIENTO	C.E ms
2.5 L.Ha-1	0.47167 a
5 L.Ha1	0.42333 a
10 L.Ha1	0.485 a
Testigo absoluto	0.52167 a
C.V. (%)	35.78965
F	N.S.

La aplicación de ácidos húmicos no afecto la conductividad eléctrica del suelo. La media obtenida fue de 0.47ms. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Ramos (2000), que menciona que no existe diferencia significativa de la conductividad eléctrica del suelo y el pH, al aplicar Ácidos Fúlvicos de Leonardita al cultivo de tomate.

CONCLUSIONES

Los ácidos fúlvicos no tuvieron efecto sobre las variables de crecimiento de la planta y la calidad del fruto de tomate.

La dosis de 2.0 L.Ha⁻¹ y 10 L.Ha⁻¹, fue la que incrementó el rendimiento

LITERATURA CITADA

- Aleksandrova I., V. 1994. Interactions of structural units and the strength fixation in molecules of humic-like substances. Eurasian Soil Science, 26: 35-43.
- Amalfitano, C., R. A. Quezada., M. A. Wilson and J. V. Hanna. 1995. Chemical Composition of Humic Acids: A Comparison with Precursor "Light Fraction" Litter from different Vegetations Using Spectroscopic Techniques. Soil Sci. Vol. 159. N° 6 pags. 391-401.
- Atlas, R. M. 1984. Microbiology. Fundamentals and Applications. McMillan Publishing Company, New York, New York. Duchaufour, Ph. 1984. Edafología. 1. Edafogénesis y Clasificación. Ed. Masson, S. A. Barcelona. Cameron, K. C., R. G. McLaren and J. A.
- Adams. 1989. Application of municipal sewage to low fertility forest soils: the fate of nitrogen and heavy metals. Soil Sci. Soc. AM. J. pags. 467-482.
- Buffle J., Greter F. y Haerdi W. 1977. Measurement of complexation properties of humic and fulvic acids in natural waters with lead and copper ion-selective electrodes. Anal. Chem.
- Casseres E. 1981, Producción de hortalizas, 3ª Edición. La reimpresión San José Costa Rica I. ICA.
- Dursun A.; I. Guven and M. Turan. 2007. CAP 52 Macro and micro nutrient contents of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and eggplant (*Solanum melongena* var. *Esculentum*) seedlings and their effects on seedlings growth in relation to humic acid application pag Improved Crop Quality by Nutrient Management vol 86.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal. DOF 11/04/2000.
- Diario Oficial de la Federación. 2011. Modificación de la Norma oficial mexicana NOM-077-FITO-2000, por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de nutrición vegetal. DOF 19/12/2011.

Essington M. E. 2003. Soil and water chemistry. CRC Press

Frías Mares Angélica. Efecto de dos tipos de Ácido Fúlvicos en el cultivo del tomate. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Dpto. de Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Fründ, R., k. Guggenberg, K. Haider, H. Knicker, I. Kögel-Knaber, H.-D. Lüdeman, J. Luster, W. Zech and M. Spiteller. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. Z. Pflanzenernähr. Bodenk, 157: 175-186.

Gutiérrez, J.J. 2001. Efecto de ácidos fúlvicos de dos orígenes, en la dinámica del crecimiento de la plántula de tomate. Tesis de licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Harter, R. D. and R. Naidu. 1995. Role of Metal-Organic Complexation in Metal Sorption by Soils. In Advances in Agronomy. (Ed.) D. L. Sparks. Vol. 55:219-263.

<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>(13 (13 Mayo 2013)

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351 (13 Mayo 2013)

Kononova M. M. 1996. Soil Organic Matter. Pergamon; Elmsford, Nueva York.

López, C. R. 2002. Comportamiento de Substancias Húmicas de Diverso Origen en al Física de un Suelo Limo-Arcilloso y en la Fisiología del Tomate. Tesis Doctoral en Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

López, C.R., Reyes, L.A., Peña, C.E., Zúñiga, E.M. 2005. Uso de substancias húmicas extraídas de compostas en la producción de algunas hortalizas. Saltillo, Coahuila, México.

Manahan S.E. 1989. Humic Substances and effect of hazardous waste chemicals, in influence of aquatics humic substances a fate and treatmet of pollutants. American Chemical Society, Washington, D. C.

Moreno, M.V.M. 2009. Comportamiento de dos Acidos Fulvicos de Leonardita en la calidad, Producción y Distribución Radicular de Tomate Cherry en un Calcisol. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Olimpia G; Casanova A.; Laterrot H.; Anais G. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caibe. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana. 159 pp.

Orlov, D. S. 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA. Pettit. 2004. Organic matter, Humate, Humic acid, Fulvic acid and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health. Huma Tech. Inc. Makers of Promax. <http://www.humate.info/>

Piccolo, A. 1989. Characteristics of soil humic extracts obtained by some organic and inorganic solvents and purified by HCl- HF treatment. Soil Sci. 418-426.

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.

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.

Rodríguez Dimas, Norma, Cano Ríos, Pedro, Figueroa Viramontes, Uriel, Favela Chávez, Esteban, Moreno Reséndiz, Alejandro, Márquez Hernández, Cándido, Ochoa Martínez, Esmeralda, Preciado Rangel, Pablo. USO DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO Terra Latinoamericana [en línea] 2009, 27 (Octubre-Diciembre): [fecha de consulta: 13 de junio de 2013] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313040006>> ISSN 1870-9982.

Schnitzer M. y Khan S. U. 1972. Humic Substances in the Environment. Marcel Dekker. Nueva York.

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.

Schnitzer, M. and A. Ghosh. 1982. Characteristics of water-soluble fulvic acid-copper and fulvic acid-iron complexes. Soil Sci. 134: 354-363.

Schnitzer, M., and 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.

Senesi, N. 1994. Spectroscopic Studies of Metal Ion-Humic Substance Complexation in Soil. 15th World Congress of Soil Science. Vol. 3a Commission II: Symposia. Acapulco, México.

Senesi, N. Miano T. M. Provenzano M. R. Y Brunetti G. 1991. Characterization, differentiation and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy. *Soil Sci.* 152:259-271.

Sorge, C., M. Schnitzer, P. Leinweber and H.-R. Schulten. 1994. Molecular-Chemical characterization of organic matter in whole soil and particle-size fractions of a spodosol by pyrolysis-field ionization mass spectrometry. *Soil Sci.* Vol. 158, N° 3 pags. 189-203.

Steinberg C. 2003. Ecology of humic substances in freshwaters. Springer.

Stevenson F. J. 1982. Humus chemistry genesis, composition, reactions, Willey Interscience. Nueva York.

Stevenson F.J. 1982. Humus chemistry genesis, composition, reactions. Willey Interscience. Nueva York.

Stevenson, F. 1982. Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reactions. Wiley, New York, USA.

Valadez, L. A. 1998. Produccion de Hortalizas. Editorial Limusa

Yano, Y., W. H. McDowel and N. E. Kinner. 1998. Quantification of Biodegradable Dissolved Organic Carbon in Soil Solution with Flow-Through Bioreactors. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 556-1564. Wang, Z., Y. Xu and Z. Wang. 1996. Influence of fulvic acid on bioavallity and toxicity of selenite for wheat seedling and growth. *Biologicaltrace Element Research.* 55: 11-2, 147-162.

Zachariakis M., E. Tzorakakis, I. Kritsotakis, C.I. Siminis and V. Manios .2001. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevie rootstocks *Proc. Int. Symp. On Composting of Organic Matter.* Eds. Balis et al. *Acta Hort.* 549.

Zavaleta, M. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *TerraLatinoAmericana*, Julio-Septiembre, año/vol. 17, numero 003. Chapingo México, pp. 201-207.

APÉNDICES

Apéndice 1. Descripción del producto Fulva K[®]

Es un producto a base de ácidos fúlvicos formulado por la empresa BioStar México S de RL de CV. Clasificado como un mejorador de suelos a base de ácidos fúlvicos provenientes de leonardita, recomendado para su uso en todo tipo de cultivo bajo cualquier sistema de producción, que puede considerarse como un complemento en el manejo de nutrición de los cultivos, ya que favorece cambios químicos, físicos y biológicos en el suelo.

Aumenta la capacidad de intercambio iónico del suelo, forma compuestos con micronutrientes, evitando su precipitación e incrementando su absorción por las raíces.

Composición

Complejo Orgánico-Fulvico (Equivalente a 300 g de i.a/L.....)	25%
Potasio Asimilable (K ₂ O).....	3.0%
Materia Orgánica y compuestos relacionados.....	72%
Total.....	100%

Apéndice 2. Análisis de varianza

Variables de crecimiento de la planta

Altura final

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	1664.66667	277.44444	1.11	0.3747
Error	9	10271.00			
Total	15	11935.66667			

C.V.= 7.451194 %

Frutos por racimo

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	53.6666667	8.9444444	2.11	0.0731
Error	9	174.00000	4.2439024		
Total	15	227.6666667			

C.V.= 32.10504 %

Número de racimos

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	3.1250000	0.5208333	0.90	0.5075
Error	9	23.8541667	0.5818089		
Total	15	26.9791667			

C.V.= 9.976205 %

Diámetro entrenudo

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	1.7945291	0.2990881	0.51	0.7986
Error	9	24.1322187	0.5885907		
Total	15	25.9267479			

C.V.= 7.330342 %

Longitud entrenudo

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	65.7916667	10.9652778	0.48	0.8182
Error	9	933.6875000	22.7728659		
Total	15	999.4791667			

C.V.= 16.80561 %

Ancho de Hoja

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	442.791667	88.558333	1.23	0.3123
Error	9	3024.458333	72.010913		
Total	15	3467.250000			

C.V.= 18.59929 %

Largo de Hoja

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	215.708333	43.141667	1.04	0.4069
Error	9	1741.958333	41.475198		
Total	15	1957.666667			

C.V.= 11.58643 %

Variables de productividad

Peso de fruto

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	2217.909476	369.651579	1.70	0.2284
Error	9	1961.344629	217.927181		
Total	15	4179.254105			

C.V.= 15.09284 %

Rendimiento por planta

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	1068704.00	356234.6562	2.03	0.178
Error	9	1571760.00	17464.00		
Total	15	5789360.00			

C.V.= 11.07 %

Variables de calidad de fruto

Diámetro polar

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	185.833333	30.972222	0.94	0.4753
Error	9	1346.833333	32.8495		
Total	15	1532.66			

C.V.= 7.727807 %

Diámetro ecuatorial

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	218.1250000	36.3541667	2.24	.0586
Error	9	666.3541667	16.2525407		
Total	15	884.4791			

C.V.= 8.209984 %

Firmeza

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	0.63656250	0.10609375	0.14	0.9898
Error	9	30.79213542	0.75102769		
Total	15	31.42869792			

C.V.= 23.61492 %

Grados °Brix

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	0.48958333	0.08159722	0.95	0.4677
Error	9	3.50520833	0.08549289		
Total	15	3.99479167			
C.V.= 7.445517		%			

pH

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	0.09965000	0.01660833	1.31	0.2746
Error	9	0.51985000	0.01267927		
Total	15	0.61950000			
C.V.= 2.676227		%			

Conductividad eléctrica en el suelo

F.V	G.L	S.C	C.M	F- Valor	Pr> F
Tratamientos	3	0.21200000	0.03533333	1.22	0.3156
Error	9	1.18699167	0.02895102		
Total	15	1.39899167			
C.V.= 35.78965		%			