

**COMPORTAMIENTO DE SUBSTANCIAS HÚMICAS
EXPERIMENTALES OBTENIDAS DE LEONARDITA EN
LA CALIDAD Y PRODUCCIÓN DE TOMATE**

IGNACIO CASTAÑEDA ALDAY

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
obtener el grado de
Maestro en Ciencias en
Ingeniería de Sistemas Agrícolas**



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**COMPORTAMIENTO DE SUBSTANCIAS HÚMICAS
EXPERIMENTALES OBTENIDAS DE LEONARDITA EN LA
CALIDAD Y PRODUCCIÓN DE TOMATE**

**POR
IGNACIO CASTAÑEDA ALDAY**

**Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial, para optar
al grado de**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
INGENIERIA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS
COMITÉ PARTICULAR**

Asesor principal:

Dr. Rubén López Cervantes

Asesor:

Dr. Alfonso Reyes López

Asesor:

Dr. Edmundo Peña Cervantes

Asesor:

M.C. María del Rosario Zúñiga Estrada

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, diciembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme concluir con una etapa más de mi vida.

A mi **esposa Patricia** y mi **hija Andrea** motores de mi vida.

A mis **Padres**: Ing. Ignacio Castañeda Hernández y Rosa Alday de Castañeda por ser ejemplo constante en mi vida y motivo de orgullo.

A mis **hermanos** también motivo de orgullo.

A mi **Alma Terra Mater** por haberme acogido como estudiante y brindarme los conocimientos que me han ayudado a superarme a mi y mi familia.

Al **Dr. Rubén López Cervantes**, por contribuir con sus conocimientos y experiencia para la culminación de mi tesis.

Al **Dr. Edmundo Peña Cervantes**, por compartir sus experiencias para la elaboración de la tesis.

Al **Dr. Alfonso Reyes López**, por su apoyo en la realización del presente trabajo.

A la **M.C. Maria del Rosario Zúñiga**, por su colaboración y experiencia para la realización de la tesis.

A todo el personal del **Departamento de Suelos, Departamento de Riego y Drenaje y Departamento de Horticultura**.

A **Anita, Yolanda, y Lupita** del Departamento de Postgrado, por su gran colaboración.

A todos mis **amigos** de Maestría por su apoyo para la finalización de este trabajo.

COMPENDIO

COMPORTAMIENTO DE SUBSTANCIAS HÚMICAS EXPERIMENTALES OBTENIDAS DE LEONARDITA EN LA CALIDAD Y PRODUCCIÓN DE TOMATE

POR

IGNACIO CASTAÑEDA ALDAY

MAESTRÍA EN CIENCIAS

EN INGENIERIA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. DICIEMBRE 2007

DR. RUBEN LÓPEZ CERVANTES -ASESOR -

Palabras clave: fertilización orgánica.

Con el objetivo de determinar el comportamiento de sustancias húmicas (SH) de leonardita, en la calidad y producción de tomate, plántulas del cv. “Maya” fueron transplantadas en macetas con dos suelos alcalinos; uno de Veracruz y otro de la UAAAN y arena de río. Se agregaron seis ácidos húmicos (AH) denominados H1, H2, H3, H4, H5 y H6, a los que se les midieron la acidez total (AT) y se adicionaron 2g . maceta. Las variables medidas a la planta: altura (AP), diámetro de tallo (DT), número de flores (NF) y entrenudos (E); al fruto: número a los 60 (F60) y 70 días (F70) después del transplante, firmeza (F) y producción total (PT). Se encontró que la (AT) de los AH es reducida. En la AP y el DT el H3 y H1 aplicados a la arena, sobrepasaron en 32 y 29 % al compuesto H4, adicionado al suelo de Veracruz. En los

F60 y F70 el H2, agregado a la arena, superó en 208 y 102 %, respectivamente al H2 del suelo de Veracruz.

En la F el H3 en la arena, aventajó en 136 % al H1 del suelo de Veracruz. En la PT al agregar H3 a la arena, adelantó al H2 aplicado en el suelo de la UAAAN en 340 %.

Se concluye que los ácidos húmicos experimentales, de baja acidez total, tienen efecto positivo en la calidad y producción de tomate.

ABSTRACT

Experimentals Humics Sustances Behavior of Leonardite in the Quality and Tomato Production

BY

Ignacio Castañeda Alday

MASTER OF SCIENCES ON AGRICULTURAL SYSTEMS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. DECEMBER 2007

DR. RUBEN LÓPEZ CERVANTES – ADVISOR-

Index words: organic fertilization.

With the aim to determine the humic substances (HS) of leonardita behavior in the quality and yield of tomato, plants of cv. "Maya" were transplanted into pots with two alkaline soils, one of Veracruz and another from the UAAAN and sand from river. Six humic acids (HA) called H1, H2, H3, H4, H5 and H6, were added, which they measured the total acidity (TA) and added 2g by pot. The variables measured at the plant: height (HP), stem diameter (SD), flowers (FN) and internodes (IN). To fruit: number to 60 (F60) and 70 days (F70) after transplant, firmness (F) and total production (TP). It was found that, the TA of HA is reduced. In HP and SD the H3 and H1 applied to the sand, exceeded in 32 and 29% to compound H4, added to the soil of Veracruz. In the F60 and F70 the H2, added to the sand, exceeded 208 and 102%, respectively to H2 added to Veracruz soil. In the F the H3 applied in the sand, was superior at 136% to H1 soil of Veracruz. The TP superior, was to adding H3 in

the sand, because this ahead of the HA H2, applied on the soil of the UAAAN at 340%. It is concluded that humic acids experimental have low total acidity and positive effect on tomatoes quality and yield.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Las sustancias húmicas.....	5
Las sustancias húmicas en la producción de hortalizas.....	6
Las Sustancias Húmicas en la Absorción de Nutrientos.....	9
MATERIALES Y METODOS.....	13
Localización del experimento.....	13
Metodología.....	13
RESULTADOS.....	16
Los Ácidos Húmicos de Leonardita.....	16
Los Ácidos Húmicos en la Producción de Tomate.....	17
DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA.....	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Algunas características químicas de dos suelos y arena empleados en la producción de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas de leonardita experimentales.....	14
2	Fertilizantes adicionados a tres suelos empleados en la producción de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas de leonardita experimentales.....	14
3	Cantidad de ácidos húmicos AH, ácidos fúlvicos AF y acidez total AT de seis sustancias húmicas de leonardita experimentales, adicionadas a tomate.....	17
4	Concentrado del análisis de varianza ANVA de las variables medidas a tomate a la adición de seis ácidos húmicos de leonardita.....	18
5	Análisis de varianza del diámetro de tallo de planta de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	19
6	Análisis de varianza del número de entrenudos de planta de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	20
7	Análisis de varianza del número de flores de planta de tomate, con la adición de seis la sustancias húmicas.....	21
8	Análisis de varianza del fruto de tomate colectado a los 60 días, con la adición de seis sustancias húmicas.....	22
9	Análisis de varianza del fruto de tomate colectado a los 75 días, con la adición de seis sustancias húmicas.....	23

10	Análisis de varianza de la firmeza del fruto de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	24
11	Análisis de varianza de la producción total de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	25
12	Valores promedio para luminosidad (L*) de frutos con la aplicación de sustancias húmicas de leonardita experimentales.....	26
13	Valores promedio para color rojo (a*) de frutos con la aplicación de sustancias húmicas de leonardita experimentales.....	27
14	Valores promedio para color amarillo (b*) de frutos con la aplicación de sustancias húmicas de leonardita experimentales.....	27

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
1 Comparación de medias de la altura de planta de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	18
2 Comparación de medias del diámetro de tallo de planta de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	19
3 Comparación de medias del número de entrenudos de planta de tomate, con la adición de seis la sustancias húmicas.....	20
4 Comparación de medias del número de flores de planta de tomate, con la adición de seis la sustancias húmicas.....	21
5 Comparación de medias del fruto de tomate colectado a los 60 días, con la adición de seis sustancias húmicas.....	22
6 Comparación de medias del fruto de tomate colectado a los 75 días, con la adición de seis ácidos húmicos.....	23
7 Análisis de varianza de la firmeza del fruto de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	24
8 Comparación de medias de la producción total de tomate, con la adición de seis sustancias húmicas.....	25

INTRODUCCIÓN

Los principales sistemas agrícolas de producción en el sureste de Coahuila, son los dedicados al cultivo de papa y manzano, sin embargo, los problemas de sanidad, de manejo de agua y del suelo, sobre todo las grandes cantidades de fertilizantes empleadas, hace que los costos de producción sean elevados y los beneficios no son los esperados por los productores, además, a causa del tratado de libre comercio (TLC) con América del Norte (Estados Unidos de América y Canadá), induce la necesidad de que estos productos sean de una mayor calidad, lo cual no está sucediendo.

Los suelos agrícolas de Noreste de México son Calcisoles, los cuales se caracterizan por poseer pH de 7.8 a 8.5, menos de uno por ciento de materia orgánica, la fracción arcilla está dominada por illitas y montmorillonitas y más del 25 por ciento de carbonatos de calcio (FAO/UNESCO, 1994); lo anterior provoca la insolubilidad de la mayoría de los macronutrientes y la fijación de los micronutrientes metálicos, es decir, ser fijados por las arcillas, lixiviadas del perfil del suelo y/o transformados en otros compuestos no asimilables.

El tomate es la hortaliza más importante en México, no solo porque está dentro de la dieta alimenticia de la población por su consumo en fresco y procesado,

sino también por la cantidad de jornales que demanda y la cantidad de divisas que genera.

El empleo de fertilizantes químicos, arroja rendimientos aceptables, sin embargo, por su costo y además porque salinizan el suelo por su poder residual, el uso de ellos es cada vez mas restringido. Desde el punto de vista alimenticio, por su versatilidad de formas de consumo, es una de las más importantes. A nivel de Norte y Centroamérica, el consumo per cápita al año es alrededor de 26.9 kg, mientras que a nivel mundial es de 12.6 kg. En cuanto a su contenido nutricional es una de las hortalizas con la mayor cantidad de vitaminas, antioxidantes y minerales que se demandan en la alimentación humana (INFOAGRO, 2004).

Los métodos de producción del tomate son muy variados y en los últimos 15 años, ha tomado gran auge producirlo bajo condiciones de invernadero, con fertirriego para obtener mayor rendimiento y calidad, además, principalmente en Europa se emplean substancias húmicas (SH) originadas de minerales fósiles. Las SH son los ácidos húmicos (AH), los ácidos fúlvicos (AF) y las huminas residuales (HR) y son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos (Schnitzer, 2000) y por metamorfismo de residuos orgánicos, sepultados por arcillas después de millones de años en deltas de ríos, es decir generación de minerales fósiles.

Es conocido que con el uso de fertilizantes químicos, la producción de cultivos es adecuada, sin embargo, se requieren dosis muy altas y su costo de adquisición es elevado, por lo que es necesaria la búsqueda de métodos económica y ecológicamente factibles, es decir, alternativas amigables con el medio ambiente.

OBJETIVO

Determinar el comportamiento de sustancias húmicas experimentales obtenidas de leonardita, en la calidad y producción de tomate.

HIPÓTESIS

Al menos una sustancia húmica experimental obtenida de leonardita, tiene efecto positivo en la calidad y producción del tomate.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las Substancias Húmicas

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

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

coloides también reciben el nombre de complejo adsorbente. El humus se puede separar en dos grupos de sustancias: sustancias no húmicas, formadas fundamentalmente por aminoácidos, hidratos de carbono y lípidos y cuya presencia no es exclusiva del suelo y sustancias húmicas (SH), las cuales son de alto peso molecular, de color oscuro, formadas por reacciones secundarias de síntesis en las que participan algunos de los productos de las reacciones de descomposición.

De acuerdo con Stevenson (1984), las SH, son una serie de compuestos orgánicos de relativo alto peso molecular, de color amarillo, café a gris y negro y por su solubilidad en ácidos y álcalis, se clasifican en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas (H). Los AH son la fracción de las SH no solubles en agua bajo condiciones ácidas ($\text{pH} < 2$), pero son solubles a valores altos de pH. Ellos pueden ser extraídos del suelo con varios reactivos alcalinos. Los AH son los componentes mayormente extractables de las SH del suelo. Ellos son de color gris a negro. Los AF son la fracción soluble en agua bajo cualquier condición de pH; permanecen en solución después de ser removidos los AH. Los AF son de color amarillo claro a café-rojizo. Las H son la fracción de las SH que permanecen insolubles en agua y en cualquier condición de pH del medio y son de color negro.

Las Sustancias Húmicas en la Producción de Hortalizas

Adani *et al.* (1998), establecen como efectos indirectos que las SH intervienen en la disponibilidad de iones y traslocación dentro de las plantas. Además, postulan que los grupos carboxilos y los hidroxilos fenólicos y alcohólicos de los AF son los responsables para la influencia de estos ácidos en la raíz de los hipocotilos, como un resultado de su actividad quelatante con el fierro. Los

compuestos de bajo peso molecular (AF) intervienen en la solución de iones metálicos e influyen en el transporte hacia las raíces de las plantas. En contraste, compuestos de alto peso molecular (AH), funcionan como una “piel” para los cationes polivalentes. A pesar de lo comentado no hay evidencia de que las SH intervengan en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de la planta (Kuitert y Mulder, 1993), es decir, actúan como suplidores y reguladores de la nutrición vegetal en forma similar a los intercambiadores sintéticos de iones (agentes quelatantes) (Pettit, 2004).

El hecho de que las SH puedan tener un efecto directo sobre el desarrollo vegetal, implica su absorción por las plantas y donde muestran dicha absorción usando ^{14}C unido al material orgánico. Sin embargo, cierta fracción del material es absorbido y transportado a la planta. Otras investigaciones muestran que los AF, son mayormente transportados a las partes aéreas que los AH (Furh *et al.* 1967). Así mismo, Vaughan *et al.* (1981) demuestran que la proporción de absorción de AH, se incrementa con el tiempo de incubación, indicando una absorción preferente de sustancias de bajo peso molecular. También afirman, que las fracciones de las SH de bajo peso molecular, son absorbidas, tanto activa como pasivamente, mientras que AH de peso molecular superior a 50 000 K Da, son absorbidos solo de forma pasiva. Vaughan *et al.* (1985), concluyen que casi todas las fracciones de las SH de bajo peso molecular, son absorbidas por las plantas y los AF, pueden ser biológicamente tomados algo más que los AH. Las SH muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea. Así, Chukov *et al.* (1996), estudiaron la relación entre los efectos fisiológicos de las SH y su actividad paramagnética, o lo que es lo mismo, de su concentración de radicales libres. Según estos autores, la concentración de

radicales libres de las SH, está directamente relacionada con la actividad fisiológica de las mismas. Sus estudios sobre germinación de semillas de lechuga *in vitro*, muestran que el efecto beneficioso de las SH y otros bioactivadores, es gracias a la concentración de radicales libres de dichos materiales, hasta una cierta “dosis optima” a partir de la cual el efecto es inhibitorio. Csicsor *et al.* (1994), justifican el hecho de que los humatos (ácido húmico con cationes) potásicos, son más efectivos que los AF, por el hecho de que la concentración de radicales libres en los primeros es mayor, de manera que su influencia en la cadena respiratoria es superior. Aunque la influencia de las SH es más acusada sobre el desarrollo de las raíces, existen numerosos estudios de su efecto sobre la parte aérea. Así, Rauthan *et al.* (1981) estudiaron la incidencia de la aplicación de AF en la disolución nutritiva Hoagland, en plantas de pepino y el resultado indicó crecimiento óptimo de los tallos a dosis de 100 a 300 mg L⁻¹. Chen *et al.* (1994), al aplicar AH a dosis de 50 mg L⁻¹, sobre plantas de trigo en cultivo hidropónico, encontraron estímulos considerables en la producción de biomasa. Estos resultados son comparables a los de David *et al.* (1994), al trabajar con plantas de tomate en solución nutritiva y varios tratamientos húmicos.

Las fracciones más activas de las SH, son las de menor tamaño molecular, como muestran Albuzio *et al.* (1994) al decir que la fracción menor de 8 K Da, es la más susceptible de ser absorbida por la raíz, en dosis de 150 mg L⁻¹, porque mejora de manera más significativa la producción de biomasa de plantas de avena. También, a dosis mayores el efecto pasa a ser inhibitorio. En concordancia con estos resultados, están los de Retta *et al.* (1994), al trabajar con plantas de tabaco, a las que se aplicaron diferentes fracciones moleculares de SH en comparación con auxinas y

citoquininas. Sin embargo, Dell'Amico *et al.* (1994), observaron que las fracciones de menor tamaño molecular, incluso a dosis bajas, muestran efectos inhibitorios. Estos investigadores, trabajaron con fracciones húmicas procedentes de residuos urbanos compostados o frescos; para este tipo de sustancias húmicas, particularmente las de residuos no compostados, las fracciones de bajo peso molecular producen fitotoxicidad muy elevadas, por la presencia considerable en ellas de ácidos orgánicos de bajo peso molecular, fenoles etc. (Wilson *et al.* 1986). Por ello, el conocimiento del grado de estabilidad de la materia orgánica de los enmendantes, es uno de los aspectos más importantes para el entendimiento de su actuación sobre el desarrollo vegetal (Pascual *et al.*, 1997).

Las Sustancias Húmicas en la Absorción de Nutrientos

El efecto estimulante de las sustancias químicas sobre el crecimiento de las plantas, ha sido comúnmente relacionado con el aumento de la absorción de macronutrientes (Guminsky *et al.*, 1983). Gaur (1984), encontró incrementos en la absorción de N, P y K y descensos en la toma de Ca en plantas de *Lolium Perenne L.*, tratadas con AH de compost. En otro estudio realizado sobre plantas de pepino, Rauthan *et al.* (1981), cultivaron sus plantas en la solución Hoagland, la cual contenía hasta 2000 mg L⁻¹ de AF. Los tratamientos incrementaron la absorción de N, P, K, Ca y Mg en los tallos y de N en las raíces, pero la máxima absorción de todos estos elementos fue obtenida a concentraciones de 100 a 300 mg L⁻¹. Igualmente David *et al.* (1994), observaron que la adición de 1280 mg L⁻¹ de AH, producían incrementos en los niveles foliares de P, K, Ca, Mg y radiculares de N y Ca en plantas de tomate fertirrigadas. García-Serna *et al.* (1996), muestran como, al

aplicar SH, mediante pulverización de soluciones concentradas sobre gránulos de urea, la liberación del N al suelo fue más paulatina.

Barón *et al.* (1995), al trabajar con el trigo cv. “Cajeme”, determinaron como se manifestó efecto positivo de la adición de SH al suelo, sobre la absorción de N y P y algo menos del K, no sólo en los análisis foliares sino también en los análisis al grano. Posiblemente se deba al hecho de que los AH, sean capaces de formar películas protectoras sobre las superficies del suelo donde éste se retiene o por la capacidad quelante de las SH sobre el Al, Ca y Fe, los cuales forman fosfatos insolubles, de manera que se impide dicha formación (Sánchez-Andreu *et al.* 1994). Wang *et al.* (1995), observaron que la aplicación conjunta de fertilizantes fosforados y AH a un suelo alcalino, aumentó el contenido de P soluble en agua de manera significativa, donde adicionaron 106 mg kg⁻¹ de P en los suelos sin fertilización; a 1458 mg kg⁻¹ de P en los suelos con fertilización fosfórica y 1695 mg kg⁻¹ de P en los suelos con fertilización conjunta, es decir fertilización fosfórica más AH.

En estos mismos términos se expresan Hafidi *et al.* (1997), los cuales muestran el efecto positivo de la absorción de P en plantas *Lotium italicum*, cv. Barapectra por la adicción al suelo de SH procedentes de turbas. Dicho efecto se acentúa con la utilización de SH tratadas con óxidos de nitrógeno (NO) para aumentar su contenido de grupos funcionales. La explicación para suelos ácidos es la misma que dan Sánchez-Andreu *et al.* (1994), para suelos neutros, las SH son capaces de absorber aniones de P facilitando así su absorción por parte de la planta. Bermúdez *et al.* (1993), comprobaron como, la adición de una sustancia húmica comercial procedente de lignitos, mezclados con gránulos de fertilizantes fosforados

(Fosfato Monoamónico y triple 20) en concentraciones de uno por ciento, incrementó la biodisponibilidad del P en suelos calizos, donde, en condiciones normales, es fuertemente retenido.

Además de las ya mencionadas, existen infinidad de referencias bibliográficas que muestran la influencia de la adición de SH sobre la absorción de cationes y aniones por diferentes cultivos. Este efecto, se explica, no sólo por una intervención indirecta de las SH, es decir, por la mejora de las condiciones físico-químicas del suelo, sino también por un efecto directo de origen metabólico sobre la planta. Así, Piccolo *et al.* (1992), distinguen entre diferentes fracciones de SH y muestran que son aquellas con una mayor concentración de grupos funcionales ácidos y de un menor tamaño molecular, las más activas para promover la absorción de nutrientes como el N.

Según Chen *et al.* (1986), los metales de transición como Cu, Zn, Fe, Mn y otros, son capaces de formar complejos con las SH. Este hecho puede convertirse en uno de los motivos fundamentales que justifique su empleo en zonas de suelos alcalinos, como los de las áreas mediterráneas, donde los problemas de microcarencias, particularmente de Fe, son de los más graves con los que se enfrenta el agricultor. El efecto de las SH en la absorción de Zn y Cu, por plantas de remolacha, fue estudiado por Vaughan *et al.* (1976) empleando discos de tejido parenquimático. La adición de sustancias húmicas reducen ligeramente la absorción de Zn, cuando las concentraciones sobrepasan los 25 mg L⁻¹ de AH, que concentraciones menores no muestran ningún efecto. Sin embargo, Jalali *et al.* (1979) encontraron que empleando plantas enteras, la absorción de Cu, Zn y Fe se

veía incrementada por la adición de estos materiales orgánicos. Albuzio *et al.* (1994), también encontraron aumentos en los niveles foliares de Fe en plantas de avena, tratadas con SH de diversos tamaños moleculares, correlacionando los mismos con las concentraciones de clorofila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Experimento

El trabajo se efectuó en un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada a la Latitud Norte de 25° 22' y Longitud Oeste 101° 00', con altitud de 1743 msnm

Metodología

En charolas de poliestireno de 200 cavidades y empleando la mezcla de peat moss con “perlita” como sustrato, se colocaron semillas del tomate híbrido “Maya”, de hábito de crecimiento determinado, para producir la plántula. Cuando la plántula contenía cuatro hojas verdaderas (aproximadamente 10 cm de longitud), fueron transplantadas en macetas de plástico de 19 litros, las cuales contenían dos suelos con pH alcalino; el primero, el horizonte Ap de un Calcisol, colectado del área experimental de la UAAAN denominado “El Bajío” y el segundo, un suelo colectado del Campo Experimental de Cotaxtla del INIFAP, en el Estado de Veracruz. y arena de río, la cual fue lavada con agua destilada, para disminuirle el pH y C.E.. Algunas características químicas de los suelos empleados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Algunas características químicas de dos suelos y arena empleados en la producción de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos de leonardita experimentales.

Tipo de suelo	pH	C.E. (ds m)	M.O. (%)
Arena	6.6	2.3	0.7
Alcalino UAAAN	7.8	3.1	1.1
Alcalino Veracruz	7.6	1.4	2.95

Seis ácidos húmicos de leonardita experimentales, fueron empleados como tratamientos y denominadas: H1, H2, H3, H4, H5 y H6, a los que mediante la reacción de oxidación-reducción (Schnitzer y Gupta 1965), se les midió la acidez total (AT) , es decir, la cantidad de grupos funcionales carboxilo (-COOH) y oxhidrilos fenólicos (-OH). Se adicionaron 2 g a cada maceta a los suelos de la UAAAN (UH) y a la arena (RH); al suelo de Veracruz 1g (VH). Además, se agregó a cada maceta los fertilizantes con las cantidades presentadas en el Cuadro 2, durante dos ocasiones en el ciclo del cultivo.

Cuadro 2. Fertilizantes adicionados a tres suelos empleados en la producción de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos de leonardita experimentales.

Fertilizante	Arenoso	Alcalino UAAAN	Alcalino Veracruz
K ₂ SO ₄	2 g	0 g	1 g
NH ₄ NO ₃	5 g	5 g	2.5 g
Fosfato Monoamónico (MAP)	5 g	5 g	2.5 g

Las variables medidas a la planta fueron: altura (AP), diámetro de tallo (DT), número de entrenudos (NE) y número de flores (NF); a los 60 (F60) y 75 (F75) días el número de frutos, la firmeza (F), el color de fruto (CF) con (cámara Minolta) en donde se evaluó la luminosidad (L^*), y las coordenadas de cromaticidad: color rojo (a^*) y color color amarillo (b^*) del fruto, y la producción total (PT).

El experimento se distribuyó de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar, con 21 tratamientos, con tres repeticiones (tres plantas fueron una repetición). El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.5$), para lo cual se empleó el paquete para computador MINITAB, versión 14 para Windows.

RESULTADOS

Los Ácidos Húmicos de Leonardita

La substancia húmica H3 contiene la menor cantidad de AH; mientras que el H5 la mayor. Todos los compuestos orgánicos poseen cantidades muy ínfimas de AF, lo cual redundo en baja acidez total (AT). Lo anterior concuerda con lo establecido por Schnitzer (2000), al estipular que si la cantidad de AH supera a los AF, el valor de grupos funcionales -OH, sobrepasa a los grupos funcionales -COOH y esto quiere decir que los AH están poco oxidados (Stevenson, 1982) y por lo tanto, la capacidad de los AH para complejar cationes es reducida, aunque para Evangelou *et al.* (2004), todas las moléculas orgánicas que sirven como agentes quelatantes, sin importar su origen, tiene una capacidad limitada de unir moléculas o iones, dependiente de la cantidad de sitios de unión (cargas eléctricas negativas); aunque, los AF siempre estarán mas oxidados que los AH, independientemente de la fuente de origen (Pettit, 2004) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cantidad de ácidos húmicos AH, ácidos fúlvicos AF y acidez total AT de seis sustancias húmicas de leonardita experimentales, adicionadas a tomate.

Substancia	AH	AF	AT	-COOH	-OH
Húmica	(%)	(%)	(cmol _c kg ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)
H1	8.240	0.195	250	77.5	172.5
H2	8.784	0.560	250	97.5	152.5
H3	5.956	0.240	80	67.5	12.5
H4	11.730	0.41	50	37.5	12.5
H5	14.422	0.400	100	37.5	62.5
H6	11.925	0.779	200	2.5	197.5

Los Ácidos Húmicos en la Producción de Tomate

En la altura de la planta (AP), cuando se agregó el ciclo húmico H3 a la arena, superó en 32 por ciento al tomate producido con el ácido húmico H4, agregado en el suelo de Veracruz. Hay efecto altamente significativo de este tratamiento (Cuadro 4). Cuando el tomate se produjo en la arena, la altura de la planta, sobrepasó a la media general; mientras que el producido en el suelo de Veracruz bajo ningún tratamiento, la AP no superó a la media general. El tomate producido en el suelo de la UAAAN, al agregar las sustancias húmicas UH1, UH2 y UH3, esta variable fue superior a la media y con las restantes tres sustancias, la variable fue inferior (Figura 1).

Cuadro 4. Análisis de varianza de la altura de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	1715.05	85.75	5.29	0.000**
Error	40	648.06	16.20		
Total	62	2376.64			

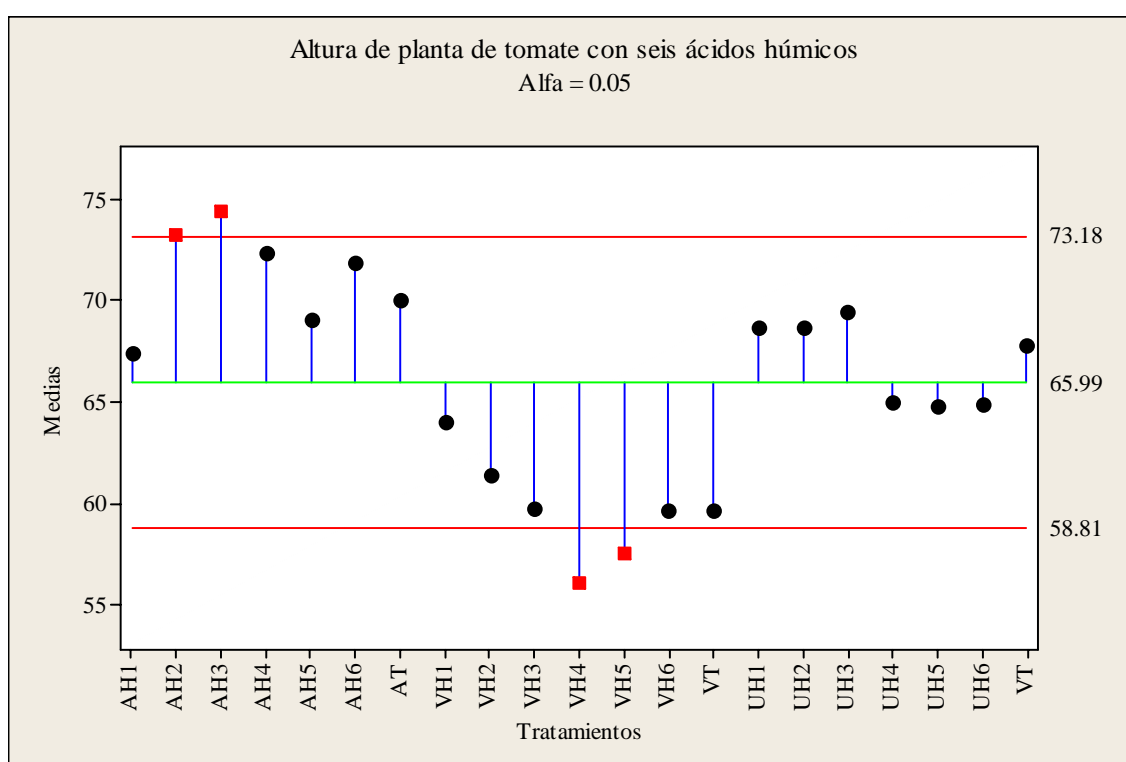


Figura 1. Comparación de medias de la altura de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

En el diámetro de tallo (DT) del tomate, al adicionar el ácido húmico H1 en la arena, este tratamiento aventajó en 29 por ciento a la planta producida con el ácido húmico H4, adicionado en el suelo de Veracruz. Aquí hay efecto significativo (Cuadro 5). El DT del tomate, producido en arena, fue superior a la media con la adición de todos los tratamientos, excepto con el AH2; el DT del testigo absoluto

(VT), del tomate plantado en el suelo Veracruzano, fue el único que aventajó a la media y el DT del vegetal establecido en el suelo de la UAAAN, que adelantó a la media general, fueron los producidos en los tratamientos UH4, UH5 y UT (Figura 2).

Cuadro 5. Análisis de varianza del diámetro de tallo de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	0.125556	0.006278	1.74	0.068*
Error	40	0.144521	0.003613		
Total	62	0.270422			

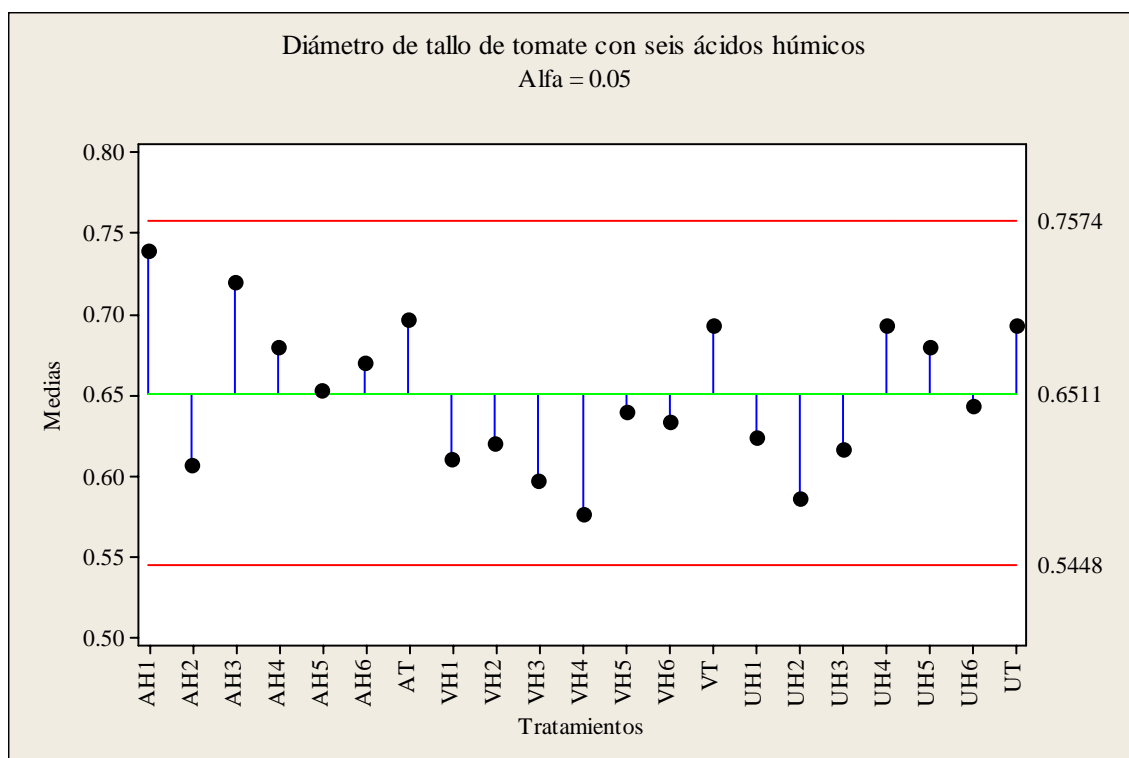


Figura 2. Comparación de medias del diámetro de tallo de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

En el número de entrenudos (NE), al aplicar el ácido húmico H7 al suelo alcalino de la UAAAN, se adelantó en 64 por ciento, en esta variable, al tomate producido en el suelo de Veracruz, donde se adicionó el ácido húmico H2. Aquí el

efecto es altamente significativo (Cuadro 6). El NE de la planta de tomate, establecido en la arena y en el suelo de Veracruz no sobrepasó la media, con excepción del vegetal producido en los tratamientos VH3 y VH5; mientras que todas las plantas aventajaron a la media en el tomate producido con todos los tratamientos, en el suelo de la UAAAN. Aquí hay que destacar que con el testigo (UT), esta variable superó a todos los demás tratamientos (Figura 3).

Cuadro 6. Análisis de varianza del número de entrenudos de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	82.9006	4.1450	4.37	0.000**
Error	40	37.9236	0.9481		
Total	62	122.2010			

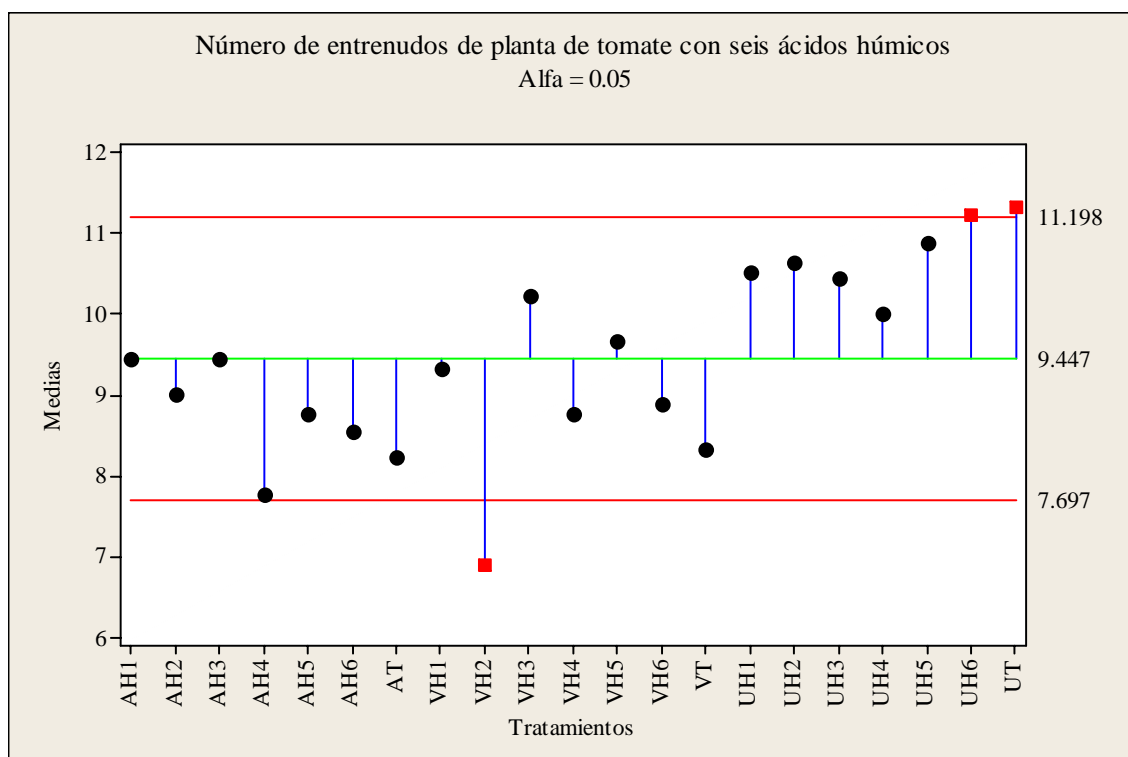


Figura 3. Comparación de medias del número de entrenudos de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

En el número de flores (NF), al agregar el ácido húmico H2 en la arena, aventajó en 870 por ciento a las plantas producidas en el suelo de la UAAAN, con el ácido húmico H6. En esta variable, el efecto del tratamiento mencionado, es altamente significativo (Cuadro 7). El NF en la arena y el suelo de Veracruz, superó a la media con la adición de todos los tratamientos, pero en el suelo de la UAAAN, la situación fue a la inversa (Figura 4).

Cuadro 7. Análisis de varianza del número de flores de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	633.053	31.653	4.96	0.000**
Error	40	255.034	6.376		
Total	62	895.198			

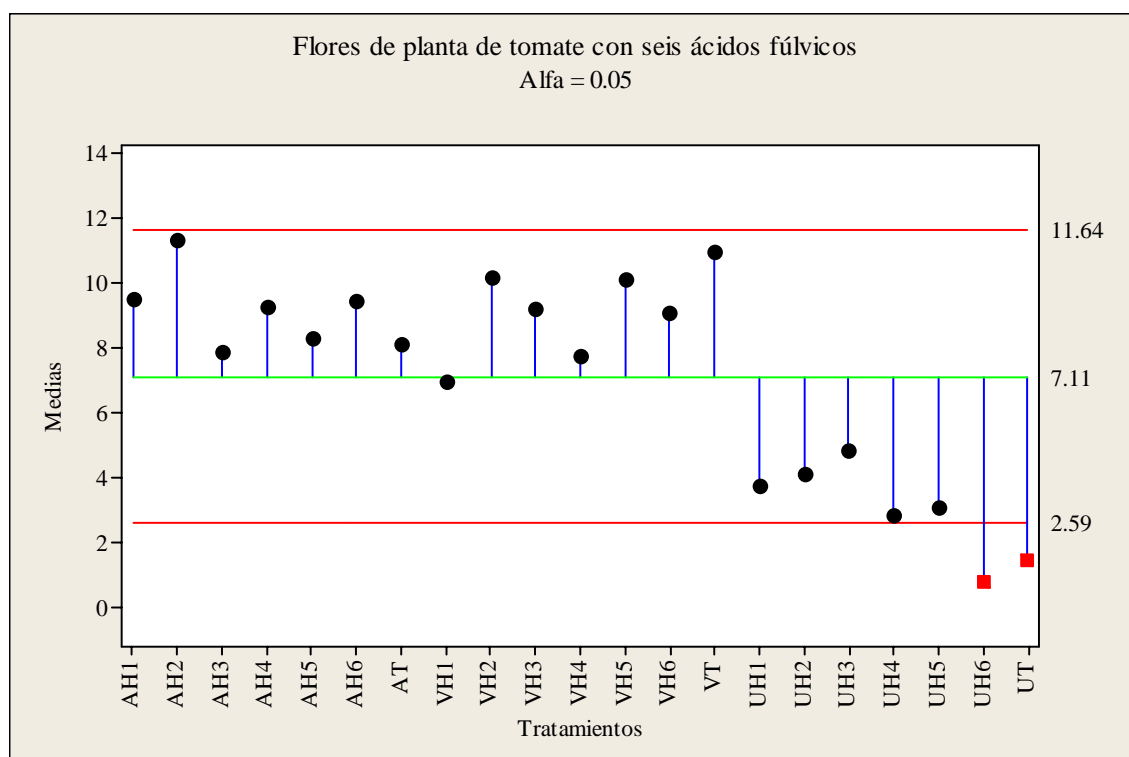


Figura 4. Comparación de medias del número de flores de planta de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

En los frutos colectados a los 60 días (F60), cuando se adicionó el ácido húmico H2 en la arena, sobrepasó en 20% por ciento a los vegetales que crecieron al agregar el compuesto H2 del suelo de Veracruz y este efecto es altamente significativo (Cuadro 8). La cantidad de frutos cosechados a los 60 días, en el tomate cultivado en la arena y el suelo de Veracruz, adelantó a la media con la agregación de todos los tratamientos, con excepción de los VH2 y VH4; mientras que los valores de esta variable, no superó la media en los suelos de la UAAAN, con la aplicación de todos los tratamientos (Figura 5).

Cuadro 8. Análisis de varianza del fruto de tomate colectado a los 60 días, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	277.364	13.868	3.01	0.001**
Error	40	184.043	4.601		
Total	60	462.614			

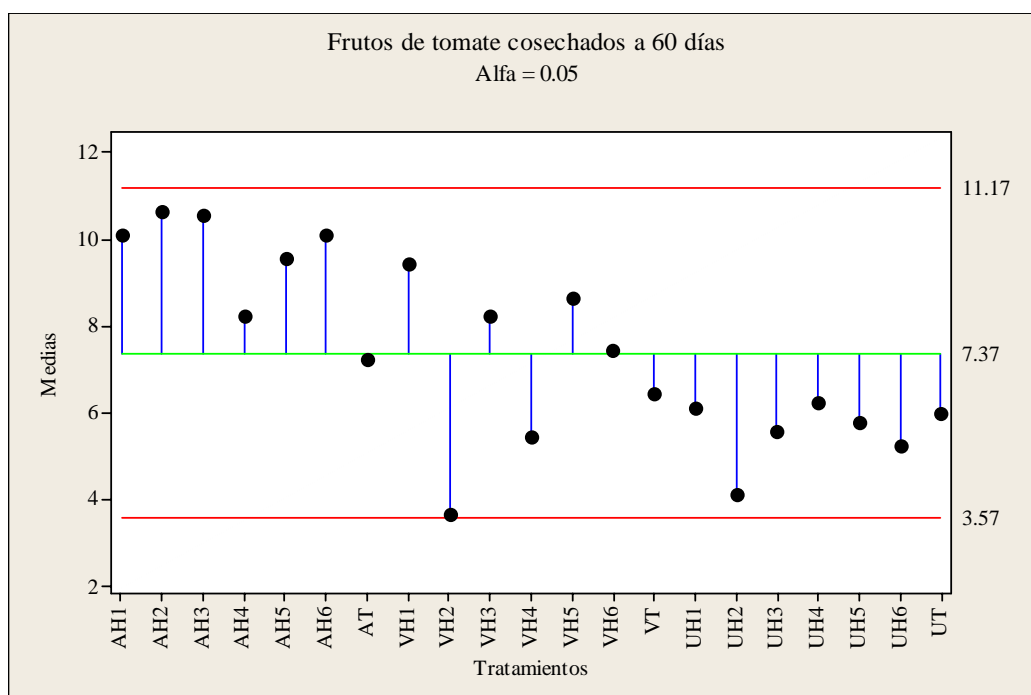


Figura 5. Comparación de medias del fruto de tomate colectado a los 60 días, con la adición de seis ácidos húmicos.

Cuando se cosechó el fruto a los 75 días (F75), con la adición del compuesto húmico H2 en la arena, se superó en 102 por ciento al fruto donde se agregó el H2 en el suelo de Veracruz y el efecto de este tratamiento es significativo (Cuadro 9). Aquí, el número de frutos del tomate cultivado en la arena, adelantaron a la media, con excepción de los producidos en el testigo. Los tomates cultivados en el suelo de Veracruz, no lograron pasar el valor medio con ningún tratamiento y al agregar los ácidos húmicos UH1, UH2, UH3 y el testigo, al suelo de la UAAAN, esta variable superó a la media general (Figura 6).

Cuadro 9. Análisis de varianza del fruto de tomate colectado a los 75 días, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	201.359	10.068	2.17	0.018*
Error	40	185.709	4.643		
Total	60	387.381			

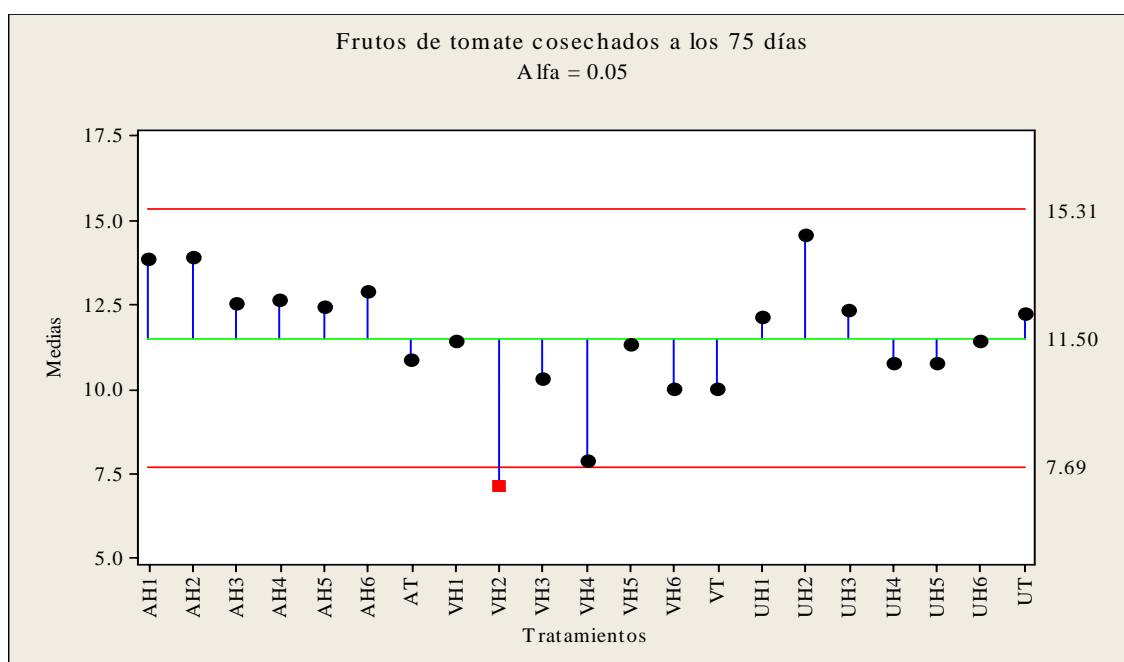


Figura 6. Comparación de medias del fruto de tomate colectado a los 75 días, con la adición de seis ácidos húmicos.

La mayor firmeza (F) del tomate, se presentó a la adición de los ácidos húmicos H1 y H3, porque sobrepasaron en 136 por ciento al fruto de las plantas establecidas en el suelo de Veracruz donde se aplicó el compuesto húmico H1 y el efecto fue altamente significativo (Cuadro 10). La F de los frutos de tomate producido en la arena, sobrepasó al valor de la media, pero el testigo no; mientras que en los frutos cultivados en el suelo de Veracruz, solo en el testigo se superó a la media y en el suelo de la UAAAN, al agregar la sustancia húmica UH5, se logró lo anterior (Figura 7).

Cuadro 10. Análisis de varianza de la firmeza del fruto de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	6.4973	0.3249	3.07	0.001**
Error	40	4.2359	0.1059		
Total	60	11.0877			

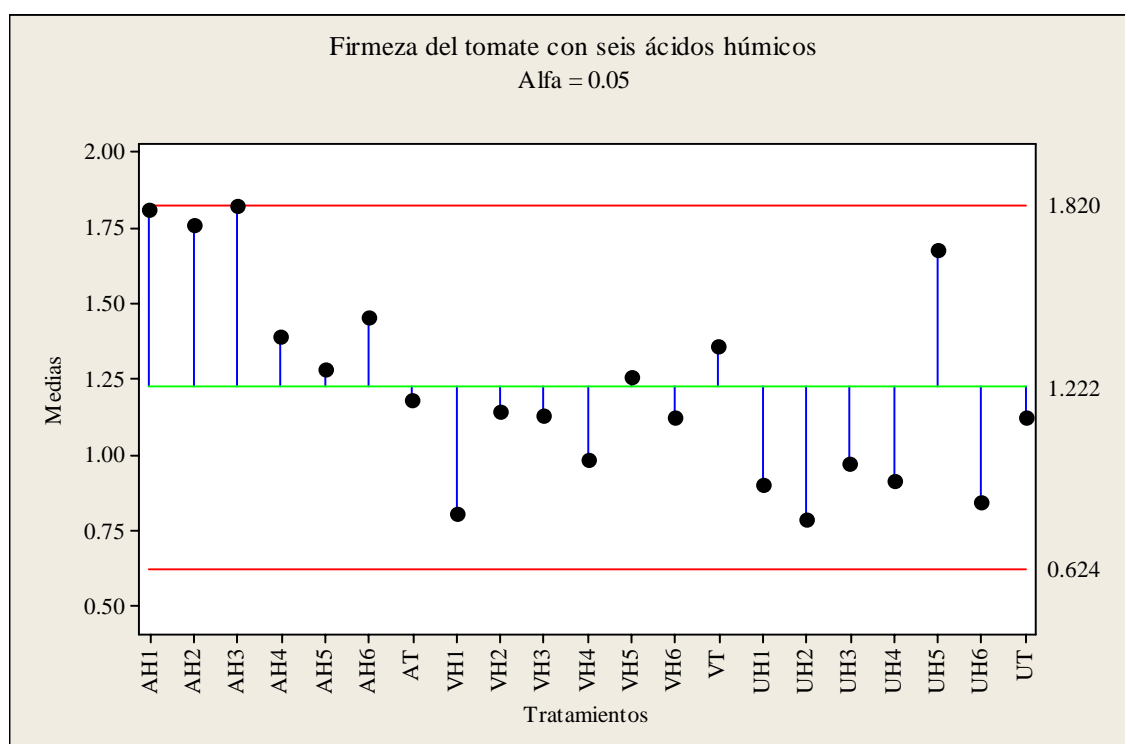


Figura 7. Comparación de medias de la firmeza del fruto de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos..

Cuadro 11. Análisis de varianza de la producción total de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

Fuente	g. l.	SC	CM	F	P
Tratamientos	20	41345349	2067267	2.55	0.006**
Error	40	32484511	812113		
Total	60	126733865			

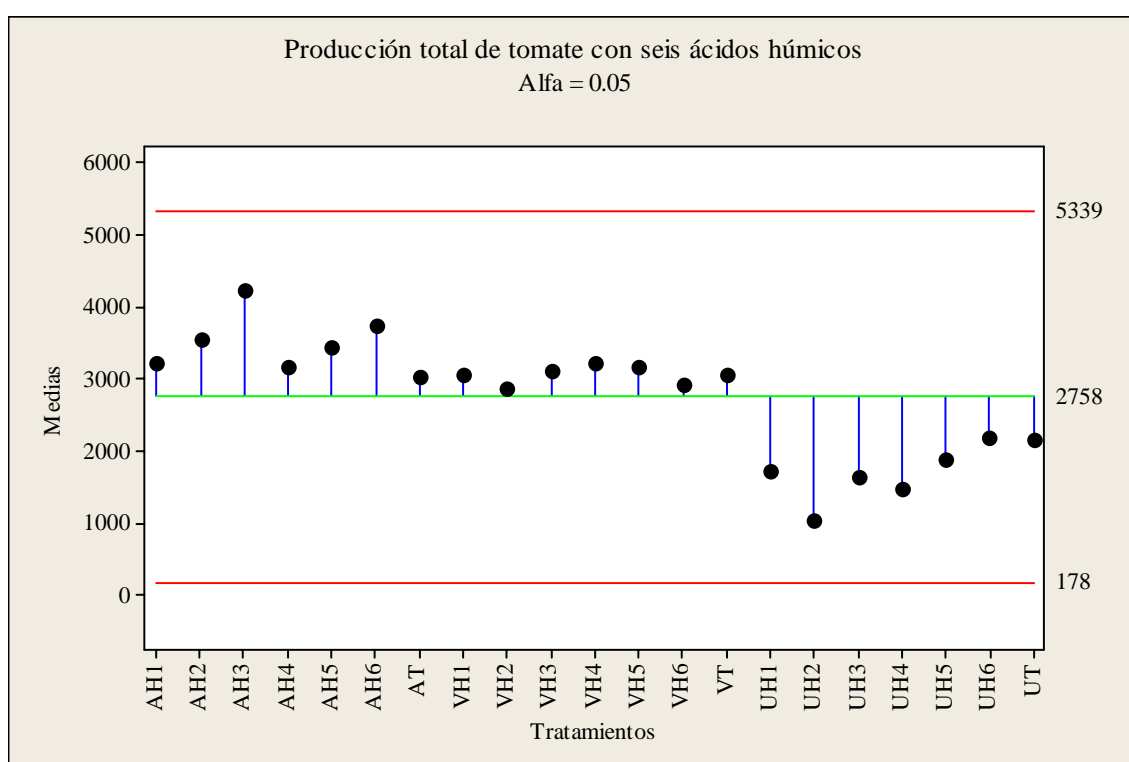


Figura 8. Comparación de medias de la producción total de tomate, con la adición de seis ácidos húmicos.

Para la luminosidad de frutos (L^*), según los promedios que se obtuvieron en los primeros cortes, el H2 fue el mejor tratamiento para el suelo de Veracruz, superando al testigo que fue el tratamiento mas bajo para ese tipo de suelo, para el suelo UAAAN los tratamientos H4 y H5, fueron superiores, y para la arena el H5 fue el que aventajo a los tratamientos ese tipo de suelo. (Cuadro 12).

Cabe destacar que el H5 que se aplicó en la arena, obtuvo el mayor valor numérico de todos los tipos de suelo, obteniendo por lo tanto en los frutos cosechados la mayor luminosidad (brillo) en los frutos.

Cuadro 12. Valores promedio para luminosidad (L*) de frutos con la aplicación de sustancias húmicas de leonardita experimentales.

SUELO	H 1	H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	TEST
ALCALINO VERACRUZ	50.85	52.57	51.87	50.79	50.76	50.74	49.78
ALCALINO UAAAN	45.29	44.94	46.62	47.27	45.41	47.10	46.78
ARENA	50.90	50.29	52.83	52.09	54.00	53.20	51.52

Para el color rojo de frutos (a*) el testigo en el suelo de Veracruz, obtuvo el mayor promedio, seguido del H4 y H5, los tratamientos que obtuvieron los valores más bajos fueron los H2 y enseguida el H4

Para el suelo de la UAAAN los H1, H2 y testigo fueron los que obtuvieron los colores más intensos en el rojo de frutos cosechados los tratamientos más bajos fueron el H5 y H4, para la arena el H1, H2 y H4 fueron los tratamientos que obtuvieron el color rojo más intenso en los frutos, los tratamientos más bajos fueron el H6 y H5 seguidos del testigo. (Cuadro 13).

Entre los tres tipos de suelo los tratamientos que obtuvieron el mayor valor numérico fueron en el suelo de la UAAAN, en donde el H1 fue el mayor, el H6 y H5 de la arena fueron los que obtuvieron el menor valor numérico.

Con estos resultados obtenemos que al aplicar los ácidos húmicos H6 y H5 en la arena retrasamos la coloración roja a la cosecha, siendo esto benéfico, ya que obtenemos un mayor tiempo de postcosecha para los frutos.

Cuadro 13. Valores promedio para color rojo (a*) de frutos con la aplicación de sustancias húmicas de leonardita experimentales.

SUELO	H 1	H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	TEST
ALCALINO VERACRUZ	19.06	14.82	17.48	19.45	19.41	18.09	20.58
ALCALINO UAAAN	30.23	29.45	27.66	27.26	24.79	28.67	28.78
ARENA	22.60	22.05	16.47	18.72	13.45	12.77	14.71

Para el color amarillo (b*) de frutos H3 y H1 fueron superiores a los demás tratamientos en el suelo de Veracruz, en el suelo de la UAAAN el H4 y testigo fueron los que obtuvieron los promedios más altos, para la arena el H4 y H3 fueron los que obtuvieron los más altos valores numéricos. (Cuadro 14).

En esta variable a mayor valor numérico más coloración amarilla tendrán los frutos y a menor valor numérico nos indicará color azul en frutos.

Cuadro 14. Valores promedio para color amarillo (b*) de frutos con la aplicación de sustancias húmicas de leonardita experimentales

SUELO	H 1	H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	TEST
ALCALINO VERACRUZ	32.46	27.12	32.54	31.62	29.50	29.72	29.26
ALCALINO UAAAN	27.44	26.66	26.32	28.38	26.40	27.60	28.22
ARENA	31.41	31.50	31.55	31.91	31.56	29.91	29.83

DISCUSIÓN

A forma de discusión, se puede establecer que los compuestos orgánicos H1, H2 y H3, presentan los porcentajes más bajos de ácidos húmicos, poseen la cantidad superior de grupos funcionales oxidrilos ($-OH$) y la menor de grupos funcionales carboxilos ($-COOH$), lo que de acuerdo con Schnitzer (2000) representa menor acidez total y por consiguiente la oxidación es reducida. Estas SH tienen el efecto superior en la altura de planta, diámetro de tallo, número de flores, los frutos colectados a los 60 días, firmeza del fruto y producción total del tomate producido en la arena. Estos resultados concuerdan con los estudios de Sánchez *et al.* (2006), al adicionar SH mezcladas con un quelato de fierro, en suelos arenosos con pH alcalino, a árboles de limón y a uva de mesa, al encontrar que las SH previenen la inmovilización de los cationes metálicos por causa del pH, y por lo tanto, hay mayor disponibilidad del Fe. Los compuestos húmicos tienen influencia en el metabolismo y en algunas funciones fisiológicas que favorecen la disponibilidad de los nutrimentos, con un bajo gasto de energía, ya que disminuyen el pH de la rizoosfera e incrementan la disponibilidad del fósforo (P), al prevenir la precipitación del fosfato de calcio, en suelos alcalinos, por la formación de humatos de calcio.

El pH de la arena empleada en este trabajo, fue ligeramente ácido, lo cual junto con los compuestos húmicos, contribuyen en la movilización de iones como el N, P, K, Fe y Na (Sánchez *et al.* 2006) y por lo tanto hay un aumento en la producción.

CONCLUSIÓN

Los ácidos húmicos de menor acidez total, tienen efectos positivos en la altura de planta, diámetro de tallo, número de flores, los frutos colectados a los 60 días, firmeza del fruto y producción total del tomate, producidos en la arena. Por lo tanto se puede definir que es en este tipo de suelo, es en donde se puede observar con mayor énfasis el resultado de la utilización de sustancias húmicas.

LITERATURA CITADA

- Adani, F., P. Genevini, P. Zaccheo, G. Zocchi. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J. Plant Nutrition* 21 (3):561-575.
- Albuzio, A., Concheri, Nardi, S., Dell'Agnola, G. 1994. Effect of humics fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. In N. Senesi, T.M. Miano (eds) *Humics substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Barón, R. Benítez, I.C. y González, J.L. 1995. Influencia de la dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. *Agrochimica XXXIX*, 5-6; 280-289.
- Bermúdez, D., Juárez, M., Sánchez-Andreu, J. Y Jordá, J. 1993. Role of eddha and 7 y 8) 673-683
- Csikor, J., Gerse, J. Y Titkos, A. 1994. the biostimulant effect of different humic substance fractions on seed germination. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds) *Humics substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Chen, Y. y Stevenson, F. J. 1986. Soil organic matter interaction with trace elements. In Y. Chen y Y. Avnimelech (Eds.) *The role of organic matter in modern agriculture*. Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht.
- Chen, Y. Magen, H. y Riov, J. 1994. humic substances originating from rapidly decomposing organic matter: properties and effects on plant growth. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds) *Humics substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Chukov, S.N., Talishkina, V.D. y Nadporozhskaya, M.A. 1996. Physiological activity of growth stimulator and of soil humic acids. *Eurasian Soil Science*, 28 (4), 30-39.
- David, P., Nelson, P.V. y Sanders D.C. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition* 17 (1) 173-184.
- Dell'Amico, C., Masciandaro, G., Ganni, A., Ceccanti, B., García, C., Hernández, T. y Costa, F. 1994. Effects of specific humic fractions on plant growth. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds) *Humics substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.

- Evangelou, M. W. H. Haactice, D. Andreas, S. 2004. The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. *Chemosphere*. 57, 207-213.
- FAO/UNESCO. 1994. World Reference Base for Soil Resources. Wagering/Rome.
- Fürh, F. y Sauerbeck, D. 1967. The uptake of colloidal organic substances by plant roots as shown by experiments with ^{14}C -labelled humus compounds. P.73-82. In report FAO/IAEA Meeting, Viena, Pergamon Press, Oxford.
- García-Serna, J., Juárez, M., Jordá, J., Sánchez-Andreu, J. 1996. Influence of organic compounds on nitrogen fertilizer solubilitazion. *Commun Soil Sci. Plant Anal.* 27 (11&12) 2485-2491.
- Gaur, A. C. 1964. Influence of humic acid on growth and mineral nutrition in plants. *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol.* 3335, 207-219.
- Guminsky, S., Sulej, J. y Glabiszewski, J. 1983. Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedling. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 52, 149-164.
- Hafidi, M., Checkouri, I., Kaemmerer, M., Revel, J.C. y Bailly, J.R. 1997. Effect of humic substances on phosphorous absorption in italian Ray-Grass. *Agrochimica XLI*, 1-2, 42-49.
- INFOAGRO. 2004. Toda la agricultura en internet del cultivo de tomate www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos/otros/sustancias_humicas.html
- Jalali, V.K. y Takkar, P.N. 1979. Evaluation of parameters for simultaneous determination of micronutrient cation available to plants from soils. *Indian J. Agric. Sci.* 49, 622-626.
- Kuiters. A T. and W. Mulder. 1993. Water-soluble organic matter in forest soils. II. Interference with plan cation uptake. *Plant and Soil*, 152:225-235.
- Pascual, J.A., Ayuso, M., Hernández, T. y García, C. 1997. Fitotoxicidad y valor fertilizante de enmendantes diferentes orgánicos--. *Agrochimica XLI* 1,2; 50-61.
- Pettit. 2004. Organic matter, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. Huma Tech. Inc. Markers of Promax. <http://www.humate.info/>
- Piccolo, A., Nardi, S. Y Concheri, G. 1992. Structural Characteristics of humous substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. *Soil Biol. Biochem.*, 24 (4) 373-380.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. 849 pg.

- Rauthan, B.S. y Schnitzer M. 1981. Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil*, 63, 491-495.
- Retta, S.F. Sidari, M. Nardi, S. Y Cacco, G. 1994. Effect of the low molecular size (LMS) humic fraction of differentiation processes in leaf explants. In N. Senesi, T.M. Miano (eds) *Humics substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Sánchez-Andreu, J., Jordá, J. Y Juárez, M. 1994. Humic substances. Incidence on crop Fertility. *Acta Horticulturae*. 357, 303-313.
- Sánchez-Sánchez, a., J. Sánchez-Andreu, M. Juárez, J. Jordá y D. Bermúdez. 2006. Improvement of iron uptake in table grape by addition of humic substances. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 259-272.
- 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 U. C. Gupta. 1965. Determination of acidity in soil organic matter. D. L. Sparks (Ed.) *advances in Agronomy*, academic Press. 98: 3-58.
- Stevenson F.J. 1982. *Humus chemistry. Genesis, composition, reactions*. John Wiley and Sons.
- _____ 1994. *Humus Chemistry. Genesis, composition, reactions*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Vaughan, D. y McDonald, I.R. 1976. Some effects of humic acid on the cation uptake by parenchyma tissue. *Soil Biol. Biochem.* 8, 415-421.
- 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, 769-687.
- Vaughan, D., Malcolm, R.E: Y Ord, B.G. 1985. Influence of humic substances on biochemical processes in plants. P. 77-108. In Vaughan y R.E. Malcolm (Eds.) *Soil Organic Matter and biological Activity*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ., Dordrecht.
- Wang, X.J., Wang, Z.Q. y Li, S.G. 1995. The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soil. *Soil Use and Management* 11, 99-102.
- Wilson, G.B. y Dalmat, D. 1986. Determination compost maturity. *Compost Science*, 19, 26.