

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Respuesta de la Calidad del Tomate Tipo “Bola” a la Adición de Tres Ácidos Húmicos

Por:

EDGAR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 201

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Respuesta de la Calidad del Tomate Tipo “Bola” a la Adición de Tres Ácidos Húmicos

Por:

EDGAR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Tesis

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

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Mc. Fidel Maximiano Peña Ramos
Asesor principal

Dr. José De Jesús Rodríguez Sahagún
Coasesor

Dr. Emilio Rascón Alvarado
Coasesor



Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera inmensa al Creador por permitirme llegar al punto de mi vida en la cual concluyo un gran sueño, por darme una familia que siempre me alientan, y sobre todo por darnos salud y seguirnos bendiciendo en este largo camino.

Al Dr. Rubén López Cervantes. Por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo por facilitarme herramientas y conocimiento para llevarlo a cabo.

Al M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos, por el apoyo y consejos.

Al Dr. Emilio Rascón Alvarado, por la paciencia y dedicación al revisar el trabajo.

A la universidad Por ser la institución que me formo profesionalmente y llenarme de conocimiento por haber sido motivo de emprender un gran viaje y en ella llegar a conocer a muchísimas personas.

A mis amigas por todos aquellos momentos agradables, por los momentos de rizas y desvelos, por encontrar en ellos una segunda familia.

¡Gracias!

DEDICATORIAS

A mi padre

Pascual Hernández López gracias por ser el pilar de mi existencia y mi fortaleza en los peores momentos de la carrera, por el amor que me tienes, gracias por confiar en mí, gracias por ser esa persona que con su ejemplo me enseña el amor a la vida, al trabajo y apoyo para las personas sin esperar nada, gracias porque sin dudarlo ha dado todo por mi sin importarle si le llegase a faltar, de manera profunda tendré en mente su gran apoyo y enseñanza sabia de vivir la vida.

A mi madre

Margarita Hernández Sánchez por los consejos y las palabras de ánimo, por el apoyo incondicional en los momentos difíciles, por estar afí cuando la he necesitado y por ese amor cariño por cuidarme y preocuparse por mí, gracia mama.

A mis hermanos

Adalberto H, Yori Janeth H, Verónica H, Eulafio H, Patricia H. Por ser aquellos en quien me apoyo y cuento compañía estando lejos de casa, por darme consejos y ánimos en los momentos difíciles, porque sé que en ellos encuentro a verdaderos amigos.

Índice de Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIAS	VI
Índice de Contenido	VII
Índice de Figuras.....	IX
RESUMEN	X
I INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	3
General.....	3
Específico.....	3
HIPÓTESIS.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades	4
2.2 Calidad del Tomate.....	6
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1 Localización del Área Experimental	11
3.2 Metodología.....	12
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4.1 Peso Fresco del Fruto	14
4.2 Diámetro Ecuatorial	15
4.3 Diámetro Polar	16
4.4 Firmeza del Fruto.....	17
4.5 Sólidos Solubles Totales (°Brix)	18
V CONCLUSIÓN	21
VI REVISIONES DE LITERATURA.....	22

Índice de Cuadro

Cuadro 1. Consumo de Tomate en México (Ton).....	4
Cuadro 2 Superficie de Tomate Plantada a Nivel Mundial (Ha).	4
Cuadro 3. Comparación de medias de las variables medidas a tomate tipo “Bola”, variedad “Caiman-Enza zaden” con la adición de tres ácidos húmicos.....	13

Índice de Figuras

Figura 1	Propiedades de las sustancias húmicas (SH) (Stevenson, 1994).....	8
Figura 2:	Localización del área experimental	11
Figura 3.	Peso del fruto de tomate de la variedad “Caiman-Enza zaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.....	14
Figura 4.	Diámetro Ecuatorial del tomate de la variedad “Caiman-Enza zaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.....	15
Figura 5.	Diámetro Polar del tomate de la variedad “Caiman-Enza zaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.....	16
Figura 6.	Firmeza del fruto de tomate de la variedad “Caiman-Enza zaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.....	17
Figura 7.	Sólidos Solubles Totales del fruto de tomate de la variedad “Caiman-Enza zaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.....	18

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la respuesta de la calidad del tomate “Bola” a la adición de tres ácidos húmicos, semillas de la variedad “Caiman-Enza zaden”, fueron sembradas en charolas de poliestireno de 200 cavidades, que contenía la mezcla de “Peat Moss” con “perlita” (relación 2:1 v/v) como sustrato; cuando la plántula presentó un par de hojas verdaderas, fue trasplantada a macetas de plástico. Los tratamientos adicionados fueron: uno, dos, y tres gramos de dos ácidos húmicos, uno granular (HG) y otro en polvo (HP) y uno, dos y tres mililitros de un ácido húmico líquido (HL); los tres compuestos provenientes de leonardita. Las variables medidas al fruto fueron: peso fresco (PF), diámetro ecuatorial (DE) y polar (DP), firmeza (FI) y sólidos solubles totales (SST). Se encontró que, al adicionar la dosis alta del HG, se superó en 77.96 % al testigo en el PF; en el DE, al aplicar la dosis baja del HP se aventajó al testigo en 17.82 % y en el DP con el mismo compuesto, sólo que a la dosis media se adelantó en 17.10 % al control. La superior FI se presentó con la agregación de la cantidad alta del HL, porque fue 5.92 % mayor al testigo y en los SST, al adicionar la dosis media del HP se superó a la solución nutritiva en 13.94 %. Se concluye que el ácido húmico en polvo, realizó efecto positivo en ambos diámetros y en la cantidad de sólidos solubles totales; mientras que, el ácido húmico granulado lo efectuó en el peso fresco y el líquido en la firmeza.

Palabras clave: Substancias húmicas, *Solanum lycopersicum* sp

I INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* sp), pertenece a la familia de las solanáceas, cuya especie básica es *Lycopersicon esculentum* Mill. Para Ortega-Martínez *et al.* (2010), es una de las especies hortícolas más importantes de México, debido al valor de su producción, comercialización y empleo que genera, ya que es el principal producto hortícola de exportación. México se encuentra entre los principales países exportadores, porque participa con el 21 por ciento y tiene un valor estimado de 15.7 mil millones de pesos, lo que sitúa a esta hortaliza en el segundo lugar nacional en términos de valor de producción (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación -SAGARPA, 2016); ya que es de los principales cultivos que se producen en condiciones protegidas, lo que significa el 75 por ciento, seguido por el pimiento con el 12 por ciento y el pepino con 10 por ciento (Castellanos, 2011).

En México se encuentran las variedades típicas como son: “Bola”, “Saladette” y “Cherry” que son las de mayor consumo, producción y comercialización y en condiciones protegidas, su calidad aumenta con el uso de fertilizantes químicos. Ahora bien, es conocido por los productores que con el uso de fertilizantes químicos se aumenta la calidad de los frutos; sin embargo, estos compuestos son sales inorgánicas y con el uso inadecuado de ellos sobre todo de cantidad, se puede llegar a salinizar los suelos y aparte, en la actualidad sus precios son altos porque la mayoría provienen de recursos naturales no renovables, sobre todo las fuentes de nitrógeno (N) y fósforo (P).

El concepto equivocado de que los productos orgánicos son fertilizantes, sobre todo las sustancias húmicas (SH) que Stevenson (1994) las clasifica en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), las que son adicionadas sin mezclar en grandes cantidades por los productores, pero estas no son fuente de nutrimentos, por lo que es necesario mezclarlas con fertilizantes químicos.

Las SH, al mezclarse con fertilizantes químicos, se ha demostrado que aumentan la cantidad y la calidad de los frutos en la producción agrícola (Calvo *et al.* 2014) y si a los AH se les adiciona algún nutrimento, se denominan Humatos y a los AF, Fulvatos del o los elementos agregados; pero el o los mecanismos mediante los cuales las SH solas y las mezclas orgánico-minerales logran lo anterior, no están bien dilucidados.

Por ejemplo, Eyheraguibel *et al.*, (2008), indican que las SH intervienen directamente en una gran cantidad de procesos fisiológicos involucrados con el crecimiento. Atiyeh *et al.* (2002), observaron efectos positivos en el crecimiento celular de diversos órganos de las plantas, como: en la raíz, brotes, biomasa de hoja e influyen positivamente en el crecimiento y desarrollo general de los vegetales y DuJardin (2012), dice que estos compuestos son considerados como Bioestimulantes, por las cantidades tan reducidas empleadas y son una alternativa económica y ecológica factible para aumentar la producción y calidad de los cultivos.

OBJETIVOS

General

Evaluar la calidad del tomate tipo “Bola”, con la adición de tres ácidos húmicos.

Específico

Establecer una dosis óptima, de tres ácidos húmicos, que aumente la calidad del tomate tipo “Bola”.

HIPÓTESIS

Al menos una dosis de alguno de tres ácidos húmicos, ejerce efecto positivo en el tomate tipo “Bola”, al aumentar su calidad.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

México se encuentra en el décimo lugar a nivel mundial en la producción de tomate, sin embargo, ocupa el primer lugar en exportación del fruto según datos de la SAGARPA (2011a) y el principal mercado, es Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) con el 95 por ciento del total de la producción. Los Estados, de México, con mayor aportación son Sinaloa, Baja California, Michoacán, Zacatecas y Jalisco (Figura 1); juntos, totalizan el 68 por ciento de la producción nacional, según Datos Sobre Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2011). Y en el Cuadro 1, se presenta el consumo de tomate en México.

Cuadro 1. Consumo de Tomate en México (Ton).

Tomate	Año	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
	2006	88,070	20,623	0	108,693
	2007	88,500	11,132	325	99,307
	2008	40,254	5,469	0	45,723
	2009	44,363	19,724	0	64,087

Fuente: ACDI/VOCA sobre datos de FAO – DC/MAG, 2008

En el Cuadro 2, se presenta el área plantada de tomate, donde destacan China con el 30.07 por ciento, India con 12.4 por ciento, Turquía con el 6.2 por ciento, Nigeria con 5.5 por ciento y Egipto con el 4.9 por ciento, lo que representa el 59.07 por ciento de la superficie mundial según la Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009).

Cuadro 2 Superficie de Tomate Plantada a Nivel Mundial (Ha).

	Países	2006	2007	2008	2009
Tomate	China	1,404,595	1,453,935	1,454,533	1,504,803
	India	546,100	596,000	566,000	599,000
	Turquía	270,000	270,000	300,000	300,000
	Otros	2,468,880	2,472,993	2,517,043	1,866,329
	Total	4,689,575	4,792,928	4,837,576	4,270,132
	Mundial				

Fuente: ACDI/VOCA sobre datos de FAO. N/D: 2008

En 2013, la producción mundial de tomate se ubicó en un máximo histórico de 163.96 millones de toneladas. La tasa promedio anual de crecimiento de la producción mundial, entre 2003 y 2013, fue de 3.2 por ciento; lo anterior, impulsado tanto por aumentos en la superficie cosechada, como por incrementos en la productividad promedio. El 62.0 por ciento de la producción mundial en 2013 se concentró en cinco países: China (30.9 por ciento), India (11.2 por ciento), Estados Unidos (7.7 por ciento), Turquía (7.2 por ciento) y Egipto (5.2 por ciento) (FAO, 2009).

El tomate es la hortaliza más importante en numerosos países, su popularidad aumenta constantemente y pocos productos hortícolas permiten tal diversidad de usos, ya que se puede servir fresco, cocido, estofado, frito, encurtido, como una salsa o en combinación con otros alimentos y se puede usar como ingrediente en la cocina y puede ser procesado industrialmente entero o como pasta, jugo, polvo, etc. En la actualidad, ha adquirido importancia económica en todo el mundo (Nuez, 1995).

La exportación, representa para nuestro país una importante fuente de divisas, al ser ubicado como el tercer país exportador en el mundo. Para México, representa el 41 por ciento del total de las exportaciones agrícolas de las cuales, el 22 por ciento son exclusivamente tomate (Moore, 1994). La exportación generó a México divisas por un monto de 539.4 millones de dólares en 1996, 523.4 millones en 1997, 638.1 4 millones en 1998; 534.8 millones en 1999 y 462.6 millones en el año 2000, con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2002).

El cultivo del tomate, en México, tiene una trascendencia social muy importante puesto que una parte considerable de la población económicamente activa y se encuentra relacionada directa o indirectamente con este cultivo, porque es una importante fuente de empleo para un considerable número de familias; para la producción de 75,000 hectáreas, se estima que se emplea a 172 mil trabajadores de campo y trae consigo, una fuerte fluctuación migratoria de personas originarias de estados como Oaxaca, Zacatecas, Guanajuato, Guerrero y Veracruz, por ser estos estados que aportan una proporción considerable de trabajadores agrícolas a las principales regiones de cultivo del tomate, datos de la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA, 1998).

En los últimos 10 años, la demanda de tomate procesado en Canadá y Estados Unidos ha aumentado en forma considerable; México es un potencial

exportador de jugo de tomate, porque puede aprovechar ampliamente sus potencialidades productivas para aumentar los volúmenes de exportación de este producto. Los principales socios comerciales de México en el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN), representan un mercado potencial muy alto para la exportación de jugo de tomate, con información de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 1997).

En México, la oferta de tomate es sustentable con una producción de dos millones de toneladas promedio al año, con activos rurales de un poco más de 70 mil hectáreas dedicadas a este cultivo. Los tipos de tomate más importantes producidos, tanto a “campo abierto” como en agricultura protegida, son el tipo Saladette (el más producido), seguido por los tipos “Bola” (steak), Cherry, en Racimo y otras especialidades como los tipos “Mimi” y “Campari” con datos de La "Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación" (SAGARPA, 2011b). El tomate “Bola”, es el de mayor exportación, a Estados Unidos, Canadá y Japón, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2009).

2.2 Calidad del Tomate

La calidad, es uno de los elementos más importantes de los productos de cualquier categoría, en términos del tomate, se refiere al cumplimiento de los atributos sensoriales y fisiológicos del fruto. La Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano, NMX-FF-031-197-SCFI, determina la clasificación con base en los grados de calidad del fruto, denotando al producto como México 1, México 2 y México 3. Para lo cual, se analizan factores como el color, sabor, apariencia y textura, así como de la minimización de riesgos biológicos, químicos y físicos para la salud humana, animal y vegetal (SAGARPA, 2010). Su contenido en componentes nutricionales no es muy elevado, sin embargo, es una de las hortalizas que más aporta en términos absolutos, debido a la elevada cantidad consumida al año, estimada entre 16 y 18 Kg por persona, información de Datos Sobre Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2008).

2.3 Las Substancias Húmicas (SH)

Se sabe que la composición química de la materia orgánica, incluye a muchos anillos aromáticos que interactúan entre sí y con cadenas alifáticas, dando

lugar a macromoléculas con diferente masa. La génesis de las SH, implica una combinación de varios caminos de reacción y una gran variedad de sistemas químicos vinculantes, es muy difícil definir un concepto claro de su composición. Los residuos orgánicos, vegetales y animales, manejados o depositados en diferentes ambientes, tales como suelo, compostas, biodigestores, turbas, pantanos, carbones, se ven sometidos a un proceso de transformación esencialmente microbiana (Hayes, 1997). Este proceso consta fundamentalmente de dos vías: la mineralización y la humificación.

La mineralización consiste en el paso de los nutrimentos de sus formas orgánicas a formas inorgánicas aprovechables por los cultivos. En el proceso de humificación, la explicación más aceptada se maneja en la denominada TEORIA DEL POLIFENOL (Rodríguez, 1991). Esta teoría incluye dos mecanismos cuya diferencia es el origen de los polifenoles. En uno de los mecanismos, los aldehídos y ácidos fenólicos, que se generan durante la degradación de ligninas por los microorganismos del suelo, producen quinonas por reacciones enzimáticas, las que se polimerizan para formar macromoléculas del tipo de las SH.

El otro mecanismo es similar, excepto que los compuestos polifenólicos son sintetizados por microorganismos a partir de sustratos distintos de la lignina (por ejemplo, celulosa). Los polifenoles son luego oxidados enzimáticamente a quinonas y posteriormente convertidas en SH; de acuerdo a estos conceptos, las quinonas provenientes de la lignina, son sintetizadas por los microorganismos, son los bloques principales a partir de los cuales se forman las SH. La formación de compuestos de color oscuro a partir de reacciones en las que participan quinonas ya fue observada en la formación de melanina (Stevenson, 1994).

El término SH, suele utilizarse como nombre genérico para describir al material coloreado del suelo o a las fracciones que se obtienen en base a sus características de solubilidad. La Sociedad Internacional de Substancias Húmicas. (IHSS – 2013), las define como una mezcla compleja y heterogénea de materiales polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado humificación) y de acuerdo con Stevenson (1994), se clasifican en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis. De forma general, están compuestas por aproximadamente 50 por ciento de carbono, entre 35-45 por ciento de oxígeno, cinco por ciento de hidrogeno, tres por ciento de nitrógeno y azufre (MacCarthy, 2001).

Coyne (2000), clasifica las SH de la siguiente manera: ácidos húmicos, son la fracción de las SH que no es soluble en soluciones acuosas ácidas (pH < 2), pero sí es soluble a valores mayores de pH; puede extraérselas del suelo con reactivos alcalinos, son la mayor fracción extraíble de las SH del suelo y presentan una coloración entre marrón oscuro y negro. Los ácidos fúlvicos, son la fracción soluble en soluciones acuosas a cualquier valor de pH, se las separa de los AH por acidificación, permanecen en solución y son de color amarillo-amarronado. Las huminas, son la fracción insoluble en agua a cualquier valor de pH y son de color negro. (Karanfil *et al.* 1996). Además, las características fundamentales se presentan en la Figura 1.

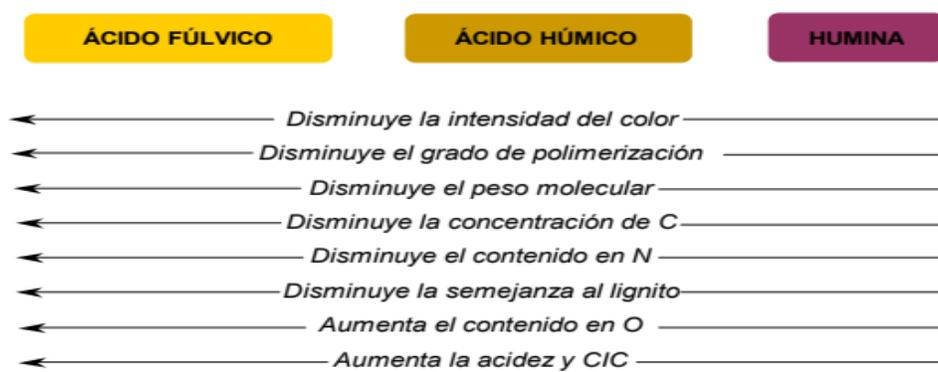


Figura 1 Propiedades de las sustancias húmicas (SH) (Stevenson, 1994).

2.4 Importancia de las Sustancias Húmicas

Gracias a estas características, se cree que, desde el punto de vista de la nutrición vegetal, la complejación y/o quelatación es el papel más importante de las SH, ya que se deduce que quelatan y/o complejan los cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta; además, previene su precipitación pero esto aún no está completamente comprobado. Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que por ejemplo se compleja hierro y zinc más rápido que el sodio (Stevenson, 1994). Las SH estimulan la absorción de iones en muchas plantas a una concentración de 10 a 100 ppm (Zachariakis *et al.* 2001).

Dursun (2007), afirma que las SH tienen efectos benéficos en la absorción de nutrientes por las plantas y particularmente el transporte y disponibilidad de microelementos; cuando se aplican en soluciones minerales ayudan al crecimiento

de varias especies vegetales lo que hace creer que dichas sustancias actúan como hormonas de crecimiento vegetal (Chen *et al.* 1990). Aplicaciones prolongadas de manera foliar de AH, estimulan mayor eficiencia fotosintética a partir de la quinta aplicación al principio de la cosecha de fruta en la planta de fresa (Neri *et al.* 2002).

Los efectos Bioestimulantes de las SH, es que se caracterizan tanto por los cambios estructurales y fisiológicos en las raíces y brotes relacionados con la absorción de nutrientes, la asimilación y distribución (rasgos de la eficiencia del uso de nutrientes). También, pueden inducir cambios en el metabolismo vegetal y los relacionados con la tolerancia al estrés abiótico que modula colectivamente crecimiento de las plantas, así como la promoción de la aptitud. En conclusión, la aplicación exógena de SH dentro de los sistemas agronómicos, se puede utilizar para ayudar al desarrollo de la intensificación sostenible. Como la mayoría de las SH utilizados en la agricultura, actualmente se derivan a partir de recursos no renovables como el carbón y la turba, la promoción de esta tecnología también requiere el desarrollo de nuevas fuentes sostenibles de productos húmicos (Canellas *et al.* 2015).

La aplicación de SH se observa un aumento en la nutrición mineral, es decir, en general aumenta la absorción de macro y micro elementos que podrían estar relacionados con la estimulación del crecimiento de plantas. La aplicación de extractos húmicos mejora la absorción de potasio, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso y hierro; además, se ha observado mayor concentración de nutrimentos en los tejidos radicales. En condiciones hidropónicas, se ha observado que inducen a una precocidad en la floración y modifican el desarrollo de la raíz, es decir, hay mayor cantidad de raíces. (Eyheranguibel *et al.* 2008).

Para Orlov (1995), los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que se compleja fierro (Fe) y zinc (Zn) más rápido que el sodio; por lo que al adicionar AF y Fe, la cantidad de este elemento es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate y resulta muy favorable para corregir la clorosis férrica en el cultivo de altramuces. Además, Ramos (2000), dice que la presencia de las SH, promueven el crecimiento de plantas de vid al aumentar el número de brotes laterales, mayor altura, mayor contenido de materia seca de hojas, tallos, raíces y de la clorofila total. También, este autor comenta que se ha encontrado aumento en la concentración foliar de clorofilas totales, conforme aumenta la dosis de aplicación de las SH, ya que, además, de promover mayor contenido de carbohidratos y concentración de clorofila en hojas y brotes,

aumenta los niveles de fósforo (P) y potasio (K) en raíces, también los niveles de calcio (Ca), magnesio (Mg) y zinc (Zn) en hojas.

Aunque la influencia de las SH, es más acusada sobre las raíces, existen numerosos estudios de su efecto sobre la parte aérea; así, Rauthan *et al.* (1981), estudiaron la incidencia de la aplicación de los AF a la disolución nutritiva Hoagland, en plantas de pepino y como resultado, se muestra que el óptimo crecimiento de los tallos fue a la dosis de entre 100 a 300 mg. litro⁻¹. Mientras que, Chen *et al.* (1990), mencionan que las SH, mezcladas con soluciones minerales, ayuda al crecimiento de varias especies vegetales lo que hace creer que las sustancias orgánicas, actúan como hormonas de crecimiento vegetal.

Como ya se comentó en varias ocasiones, los ácidos fúlvicos (AF), son la fracción de las SH que permanece en solución a cualquier condición de pH; estos compuestos poseen como características fundamentales, alta acidez total, gran cantidad de grupos funcionales carboxilo (-COOH), alta adsorción de iones y por ello, alta capacidad de intercambiar cationes (Calvo *et al.* 2014) y gracias a esto, son responsables de la quelatación y/o complejación de cationes (Lobartini *et al.* 1998).

Una gran cantidad de investigadores, han reportado el efecto de la quelatación de iones por los AF (Zimmerli *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2010); por ejemplo, García-Márquez (2017) en un trabajo muy completo sobre el efecto de un Fulvato de potasio en la calidad y producción de tabaco en un suelo alcalino, encontró que el Fulvato de K (FK), realizó efecto altamente significativo al aumentar el peso fresco y seco del vástago y la raíz de la plántula del tabaco, en las etapas de plántula y "Repique". En la etapa de producción, el FK realizó efecto positivo al aumentar el peso fresco y seco de la hoja, del área foliar y el peso fresco y seco y del diámetro y la longitud del tallo.

Este mismo autor, dice que en el contenido de K en el tejido vegetal de follaje y raíz, el FK no realizó efecto positivo en las etapas de plántula y producción; pero, en la etapa de "Repique" si lo efectuó. Aquí, de acuerdo con los resultados obtenidos del K en la raíz fueron superiores a los presentados en el follaje, lo que no concuerda también con lo establecido por David *et al.* (2014), Calvo *et al.* (2014) y Canellas y Olivares (2014), al establecer que los AF sirven como agentes quelatantes de cationes, estos elementos son llevados al torrente xilemático, a través de las membranas de las células vegetales de la raíz por acción de enzimas como la ATP-asa.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del Área Experimental

El presente trabajo de investigación, se realizó en el invernadero del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a los 25° 21' 14'' de Latitud Norte y los 101° 02' 03'' de Longitud Oeste y la altitud de 1742 msnm (Figura 2).



Figura 2: Localización del área experimental

3.2 Metodología

A semillas de tomate tipo “Bola” de la variedad “Caiman-Enza zaden”, les fue realizado un tratamiento hidrotérmico, ya que fueron colocadas a “Baño María” a 40°C durante 20 minutos, con el objetivo de activar el embrión y tratar de disminuir el ataque de microorganismos patógenos; una vez enfriadas y secadas a temperatura ambiente del Laboratorio, fueron sembradas en charola de poliestireno de 200 cavidades y este recipiente, contenía como sustrato la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 v/v). Cuando la plántula contenía un par de hojas verdaderas, fue trasplantada en macetas de poliestireno de 250 ml con el mismo sustrato (“Repique”, Camacho-Ferré, 2006), con el fin de que la plántula fortaleciera su raíz y una vez que la plántula presentó dos pares de hojas verdaderas, fueron trasplantadas en macetas de plástico que contenían 20 kg de la mezcla de un suelo con textura limo-arcillosa, pH de 7.84 y hojarasca de pino (relación 2:1 v/v).

A los cinco días después del trasplante, les fueron adicionados los tratamientos que consistieron en 600, 800 y 1000 mg.kg⁻¹ por litro de agua de tres ácidos húmicos: uno granular (HG), uno en polvo (HP) y el tercero líquido (HL). Los tres provenientes del mineral fósil de materia orgánica denominado Leonardita y como control, una solución nutritiva (SN) con base en los Índices de Steiner. Las variables medidas al fruto fueron: peso fresco (PF), diámetro ecuatorial (DE) y polar (DP) (Vernier de acero inoxidable, Marca TRUPER), firmeza (F) (penetrometro, Fruit Hardress Tester, Modelo FHT 200. EXTECH, Instruments) y sólidos solubles totales (SST-°Brix, Refractómetro, Master Refractometer, Marca ATAGO).

El trabajo, se distribuyó de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar, con cinco repeticiones, a los datos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mediante el método de la diferencia mínima significativa (LSD Fischer ($p \leq 0.05$); es decir, al 95 por ciento de confianza con el paquete estadístico Statical Analysis System (S.A.S) Versión 9.1.3. en español para Windows.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en el Cuadro 4, se puede establecer que, de acuerdo al análisis estadístico efectuado, los tratamientos adicionados realizaron efecto altamente significativo en todas las variables medidas; con esto, se determina que con la adición de estos compuestos orgánicos se mejora la calidad del tomate tipo “Bola” de la variedad “Caiman-Enza zaden”

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables medidas a tomate tipo “Bola”, variedad “Caiman-Enza zaden” con la adición de tres ácidos húmicos.

Tratamientos	Variables				
	PFF (g)	DE (cm)	DP (cm)	F (N)	SST (°Brix)
HG-1	1749.26 bc	5.72 c	5.38 bc	6.53 ab	5.50 ab
HG-2	2558.46 ab	6.24 ab	5.92 ab	6.48 ab	5.00 bc
HG-3	2919.78 a	6.78 a	6.19 a	6.61 ab	5.01 bc
HP-1	2297.80 abc	6.81 a	6.30 a	6.29 b	4.79 c
HP-2	2078.06 bc	5.68 c	5.19 c	7.11 ab	5.72 a
HP-3	2047.52 bc	6.10 bc	5.65 ab	6.74 ab	4.95 bc
HL-1	2005.22 bc	6.43 ab	5.86 ab	6.62 ab	5.14 ab
HL-2	2408.96 abc	6.16 ab	5.89 ab	6.86 ab	4.69 c
HL-3	1391.74 d	6.08 bc	5.66 ab	7.15 a	4.98 bc
SN	1640.68 cd	5.78 c	5.38 bc	6.75 ab	5.02 bc
CV (%)	31.1	8.3	9.2	9.8	10.7

CV: Coeficiente de variación; PFF: Peso fresco de fruto; DE: Diámetro Ecuatorial; DP: Diámetro Polar; F: Firmeza; SST: Sólidos Solubles Totales.

4.1 Peso Fresco del Fruto

En esta variable, de forma general, se presentó que al adicionar el ácido húmico granulado conforme se aumentó la dosis, el valor fue en aumento; caso contrario, se presentó al aplicar el ácido húmico en polvo y con el ácido húmico líquido se presentó variación ya que, con la agregación de la dosis media, se alcanzó el mayor valor. De manera particular, se establece que al adicionar la dosis alta del ácido húmico granulado (HG-3), se presentó el valor superior ya que se sobrepasó al testigo en 77.96 por ciento (Figura 3).

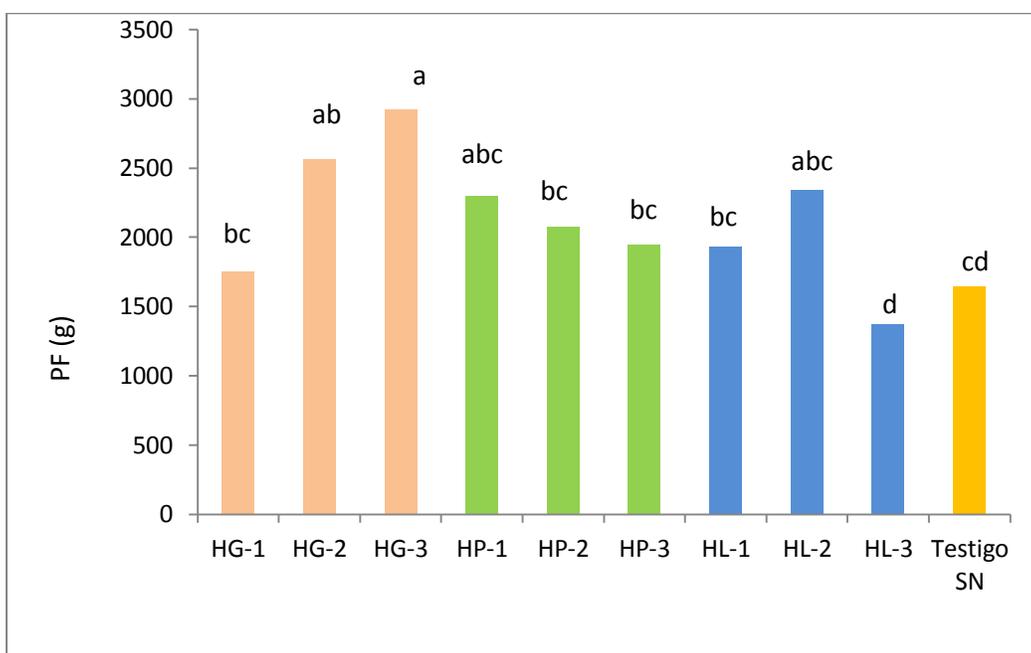


Figura 3. Peso del fruto de tomate de la variedad “Caiman-Enza zaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.

4.2 Diámetro Ecuatorial

En esta variable, de forma general, se presentó que al adicionar el ácido húmico granulado conforme se aumentó la dosis, el valor fue en aumento; al aplicar el ácido húmico en polvo se presentó variación ya que con la agregación de la dosis baja se obtuvo mejor respuesta y al aumentar la dosis del ácido húmico líquido el valor disminuye. De manera particular, se establece que al adicionar la dosis baja del ácido húmico en polvo (HP-1), se presentó el valor superior ya que se sobrepasó al testigo en 17.10 por ciento (Figura 3).

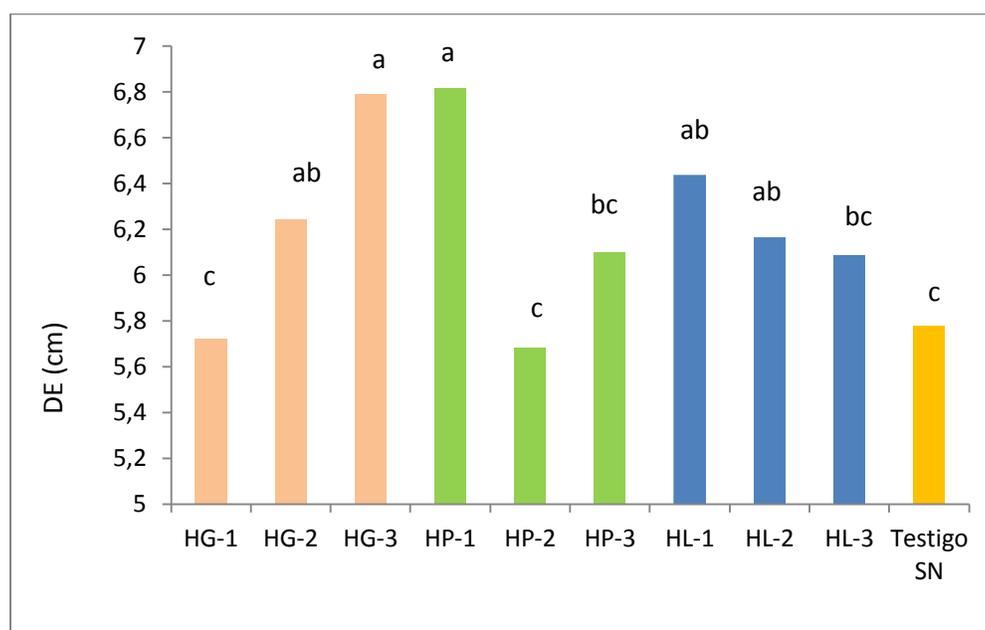


Figura 4. Diámetro Ecuatorial del tomate de la variedad "Caiman-Enza zaden", con la adición de tres ácidos húmicos.

4.3 Diámetro Polar

En esta variable, de forma general, se presentó que al adicionar el ácido húmico granulado conforme se aumentó la dosis, el valor fue en aumento; para el caso del ácido húmico en polvo se presentó variación ya que, con la agregación de la dosis baja, se alcanzó el mayor valor, y con el ácido húmico líquido se presentó variación. De manera particular, se establece que al adicionar la dosis baja del ácido húmico en polvo (HP-I), se presentó el valor superior ya que se sobrepasó al testigo en 17.10 por ciento (Figura 5).

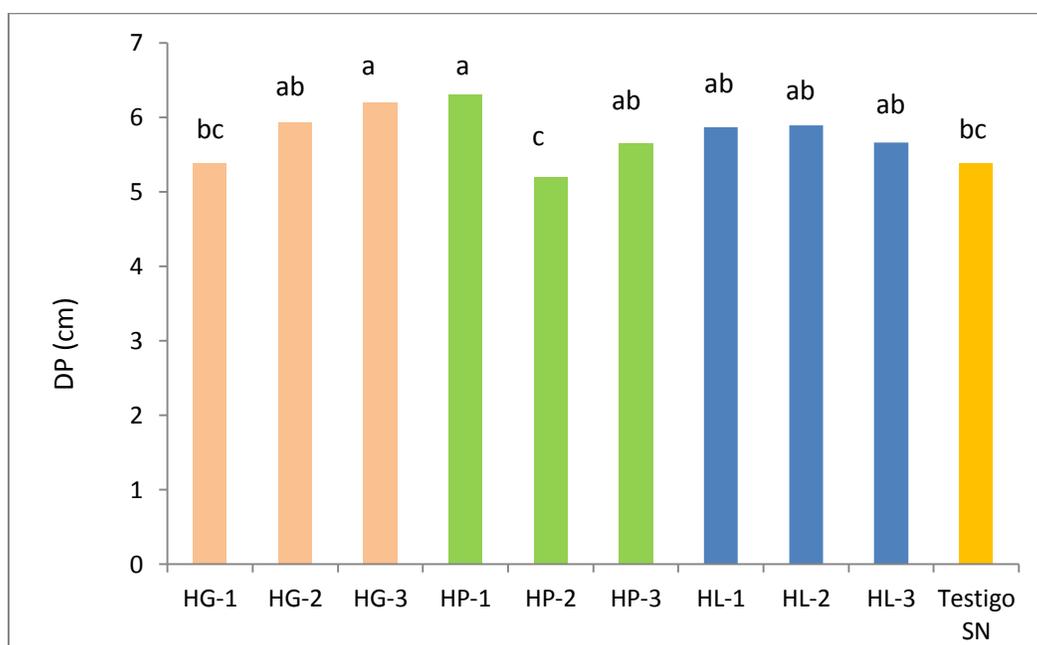


Figura 5. Diámetro Polar del tomate de la variedad “Caiman-Enza zaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.

4.4 Firmeza del Fruto

En esta variable, de forma general, se presentó que al adicionar el ácido húmico granulado conforme se aumentó la dosis, el valor mostro variación; como en el caso, al aplicar el ácido húmico en polvo y con el ácido húmico líquido conforme se aumentó la dosis, el valor fue en aumento. De manera particular, se establece que al adicionar la dosis alta del ácido húmico liquido (HL-3), se presentó el valor superior ya que se sobrepasó al testigo en 5.92 por ciento (Figura 6).

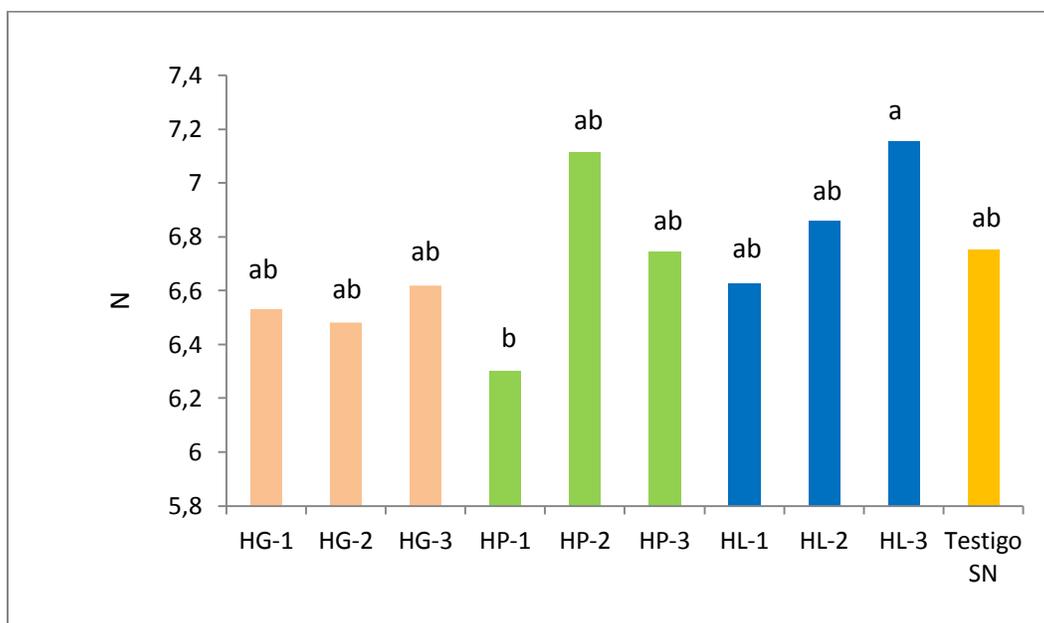


Figura 6. Firmeza del fruto de tomate de la variedad "Caiman-Enza zaden", con la adición de tres ácidos húmicos.

4.5 Sólidos Solubles Totales (°Brix)

En esta variable, de forma general, se presentó que, al adicionar el ácido húmico granulado, conforme se aumentó la dosis, el valor presentó variación al aplicar el ácido húmico en polvo y con el ácido húmico líquido se presentó de igual forma. De manera particular, se establece que al adicionar la dosis media del ácido húmico en polvo (HP-2), se presentó el valor superior ya que se sobrepasó al testigo en 13.94 por ciento (Figura 3).

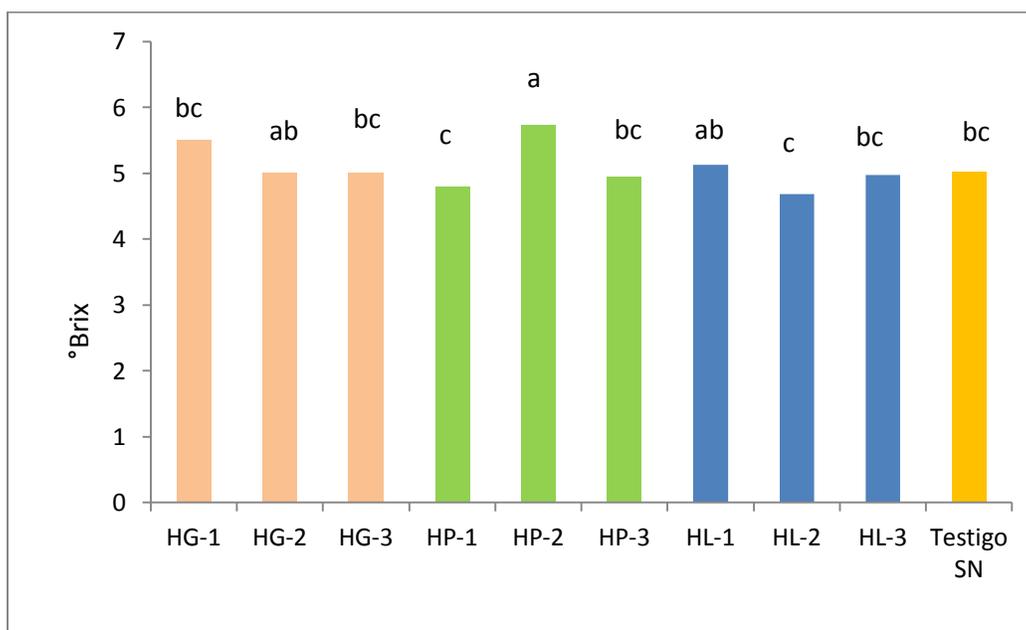


Figura 7. Sólidos Solubles Totales del fruto de tomate de la variedad “Caiman-Enzaden”, con la adición de tres ácidos húmicos.

A manera de discusión, se establece que las dosis altas de los ácidos húmicos granulado y líquido realizaron el efecto superior en todas las variables medidas, con excepción de la dosis media lo efectuó en los sólidos solubles totales; por ello, se puede decir lo siguiente: se conoce que la actividad de las sustancias húmicas (SH) en la Nutrición y Fisiología Vegetal está relacionada con sus características físicas y químicas, principalmente gracias a sus grupos funcionales y al tipo de estructuras similares a hormonas y a que las SH, son consideradas como Bioestimulantes para el crecimiento vegetal (DuJardin, 2015).

Desde el punto de vista de cómo? las SH, intervienen en la Nutrición Vegetal, una gran cantidad de investigaciones se han realizado en el mundo y la hipótesis mayormente aceptada, es que las SH gracias a los grupos funcionales, poseen la capacidad de complejar y/o quelatar cationes, llevar a los elementos nutrimentales a la pared celular de la raíz y en función de las características de la rizosfera, que estos sean liberados y que penetren al torrente xilemático y de ahí hasta la hoja de los vegetales; sin embargo, el o los mecanismos mediante los cuales sucede lo anterior, no están bien dilucidados y por ello se cree que tienen efectos positivos en la disponibilidad de los nutrimentos y gracias a esto el aumento en biomasa de chile (Paradikovic *et al.* 2011), maíz (Ertani *et al.* 2013) y tomate (Ramos, 2000).

También, los AH tienen efecto positivo en los cultivos, como lo mencionan Bongiovanni y Lobartini (2009), al decir que la importancia de estos compuestos orgánicos en el suelo, radica en el mantenimiento de los cationes en forma disponibles para las plantas; además, de favorecer su transporte hacia la raíz y también, Lao *et al.*, (2005), López *et al.*, (2006), Abiven *et al.*, (2009) y Boon, (2012), establecen que contribuyen a dar estabilidad a los agregados del suelo. Los AH también tienen efectos en el fruto del tomate, como lo mencionan Álvarez *et al.*, (2004) y Brigante, *et al.*, (2006) ya que estos compuestos tienen una gran capacidad para intercambiar y transportar nutrientes, metales y pesticidas; además, de ser la fuente más importante de carbono orgánico terrestre y acuático. También, Aganga y Tshwenyane, (2003) dicen que activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimiento de muchas plantas.

Desde el punto de vista de la Fisiología Vegetal, la mayoría de las investigaciones establecen que la actividad de las SH, es gracias a que estas sustancias presentan estructuras muy similares al Ácido Indolacético (IAA), que

es una auxina y produce aumento de pelos radicales y por consiguiente de la masa radicular, lo que permite mayor absorción de nutrimentos; sin embargo, investigadores establecen que para que suceda la estimulación del crecimiento de la raíz y por lo tanto también de la planta, es posible que las SH estimulen la actividad de la enzima ATP-asa. Se ha reportado que los AH pueden actuar como fitohormonas, debido a que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y que su bioactividad está relacionada con un mayor contenido de grupos nitrogenados en su estructura. (Nardi *et al.*, 2002; Pasqualoto *et al.*, 2009).

V CONCLUSIÓN

Se concluye que el ácido húmico en polvo, realizó efecto positivo en ambos diámetros y en la cantidad de sólidos solubles totales; mientras que, el ácido húmico granulado lo efectuó en el peso fresco y el líquido en la firmeza del tomate tipo "Bola", variedad "Caiman-Enza zaden".

VI REVISIONES DE LITERATURA

- Abiven, S., S. Menasseri y C. Chenu (2009). The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability - A literature analysis. *Soil Biology y Biochemistry* 41: 1-12.
- Aganga, A. A. and Tshwenyane, S. O. 2003. Luerne, lablab and *Leucaena leucocephala*: Production and utilization for livestock. *Production. Pakistan Journal of Nutrition* 2:46-53.
- Álvarez, R. A.; Goulet, P. and Garrido, J. 2004. Characterization of the porous structure of different humic fractions. *Colloids and surface*. pp. 129-135.
- Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards & J. D. Metzger. 2002a. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*. 81: 103-108.
- Bongiovanni, M.D. y J.C. Lobartini (2009). Efecto de sustancias orgánicas solubles del suelo sobre la absorción de hierro en plántulas de girasol. *Cl. Suelo (Argentina)* 27: 171-176.
- Boon S., C.T. (2012). Aggregate stability of tropical soils in relation to their organic matter constituents and other soil properties. *Pertanika J. Trop. Agríc. Sei.* 35: 135-148.
- Brigante, M.; Zanini, G. y Avena, M. 2006. Efecto de ácidos carboxílicos en la cinética de disolución de ácidos húmicos. Sección E. Química de sólidos, superficies, interfaces y materiales. Bahía Blanca, Argentina. pp. 1.
- Castellanos, J. Z. 2011. Manual de Produccion de Tomate en Invernadero: Mexico: ocma, soluciones impresas.
- Calvo P., Nelson L., Kloepper JW (2014). Usos agrícolas de bioestimulantes de plantas. *Plant Soil* 383, 3-41. 10.1007 / s11104-014-2131-8
- Canellas, L.P., Olivares, F. L., Auilar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P Y Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulture*, 196, (30), 15-27.
- Canellas, L.P. and F. L. Olivares. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 1-11. A Springer Open Journal.
- CAMACHO FERRE, F.; TELLO MARQUINA, J.C. 2006. Control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas intensivos. Ediciones Agrotécnicas. Madrid. 160 pp.
- Chen, Y. & T. Aviad. 1990. Effects of humic substances on plant growth. Pp. 191-197. *In: P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm and P. R. Bloom (Eds.). Humic substances in soil and crop sciences: selected reading*. American Society of Agronomy, Madison.
- Chen, Y. y T. Aviad 1990. Effects of humic substances on plant growth. pp: 161-186. *In: P. MacCarthy (ed.). Humic substances in soil and crop sciences; selected readings*. Am. Soc. of Agron. and Soil Sci. Soc. of Am. Madison Wisconsin.

- Coyne M.; 2000. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Ed.: Paraninfo. Capítulo 25.
- David, J., D. Smejkalova, S. Hudecova, O. Zmeskal, R. von Wandruska, T. Gregor and J. Kucerik. 2014. The physic-chemical properties and biostimulative activities of humic substances regenerated from lignite. Springer Plus a Springer Open Journal. 3-156.
- Du Jardin, P., 2012. The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Ad hoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012; http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012_en.pdf.
- Durson A; I. Guven and Turan. 2007. Macro and micro nutrient contents of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and eggplant (*Solatum melongena* var. *Esculentum*). Seedling and their effects on seeding in relation to humic acid application pag improved Crop Quality by Nutrient Management Vol.86.
- Ertani, A.; Schiavon, M.; Muscolo, A. and Nardi, S. 2013. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant and Soil*. 364(1-2):145-158.
- Eyheraguibel, B.; Silvestre, J. and Morard, P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresour. Technol.* 99:4206-4212.
- EYHERAGUIBEL, B.; J. SILVESTRE y P. MORARD: Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize, *Bioresource Technology*, 99(10): 4206–4212, 2008.
- FAOSTAT. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Tomate. De: faostat.fao.org. Consultado en octubre de 2011.
- FAO. Importancia económica del cultivo en la región, país y el mundo. De: fao.org. Consultado en marzo de 2009.
- FAO. 2008b. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2008.
- FAOSTAT. 2008. Dirección de Estadística. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- García-Márquez, V. 2017. Comportamiento de un Fulvato de Potasio en la Calidad del Tabaco. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias del Suelo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, Coahuila, México.
- Hayes, M. H. B. & W. S. Wilson. 1997. *Humic substances, peats and sludges*. RSC, Cambridge.
- INEGI, 2002: El Sector Alimentario en México, Edición 2002.
- INEGI. Productos del reino vegetal. Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos. Secc. 2 Cap. 7: 33-34, 2009.
- International Humic Substances Society (IHSS). 2013. Soil Humic Substances. IHSS 8.

- Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196:3–14
- Karanfil T., M. A. Schlautman, J. E. Kilduff, W. J. Weber Jr. 1996. Adsorption of organic macromolecules by granular activated carbon. 2. Influence of dissolved oxygen. *Environmental Science and Technology*, 30: 2195 - 2201.
- Lao, C., Z. Zeledon, X. Gamisans y M. Solé (2005). Sorption of Cd (II) and Pb (II) from aqueous solutions by a low-rank coal (leonardite). *Separation and Purification Technology* 45: 79-85.
- Lobartini, J.C. y Orioli, G.A. Fe-humato como fuente de hierro para plantas con diferentes estrategias de solubilización y absorción. XXII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. 22-24/9/98. Mar del Plata.
- López C., R., A. Gallegos T., E. Peña C., A. Reyes L., R. Castro F., J.F.J. Chávez G. (2006). Substancias húmicas de origen diverso en algunas propiedades físicas de un suelo franco-arcillo-limoso. *Terra Latinoamericana* 24: 303-309.
- McCarthy, P. 2001. The principles of humic substances. *Soil Sci.* 166: 738-751.
- Moore, J. 1994. *Industria en Transición*. Publicación # 1. Productores de Hortalizas. Enero, México: 8-10 pp.
- Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo & A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*. 34: 1527–1536.
- Neri, D., Lodolini, E. M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G., & Zucconi, F. 2002. Foliar application of humic acids on strawberry (cvOnda). *Acta horticulturae*. 594.
- Nuez, F. 1995. *El cultivo del jitomate*. Editorial Mundi-prensa. España.
- OCDE, (1997), *Examen de Las Políticas Agrícolas de México, Políticas Nacionales y Comercio Agrícola*: 4-79.
- Orlov, D. S. 1995. Humic substances of soils and general theory of humification. A. A. Balkema. Rotterdam, The Netherlands.
- Ortega-Martínez L. D., J. Sánchez-Olarte, R. Díaz-Ruiz y J. OcampoMendoza (2010) Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Ra Ximhai* 6:365-372.
- PARADIKOVIĆ N; VINKOVIĆ T; VINKOVIĆ VRČEK I; ŽUNTAR I; BOJIĆ M; MEDICŠARIĆ M. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annum* L.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 2146-2152.
- Pasqualoto, L., Canellas, F., Lopes, A.L., Okorokova, F., Rocha, A. (2009). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H-ATPase activity in maize' roots. *Plant physiology*, 130 (4), 1951-1957.

- Ramos, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Rauthan, B.S. y M. Schnitzer. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil* 63: 491-495.
- SAGARPA. 2016 secretaria de agricultura, ganadería, pesca y alimentación: obtenido de comunicado de prensa: <http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/distritofederal/boletines/2016/agosto/documentos/JAC00351-17.PDF>
- Revista Claridades Agropecuarias, Numero 62, Octubre de 1998, Revista Mensual Publicada Por La Dirección General De Operaciones Financieras De ASERCA, Páginas: 1-28.
- Rodríguez, H. M. A. 1991. Efecto de la combinación de Ácidos Húmicos con el sulfato de Hierro en e cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) cv Black valentine. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- SAGARPA. La exportación de jitomate mexicano genera ingresos por mil 200 mdd anuales. De: sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2010-B133.aspx. Consultado en octubre de 2011a.
- Sagarpa, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (México) La "Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación" (Sagarpa). 2011. EXPORTACIONES DE TOMATE
- Sagarpa,2010.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf
- Stevenson FJ. 1994. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. 2nd Edition, Wiley, New York, USA. p. 512.
- Zacharakis, A. and D. Shepherd (2001). The nature of information and overconfidence on venture capitalists' decision making. *Journal of Business Venturing*. 16(4), 311-332.
- Zhang, X., K. Wang and E.H. Ervin. 2010. Optimizing dosages of seaweed extractbased cytokinins and zeatine bioside for improving creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Sci*. 50:316-320.
- Zimmerli, L., B.H. Hou and C.H. Tsai. 2008. The xenobiotic beta-aminobutyric acid enhances Arabinopsis thermotolerance. *Plant J*. 53:144-156.