



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

Componente Práctico de Examen de Grado de carácter
Complexivo presentado al H. Consejo Directivo como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate
(*Solanum lycopersicum* L.)”

AUTOR:

Edinson Darío Santos Franco

TUTOR:

Mg. Ing. Agric. Yary Ruiz Parrales, MAE

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador
2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACION

Componente Práctico del Examen de Grado de Carácter
Complexivo presentado al H. Consejo Directivo como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

"Importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate
(*Solanum lycopersicum* L.)"

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, MSC
PRESIDENTE

Ing. Agr. Mañón López Izurieta, MSC
PRIMER VOCAL

Ing. Agr. Luis Sánchez Jaime, MSC
SEGUNDO VOCAL

DEDICATORIA

Es mi sencillo gesto de agradecimiento, el dedicar este trabajo de investigación plasmado en este informe, a mi madre ***Luzmilla Valentina Franco Andaluz***, mi padre ***Mario Ramón Santos Troya***, quienes han sido constantes, y perseverantes en todo lo que me ha tocado seguir.

AGRADECIMIENTO

Estoy y estaré eternamente agradecido, con Dios, mi madre **Luzmilla Valentina Franco Andaluz**, mi padre **Mario Ramón Santos Troya**.

A todo el personal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo: **El Departamento Administrativo, Departamento de Docentes, Trabajadores en general**, en especial al **Ing. Yary Ruiz** Tutor de mi trabajo. Porque son ellos quienes siempre estarán en ese momento que recuerde mi vida como universitario.

Las investigaciones, resultados conclusiones y recomendaciones, presentados en esta investigación son única responsabilidad del Autor.


Edison Darío Santos Franco

RESUMEN

Algunos autores asocian los efectos positivos de los ácidos húmicos sobre el desarrollo de la parte aérea de la planta, con la capacidad de estas para controlar la asimilación vegetal de diferentes nutrientes, o para proporcionar una fracción potencialmente asimilable de estos nutrientes en condiciones de carencia. Pizzeghello et. al., y Mackowiak, Grossl, & Bugbee, consideran que un efecto indirecto de los ácidos húmicos sobre el crecimiento de las plantas lo constituye el acomplejamiento de un catión nutriente por dichos ácidos en el medio de crecimiento, resultando en la penetración de dicho nutriente en la planta. Según García, las propiedades físicas y químicas básicas de ácidos húmicos determinan la fortaleza de su efecto sobre la toma de nutrientes por la planta. Muscolo y Nardi, han demostrado la capacidad que tienen las fracciones húmicas de baja masa molar para acumularse en el apoplasto y enriquecer, al menos en parte, la membrana plasmática. Otras posibilidades serían derivadas de una acción enzimática a nivel de membrana, lo cual generaría algún tipo de mensajero interno o fragmento activo, responsables de las diferentes respuestas observadas sobre distintos sistemas bioquímicos y procesos metabólicos intracelulares. Se han encontrado semejanzas entre la acción de los ácidos húmicos y los diferentes reguladores del crecimiento como las giberelinas, citoquininas y en particular las auxinas. Recientemente, se ha detectado por espectrometría de masas y por inmunoensayo la presencia de estructuras equivalentes al ácido indol acético en las diferentes fracciones de ácidos húmicos. Este mismo patrón fue observado para la actividad H⁺-ATPasa de la membrana plasmática, permitiendo a los autores suponer un posible papel de las sustancias húmicas extraídas con agua, en la modulación de la absorción de nitrato a través de una interacción con esta enzima. Guridi en el 2000, encontró que los ácidos húmicos extraídos de un vermicompost estimularon el crecimiento del sistema radical de plantas de café e incrementaron la actividad hidrolítica de ATP en vesículas de membranas obtenidas de esas raíces. Sin embargo, existen trabajos que han comprobado un efecto positivo de los ácidos húmicos purificados o no y aplicadas vía foliar en condiciones de campo. Algunos autores han observado que la aplicación foliar de los ácidos húmicos también produce un significativo aumento del desarrollo de la raíz y de la parte aérea.

Palabras clave: Ácido húmico, tomate, importancia.

SUMMARY

Some authors associate the positive effects of humic acids on the development of the aerial part of the plant, with the capacity of these to control the vegetal assimilation of different nutrients, or to provide a potentially assimilable fraction of these Nutrient-deficient conditions. Pizzeghello et. Al., and Mackowiak, Grossl, & Bugbee, consider that an indirect effect of SH on plant growth constitutes the acomplejamiento of a nutrient cation by said humic acid in the growth medium, resulting in the penetration of that nutrient in the plant. According To Garcia, the basic physical and chemical properties of humic acid determine the strength of their effect on nutrient intake by the plant. Muscolo and Nardi have demonstrated the ability of humic fractions of low molar mass to accumulate in the apoplasto and enrich, at least in part, the plasma membrane. Other possibilities would be derived from an enzymatic action at the membrane level, which would generate some kind of internal messenger or active fragment, responsible for the different responses observed on different biochemical systems and metabolic processes. Intracellular. Similarities have been found between the action of acid humic and the different growth regulators such as Gibberellins, cytokinins and in particular auxins. Recently, it has been detected by mass spectrometry and immunoassay the presence of structures equivalent to indole ácético acid in the different fractions of acid humic. This same pattern was observed for the activity H⁺-Atpase of the plasma membrane, allowing the authors to suppose a possible role of the humic substances extracted with water, in the modulation of the absorption of nitrate through an interaction with this enzyme. Guridi in 2000, found that humic acids extracted from a vermicompost stimulated the growth of the root system of coffee plants and increased the hydrolytic activity of ATP in vesicles of membranes obtained from these roots. However, there are works that have found a positive effect of the acid humic purified or not and applied via foliar in field conditions. Some authors have observed that the foliar application of acid humic also produces a significant increase in the development of the root and the aerial part.

Key words: Humic acid, tomato, importance

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----------|
| DEDICATORIA | I |
| AGRADECIMIENTO | II |
| AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL | III |
| RESUMEN | IV |
| SUMMARY | V |
| ÍNDICE GENERAL | VI |
| ÍNDICE DE FIGURA | VIII |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 2 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 2 |
| II. MARCO METODOLÓGICO | 3 |
| 2.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO | 3 |
| 2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 2.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 2.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 4 |
| 2.4.1. <i>Generalidades del cultivo de tomate</i> | 4 |
| Taxonomía y morfología..... | 4 |
| 2.4.2. <i>Nutrición de la planta de tomate</i> | 5 |
| Dinámica de los requerimientos nutricionales | 5 |
| Necesidades de fertilización en el cultivo | 6 |
| Principales funciones de los nutrientes en la planta..... | 7 |
| 2.4.3. <i>Ácidos húmicos</i> | 8 |
| Importancia de ácidos húmicos..... | 8 |
| Características físicas y químicas de los ácidos húmicos..... | 9 |
| Efectos de los ácidos húmicos en el cultivo | 10 |
| Tipos de aplicación de los ácidos húmicos..... | 13 |
| 2.5. HIPÓTESIS | 13 |
| 2.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 13 |
| 2.6.1. <i>Método de estudio</i> | 13 |

| | |
|---|-----------|
| III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 15 |
| 3.1. DESARROLLO DEL CASO | 15 |
| 3.2. SITUACIONES DETECTADAS | 15 |
| 3.2.1. <i>Efectos de ácidos húmicos sobre la planta de tomate</i> | 15 |
| 3.3. SOLUCIONES PLANTEADAS | 17 |
| IV. CONCLUSIONES | 18 |
| V. RECOMENDACIONES | 19 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 20 |
| ANEXO | 25 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. DINÁMICA DE ABSORCIÓN DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES POR LA PLANTA DE TOMATE | 6 |
| FIGURA 2. ESTRUCTURA QUÍMICA, MODELO DE LOS ÁCIDOS HÚMICOS | 10 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL (KG/HA) PARA CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO DE ACUERDO A LA LITERATURA | 6 |
| TABLA 2. PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS..... | 7 |
| TABLA 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LAS VARIABLES MEDIDAS A TOMATE TIPO BOLA VARIEDAD CAIMÁN-ENZA ZADEN CON LA ADICIÓN DE TRES ÁCIDOS HÚMICOS | 12 |
| TABLA 4. EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDOS HÚMICOS SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL TOMATE VARIEDAD "VYTA" | 26 |

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es originario de las regiones tropicales de América del Sur ya que todas las especies silvestres relacionadas con esta especie son nativas de la región Andina que hoy comprende Ecuador, Chile, Colombia, Bolivia, Perú. (Villacís C. 2014)

Actualmente, el tomate alcanza altos volúmenes de producción mundial, los cuales superan los 18 millones de toneladas anuales. En Estados Unidos la producción anual se encuentra entre 7 y 9 millones de toneladas, mientras que en Sudamérica se destaca la producción brasileña con 170 000 toneladas por año y con una productividad promedio de 41.13 toneladas. (Infoagro, 2009)

En Ecuador el cultivo de tomate bajo cubierta ha despertado enorme interés en la producción, especialmente en la zona central de la región interandina, donde se maneja con cierta tecnología como ocurre en las plantaciones de la provincia de Tungurahua. A nivel nacional se cultiva 60 ha bajo cubierta, de las cuales cubre el 70 % la provincia antes mencionada; en la costa se cultiva a campo abierto en una extensión de 2 223 ha. (INEC, 2009)

El uso de ácidos húmicos en los cultivos de tomate constituye una gran importancia para su desarrollo y rendimiento, además de implementar los elementos básicos e imprescindibles, logran desarrollar grandes rendimientos. Son varios los estudios que han logrado demostrar que el uso de estos productos aumentan la biodiversidad de los suelos agrícolas, y no contaminan los acuíferos cercanos al cultivo.

Es por estos motivos que se buscan alternativas orgánicas que ayuden a reducir la contaminación del hábitat y/o biodiversidad que constituye parte de los cultivos, y que se convierten en soluciones para mejorar los costos de producción; beneficiando de esta manera al productor y al medio ambiente. Motivo por el que

se tiene pensado ejecutar este proyecto de investigación, cuyo objetivo es detallar la importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate.

OBJETIVO GENERAL

Detallar la importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los efectos de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

- Recopilar información bibliográfica sobre las formas de aplicación de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate.

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. DEFINICIÓN DEL TEMA CASO DE ESTUDIO

El tema del siguiente trabajo o componente práctico de examen complejo previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario es:

Importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La agricultura convencional o moderna es un sistema de manejo agrícola que se basa en el uso intensivo de insumos, maquinaria y de energía fósil. Esta forma de producir ha demostrado al paso del tiempo, su agresividad sobre los agroecosistemas y la alta destrucción del ambiente, a través de la contaminación con los agroquímicos (fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, fungicidas, fitorreguladores, nematocidas, entre otros) los cuales se acumulan en los mantos freáticos, suelos, agua y atmósfera, representando una amenaza para la vida, por su alto grado de toxicidad. (Eyheraguibel et al. 2008)

Debido que la agricultura de hoy requiere del uso de productos que no sean agresivos con el medio ambiente, nos vemos obligados a integrar nuestros conocimientos para lograr un mejor rendimiento y mayor calidad, buscando nuevas y mejores formas de fertilización.

2.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Con respecto al problema que ha sido expuestos se tomaron las siguientes preguntas para su respectivo análisis:

- ¿Cuáles son los efectos de las sustancias húmicas sobre los cultivos de tomate?

- ¿Cómo es el modo de acción de las sustancias húmicas en las plantas?

2.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.4.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TOMATE

El tomate constituye una de las principales hortalizas que se cosecha en nuestro país por sus aportes nutricionales y aceptación por la población. El tomate se consume en estado natural (fresco) y en conserva. El consumo de los frutos ha aumentado considerablemente en los últimos años (Socarrás et al. 2018). Tiene además una gran importancia para la preparación de algunos productos industriales, tales como puré, encurtidos, jugos etc. Aunque desde el punto de vista alimenticio, el tomate no puede ser considerado como alimento energético o plástico; a pesar de que 1 kg de fruta puede proporcionar 176 cal, la cantidad empleada en la alimentación, incluso bajo la forma de derivados, es significativa. El fruto del tomate es un activador de la secreción gástrica, pues su aroma estimula el apetito, aumenta la secreción de saliva, y es además un eficaz catalizador del proceso asimilativo. El tomate es rico en aminoácidos y en ácidos orgánicos. Contiene una cantidad importante de vitamina C, también posee, aunque en menor cantidad, vitamina B y D. Las sales de hierro y de potasio se encuentran en una relación de acuerdo con los fines alimenticios. (Moya et al. 2009)

Taxonomía y morfología

La taxonomía del tomate corresponde de la siguiente manera: (López 2016)

División: Macrophyllrophyta

Subdivisión: Magnoliphytina

Clase: Paeonopsida

Orden: Scruphulariales

Género: Lycopersicon

Especie: *Lycopersicum esculentum* Mill

Las plantas de tomate son perennes y se cultivan de manera anual, presentando una raíz adventicia. El tallo principal oscila entre los 2 a 4 centímetros de grosor (en su base) desarrollándose en ellas tallos secundarios, hojas e inflorescencias; sus hojas son compuestas se de forman alternar al tallo. Presenta una flor compuesta de cinco o más sépalos, agrupándose en grupos formando un racimo. El fruto es una baya que llega a pesar unos 600 gramos y es recolectado al ser separado del pedicelo. (Ramírez et al. 2019)

El tomate es una hortaliza que no tolera heladas, es una planta de clima cálido el rango de temperatura óptimo es de 21 a 24 °C, soportando hasta temperaturas de 35 °C y menos de 10. La humedad relativa óptima es de 60 a 80 %, valores elevados ocasiona el desarrollo de enfermedades en los cultivos. El fotoperiodo o largo del día no afecta el cultivo de tomate, sus necesidades oscilan entre 8 a 16 horas luz. En cuanto a suelos es muy exigente, prefiere texturas areno-arcillosas, no obstante, se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos arenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos. (Ríos 2010)

2.4.2. NUTRICIÓN DE LA PLANTA DE TOMATE

Dinámica de los requerimientos nutricionales

Los elementos esenciales el nitrógeno (N) y potasio (K) son absorbidos en forma lenta incrementándose la absorción al iniciar la etapa de floración del cultivo. En la absorción del K existe un pico durante el desarrollo del fruto, mientras que el N aparece un pico elevado de absorción después de la formación de las primeras bayas. En cuanto con el fósforo (P) y los nutrientes secundarios como calcio (Ca) y magnesio (Mg) son absorbidos en dosis constantes durante todo el desarrollo de la planta de tomate (Fig. 1). (Haifa 2014)

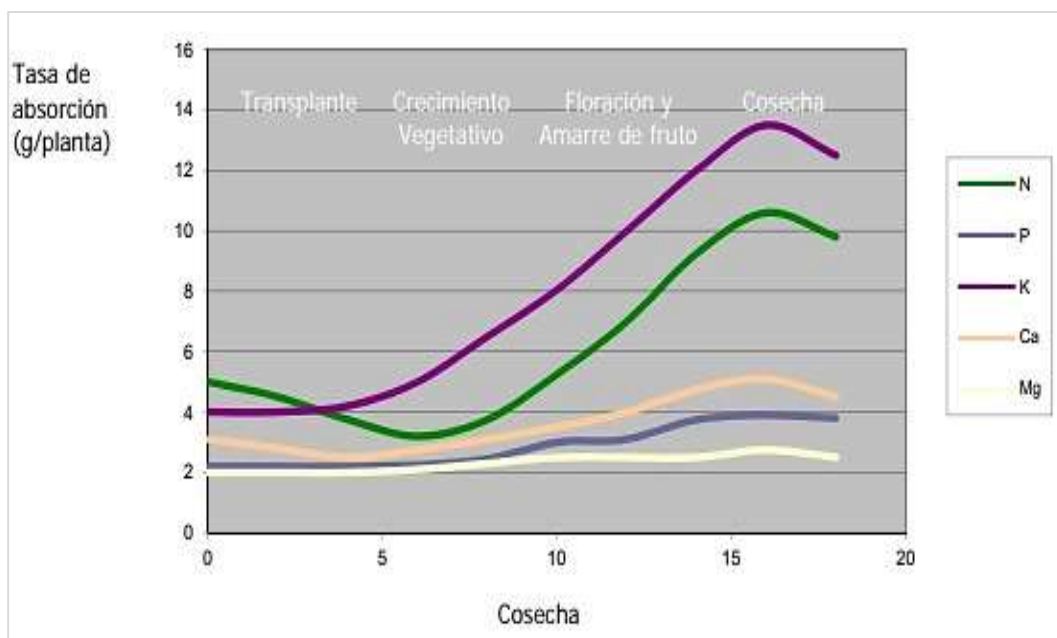


Figura 1. Dinámica de absorción de macro y micro nutrientes por la plata de tomate

Fuente: Tomado de Hernández 2015

Necesidades de fertilización en el cultivo

El tomate es una hortaliza que demanda, por su productividad, grandes cantidades de nutrientes, macro-elementos como el N, P, K, Ca y Mg, micro-elementos, tales como: manganeso (Mn), boro (B), hierro (Fe), son los nutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo de tomate. (López et al. 2005)

Tabla 1. Requerimiento nutricional (Kg/ha) para cultivo de tomate bajo invernadero de acuerdo a la literatura

| Rendimiento (t/ha) | Absorción según rendimiento | | | | | Absorción para 1 tonelada | | | | | Fuente |
|--------------------|-----------------------------|------|-----|------|-----|---------------------------|-----|-----|-----|-----|---|
| | N | P | K | Mg | Ca | N | P | K | Mg | Ca | |
| 115,4 | 211 | 30 | 264 | 40 | 195 | 1,8 | 0,3 | 2,3 | 0,3 | 1,7 | (Fayad et al. 2006) |
| 100,0 | 200 | 44 | 500 | - | - | 2,0 | 0,4 | 5,0 | - | - | (Quesada-Roldán y Bertsch-Hernández 2014) |
| 195,0 | 450 | 65 | 710 | - | - | 2,3 | 0,3 | 3,6 | - | - | (Sureshkumar et al. 2017) |
| 180,0 | 562 | 110 | 886 | 72 | 139 | 3,1 | 0,6 | 4,9 | 0,4 | 0,8 | (Haifa 2014) |
| 80,0 | 250 | 34 | 420 | 40 | 220 | 3,1 | 0,4 | 5,3 | 0,5 | 2,8 | (Baudoin et al. 2002) |
| 1,0 | 3,25 | 0,75 | 5 | 0,35 | 0,4 | 3,3 | 0,8 | 5,0 | 0,4 | 0,4 | (Fonseca y Fornos 2017) |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|---|---|-----|-----|-----|---|---|---|
| 57,25 | 300 | 122 | 360 | - | - | 5,2 | 2,1 | 6,3 | - | - | (Quesada-Roldán y Bertsch-Hernández 2014) |
| 100,0 | 600 | 88 | 830 | - | - | 6,0 | 0,9 | 8,3 | - | - | (Tzortzakís y Economakís 2008) |
| 59,25 | 490 | 122 | 508 | - | - | 8,3 | 2,1 | 8,6 | - | - | (Fayad et al. 2006) |

| | | | | | |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mediana | 3,1 | 0,6 | 5,0 | 0,4 | 1,2 |
| Promedio | 3,9 | 0,9 | 5,5 | 0,4 | 1,4 |
| DE | 2,2 | 0,7 | 2,0 | 0,1 | 1,0 |
| % CV | 55 | 82 | 37 | 18 | 75 |
| Requerimiento (180 t/ha) | 540 | 110 | 900 | 67 | 222 |

Fuente: Adaptado de Quesada-Roldán y Bertsch-Hernández 2014

Principales funciones de los nutrientes en la planta

Con la energía tomada de las radiaciones solares y el agua, como principales donadores de electrones en procesos reductores de síntesis, las plantas pueden desarrollar las moléculas esenciales para su existencia, a partir de todo mineral que ha sido tomado del suelo; normalmente de forma iónica. La falta de ellos con normalidad ocasiona alteraciones que afectan con el crecimiento de la planta e incluso la muerte de la misma. (Kyrkby y Römheld 2007)

Tabla 2. Principales funciones de los nutrientes en las plantas

| <i>Nutriente</i> | <i>Funciones</i> |
|------------------|--|
| Nitrógeno (N) | Síntesis de proteínas (crecimiento y rendimiento). |
| Fosforo (P) | División celular y formación de estructuras de transferencia de energía. |
| Potasio (K) | Transporte de azúcares, control estomático, cofactor de muchas enzimas, reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades. |
| Calcio (Ca) | Forma parte de la pared celular y reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades |

| | |
|----------------|--|
| Azufre (S) | Síntesis de aminoácidos esenciales como cistina y metionina |
| Magnesio (Mg) | Participa en los procesos de la fotosíntesis |
| Boro (B) | De pared celular. Germinación y elongación del tubo polínico. Participa en el metabolismo y transporte de azúcares |
| Cobre (Cu) | Influencia en el metabolismo de nitrógeno y carbohidratos |
| Molibdeno (Mo) | Componente del nitrógeno reductasa y enzimas nitrogenasa |

Fuente: Tomado de Haifa 2014

2.4.3. ÁCIDOS HÚMICOS

Los ácidos húmicos son moléculas polielectrolíticas que son importantes en el ciclo de carbono y nitrógeno y en la regulación de la movilidad de nutrientes y contaminantes ambientales. El uso de este producto en la agricultura ha favorecido en este campo, al generar efectos positivos en la morfología, fisiología y bioquímica de las plantas. Este compuesto lo encontramos en carbones marrones como carbón de bajo rango (lignito). Otro punto importante reportado que los ácidos húmicos puede ser utilizados como fitohormonas, debido que presentan una sustancia que estimula el desarrollo molecular su bioactividad. (Rivera et al. 2017)

Importancia de ácidos húmicos

Estos productos se originan a través del proceso de humificación de la materia orgánica en descomposición. La obtención de los ácidos húmicos se consigue a partir de 2 – 3 años, hasta conseguir de manera inmediata sus beneficios y ventajas (Túqueres 2015). Debido que los ácidos húmicos son una fracción de la materia orgánica del suelo mejoran la translocación y capacidad de absorción de los nutrientes, también ayudan de forma indirecta a la planta mejorando las capacidades de retención de agua, aumentando el intercambio catiónico y la actividad microbiana de los suelos. (Ramos 2000)

Existen varias investigaciones del efecto que tienen los ácidos húmicos sobre el crecimiento que tienen estos productos en el desarrollo y crecimiento de las plantas; obteniendo resultados positivos en los indicadores anatómicos como son: longitud de las raíces, diámetro del tallo, números de hojas, masa fresca y seca de raíces. Existiendo dos maneras por el cual los ácidos húmicos tienen sus efectos en las plantas de forma directa e indirecta: De la manera directa actúa en el transporte iónico; favoreciendo la absorción, aumenta la velocidad sintética de los ácidos nucleicos, mejora la síntesis y actividad de diversas enzimas, aumentando la respiración y la velocidad de las reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, obteniendo como resultado mayor producción de ATP. Y de forma directa los ácidos húmicos mejoran la actividad microbiana, retención de humedad y textura de los suelos. (Molina et al. 2017)

Ventajas

- Disgrega las arcillas en suelos muy pesados y con poca aireación y dan coherencia en suelos arenosos.
- Ayuda a liberar lentamente las fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre para la nutrición de las plantas y el crecimiento microbiano.
- Participa en la regulación del pH del suelo.
- Contribuyen a la absorción de energía y calientan el suelo, debido a su color oscuro.
- Ayuda a la estructura del suelo agregando partículas de arcilla y limo, y contribuye a evitar la erosión del mismo.
- Tiene efecto quelatante sobre Fe, Mn, Zn y Cu.
- Contribuye a la reducción potencial de costos, al reducir el uso de ciertos plaguicidas. (Orozco Corral et al. 2016)

Características físicas y químicas de los ácidos húmicos

Los ácidos húmicos son solubles en agua que presentan un pH alcalino y se degradan lentamente. Presentan colores pardo-oscuro e interaccionan con las arcillas y se componen de 50 – 62 % de carbono orgánico; poseen una reserva

de energía bioquímica disponible cuando el suelo se encuentra en condiciones de estrés. Al degradarse los ácidos húmicos generan cantidades de dióxido de carbono, ácido acético, ácido oxálico, derivado de los grupos carboxílicos y fenólicos que las componen. (González et al. 2009)

Para los ácidos húmicos se postuló una estructura macromolecular aromática compleja como aminoácidos, azúcares, péptidos y compuestos alifáticos que participan en la unión entre grupos aromáticos. La estructura de los ácidos húmicos, contiene grupos OH fenólicos, estructuras quinónicas, N y O (Vázquez 2013); como se muestra en la figura 2.

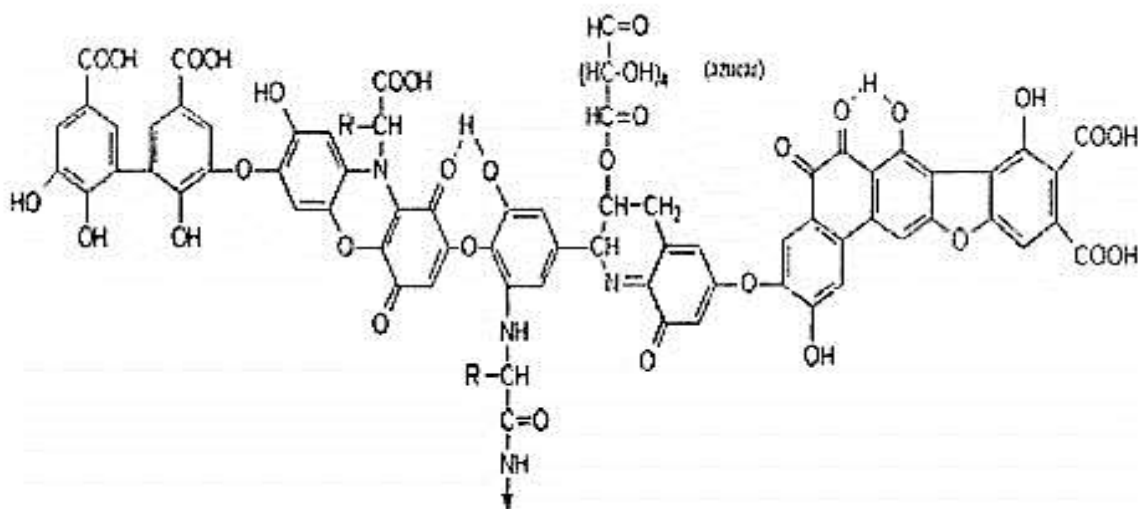


Figura 2. Estructura química, modelo de los ácidos húmicos

Fuente: Tomado de Stevenson, 1994

Efectos de los ácidos húmicos en el cultivo

Efectos en la germinación y raíz

Los efectos de los ácidos húmicos en el desarrollo de los cultivos en sus diferentes etapas, se ha encontrado que mejora la germinación y aumenta el porcentaje de germinación en tomate; se ha logrado observar una mayor imbibición y germinación de semillas de trigo, maíz y cebada, crecimiento de raíz, además promueve la respiración. La aplicación de estos productos en soluciones

nutritivas ha demostrado efectos muy benéficos en los cultivos de tomate, pimiento, maíz, arroz y frejol. (Ramos 2000)

Vázquez (2012) al determinar la efectividad de los ácidos húmicos extraídas de leonardita en la calidad de plántulas de melón en invernadero con perlita como sustrato aplicando tres dosis diferentes (1, 2 y 3 ml.L⁻¹ agua) al momento de la siembra de un ácido húmico, encontró que el ácido húmico tuvo efecto benéfico en el peso de la hoja y en longitud del tallo al aplicar la dosis de 3 ml.L⁻¹ de agua.

Efectos en la parte aérea

Se han realizado varias investigaciones que muestran que los ácidos húmicos estimulan el crecimiento vegetal en las variables: longitud, peso fresco y seco; en función a los ácidos húmicos y de las condiciones en las que se desarrolla el cultivo. (Vázquez 2013)

Izquierdo et al. (2017) en su trabajo evaluaron los efectos de ácidos húmicos extraídos del vermicompost sobre el crecimiento de plántulas de arroz aplicando dos concentraciones de ácido húmico (34 y 46 mg.L⁻¹). Además, las plántulas fueron sometidas a estrés hídrico. En ese momento las plántulas disminuyeron su ritmo de crecimiento y las del control no continuaron creciendo, sin embargo, se observó un ligero crecimiento en las plántulas que fueron tratadas con ácidos húmicos aún con deficiencia de agua. (Fig. 3)

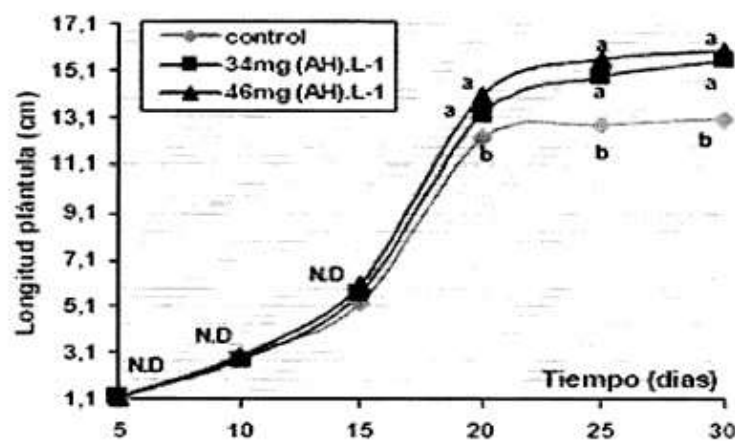


Figura 3. Crecimiento de plántulas de arroz tratados con ácidos húmicos

Fuente: Tomado de Izquierdo et al. (2017)

Efectos en frutos

Hernández (2011) menciona que la aplicación prolongada de los nacidos húmicos en los cultivos tiene un efecto positivo en la calidad de la fruta, reduciendo el número de frutos deformes y aumenta el contenido de azúcar. Estos efectos probablemente se deben a un efecto positivo indirecto de las aplicaciones foliares de ácido húmico de toda la planta.

Hernández (2018) en su investigación determinó la respuesta de la calidad del tomate bola al adición de tres ácidos húmicos, adicionando uno, dos y tres gramos de ácidos húmicos (uno granular, en polvo y líquido); todos tres provenientes de leonardita. Determinó que el ácido húmico en polvo influye positivamente en el tamaño y cantidad de sólidos totales; mientras que el ácido húmico granulado lo efectuó en el peso fresco y líquido en la firmeza del fruto.

En resumen, Hernández en su trabajo determinó que los tratamientos adicionados realizaron efectos altamente significativos en las variables que fueron tomadas; mencionado que con la adición de los ácidos húmicos se mejora la calidad del tomate tipo bola de la variedad "Caiman-Enza zaden". (Tabla 3)

Tabla 3. Comparación de medias de las variables medidas a tomate tipo bola variedad Caimán-Enza zaden con la adición de tres ácidos húmicos

| <i>Tratamientos</i> | <i>Variables</i> | | | | |
|---------------------|------------------|----------------|----------------|--------------|-------------------|
| | <i>PFF (g)</i> | <i>DE (cm)</i> | <i>DP (cm)</i> | <i>F (N)</i> | <i>SST (Brix)</i> |
| 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 fruta; DE: Diámetro Ecuatorial; DP: Diámetro Polar; F: Firmeza; SST: Sólidos Solubles Totales.

Fuente: Tomado de Hernández (2018)

Tipos de aplicación de los ácidos húmicos

Jisa (2012) atribuye que los ácidos húmicos, gracias a las diferentes formas de su formulación pueden ser aplicados para el enriquecimiento de sustratos comerciales, en el tratamiento de semillas para mejorar su germinación. Están indicados para ser aplicados en fertirrigación en cultivo hidropónicos como directamente en el campo en cultivos tradicionales, sea mediante el riego como extendido sobre el terreno. Existe un formulado de ácido húmico más adecuado. Así, estos productos pueden ser aplicados de forma foliar, directamente al suelo o mediante el agua de riego. En cuanto al tipo de suelo, pueden ser aplicados en suelos: Pesados arcillosos, ligeros arenosos, así como suelos con bajo contenido de materia orgánica o que necesiten ser mejorados por problemas de erosión.

2.5. HIPÓTESIS

¿El modo de acción de las sustancias húmicas sobre los cultivares de tomate favorecen en el desarrollo y producción del mismo?

2.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1. MÉTODO DE ESTUDIO

Este trabajo de investigación documental se desarrolló en función de la colecta, ordenamiento y revisión de investigaciones, realizadas en el cultivo de tomate, en temas relacionados con el efecto de los ácidos húmicos sobre las características agronómicas y rendimiento.

La recolección de la información se ejecutó entre los meses de agosto y noviembre de 2018. Los métodos utilizados se basaron en análisis de respuesta, los cuales permitieron obtener resultados de publicaciones en línea y trabajos escritos. Con el fin de determinar la calidad de la misma y poder así tomarla en consideración.

Como metodología para la recolección de información fueron usados los factores de impacto (índice Scopus, Scielo y Latindex) del material escogido, además el tiempo de publicación y la procedencia del artículo para efecto de la realización

del trabajo, se tomaron acciones de orden específico para establecer un adecuado formato de citación del documento, estos fueron:

- Revisión de literatura
- Adopción de una perspectiva o enfoque teórico
- Elaboración del documento y fichas de nemotecnias

III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DESARROLLO DEL CASO

Para el desarrollo de este trabajo investigativo, para optar por el título de Ingeniero Agropecuario, se realizó una recaudación, ordenamiento y revisión de artículos científicos, manuales, libros y toda publicación que cumpla con los requisitos para ser parte de este trabajo realizado en el cultivo de tomate; sobre los temas relacionados con el efecto de los ácidos húmicos en las características agronómicas y rendimiento.

El método que se utilizó para la ejecución del trabajo se basó en el análisis de las respuestas de los documentos tomados en cuenta para realizar el escrito (publicaciones en línea y documentos escritos).

3.2. SITUACIONES DETECTADAS

3.2.1. EFECTOS DE ÁCIDOS HÚMICOS SOBRE LA PLANTA DE TOMATE

A manera de discusión, se establece que la aplicación de ácidos húmicos realizan un efecto positivo sobre las características agronómicas y de rendimiento en el cultivo de tomate; por ello, se puede decir lo siguiente: se conoce que la actividad de los ácidos húmicos (AH) 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 los ácidos húmicos, son consideradas como Bio-estimulantes para el crecimiento vegetal. (Du Jardin 2012)

Desde el punto de vista del cómo Los ácidos húmicos, intervienen en la nutrición vegetal, una gran cantidad de investigaciones se han realizado en el mundo y la hipótesis mayormente aceptada, es que los ácidos húmicos 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 la hoja de los vegetales; sin embargo, el o los mecanismos mediante los cuales sucede lo anterior, no está bien dilucidados y por ello se cree que tienen efectos positivos en la disponibilidad de los nutrientes y gracias a esto el aumento en biomasa del fruto (Paradiković et al. 2013), maíz (Ertani et al. 2013) y tomate (Ramos 2000).

También, los ácidos húmicos tienen efecto en los cultivos, como lo mencionan Bongiovanni y Lobartini (2009), es decir que la importancia de estos compuestos orgánicos en el suelo, radica en el mantenimiento de los cationes en forma disponible para las plantas; además, de favorecer su transporte hacia la raíz y también, Taraba y Marlek (2012), López et al. (2006), Guo et al. (2019) y Sung (2012), establecen que contribuyen a dar estabilidad a los agregados del suelo.

Los ácidos húmicos tienen efecto en el fruto del tomate, como lo mencionan Álvarez y Garrido (2005) y López et al. (2012) 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) mencionan 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 los ácidos húmicos, es gracias a que estas sustancias presentan estructuras muy similares 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 los ácidos húmicos estimulen la actividad de la enzima ATP-asa. Se ha reportado que los ácidos húmicos actúan como fitohormonas, debido a que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y que su bio-actividad está relacionada con un

mayor contenido de grupos nitrogenados en su estructura. (Álvarez y Garrido 2005)

3.3. SOLUCIONES PLANTEADAS

Como soluciones para mejorar el problema expuesto en el trabajo de titulación se recomienda:

- Sin números de investigaciones han demostrado con sus resultados que las sustancias húmicas intervienen directamente en los indicadores anatómicos y productivos de los cultivos; como en el crecimiento vertiginoso de tallos y raíces su diámetro, la cantidad de hojas, flores, frutos y el rendimiento de las cosechas. Consolidando a estos productos como sustancias adecuadas para el desarrollo de los cultivos de tomate.

IV. CONCLUSIONES

- El uso de ácidos húmicos tiene un efecto bioestimulante sobre las variables agronómicas altura plántula, diámetro de tallo. Longitud de raíz; permitiendo la obtención de plántulas vigorosas y de mayor calidad.
- Con respecto a variables de rendimiento, se concluye que los ácidos húmicos tienen efecto positivo en parámetros de rendimiento y calidad.

V. RECOMENDACIONES

- El uso de los ácidos húmicos en cultivos de tomate son una buena opción para mejorar la producción, debido a su origen orgánico no ocasionan problemas reversibles al medio ambiente, manteniendo los principios de la revolución verde orientada a una agricultura sustentable y amigable con el ambiente.
- Los ácidos húmicos proporcionan mayor aporte de carbono al suelo agrícola, el cual es muy importante para mantener un balance óptimo de microorganismos en el suelo os cuales exudan sustancias que promueven el crecimiento radicular y pueden combatir varios hongos y bacterias que ocasionan daños a la planta de tomate.

BIBLIOGRAFÍA

- Aganga, AA; Tshwenyane, SO. 2003. Lucerne, Lablab and Leucaena leucocephala Forages: Production and Utilization for Livestock Production (en línea). *Pakistan Journal of Nutrition* 2(2):46-53. DOI: <https://doi.org/10.3923/pjn.2003.46.53>.
- Álvarez, R; Garrido, J. 2005. Caracterización de la estructura porosa de diferentes fracciones húmicas - Solicitar PDF (en línea). *Coloides y Superficies A Aspectos fisicoquímicos y de ingeniería* 256(2-3):129-135. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/225034530_Characterization_of_the_porous_structure_of_different_humic_fractions.
- Baudoin, W; Grafiadellis, M; Jiménez, R; Malfa, G LA; P.F.Martínez-García; O, AAM; Nisen, A; H.Vervoldt; Villele, O de; Zabeltitz, C Von; Garnaud, JC. 2002. El cultivo protegido El cultivo protegido (en línea). Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 318 p. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-s8630s.pdf>.
- Bongiovanni, MD; Lobartini, JC. 2009. Efecto de sustancias orgánicas solubles del suelo sobre la absorción de hierro en plántulas de girasol. *Ciencia del Suelo* 27(2):171-176.
- Ertani, A; Schiavon, M; Muscolo, A; 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. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1335-z>.
- Eyheraguibel, B; Silvestre, J; Morard, P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology* 99(10):4206-4212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082>.
- Fayad, JA; Fontes, PCR; Cardoso, AA; Finger, FL; Ferreira, FA. 2006. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 19(3):365-370. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-05362001000300016>.
- Fonseca, M; Fornos, C. 2017. Trabajo de Graduación Trabajo de Graduación Efecto de tres láminas de riego por goteo y tres

biofertilizantes en el (en línea). s.l., Universidad Nacional Agraria. 59 p. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/3473/1/tnf06f676.pdf>.

González, OH; Zapata, HDR; Sadeghian, KS. 2009. Caracterización De Los Ácidos Húmicos En Suelos De La Zona Cafetera De Caldas (en línea). *Cenicafé* 60(1):25-40. Disponible en [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc060\(01\)025-040.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc060(01)025-040.pdf).

Guo, Z; Zhang, L; Yang, W; Hua, L; Cai, C. 2019. Sostenibilidad - Texto completo gratis - Estabilidad agregada bajo las prácticas de fertilización a largo plazo- el caso de los ultisoles erosionados en el centro-sur de China - HTML (en línea). s.l., Sustainability. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su11041169>.

Haifa. 2014. Recomendaciones nutricionales para TOMATE en campo abierto, acolchado o túnel e invernadero (en línea). . Disponible en http://www.haifa-group.com/thai/files/Languages/Spanish/Tomate_2014.pdf.

Hernández, A. 2011. Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en invernadero (en línea). México, s.e. Disponible en <http://hdl.handle.net/10521/381>.

_____. 2015. Descripción de la dinámica de absorción nutrimental en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. híbrido Silverado), bajo condiciones de agronomía (CEDA), Guatemala, C.A (en línea). s.l., Universidad de San Carlos de Guatemala. 87 p. Disponible en [http://www.repositorio.usac.edu.gt/2849/1/TESIS TOMATE ASTRID.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/2849/1/TESIS_TOMATE_ASTRID.pdf).

Hernández, E. 2018. Respuesta a la Calidad del Tomate Tipo «Bola» a la Adición de Tres Ácidos Húmicos (en línea). s.l., Universidad Autónoma Agraria del Antonio Narro. 33 p. Disponible en http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45193/Hernández_Hernández_Edgar.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Izquierdo, FG; García, AC; Berbara, RLL; Balmori, DM; Bassó, R. 2017. Los ácidos húmicos de vermicompost protegen a las plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) contra estrés hídrico posterior. 38(2):53-60.

Du Jardin, P. 2012. The Science of Plant Biostimulants - A bibliographic analysis (en línea). s.l., Report on biostimulants. p. 37. Disponible en https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/169257/1/Plant_Biostimulants_

final_report_bio_2012_en.pdf.

- Jisa. 2012. Ácidos Húmicos - ACIDOS HUMICOS -- Fertilizantes agrícolas Jisa (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.acidoshumicos.com/acidos-humicos/>.
- Kyrkby, E; Römheld, V. 2007. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, abrosición y movilidad (en línea). . Disponible en <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>.
- López, C; Eymar, E; Marotta, L; José, J; Cadahía, C. 2005. FERTIRRIGACION Cultivos hortícolas , frutales y ornamentales. .
- López, L; Hernández, M; Ruiz, J; Carcaño, M; Medina, G; Portillo, R; Muñoz, J. 2012. Adsorption of Plant and Bacterial Carboxylic Acids in Agricultural Soil. *Terra Latinoamericana* 30(3):261-270.
- López, M. 2016. Manual técnico del cultivo de tomate (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>.
- López, R; Gallegos, A; Peña, E; Reyes, A; Castro, R; Chávez, J. 2006. Substancias Húmicas De Origen Diverso En Algunas Propieda-. *Terra Latinoamericana* 24(3):303-309.
- Molina, O; Humberto, J; Callejas, L; Jose, G. 2017. Efecto del uso de ácidos húmicos, fúlvicos y su interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en vivero (en línea). :23. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6012/1/CPA-2017-075.pdf>.
- Moya, C; Arzuaga, J; Amat, I; Santiesteban, L; Álvarez, M; Plana, D; Dueñas, F; Florido, M; Hernández, J; Fonseca, E. 2009. Evaluación y selección participativa de nuevas líneas y variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la región oriental de Cuba. *Cultivos Tropicales* 30(2):66-72.
- Orozco Corral, AL; Valverde Flores, MI; Martínez Téllez, R; Chávez Bustillos, C; Benavides Hernández, R. 2016. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano (en línea). *Terra Latinoamericana* 34(4):441-456. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000400441.

- Paradiković, N; Vinković, T; Vinković Vrček, I; Tkalec, M. 2013. Natural biostimulants reduce the incidence of BER in sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Agricultural and Food Science* 22(2):307-317.
- Quesada-Roldán, G; Bertsch-Hernández, F. 2014. Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernadero. *Agronomía Mesoamericana* 23(1):117. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v23i1.11794>.
- Ramírez, A; Rosell, R; Tamayo, Y; Aguilar, A; Vargas, L. 2019. Original Empleo de Micorriza y Humus de lombriz líquido para la producción de posturas en el cultivo del tomate en un suelo ferralítico cálcico en el municipio de Campechuela (en línea). *Granmense, Revista Local, Desarrollo* 3(1):88-102. Disponible en redel@udg.co.cu.
- Ramos, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. s.l., Universidad de Alicante. 335 pág. p.
- _____. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino (en línea). s.l., Universidad de Alicante. 335 pág. p. Disponible en <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10018/1/Ramos-Ruiz-Roberto.pdf>.
- Ríos, M. 2010. Control biológico de la Antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides* Penz) en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en el ecotipo: amarillo puntón, mediante hongos endofitos antagonistas. s.l., Universidad Politécnica Salesiana. 104 p.
- Rivera, M; Gómez, L; Cubillos, J. 2017. Efecto de ácidos húmicos sobre el crecimiento y la composición bioquímica de *Arthrospira platensis* Effect of humic acids on the growth and the biochemical composition of *Arthrospira platensis* (en línea). *Rev. Colomb. Biotecnol.* 19(1):71-80. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n1.58316>.
- Socarrás, Y; Terry, E; Díaz, M. 2018. Mejoras tecnológicas para las producciones más limpias de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tecnología de cultivo protegido (en línea). *Agroecosistemas Revista para la transformación agraria sostenible* 1(6):54-61. Disponible en <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.
- Stevenson, F. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. Department of Agronomy, U of I (ed.). USA, John Wiley and sons.

496 p.

- Sung, CTB. 2012. Aggregate stability of tropical soils in relation to their organic matter constituents and other soil properties (en línea). *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 35(1):135-148. Disponible en [http://www.pertanika.upm.edu.my/Pertanika PAPERS/JTAS Vol. 35 \(1\) Feb. 2012/21 Pg 135-148.pdf](http://www.pertanika.upm.edu.my/Pertanika%20PAPERS/JTAS%20Vol.%2035%20(1)%20Feb.%202012/21%20Pg%20135-148.pdf).
- Sureshkumar, P; Geetha, P; Kutty, MCN; Kutty, CN. 2017. Fertigation - the key component of precision farming. *Jornal of Tropical Agriculture* 2(March):103-114.
- Taraba, B; Marlek, R. 2012. Immobilization of Heavy Metal Ions on Coals and Carbons. *Waste Water - Treatment and Reutilization* (April 2011). DOI: <https://doi.org/10.5772/15642>.
- Túqueres, M. 2015. Universidad Técnica De Babahoyo (en línea). s.l., Universidad Técnica de Babahoyo. 80 p. DOI: <https://doi.org/10.15388/CrimLithuan.2015.0.8951>.
- Tzortzakis, NG; Economakis, CD. 2008. Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation (en línea). *Hort. Sci.* 2(35):83-89. Disponible en <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/01563.pdf>.
- Vázquez, P. 2012. Efectividad de sustancias húmicas de Leonardita en la calidad de plántula de melón (*Cucumis melo* L.). s.l., Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 13-15 p.
- _____. 2013. Uso en la agricultura de sustancias húmicas (en línea). s.l., s.e. Disponible en [https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/416/1/Pedro Elias Vazquez Vazquez.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/416/1/Pedro%20Elias%20Vazquez%20Vazquez.pdf).
- Villacís C. 2014. SEDE QUITO Maestría en Ciencias y Tecnologías Cosméticas Tesis previa a la obtención del Título de MAGÍSTER EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS COSMÉTICAS Tema: Elaboración y comprobación de la eficacia in vivo de crema humectante con extracto de tomate Autor a: (en línea). s.l., Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. 106 p. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7791/1/UPS-QT06406.pdf>.

ANEXO

Tabla 4. Efecto de la aplicación foliar de ácidos húmicos sobre indicadores bioquímicos de la calidad del tomate Variedad "Vyta"

| Nº | Tratamientos | Vit. C (mg kg ⁻¹) | SST (%) | CST (%) | MS (%) | pH | AT x10 ⁻¹ (%) |
|--------|----------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1 | Control (-AH) | 143,08 ^d | 4,63 ^d | 3,98 ^d | 7,69 ^d | 4,52 ^b | 10,62 ^a |
| 2 | AH-250 mg L ⁻¹ | 202,12 ^c | 5,27 ^c | 4,99 ^c | 8,84 ^c | 5,44 ^a | 9,61 ^b |
| 3 | AH-500 mg L ⁻¹ | 222,50 ^a | 5,79 ^a | 5,43 ^a | 10,47 ^a | 5,48 ^a | 7,82 ^d |
| 4 | AH-750 mg L ⁻¹ | 214,48 ^b | 5,53 ^b | 5,19 ^b | 9,28 ^b | 5,46 ^a | 8,52 ^c |
| 5 | AH-1000 mg L ⁻¹ | 214,44 ^b | 5,52 ^b | 5,21 ^b | 9,63 ^b | 5,48 ^a | 8,57 ^c |
| CV (%) | | 14,936 | 7,737 | 10,599 | 10,540 | 7,508 | 12,001 |
| ESx | | 5,954 | 0,083 | 0,105 | 0,193 | 0,079 | 0,022 |

Fuente: Tomado de Alarcón , Barreiro, Boicet, Ramos, & Morales, (2018) Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate. Rev. Cubana Quím. 30(2)

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo realizado por Alarcón y otros en 2018 en la que determinaron la influencia que tienen los ácidos húmicos en los indicadores bioquímicos y físico-químicos en la calidad del tomate; según la tabla 3, esta aplicación de sustancias húmicas produjeron incrementos significativos en los e indicadores evaluados: Vitamina C, porcentaje de materia seca, SSt y CST. Exponiendo que existe una relacion entre las concentraciones de sustancias húmicas entre la respuesta de las plantas de tomate y su crecimiento, y calidad del fruto.