

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Ácidos Húmicos en el Crecimiento y Rendimiento de Calabacita
(*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini.

Por:

FRANCISCO JAVIER ALBORES HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Ácidos Húmicos en el Crecimiento y Rendimiento de Calabacita
(*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini.

Por:

FRANCISCO JAVIER ALBORES HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

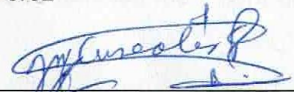
Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor Principal



Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor



Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, que nada a **Dios**, porque sin él nada de esto se hubiera dado, gracias por todas las bendiciones en la vida, por todas las fuerzas que siempre me brindó estando lejos de la familia, por hacer de los días lejos de casa los mejores, siempre recordándome que era parte del camino para llegar a cumplir mi más grande sueño en la vida profesional; terminar la carrera.

A mi “**Alma Terra Mater**” a mi querida Universidad, por todas las oportunidades y conocimientos brindados, por permitirme sentirme como en casa estando en tus hermosas instalaciones. Gracias por darme la oportunidad de conocer personas extraordinarias en mi estancia, gracias por acogerme en la parvada, gracias por permitirme ser un “Buitre”.

A mi **Familia** por todo el apoyo que me dieron siempre, por los ánimos que me daban y me ensañaban que, aunque las cosas se pusieran difíciles, siempre llegaría la calma para continuar trabajando hasta alcanzar mis sueños, gracias por nunca dudar de mí, por enseñarme que cuando en realidad queremos las cosas, no importa lo que llegue o como se pongan las cosas, que siempre buscaremos la manera para seguir adelante.

Al **Dr. Armando Hernández Pérez**, por todo el apoyo, conocimiento y tiempo brindado en el desarrollo de este proyecto de investigación y en las clases impartidas, gracias porque además de ser mi maestro también fue y será un gran amigo.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres**, gracias por la disponibilidad y paciencia para la revisión de este trabajo y poder terminarlo en tiempo y forma.

A la **Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez**, por los sabios consejos y todo el apoyo brindado como mi asesora y en la elaboración de este trabajo. Gracias por que siempre se tomó el tiempo para escucharme y orientarme de la mejor manera.

A mi **primo** Carlos Más y **amigo** Antelmo Díaz por su gran ayuda en la instalación y seguimiento del experimento de la investigación.

A **mis compañeros y grandes amigos** de la generación, por su amistad y apoyo que siempre me brindaron. Por todas las aventuras y experiencias que realizamos juntos, por hacer de mi estancia en la universidad algo increíble, gracias por ser más que compañeros; gracias por ser como hermanos, sin duda los echare de menos. Ingenieros les deseo mucho éxito en su vida profesional como personal, Adín Hernández Guillén, Martin Rocha, Andrea Vázquez, Wilber Arellano, Cristina Lara, Diego Arellano, Johana Castañeda, Marco Aguirre, Omar Garduño, Osvaldo Alcántara, Moreno Ibarra, Andrés Medrano, Iván cuevas y Pedro Navarro.

A mis **profesores**, gracias por todo el conocimiento transmitido, para lograr una buena preparación en mi vida profesional y sin duda una gran enseñanza para mi vida personal, a todos por contribuir con su granito de arena, sin duda será esencial en el ámbito laboral. En especial gracias a los profesores del Departamento de Horticultura porque ellos fueron más que maestros, fueron y serán grandes amigos.

DEDICATORIA

A mis padres

Con mucho cariño a la Sra. Gloria Luz Hernández Alfaro y el Sr. Hugo Albores Trujillo, sin duda mi mayor motivación desde el inicio del camino para llegar a esto tan grande, por hacer de mí una persona de buenos principios, por ayudarme a extender mis alas para tomar el camino y buscar cumplir mis sueños, sin su apoyo esto hubiera sido muy difícil. No me cabe la menor duda que ellos están muy orgullosos de mí, como yo lo estoy de ellos, los amo.

A mi linda esposa

El pilar de mi vida. Una de las personas que nunca dudo de mí, nunca dudo de mi capacidad para lograr lo que me propongo, agradezco todo el apoyo y paciencia que me brindó desde que nos conocimos e inicié el camino de la universidad, siempre estuvo de mi mano en los buenos y malos momentos, gracias por motivarme todos los días a ser una mejor persona. Iniciaré una nueva etapa en mi vida y en verdad me alegra que tú formes parte de ella, sé que juntos vamos a superar cualquier obstáculo, como siempre lo hemos hecho. Te amo mi amor.

A mi querido abuelo (+)

Al gran Sr. Roberto Hernández Ochoa, como me gustaría que él estuviera con nosotros para ver que estoy cumpliendo mis sueños. Nunca olvidaré sus sabios consejos, sus tantas enseñanzas de la vida, los momentos tan divertidos trabajando juntos en el campo, sé que ahora también sonrío conmigo, te quiero abuelo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Bioestimulantes	4
Importancia de los bioestimulantes en los cultivos	6
Humus	6
Ácidos Húmicos y Fúlvicos	7
Fertilización en calabacita.....	10
Trabajos relacionados con Ácidos Húmicos.	11
Aplicación de ácidos húmicos en conjunto con fertilización.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localización del experimento.....	14
Instalación del experimento	14
Material vegetal	15
Tratamientos.....	15
Diseño Experimental.....	16
Manejo del cultivo	16
Variables evaluadas.....	16
Análisis Estadístico	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
Peso fresco de tallo	19
Peso fresco de hoja	19
Peso fresco de peciolo.....	21
Peso fresco parte aérea.....	22

Peso seco de tallo y hoja	23
Peso seco peciolo.....	25
Peso seco parte aérea.....	25
Altura de planta.....	27
Diámetro de tallo.....	27
Rendimiento.....	29
Longitud de fruto y Diámetro ecuatorial	29
CONCLUSIÓN	31
BIBLIOGRAFÍA	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de calabacita	15
Cuadro 2. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable longitud de fruto.	30
Cuadro 3. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable diámetro ecuatorial.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fraccionamiento de las sustancias húmicas. Propiedades (Cuesta, 1994)	10
Figura 2. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de tallo.	20
Figura 3. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de la hoja.	20
Figura 4. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de peciolo.	21
Figura 5. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de parte aérea.	22
Figura 6. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco de tallo.	24
Figura 7. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco de la hoja.	24
Figura 8. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco peciolo.	26
Figura 9. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco parte aérea.	26
Figura 10. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la altura de planta.	28
Figura 11. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable diámetro de tallo.	28
Figura 12. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable rendimiento total.	29

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de ácidos húmicos derivado de leornadita en el crecimiento y rendimiento del cultivo de calabacita cv. Grey Zucchini. Las plantas fueron cultivadas a campo abierto, con una fertilización inorgánica en base a las curvas absorción del cultivo. Los tratamientos fueron cuatro concentraciones de ácidos húmicos (150, 300, 450 y 600 ppm) comparados con un testigo (0 ppm), cada uno con 4 repeticiones; la aplicación de los tratamientos se realizaba semanalmente en conjunto con la fertilización correspondiente. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANVA) y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el programa SAS versión 9.0. Las variables evaluadas son: peso fresco y seco de los diferentes órganos de la parte aérea de planta, altura de planta, diámetro de tallo, longitud y diámetro ecuatorial de los frutos y rendimiento por planta. En los resultados se pudieron observar que con la aplicación de 150 ppm de ácidos húmicos mejora el peso fresco de la hoja, de peciolo y parte aérea, obteniendo un incremento de 21.97%, 17.84% y 16.66% respectivamente, comparado con el testigo, de igual forma se lograron obtener incrementos en el rendimiento superando al testigo con 13.89%. De manera general se puede mencionar que los resultados demuestran, que, en las mayorías de las variables evaluadas, conforme se incremente la dosis de ácidos húmicos el valor de estas disminuye.

Palabras clave: Sustancias húmicas, Crecimiento, Bioestimulante, Rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucúrbita pepo* L.), es una de las especies más importantes económicamente, esta se ha difundido por todo el mundo y ha tenido una amplia adaptación en diferentes condiciones agroecológicas para su cultivo. Dentro de esta especie, se encuentran dos subespecies, estas se dividen en variedades clasificadas en función de la morfología de sus frutos y confirmado por análisis con marcadores moleculares (Paris, 1989; Paris y Janick, 2005); en la subespecie ovífera: se encuentra la variedad Scallop, Acorn, Crookneck y Straightneck y en la subespecie pepo: la variedad Pumpkin, Vegetal marrow, Cocozelle y Zucchini. Las variedades de Zucchini que se cultivan en la actualidad, son híbridos mejorados en América en los últimos 50 años, se obtuvieron a partir de variedades italianas, en su mayoría de frutos verde oscuro o amarillo, habiéndose convertido en la calabaza de verano más importante económicamente (Rosales, 2007).

En México, la calabacita es la especie más importante que se cultiva a nivel comercial, destinándose el mayor porcentaje de la producción para la exportación a los Estados Unidos y Canadá, principalmente (López, 2003). De acuerdo a datos de la SIAP y SAGARPA (2011), en nuestro país, se sembró una superficie total de 29,591.57 has, alcanzando una producción de 387,463.53 ton y un ingreso total de 1,725.86 millones de pesos. Los estados con mayor producción son: Sonora (20.26 %), Puebla (13.69 %), Sinaloa (9.62 %), Michoacán (9.29 %) e Hidalgo (5.51 %), que en conjunto suman el 58.37 % de la producción nacional.

Numerosos factores que determinan el desarrollo óptimo de los cultivos; la nutrición es uno de los más importantes. Sin embargo, en los últimos años, el uso incorrecto de los fertilizantes químicos ha tenido impactos negativos en los ecosistemas, lo que ha llevado a desarrollar nuevas estrategias (Rojas, 2006), que hagan a estos compuestos menos imprescindibles; tal es el caso del uso de bioproductos para la nutrición de las plantas, lo que ha ido en aumento, a medida que demuestran que con el uso de estos se puede reducir el uso de los fertilizantes químicos (Terry *et al.* 2001). Con el auge de la agricultura sostenible, el uso de las sustancias humicas (SH) en la producción de cultivos, va en

aumento. Lo anterior apoya a que estas sustancias, tienen efectos indirectos y directos en las plantas. Schnitzer (2000), define a las SH como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos. Las sustancias húmicas (SH) se componen de ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), definidas como macromoléculas orgánicas, con una estructura química compleja, distinta y estable que provienen de la degradación de plantas y animales, por la actividad enzimática de microorganismos y metamorfismo orgánico (Schnitzer, 2000, Sutton y Sposito, 2005). Para que las plantas, puedan tener un efecto directo de las sustancias húmicas, sobre el desarrollo vegetal, implica su absorción, ya sea por aplicación foliar o adición al suelo. En los últimos años, se han investigado sus efectos bioestimulantes (Ramos, 2000; Vivas, 2001) considerando la implicación de estos productos, en los diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que tiene lugar en la planta. David *et al.* (1994), reportaron que las plantas de tomate con adición de 1280 mg.L⁻¹ de ácidos húmicos produjeron un incremento significativo en brotes, acumulación de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y Zn, así como un incremento en la acumulación de N, Ca, Fe y Cu en raíces. Los pesos secos y frescos se incrementaron también. Aza (2001), realizó dos experimentos en tomate, en invernadero, donde determino el efecto de los ácidos fúlvicos de dos orígenes, uno de leonardita y el otro extraído de composta, encontró que estos tienen efectos positivos al incrementar el número y peso del fruto, en más del 25 % con respecto al testigo, que solo se aplicó solución nutritiva.

Objetivos

- Evaluar el efecto de los ácidos húmicos en el crecimiento de las plantas de calabacita cv. Grey Zucchini.
- Obtener una concentración óptima de ácidos húmicos que incremente el rendimiento del cultivo de calabacita cv. Grey Zucchini.

Hipótesis

- ❖ Al menos una de las concentraciones de ácidos húmicos tendrá un efecto positivo en el crecimiento y rendimiento del cultivo de calabacita cv. Grey Zucchini.

REVISIÓN DE LITERATURA

Bioestimulantes

Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al ser aplicadas a las plantas, mejoran su eficacia en la absorción y asimilación de nutrientes, brinda tolerancia al estrés biótico o abiótico o/a mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes que contenga la sustancia (du Jardin, 2015).

García, (2017) clasifica a los bioestimulantes como:

- Ácidos húmicos y fúlvicos. Las sustancias húmicas son compuestos naturales de la materia orgánica de los suelos, como resultado de la descomposición de las plantas, animales y microorganismos, de igual forma de la actividad metabólica de los microorganismos del suelo que utilizan estos compuestos como sustrato. Las sustancias húmicas son un conjunto de compuestos heterogéneos, que se categorizan de acuerdo a su peso molecular y solubilidad en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.
- Aminoácidos y mezclas de péptidos. Se obtienen a partir de la hidrólisis química o enzimática de proteínas derivados de productos agroindustriales tanto vegetales (restos de cultivos) como animales (colágenos, tejidos epiteliales, etc.). Estos compuestos se pueden encontrar como sustancias puras como mezclas. Otras moléculas nitrogenadas consideradas bioestimulantes incluyen betaínas, poliaminas y aminoácidos no proteicos, que son muy amplias en el mundo vegetal.
- Extractos de algas y de plantas. El uso de algas como fuente de materia orgánica y como fertilizante es muy antiguo en la agricultura, pero el efecto bioestimulante ha sido detectado muy recientemente. Esto ha llevado a que se dispare el uso comercial de extractos de algas o compuestos purificados como polisacáridos de laminarina, alginato y carragenanos.
- Quitosanos y otros biopolímeros. El quitosano es la forma deacetilada del biopolímero de quitina, producido de manera natural o industrialmente. Los

polímeros/oligómeros son tamaño variado y se usan de manera frecuente en alimentación, cosmética, medicina y recientemente en agricultura. El efecto fisiológico de los oligómeros de quitosano en plantas son el resultado de la capacidad de este compuesto policatiónico de unirse a una amplia variedad de compuestos celulares, incluyendo DNA y constituyentes de la membrana plasmática y de la pared celular. Además son capaces de unirse a receptores específicos responsables de la activación de las defensas de las plantas, de forma similar a los elicitores de las plantas.

- **Compuestos inorgánicos.** Se suelen llamar “elementos beneficiosos” a aquellos elementos químicos que promueven el crecimiento de las plantas y que pueden llegar a ser esenciales para algunas especies pero no para todas. Entre estos elementos se pueden considerar el Aluminio, Cobalto, Sodio, Selenio y Silicio; y están presentes tanto en el suelo como en plantas como diferentes sales inorgánicas y como formas insolubles. Sus efectos beneficiosos pueden ser constitutivos, como el reforzamiento de las paredes celulares por los depósitos de silicio, o por la expresión en determinadas condiciones ambientales, como es el caso del selenio frente al ataque de patógenos.
- **Hongos beneficiosos.** Los hongos interactúan con las plantas de diversas formas, desde simbiosis mutualista hasta el parasitismo. Los hongos micorrícicos son un heterogéneo grupo de hongos que establecen simbiosis con el 90% de las plantas. El interés por el uso de los hongos micorrícicos para promocionar la agricultura sostenible ha crecido de manera significativa, considerando sus efectos en mejorar la eficacia de la nutrición, balance hídrico, rendimiento de los cultivos, calidad del producto y protección frente al estrés de las plantas.
- **Bacterias beneficiosas.** Las bacterias tienen una interacción con las plantas de todas las formas posibles, como en los hongos, dicha interacción puede ir desde el parasitismo hasta el mutualismo. Los nichos de las bacterias se extienden desde el suelo hasta el interior de las células vegetales, con localizaciones intermedias como la rizósfera.

Su influencia en la planta es diversa, desde los ciclos biogeoquímicos, aportación de nutrientes, incremento de la eficiencia en el uso de los nutrientes, inducción de la resistencia a enfermedades, mejora de la tolerancia al estrés abiótico y biótico e incluso modulación de la morfogénesis de la planta.

Importancia de los bioestimulantes en los cultivos

Los bioestimulantes de las plantas contienen sustancias y/o microorganismos cuya función cuando se aplica a las plantas o la rizosfera es estimular procesos naturales para mejorar/beneficiar la absorción de nutrientes, la eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, y calidad del cultivo. Estos están diseñados para ayudar a los productores a satisfacer la creciente demanda agrícola de manera sostenible, mejoran el rendimiento y la calidad de los cultivos, lo que tiene un impacto positivo en la rentabilidad de la parcela o finca; también mejoran la absorción y el uso eficiente de otros insumos esenciales. Lo que ayuda a los agricultores a optimizar sus inversiones con el beneficio adicional de reducir los impactos ambientales (EBIC, 2013).

Según du Jardin (2015) los efectos científicamente demostrados de todos los bioestimulantes convergen en al menos una o varias de las siguientes funciones agrícolas: mejoran la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o los rasgos de calidad del cultivo. Los rasgos de calidad pueden referirse al valor nutricional, el contenido de proteína de grano, la vida útil, etc. Mientras que, Carvajal y Mera (2010) señalan que su uso permite mejorar la productividad por área cultivada en corto tiempo, consumir menores cantidades de energía, mitigar la contaminación del suelo y del agua, incrementar la fertilidad del suelo y favorecer el control biológico de fitopatógenos.

Humus

El término humus designa a las sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen

exclusivamente vegetal. Contiene aproximadamente un 5% de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando por 20 su contenido en nitrógeno total (Gros y Domínguez, 1992). Rusch (1972) indica que el humus no es solo lo que queda (es decir, sustancias húmicas) en el suelo después de la descomposición de la materia orgánica fresca. También incluye todos los cuerpos microbianos de plantas, animales y otros que se han descompuesto previamente. El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, reduciendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, se menciona que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Graetz, 1997). Jhonstom (1991) reporta que la cantidad de humus en el suelo depende de muchos factores, tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo y su velocidad de oxidación química y biológica, la velocidad de descomposición de la materia orgánica existente en el suelo, la textura del suelo, la aireación, humedad y los factores climáticos. Las prácticas de manejo del cultivo también pueden tener un efecto sobre este parámetro, ya que, por ejemplo, el empleo de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo. Esto es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que se traduce en la práctica en una mejora de la fertilidad y, por tanto, de los rendimientos (Gros y Domínguez, 1992).

Ácidos Húmicos y Fúlvicos

Las sustancias húmicas (SH) son componentes naturales de la materia orgánica del suelo, como resultado de la descomposición de residuos vegetales, animales y

microbianos, de igual manera de la actividad metabólica de los microbios del suelo que utilizan estos sustratos. Las SH son colecciones de compuestos heterogéneos, se dividen de acuerdo a sus pesos moleculares y solubilidad en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Estos compuestos también muestran dinámicas complejas de asociación/disociación en coloides supramoleculares, y esto está influenciado por las raíces de las plantas a través de la liberación de protones y exudados. Las sustancias húmicas y sus complejos en el suelo son el resultado de la interacción entre la materia orgánica, los microbios y las raíces de las plantas. Cualquier intento de usar sustancias húmicas para promover el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos necesita optimizar estas interacciones para lograr los resultados esperados. Esto explica por qué la aplicación de sustancias húmicas (fracciones solubles de ácidos húmicos y fúlvicos) muestra resultados inconsistentes, pero globalmente positivos, en el crecimiento de las plantas (du Jardin, 2015).

La variabilidad en los efectos de las SH se debe a la fuente de las SH, las condiciones ambientales, la planta receptora y la dosis y la forma de aplicación del SH (Rose et al., 2014). En cuanto a las fuentes de SH (du Jardin, 2012), se extraen de materia orgánica naturalmente humificada (p. *Ej.* De turba o suelos volcánicos), de compost y vermicomposts, o de depósitos minerales (leonardita, una forma de oxidación del lignito). Los ácidos húmicos son una mezcla de ácidos orgánicos con cadenas de carbono débiles y compuestos anillados aromáticos, los cuales no logran ser solubles en agua bajo condiciones de acidificación, pero si logran ser solubles en agua cuando se encuentran en condiciones alcalinas. Son la fracción de sustancias húmicas las cuales se precipitan en soluciones acuosas cuyo pH se encuentra por debajo de dos, además son polidispersores térmicos debido a sus características químicas muy variables (Albert, 2015). Aproximadamente el 35% de las moléculas de los ácidos húmicos son aromáticas es decir anillos de carbono, mientras que el componente residual son moléculas alifáticas es decir son cadenas de carbono. Tienen un peso molecular que se encuentra alrededor de 10000 a 100000, los diferentes polímeros de estos ácidos se mezclan con arcillas para así formar compuestos orgánicos de arcilla estables

(Escobar, 2015). El poro periférico en un polímero de ácido húmico es capaz de acomodar de manera sencilla químicos orgánicos, sintéticos y naturales, estos ácidos son capaces de formar fácilmente sales con elementos minerales trazas inorgánicas. Al realizar un análisis de extractos de ácidos húmicos que ocurren de manera natural se puede revelar la presencia de cantidades mayores a 60 elementos minerales presentes (Tene, 2016). Estos elementos traza se encuentran unidos a las moléculas de los ácidos húmicos de tal forma que estos puedan ser utilizados por varios organismos vivos. Como resultado se tiene que la función de los ácidos húmicos es de gran importancia como los diferentes sistemas de intercambio de iones y sistemas quelatantes como los metales complejos (Pettit, 2012).

De manera directa, los compuestos de ácidos húmicos pueden tener varios efectos bioquímicos, ya sea en la pared celular, en el nivel de la membrana o en el citoplasma, incluido el aumento de la fotosíntesis y las tasas de respiración en las plantas, la síntesis mejorada de proteínas y la actividad similar a las hormonas vegetales (Chen y Aviad, 1990). Las sustancias húmicas posiblemente mejoren la absorción de minerales a través de la estimulación de la actividad microbiológica (Mayhew, 2004).

Los ácidos fúlvicos (AF) son la mezcla de ácidos orgánicos alifáticos débiles y aromáticos los cuales son solubles en todas las condiciones de pH ya sea ácido, neutro u alcalino. La composición y forma es muy variable, en comparación con los ácidos húmicos, los AF son más pequeños, con un peso molecular que va desde 1000 a 10000 (Rodríguez, 2009). Además, contienen una cantidad de oxígeno que es dos veces mayor a que contienen los ácidos húmicos, también contienen muchos más grupos hidroxilos (COH) y carboxílicos (COOH). En consecuencia, a esto son compuestos químicamente más reactivos. Debido al tamaño menor que tienen son capaces de permeabilizar más rápido las membranas de los tallos hojas y raíces de las plantas. Una vez son aplicados de manera foliar permiten que los minerales traza se transporten directamente a lugares metabólicos dentro de las células de las plantas. Además, son el compuesto quelatante el cual contiene el carbón más efectivo que se conoce. Son

muy compatibles con las plantas no son tóxicos, al ser aplicados en concentraciones bajas (Sánchez y Juárez, 2000).

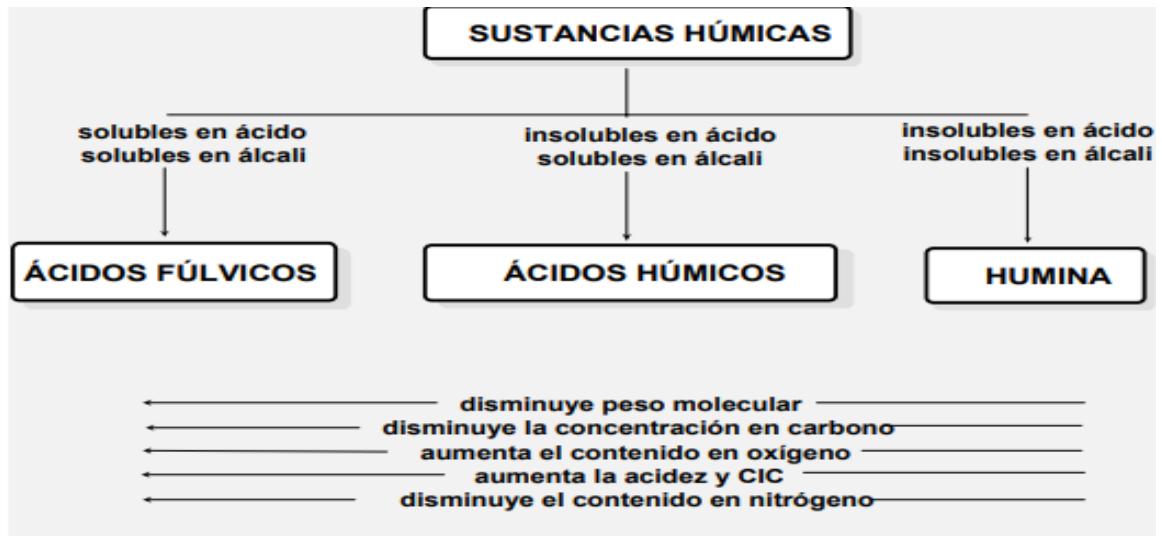


Figura 1. Fraccionamiento de las sustancias húmicas. Propiedades (Cuesta, 1994)

Fertilización en calabacita

La nutrición es un factor que influye de manera directa en la producción del cultivo de calabacita, para la cual debemos considerar aspectos importantes como la época de crecimiento, el método de aplicación de fertilizantes y lámina de riego a aplicar, los cuales tienen un efecto significativo en la producción y la calidad del fruto. La relación entre etapa de crecimiento, método de aplicación de fertilizantes, lámina de riego y nitrógeno (N) disponible, afecta de manera importante el índice de área foliar, los sólidos solubles totales, la producción de biomasa seca, y al número y peso de frutos (Mohammad, 2004; Zotarelli *et al.*, 2008; Amer, 2011). Entre los elementos que más influyen en el rendimiento de los cultivos están el N y el potasio (K). El N favorece el desarrollo vegetativo e intensifica el color verde de las hojas; es constituyente de componentes celulares de gran importancia, entre ellos los aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos; además, es regulador del fósforo (P), K entre otros elementos; y mejora la succulencia de muchos cultivos. Por otro lado, el K da vigor al crecimiento, es esencial para la formación del almidón y la hidrólisis de los azúcares, promueve la translocación de asimilados desde las hojas y mejora la fotosíntesis, influye en la regulación del potencial

osmótico celular, activa enzimas, participa en la liberación de proteínas desde los ribosomas, participa en la síntesis de clorofila, favorece el desarrollo de raíces, y regula el balance del N y P (Taiz y Zeiger, 2006; Alcántar y Trejo, 2007). La calabacita está clasificada como un cultivo que requiere altas dosis de fertilización, por su alta capacidad para llegar a producir una gran cantidad de biomasa, se recomienda dosis de 250 -280- 250 kg ha⁻¹ (Martinetti y Paganini, 2006). Las dosis de fertilización mineral recomendadas en calabacita siempre serán diferentes de región en región, por aspectos como el tipo de suelo y calidad del agua, según la Canabio (2006) entre 200-225 kg de N, 100 kg de P y 250-300 kg de K, es una dosis adecuada para la buena producción del cultivo.

La tecnología generada en los últimos años ha tendido a hacer más eficientes y sustentables los sistemas de producción agrícola, con la finalidad de disminuir costos, incrementar la rentabilidad, ofertar alimentos inocuos y disminuir los impactos negativos al ambiente que resultan de la excesiva aplicación de agroquímicos. En este sentido, una alternativa útil es estimar la demanda nutrimental para cada especie cultivada con base en el concepto de balance de masa. Éste se basa en que la materia seca de una planta está formada por 16 elementos químicos esenciales, de los cuales 13 se adicionan directamente al suelo para ser absorbidos por la planta por medio de las raíces. Con la cantidad de materia seca y concentración de cada uno de los elementos en cada etapa fenológica del cultivo, se puede estimar la cantidad total de cada nutrimento que la planta absorbió. Sin embargo, debe considerarse tanto la eficiencia de absorción de los nutrimentos como la aplicación de la fuente fertilizante, para luego establecer un plan de fertilización que podría ser diario, semanal, quincenal, etc. (Etchevers-Barra, 2000; Alpizar *et al.*, 2006; Rodríguez-Fuentes *et al.*, 2012).

Trabajos relacionados con Ácidos Húmicos.

Son numerosos los estudios que demuestran los efectos beneficiosos de las sustancias húmicas en los procesos metabólicos energéticos como son: la respiración y la fotosíntesis. Sladky, (1959) observó aumentos en los niveles de

clorofila cuando se adicionó a la disolución nutritiva ácidos húmicos y fúlvicos, un extracto alcohólico de la materia orgánica del suelo en plantas de tomate. También Albuzio et al. (1994), encontraron incrementos significativos en los niveles foliares de clorofilas con la aplicación de sustancias húmicas (150 mg L^{-1}) en plantas de avena. Young y Chen (1997) observaron aumentos significativos en el crecimiento radicular de plantas de lechuga cuando se adicionaban ácidos húmicos purificados de diferentes orígenes, resultando más efectivo la fracción húmica procedente de turba. La aplicación al suelo de sustancias húmicas también permitió observar un aumento del peso radicular de 38 a 45% y de un 15% para la longitud radicular en *Agrostis Stolonifera* L. (Cooper et al., 1998). Los efectos de las sustancias húmicas en el crecimiento de las raíces y tallos son muy diferentes, resultando más evidentes en las raíces. Chen et al. (2004) observaron una estimulación del crecimiento del 25% en los tallos y raíces bajo condiciones de hidroponía, con la adición a la disolución nutritiva Hoagland de ácidos húmicos en dosis de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, hecho que evidencia el efecto sinérgico de la aplicación combinada de sustancias húmicas junto a la disolución nutritiva.

Aplicación de ácidos húmicos en conjunto con fertilización

Los ácidos húmicos y fúlvicos son excelentes portadores para realizar una aplicación de fertilizante foliar y también son activadores de diferentes procesos metabólicos y enzimáticos. La aplicación de estos ácidos en combinación con macro elementos u oligoelementos y otras fuentes de nutrientes para la planta de manera foliar, puede mejorar el crecimiento de raíces, frutos y follaje de las plantas. Cuando se aumenta el desarrollo de crecimiento en la planta, dentro de las hojas se inicia un proceso de aumento en el contenido de carbohidratos en las raíces, tallos y hojas (Serrano et al., 2015).

Las moléculas de origen orgánico tienen capacidad de absorber diferentes elementos en su estado iónico y de esa manera mantener los nutrientes de tal forma que la planta se le facilite asimilarlos. A parte de esto, las moléculas en las cuales se encuentran retenidos tienen un tamaño menor por lo cual es mucho más

fácil su paso a las membranas de la raíz y actúa como un mecanismo de transporte de los elementos necesarios; el cual lleva a la planta a tener un adecuado balance en la toma de los nutrientes, logrando así un mejor desarrollo y una disminución en el uso de macro y micro elementos (Mesa *et al.*, 1992). Palma (2003), en el trabajo de tesis, Evaluación de ácidos húmicos en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*), concluyó que actúan como coadyuvantes a la fertilización química, gracias a las características físicas y químicas de los mismos, con esto se logra incrementar de manera moderada la producción en el cultivo. En un estudio realizado por Pajuelo (1996) demostró que el volumen de las raíces de piña tratada con SH junto con el paquete comercial tuvo un aumento de 17% comparado con el paquete comercial. También observó que las plantas tratadas con SH llegaron a un peso ideal para la inducción floral a una edad más temprana. Las SH proporcionan una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Gaur, (1964), observó incrementos en la absorción de N, P y K y descensos en la toma de Ca con la aplicación de ácidos húmicos procedentes de compost a plantas de centeno. Rauthan y Schnitzer (1981), aplicaron diferentes dosis de ácidos fúlvicos hasta un máximo de 2000 mg·L⁻¹ a plantas cultivadas en disolución Hoagland, obteniéndose incrementos en la absorción de: N, P, K, Ca y Mg, siendo la máxima absorción entre 100-300 mg·L⁻¹. Esto pone de manifiesto que las concentraciones elevadas de sustancias húmicas normalmente resultan inhibitorias. También David *et al.* (1994) encontraron en plantas de tomate con la adición de ácidos húmicos en dosis 1280 mg·L⁻¹, incrementos en los niveles foliares de: P, Ca, K y Mg, así como radicales de Ca y N. Los efectos estimulantes de las SH se han correlacionado directamente con una mayor absorción de macronutrientes, como N, P y S (Chen y Aviad, 1990) y micronutrientes, es decir, Fe, Zn, Cu y Mn (Chen *et al.*, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El trabajo se realizó, a campo abierto, en un área detrás del invernadero 4 asignada al Departamento de Producción, del Campus sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; cuyas coordenadas geográficas son: 25° 21' 05" de Latitud Norte y 101° 02' 47" de Longitud Oeste, a la altitud de 1742 msnm.

Clima: Muy seco, BW hw (x") (e); semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media 350-400 mm; régimen de lluvias: la temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco y una precipitación invernal superior al 10% del total anual.

Temperatura: Temperatura media anual de 19.8 °C. Las heladas comienzan en noviembre, no son muy severas en noviembre y diciembre, son más intensas en enero (hasta -10°C). Terminan en marzo, mes que ni son muy intensas, ni se presentan frecuentemente, en algunas ocasiones, pueden presentarse ligeras heladas en abril.

Suelo: La textura de los suelos varía de migajón arenoso a migajón arcilloso, localizados sobre un substrato calcáreo, duro y continuo denominado petrocalcico.

Instalación del experimento

Se germinaron las semillas de calabacita en una charola de 200 cavidades, colocando una semilla por cavidad, se utilizó como sustrato Peat Moss y Perlita en una proporción de 50% y 50% respectivamente. Una vez lista la charola, se colocó dentro de un invernadero y se cubrió con polietileno negro para acelerar la germinación, se le aplicaba riego con atomizador para mantener la humedad necesaria.

Para la preparación del terreno, se retiró todo el material vegetal y de riego del cultivo anterior, de igual forma se eliminó todo tipo de maleza con la ayuda de un azadón. Para la conformación de la cama, primeramente se removió el suelo con la ayuda de un azadón posteriormente se formó la cama con 10 m de longitud y 1 m de ancho y se instaló el sistema de riego, colocando dos hileras de cintillas. Una vez lista las plántulas, se realizó un riego pesado un día antes para realizar el trasplante, las cuales fueron colocadas a 35 cm entre plántulas.

Material vegetal

La semilla de calabacita utilizada fue del cv. Grey Zucchini, de polinización abierta con frutos color verde grisáceo, rectos y de tamaños uniformes. Tiene una planta de porte abierto, vigorosa, de alto potencial de rendimiento y precoz, que anticipa la comercialización de sus cosechas. La calidad de frutos es ideal para comercializar en el mercado nacional.

Tratamientos

En el trabajo de investigación se evaluaron 4 concentraciones diferentes de Ácidos Húmicos (derivado de leonordita al 12% de concentración), se trabajó con un testigo, con una misma fertilización en todos los tratamientos en base a las curvas de absorción del cultivo.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivos de calabacita.

Tratamientos	Dosis de Ácidos Húmicos
Testigo	0
T1	150 ppm
T2	300 ppm
T3	450 ppm
T4	600 ppm

Diseño Experimental

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar. Este diseño estuvo compuesto por 5 tratamientos y 4 repeticiones, siendo un total de 20 unidades experimentales.

Manejo del cultivo

Riego

Se aplicó riego por goteo, en intervalos de tres días, dependiendo de las condiciones climatológicas, siempre tratando de mantener en el suelo la humedad necesaria para el cultivo.

Fertilización

Se aplicó una fertilización química semanalmente junto a los tratamientos de la investigación, para esto se utilizaron fuentes minerales solubles.

Control de malezas

Esta actividad se realizó cada tres días de manera manual, procurando tener las mejores condiciones para el cultivo y con esto evitar la competencia por nutrientes y agua.

Control de enfermedades

Para el control de hongos se realizaron dos aplicaciones de fungicida Titanic (Clorotalonil) con una dosis de 5g/l; se aplicó de manera foliar con la ayuda de una mochila aspersora.

Variables evaluadas

Peso fresco de tallo (PFT):

Para la medición de esta variable, se eliminaron las hojas y raíz, se colocó cada tallo de manera individual de cada repetición de todos los tratamientos en bolsas de papel se identificaron y con la ayuda de una balanza analítica se tomó el peso.

Peso fresco de hoja: (PFH):

Se cortaron las hojas de cada tratamiento, se separó el peciolo de la lámina foliar, se colocó el total de cada repetición de este último, en bolsas de papel, se identificaron y se pesaron en una balanza analítica.

Peso fresco de peciolo (PFP):

Una vez teniendo los peciolos separados de la lámina foliar, se colocaron en bolsas de papel y se pesaron de manera individual todas las repeticiones de cada tratamiento en una balanza analítica.

Peso fresco parte aérea (PFPA):

Teniendo el peso fresco del tallo, peciolos y hojas de cada tratamiento, se sumaron para obtener el total del peso aéreo.

Peso seco del tallo (PST):

Esta variable en cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, se colocaron en bolsas de papel para después introducirlas en estufas de secado a 65°C durante 72 horas, con una balanza analítica se registró el peso seco.

Peso seco de hoja (PSH):

Después de obtener el peso fresco, se colocaron las bolsas de papel para después introducirlas en estufas de secado a 65°C durante 72 horas, con una balanza analítica se registró el peso seco de hoja.

Peso seco de peciolo (PSP):

Después de obtener el peso fresco, se colocaron las bolsas de papel para después introducirlas en estufas de secado a 65°C durante 72 horas, con una balanza analítica se registró el peso seco del peciolo.

Peso seco de parte aérea (PSPA):

Una vez teniendo el peso seco de las variables hoja, peciolo y tallos, se sumaron los valores para obtener el peso total de la parte aérea.

Altura de planta (AP):

Con la ayuda de una cinta métrica, se midió la esta variable, desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta.

Diámetro del tallo (DT):

Al final del ciclo del cultivo, con el apoyo de un Vernier se tomó la medida de la base del tallo, para obtener el dato de esta variable representada en mm.

Rendimiento (RENTO):

Al final de la cosecha, se sumaron los pesos obtenidos de los frutos cosechados de cada repetición, para obtener el rendimiento.

Longitud de fruto (LF):

Con la ayuda de una cinta métrica se midieron desde el pedúnculo hasta la punta del fruto todos los frutos cosechados.

Diámetro ecuatorial (DE):

Con el apoyo de un Vernier se tomó la medida de esta variable por el centro de cada fruto cosechado, representada en mm.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico “Statistical Analysis System (SAS), versión 9.0”; el cual consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias con Tukey al 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso fresco de tallo

El análisis de varianza realizado para la variable peso fresco de tallo, se encontró diferencias significativas de las diferentes concentraciones de ácidos húmicos (AHs) (Figura 2). Las plantas que recibieron 150, 300 o 450 ppm de AHs fue mayor el peso fresco de tallo al igual que en las plantas testigo (0 ppm AHs), sin embargo, la aplicación de 600 ppm de AHs redujo el peso fresco de esta variable (Figura 2). Esta investigación concuerda con lo reportado por Chent *et al.* (2004) quienes observaron que se estimula el crecimiento en los tallos y raíces de plántulas de trigo hasta en un 25% bajo condiciones hidropónicas, adicionando a la solución nutritiva ácidos húmicos a una dosis de 50 mg L^{-1} , por lo que se puede observar en la (figura 2) que a menor concentración de ácidos húmicos se obtiene un mejor peso fresco de tallo. David *et al.* (1994), también reportaron que en plantas de tomate, con aplicaciones de 1280 mg. L^{-1} de AHs, produjeron un incremento en los brotes, en la acumulación de los principales macros y micro elementos; de igual manera los pesos frescos incrementaron.

Peso fresco de hoja

El análisis de varianza realizado para la variable peso fresco foliar, se encontró diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de AHs aplicados (Figura 3), obteniendo mayor incremento con la aplicación de 150 ppm de AHs, con respecto al testigo, el aumento fue de 21.98%. Este resultado concuerda con lo reportado por Oliver (2009) donde se apreció un efecto positivo de la fracción húmica con tres dosis empleadas (2.5, 5 y 10 mg) para el peso de la parte aérea, al ser capaz de aumentarlo ligeramente respecto al tratamiento testigo.

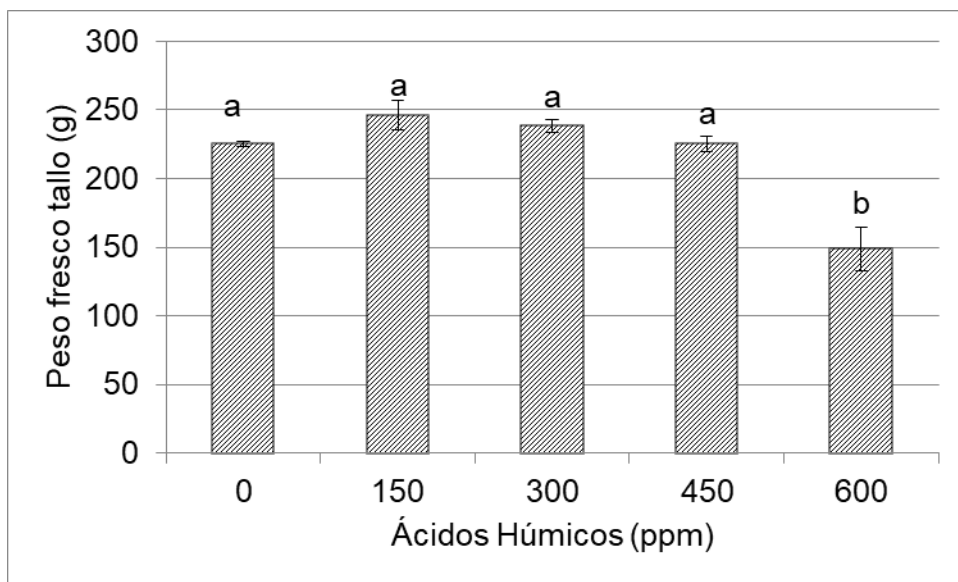


Figura 2. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de tallo. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.001$. Las letras a y b son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

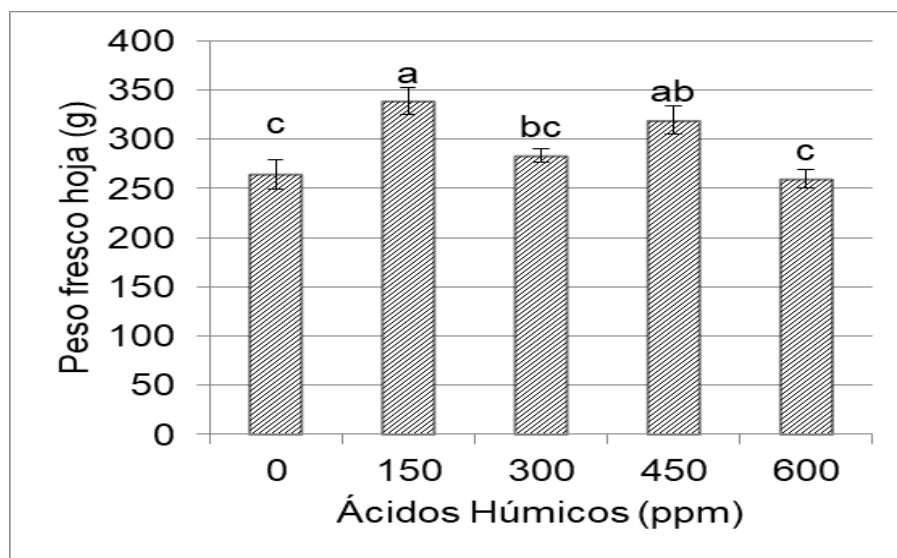


Figura 3. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de la hoja. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.001$. Las letras a, ab, bc y c son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

Peso fresco de peciolo

La aplicación de diferentes concentraciones de AHs afectó significativamente el peso fresco de peciolo (Figura 4). Las plantas tratadas con 150 ppm de AHs, se incrementó el peso fresco de esta variable, obteniendo un aumento de 17.88% en comparación con las plantas testigo (0 ppm de AHs). Esto coincide con la investigación realizada por Adani *et al.* (1998), quienes señalan que las plantas de tomate desarrollados en hidroponía, con la aplicación de AH purificados a partir de productos comerciales de origen turba (CP-A); en dosis 20 y 50 mg·L⁻¹, el producto aumentó el crecimiento de la parte aérea. Los autores justifican las mejoras del crecimiento de las plantas, que se debe una mayor disponibilidad de micronutrientes con las AH. Por su parte, Chen *et al.* (2004) reportan que la aplicación ácidos húmicos en dosis de 50 mg L⁻¹ sobre plantas de trigo en cultivo hidropónico, encuentran estímulos considerables en la producción de biomasa (peso fresco).

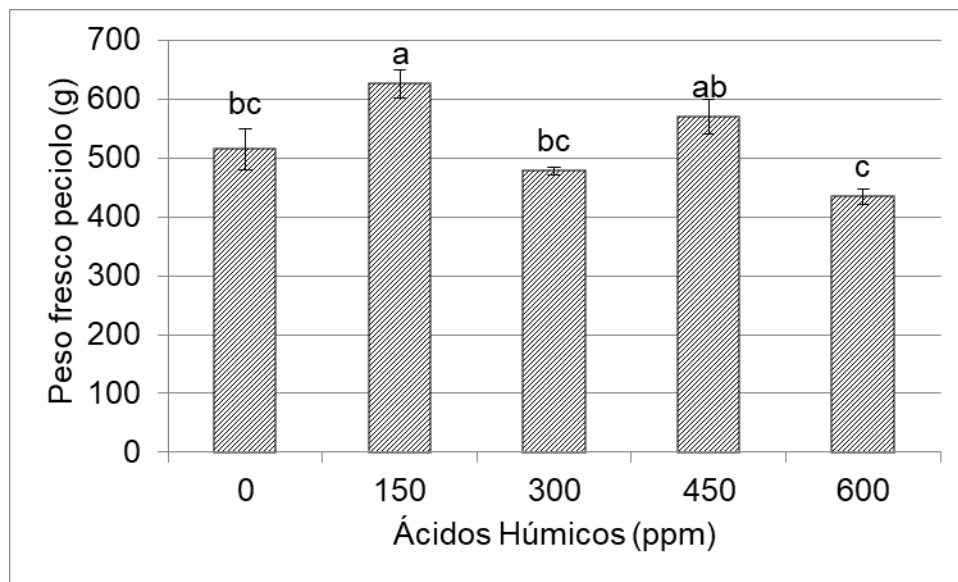


Figura 4. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de peciolo. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.004$. Las letras a, ab, bc y c son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

Peso fresco parte aérea.

El análisis de varianza realizado para esta variable, si arrojó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de AHs (Figura 5). En las plantas tratadas con 150 ppm de AHs se registró un incremento de 16% sobre el testigo (0 ppm). Sin embargo, con 600 ppm de AHs, se obtiene el menor peso fresco en comparación con el resto de las concentraciones. Nuestros resultados concuerda con lo reportado por Tan y Nopamornbodi, (1979) donde indican que se triplicó el peso de plantas de maíz crecidas durante 16 días en solución nutritiva adecuada, junto con la aplicación de 640 mg L⁻¹ de AH. Asimismo, Burk *et al.* (1952) mencionan que el incremento en desarrollo y peso de la planta es el resultado de dos de los fenómenos más importantes que ejercen las sustancias húmicas, sobre las plantas sometidas a la acción de los mismos: Acción sobre la respiración y la fotosíntesis.

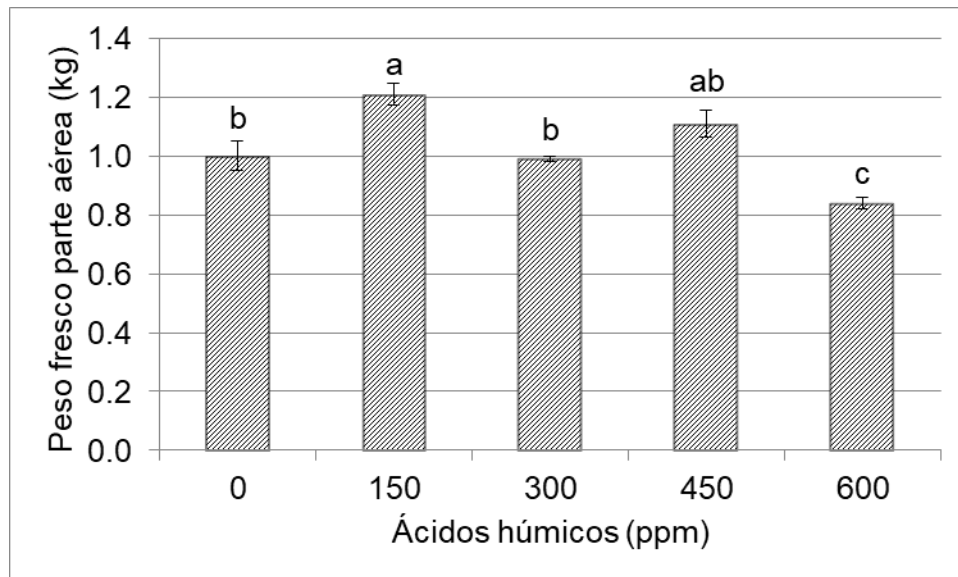


Figura 5. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso fresco de parte aérea. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.001$. Las letras a, ab, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

Peso seco de tallo y hoja

El peso seco de tallo muestra diferencias significativas a la aplicación de diferentes concentraciones de AHs (Figura 6). Sin embargo, las plantas que fueron tratadas con 150 ppm de AHs no fue diferente a las plantas testigo, pero, una concentración superior a este el peso seco se reduce (Figura 6). Estos resultados coinciden con la investigación realizada por Cimrin y Yilmaz (2005), quienes mencionan que la aplicación de AHs en plantas de lechuga, no influye en el aumento de peso seco; sin embargo, la absorción de nutrientes se incrementa, en particular el fósforo.

El análisis de varianza realizado para la variable peso seco de hoja, se encontró diferencias significativas de las diferentes concentraciones de AHs (Figura 7). Cabe mencionar que las plantas que recibieron aplicaciones de AHs no incrementaron el peso seco de la variable en comparación con las plantas testigo (0 ppm AHs), pero, con la aplicación de 600 ppm de AHs, tiene un efecto negativo en el peso seco de la hoja, ya que disminuye bajo esta concentración (Figura 7).

Los resultados obtenidos en el experimento difieren con lo obtenido por Carlo (1992) en un experimento realizado en brócoli con la aplicación de ácidos húmicos y fertilización foliar donde concluyó que los ácidos húmicos aplicados de manera foliar mejoran los aspectos tales como altura de planta y área foliar los cuales tienen un efecto positivo en el rendimiento y calidad. De la misma forma en el experimento se obtuvieron resultados diferentes a los obtenidos por Vázquez (2012), en la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en la nutrición de plantas de acelga (*Beta vulgaris L.*) bajo un sistema de raíz flotante, donde encontró que al aplicar 4 ml L⁻¹ de ácidos húmicos, se incrementó el peso seco de hojas comerciales.

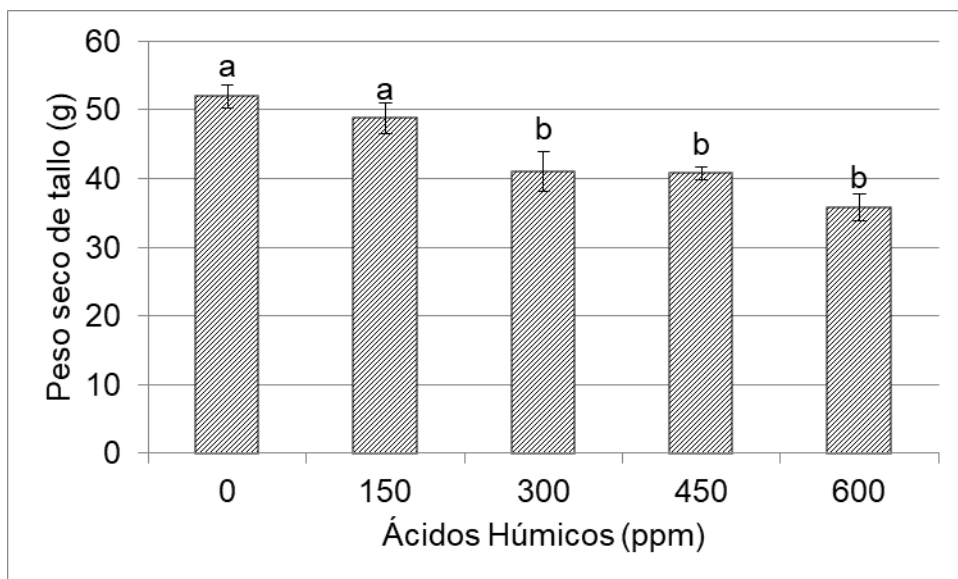


Figura 6. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco de tallo. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.0001$. Las letras a y b son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

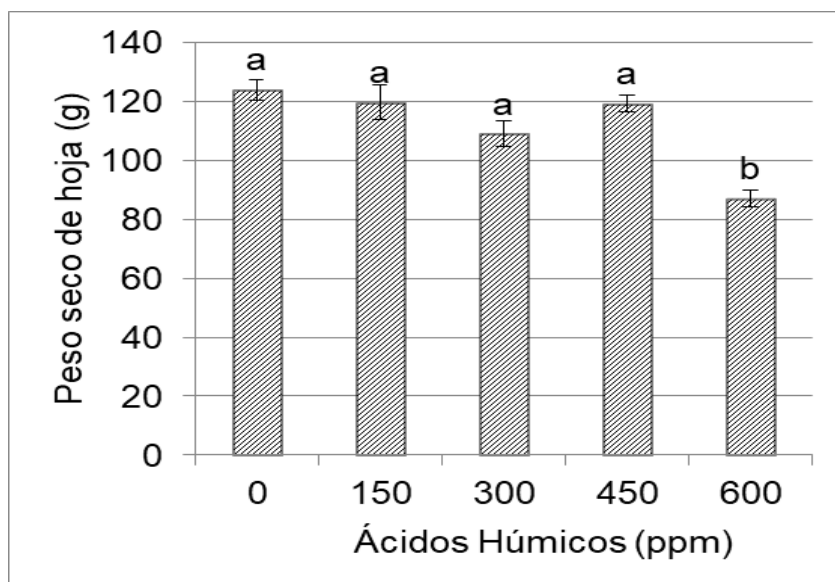


Figura 7. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco de la hoja. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.0003$. Las letras a y b son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

Peso seco peciolo.

El análisis de varianza realizado para la variable peso fresco de tallo, se encontró diferencias significativas de las diferentes concentraciones de AHs (Figura 8). Las plantas que recibieron 150, 450 o 600 ppm de AHs tuvieron un efecto similar sobre el peso seco que las plantas testigo (0 ppm AHs), sin embargo, la aplicación de 300 ppm de AHs redujo el peso seco de esta variable (Figura 8). Los resultados arrojados en esta investigación concuerdan con los encontrados en la investigación realizada por Magaña (2005) pues, señala que el efecto de ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento de Lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo un sistema raíz flotante, aplicando diferentes dosis de ácidos húmicos no incrementa el peso seco aéreo de lechuga.

Peso seco parte aérea

El peso seco de parte aérea se registró diferencias significativas con las diferentes concentraciones de AHs (Figura 9). Las plantas que recibieron aplicaciones de 150 y 450 ppm de AHs no superan al testigo, tienen un valor similar a éste, en comparación de las aplicaciones de 300 y 600 ppm de AHs, que tienen un efecto negativo en el peso seco en esta variable evaluada (Figura 9). Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Vázquez (2012), en la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en la nutrición de acelga (*Beta vulgaris* L.) bajo un sistema de raíz flotante, donde encontró que al aplicar 4 ml L⁻¹ de ácidos húmicos, se incrementó el peso seco de hojas comerciales y con la aplicación de 6 ml L⁻¹ de ácidos húmicos incrementó el peso seco de las hojas no comerciales.

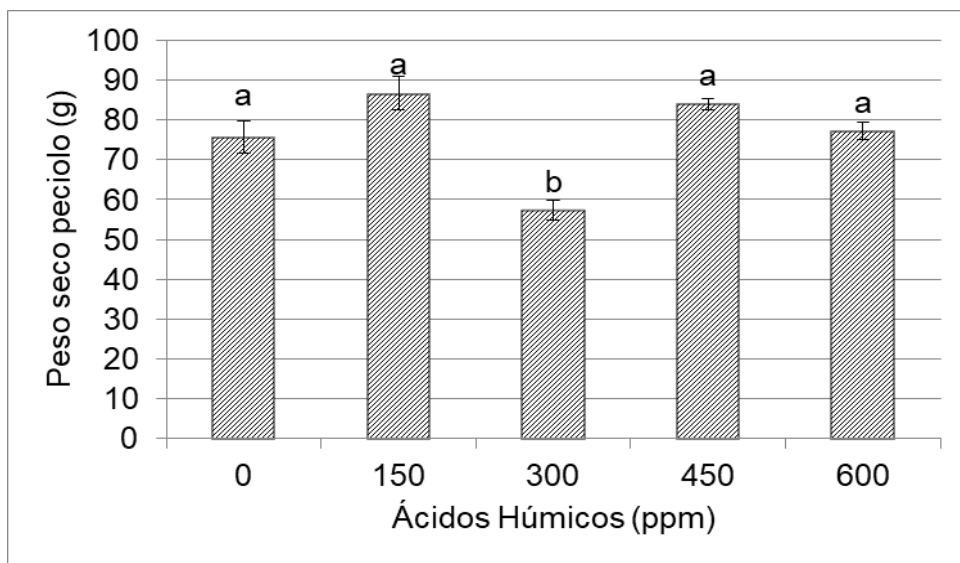


Figura 8. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco peciolo. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.004$. Las letras a y b son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

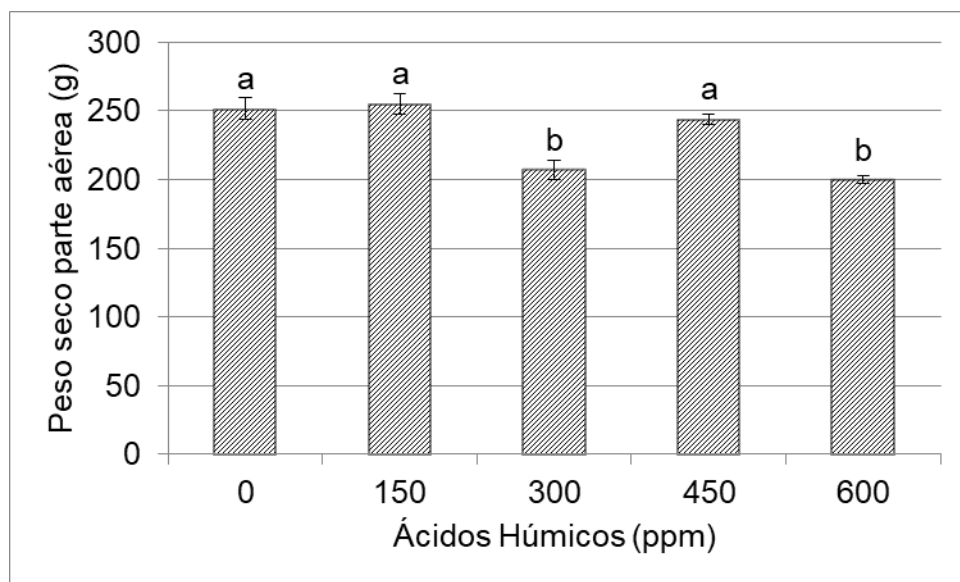


Figura 9. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en el peso seco parte aérea. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.001$. Las letras a y b son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

Altura de planta

El análisis de varianza realizado para la variable altura de planta, se encontró diferencias significativas en las diferentes concentraciones de AHs (Figura 10). Se observa mayor incremento en la altura es el testigo (0 ppm de AHs) y que a mayor dosis de AHs el valor de esta variable se redujo; siendo, la concentración de 600 ppm de AHs la que disminuyó drásticamente la altura (Figura 9). El resultado obtenido de esta variable no concuerdan con los obtenidos por Guminski *et al*, (1965); Guminski, (1968), donde los ácidos húmicos aumentaron el crecimiento de plantas de tomate en solución nutritiva, bajo condiciones de baja aireación. De la misma manera los resultados difieren con Meza (1995) que al realizar un experimento en el cultivo de fríjol para la respuesta de la aplicación de ácidos húmicos comerciales a diferentes dosis encontró que el producto comercial Humiplex plus en la dosis baja de 10 kg ha⁻¹ mejoró la altura de la planta.

Diámetro de tallo

El diámetro de tallo presenta diferencias significativas en las diferentes concentraciones de AHs (Figura 11). Las plantas tratadas con 150, 300 y 450 ppm de AHs tienen un efecto similar entre sí, sin embargo, comparado con la aplicación de 600 ppm de AHs disminuye el diámetro en comparación con las plantas testigo (Figura 11). Estos resultados obtenidos no coinciden con Dias *et al*. (2009) al reportar que la lechuga en hidroponía con la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos a la solución nutritiva, no causaban una disminución en el diámetro de la planta. Asimismo esto difiere con la reportado por Juárez (2002), sobre la respuesta del rosal a las aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos, pues la aplicación de este producto al suelo, muestran un incremento para el diámetro de tallo de estas plantas.

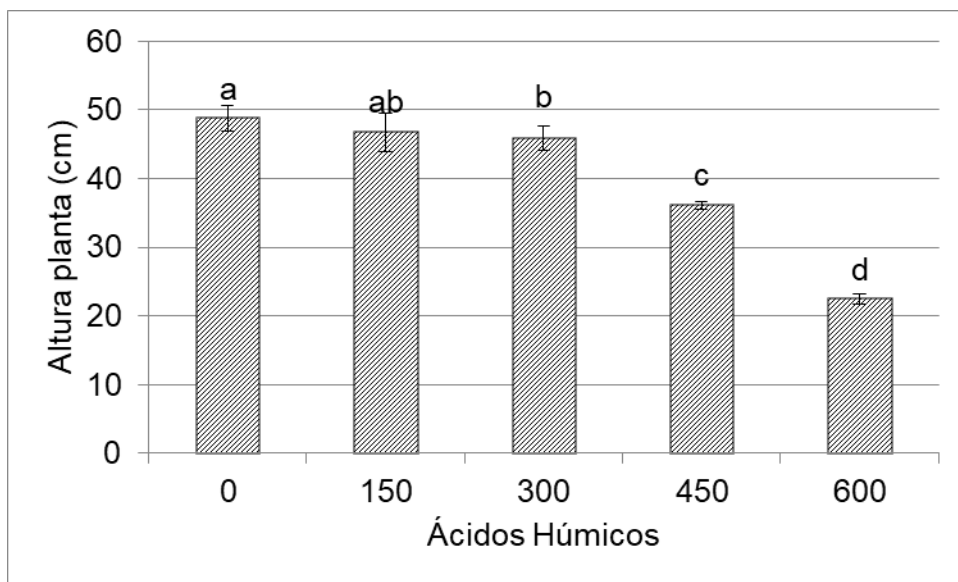


Figura 10. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la altura de planta. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.001$. Las letras a, ab, b, c y d son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

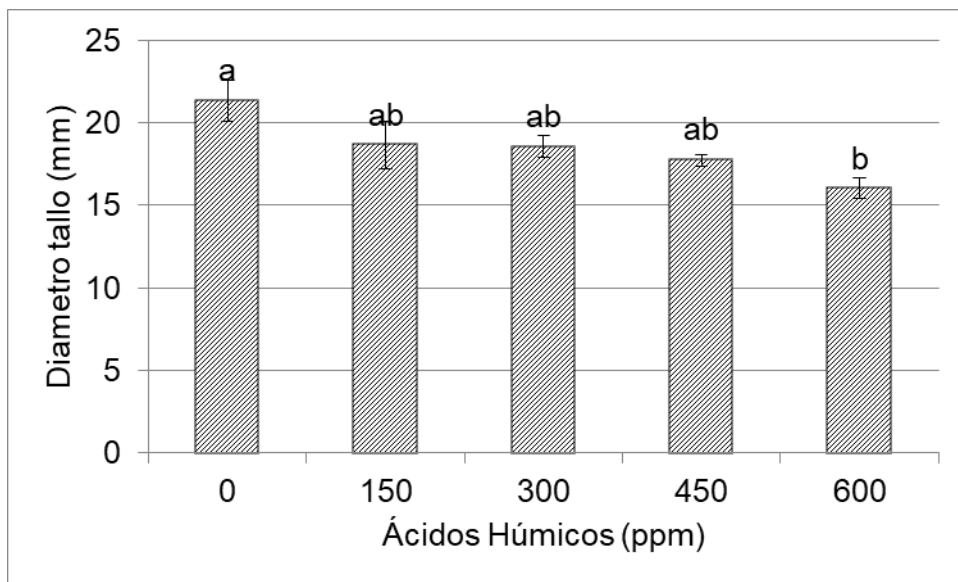


Figura 11. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable diámetro de tallo. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.0358$. Las letras a, ab y b son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

Rendimiento

El análisis de varianza realizado para la variable rendimiento se observa diferencias significativas en las diferentes concentraciones de AHs (Figura 12). Con la aplicación de 150 ppm de AHs se logra incrementar el rendimiento de plantas en comparación de aquellas que recibieron 0 ppm, mismo que las plantas tratadas con 300, 450 y 600 ppm de AHs se obtuvo menor rendimiento (Figura 12). Estos resultados concuerdan con los que menciona Martínez (1990), que al aplicar ácidos húmicos (Humitron 12 L), aumentan la producción obteniéndose un incremento de 4.2 toneladas por hectárea en el cultivo de papa.

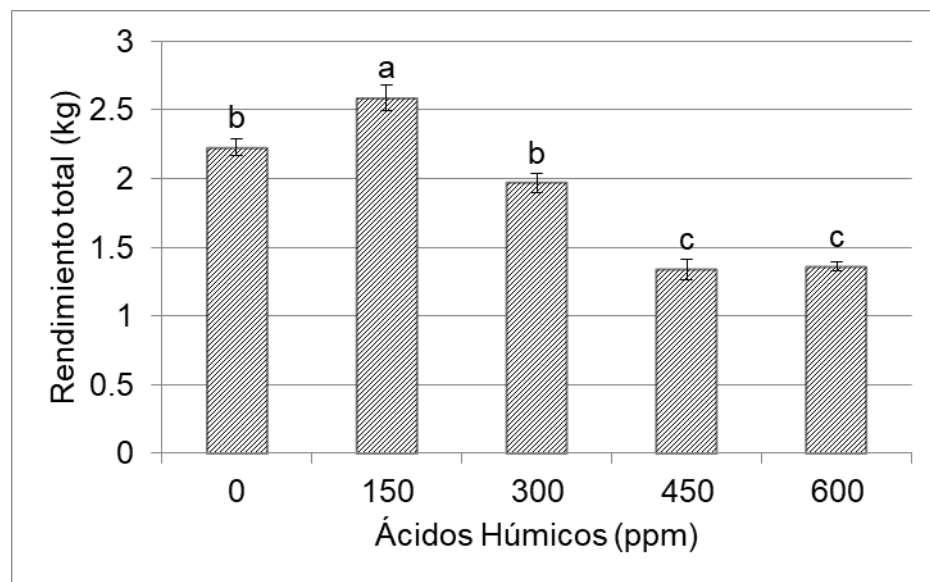


Figura 12. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable rendimiento total. Las barras indican el error estándar de la media. ANVA $P \leq 0.001$. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de media con Tukey al 0.05.

Longitud de fruto y Diámetro ecuatorial

De acuerdo el análisis de varianza la variable longitud de fruto, no se encontró diferencias significativas en las diferentes concentraciones de AHs (Cuadro 3). Lo que sugiere que todas las concentraciones de AHs se comportaron de la misma

manera (Cuadro 3), este mismo efecto se observa en el diámetro ecuatorial de los frutos (Cuadro 4). Es evidente mencionar que estos resultados coinciden con lo reportado por Vaughan y Malcom (1985), quienes mencionan que los beneficios de AF y AH se presentan de manera más general en la parte radicular que en la aérea. Estos resultados no concuerdan con lo obtenido por Ferrara y Brunetti (2010) donde lograron incrementar el tamaño (anchura y longitud) de las bayas de los frutos de la uva (*Vitis vinífera* L.) con la aplicación de 100 mg L⁻¹ de ácidos húmicos. Estudios llevados a cabo por Chen et al. (2004) demostraron que los ácidos húmicos aplicados en altas concentraciones provocan un efecto inhibitorio en los procesos fisiológicos y bioquímicos de los vegetales.

Cuadro 2. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable longitud de fruto. ANVA $P \leq 0.1492$. Las letras a, son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

Análisis de varianza de longitud de fruto						Tabla de medias 0.005		
FV	DF	SC	CM	F	P>F	Trat.	Rep.	Media
Modelo	7	4.6722	0.667	1.8	0.177	Test	4	16.89 a
Error	12	4.4492	0.371			T1	4	16.69 a
Total	19	9.1214				T2	4	16.41 a
						T3	4	15.93 a
						T4	4	17.03 a

Cuadro 3. Respuesta de la calabacita a la aplicación de ácidos húmicos en la variable diámetro ecuatorial. ANVA $P \leq 0.0749$. Las letras a, son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

Análisis de varianza de diametro ecuatorial						Tabla de medias 0.005		
FV	DF	SC	CM	F	P>F	Trat.	Rep.	Media
Modelo	7	64.736	9.2479	1.84	0.1684	Test	4	52.61 a
Error	12	60.266	5.0221			T1	4	54.02 a
Total	19	125				T2	4	51.82 a
						T3	4	51.56 a
						T4	4	56.10 a

CONCLUSIÓN

El experimento realizado indica que con 150 ppm de AHs se obtuvo mayor impacto en los pesos frescos de la parte aérea en comparación con los pesos secos. Asimismo, se observó un incremento en el rendimiento con la aplicación de 150 ppm de AHs, al superar el testigo con un 19.89%.

El peso seco de tallo, hoja y peciolo, altura de planta se redujeron comparando con el testigo (0 ppm de AHs), esta disminución se vio más marcada con una alta concentración de los AHs. Lo que sugiere una posible toxicidad de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P. and Zocchi, G. 1998.** The effect of comercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J. Plant Nutr.* 21(3):561-575.
- Alpizar, M. E., González, D. F., Spaans, E. and Tabora, P. 2006.** Plan dinámico de fertilización para escalopine verde (Cucurbita pepo). *Tierra Trop.* 2:39-47.
- Amer, K. H., 2011 .**Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. *Agric. Water Manage.* 98:1197-1206.
- Burk, D ., Lineweaver, H. and Horner, C. K. 1952.** Iron in relation to the stimulation of grawth by humic acid. *Soil Science.* 33, 413-435
- Carvajal, M. J. y Mera, B. A. 2010.** Fertilización biológica: técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción* 5, 78-96.
- CHEN, Y. y BARAK, P. 1982.** Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv. Agron.* 35:217-240.
- Chen, Y., Clapp, C. E. and Magen, H. 2004.** Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: the role of organo-iron complexes. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50 (7):1089-1095.
- Cooper, R. J., Chunhua, L. and Fisher, D. S. 1998.** Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. *Crop Sci.* 38:1639-1644.
- David, P. P., Nelson, P. V. and Sanders, D. C. 1994.** A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition* 17(1):173-184.

- Dias, N. D., De Brito, A. F., Neto, D. S. and De Lira, R. B. 2009.** Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. *Revista Caatinga*, 22(4), 158-162.
- Du Jardin, P. 2012.** The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Ad hoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012. 184: 21-27
- Du Jardin, P. 2015.** Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. *Rev. Scientia Horticulturae*, 196: 3-14 .
- Etchevers J. D. 2000** .Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoam.* 17:209-219. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Ferrara, G. and Brunetti, G. 2010.** Effects of times of application of a soil humic acid on Berry quality of table grape (*Vitis vinífera* L.) cv. Italia”. *Spanish Journal of Agricultural Research.*, 8 (3), 817 – 822. ISSN 1695-971X.
- Gaur, A. C. 1964.** Influence of humic acid on growth and mineral nutrition in plants. *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol.* 35:207-219.
- Gros, A. Y Domínguez, A. 1992.** Abonos guía práctica de la fertilización. 8va. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p. growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition* 17(1):173-184.
- Guminski, S. 1968.** Present-day Views on Physiological Effects Induced ing Plant Organisms by Humic Compounds. *Soviet Soil Sciencce*, 9 1250-1256
- Guminski, S., Guminska, A. and Sulej, J. 1965.** Effectof Humate, Agar-agar and EDTA on the Development of Tomato Seedlings ing Aerated and Nonaerated Water Cultures. *Journal of Experimental Botany*, 16: 151-162.
- Jamil, M. M. 2004.** Squash yield, nutrient content and soil fertility parameters in response to methods of fertilizer application and rates of nitrogen fertigation. *Nutr. Cycling Agroec.* 68:99-108.

- Martinetti, L. and Paganini, F. 2006.** Effect of Organic and Mineral Fertilization on Yield and Quality of Zucchini. *Acta Hort. (ISHS)* 700: 125-128.
- Paris, H. S. 1989.** Historical records, origins and development of edible cultivar groups of cucurbita pepo (Cucurbitaceae). *Economic Botanic* 43 (4), 2423 – 443.
- Paris, H. S. and Janick, J. 2005.** Early evidence for the culinary use of squash flowers in Italy. *Chronica Horticulturae* 45 (2), 20 – 21
- Pettit, R. E., 2012.** Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. College Station, Texas, United States: Texas A&M University.
- Rauthan, B. S. and Schnitzer, M. 1981.** Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant and Soil*. 63:491-495.
- Rusch, H. P. 1972.** La fécondité du sol (original title: “Bodenfruchtbarkeit”, 1968, K.F. Haug Verlag; translated from German to French by C. Aubert). Le Courrier du Livre, Paris.
- Schnitzer, M. 2000.** Life time perspective on the chemistry of soil organic matter. Sparks, D. L. (Ed.). *Advances in Agronomy*, Academic Press. 98:3-58.
- Sladky, Z. 1959.** The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. *Biol. Plant.* 1:142-150.
- Sutton, R. and Sposito, G. 2005.** Molecular structure in soil humic substances: the new view. *Environ. Sci. Technol.* 39(23):9009- 9015.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2006.** *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Sunderland, MA, USA.
- Tan, K. H., Nopamornbodi, V. 1979.** Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays* L.) *Plant Soil*. 51:283- 287.

Young, C. C. and Chen, L. F. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings. *Plant and Soil*. 198:143-149.

Zotarelli L, Dukes, M. D., Scholberg, J. M, Hanselman,T. and Femminella, K. L., Muñoz, C. R. 2008. Nitrogen and water use efficiency of zucchini squash for a plastic mulch bed system on a sandy soil. *Sci. Hort.* 116:8-16.

LIBROS

García, S. D. 2017. Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

Graetz, H. A. 1997. *Suelos y Fertilización*. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p.

Rodríguez F. H. y Rodríguez J. A. 2011. Métodos de Análisis de Suelo y Plantas. Ed. Trillas S.A. de C.V. México. 239 p.

CAPÍTULOS DE LIBROS

Albuzio, A., Concheri G., Nardi S. and Dell'agnola G. 1994. Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions. *In* Humic substances in the global environment and implications on human health. N. Senesi, T. M. Miano (Eds.) Elsevier Science B. V. Amsterdam. pp:199-204.

Alcántar, G. G. y Trejo, T. 2007. Nutrición de cultivos. Mundiprensa y Colegio de Postgraduados. México, D. F. pp 142- 153.

Chen, Y., Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. *In*: McCarthy P, Calpp CE, Malcolm RL. Bloom, Readings. ASA and SSSA, Madison, WI. pp. 161-186.

- Chen, Y., Clapp, C. E., Magen, H. y Cline, V. W. 1999.** Stimulation of plant growth by humic substances: Effects on iron availability. In: Ghabbour, EA, Davies G. (eds.), Understanding humic substances: Advanced methods, properties and applications. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK. pp. 255-263.
- Chen, Y., Senesi, N. y Aviad, T. 2004 .**Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: MAGDOFF, F., WEIL, R. R. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture eds. New York, USA: CRC Press, pp. 103-129. ISBN 13978-0-203-49637-4.
- Jhonstom, A. E. 1991.** Soil fertility and soil organic matter. In: Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. Ed. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. UK. pp. 299-314.
- Oliver, A. O. 2009.** Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate. Universidad de Alacante, pp 105-105.
- Rose, M. T., Patti, A. F., Little, K. R., Brown, A. L. y Jackson W. R. 2014.** Cavagnaro , T. R.A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agricultura D.S. Sparks (Ed.), Advances in Agronomy, Vol. 124 (2014), pp. 37-89.
- Terry, E., Nuñez, M., Pino, A. M. y Medina N. 2001.** Efectividad de la combinación biofertilizantes - análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*LycopersiconesculemtumMill*). Cultivos tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Vol. 22, número 002. La Habana, Cuba. Pp. 59 – 65.
- Vaughan, D. y Malcom, R. E. 1985.** Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan, D., Malcom, R.E. (Eds.), Soil Organic Matter and Biological Activity, Martinus Nijhoff/ Junk W, Dordrecht, The Netherlands, pp. 37–76.

MEMORIAS Y OTROS ENCUENTROS CIENTÍFICOS

Rosales, L. R. 2007. Caracterización del proceso de abscisión floral en cucúrbita pepo. Memoria Doctoral. Universidad de Granada, Granada. P. 3-4.

PAGINAS WEB

Conabio, 2006. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM), Proyecto GEF-CIBIOGEM De Bioseguridad.

EBIC, 2013. Economic overview of the biostimulants sector in Europe. European Council of the biostimulants industry. <http://www.biostimulants.eu/2013/04/2013-overview-of-the-european-biostimulants-market> .

Mayhew, L. 2004. Humic substances in biological agriculture [Online]. Available at, www.acresusa.com/toolbox/reprints/Jan04_Humic%20Substances.pdf (2004).

SIAP-SAGARPA, 2011. Estadísticas de SAGARPA de producción de calabacita en México, disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351, consultado el 6 de diciembre del 2019.

NOTAS PERIODÍSTICAS

Mesa, L. J., Castro J. y Méndez, P. 1992. Efecto de la aplicación de ácidos húmicos en hapiudit típico de los llanos orientales y su interacción con elementos micro nutrientes [Publicación periódica]. - Bogotá, Colombia: Agronomía Colombiana, Vol.160-178.

Serrano, L., Castruita M., Cervantes, G., Potisek M., Vidal J. y Rangel, P. 2015. Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra [Publicación periódica]. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América. 40(5) 317–323 p.

TESIS CONSULTADAS

- Albert, M. O. 2015.** Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate Tesis. San Vicente del Raspeig (Alicante). Universidad de Alicante.
- Aza, A. E. 2001.** Efecto de Ácidos Fúlvicos de dos orígenes en el Tomate. Tesis de Licenciatura, Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. P. 42.
- Carlo, R. Z. 1992.** Ácidos Humicos y Fertilización Foliar en el Cultivo de Brócoli (Brassica Oleracea var. Italica) en Arteaga Coahuila. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah. Méx. 117 Pag.
- Cuesta, A. 1994.** Aplicación a suelos calizos de fertilizantes fosforados en combinación con ácidos húmicos. Tesis Doctoral. Departamento de Agroquímica y Bioquímica. Universidad de Alicante. Alicante.
- Escobar, E. F. 2015.** Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena [Tesis]. Ocos, San Marcos. Universidad Rafael Landívar, 2015.
- Juárez, C. H. 2002.** Respuesta del rosal a las aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos a diferentes frecuencias de aplicación. Tesis licenciatura UAAAN, Saltillo, Coh., Mex. Pp 98- 98.
- López, R. R. 2003.** Control químico de la maleza en el cultivo de la calabacita (cucúrbita pepo L) var. Gray zucchini en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp. 4-5.
- Martínez, L. J. A. 1990.** Efecto del ácido humico (Humitron) y fertilizantes foliares sobre la asimilación de distintos elementos nutritivos en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L) cv "gigant" en la región de derramadero Coahuila. Tesis de licenciatura U.A.A.AN.

- Meza, M. A. 1995.** Evaluación de los Acidos Húmicos (humiplex plus) a Diferentes Dosis en el Cultivo de Fríjol Ejotero (*Phaseolus Vulgares L.*) Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coah. Mex.
- Pajuelo, C. 1996.** Respuesta de piña (*Ananas comosus (L.) Merr.*) a la aplicación de bioestimulantes ECO-HUM-DX, bajo las condiciones climáticas de Pocora, Costa Rica. Tesis. pp 39. EARTH, Costa Rica
- Palma, G. 2003.** “Evaluación de ácido húmico en la producción de tomate. (*Licopersicum esculentum*)”. Tesis. Universidad Rafael Landívar. Quetzaltenango, Guatemala, 80p.
- Ramos, R. R. 2000.** Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Rodríguez, F. R. 2009.** Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertas de cacao (*Teobroma cacao L.*) cultivar nacional Tesis. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Rojas, K. 2006.** Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. Tesis de Grado. Ingeniería Ambiental. Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- Sánchez, J. M. 2000.** Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino Tesis. San Vicente del Raspeig (Alicante): Universidad de Alicante.
- Tene, W. R. 2016.** Efecto de bioestimulantes en frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Tesis. En el cantón el guabo, provincia el oro. Guayaquil: Universidad Estatal de Guayaquil.
- Vázquez, D. L. 2012.** Efectos de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos en la Nutrición de Acelga (*Beta vulgaris L.*) Bajo un Sistema de Raíz Flotante. Tesis licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coah. Méx, pp 40 – 41.

Vivas, M. J. 2001. Mejora del desarrollo y la producción vegetal por bioestimuladores. Sustancias húmicas comerciales y alcoholes. Tesis Doctoral.