

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Efecto de las Diferentes Dosis de Ácido Húmico en el Crecimiento Vegetativo
del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:

JOSÉ CRISOFORO RUIZ GÓMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Efecto de las Diferentes Dosis de Ácido Húmico en el Crecimiento Vegetativo
del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:
JOSÉ CRISÓFORO RUIZ GÓMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



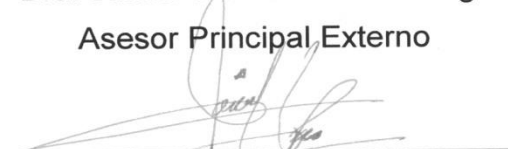
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Asesor Principal Interno



Dr. Ángel Rumualdo Cepeda Dovala
Asesor



Dra. Juana Cruz García Santiago
Asesor Principal Externo



Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Efecto de las Diferentes Dosis de Ácido Húmico en el Crecimiento Vegetativo
del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:
JOSÉ CRISÓFORO RUIZ GÓMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el H. Jurado Examinador:



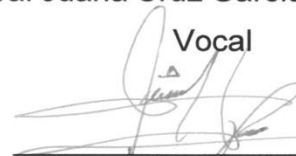
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Presidente de Jurado



Dra. Juana Cruz García Santiago
Vocal



Dr. Ángel Rumualdo Cepeda Dovala
Vocal



Dr. Armando Hernández Pérez
Vocal



M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

Agradecimiento

A DIOS:

Por darnos esperanza para poder lograr nuestras metas, la existencia en este planeta, darnos un propósito con la cual luchamos cada día y permitir que exista la felicidad.

A mi familia:

Agradezco de gran corazón a aquellos miembros de mi familia que creyeron en mí, los que me impulsaron a ser mejor persona y logre mis metas.

A mis profesores:

Gracias por las enseñanzas y las experiencias proporcionadas. Fue uno de los momentos más bonitos de mi vida, ya que el aprendizaje es uno de los tesoros más valiosos que se puede obtener en este mundo.

A mis asesores de tesis:

Por el apoyo proporcionado a lo largo de esta tesis y la experiencia, ya que sin ellos no hubiera sido posible.

A mi tutor:

Agradezco de gran corazón a mi tutor asignado por la institución por darme ánimos y dedicar su tiempo para instruirme hasta la culminación de mi plan de estudios.

A la UAAAN:

Gracias a la institución por hacer posible mis sueños de lograr mi meta para salir adelante; fueron muchas experiencias muy bonitas que por ningún motivo de mi vida cambiaría.

Dedicatoria

A mi madre que siempre me apoyó y creyó en mí, por enseñarme a ser una mejor persona e influir mucho en mi educación.

A mi padre por darnos sustento y apoyarnos para salir adelante.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|--------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | RESUMEN | 3 |
| III. | JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 3.1. | OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 3.2. | OBJETIVO ESPECIFICO | 4 |
| IV. | HIPÓTESIS | 4 |
| V. | REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 5.1. | Historia del cultivo de pepino | 5 |
| 5.2. | Centro de diversificación | 5 |
| 5.3. | Tipos de pepino (Méndez, 2016): | 6 |
| 5.4. | Botánica del cultivo | 6 |
| 5.4.1. | Semilla | 6 |
| 5.4.2. | Raíz | 6 |
| 5.4.3. | Tallo | 6 |
| 5.4.4. | Hojas | 6 |
| 5.4.5. | Flor | 7 |
| 5.4.6. | Tipo de antesis diurna | 7 |
| 5.4.7. | Inicio de la floración | 7 |
| 5.4.8. | Polinización | 7 |
| 5.4.9. | Fruto | 8 |
| 5.5. | Requerimientos generales | 8 |
| 5.5.1. | Clima | 8 |
| 5.5.2. | Ciclo de madures | 8 |
| 5.5.3. | Altitud | 8 |
| 5.5.4. | Humedad | 8 |
| 5.5.5. | Luz | 9 |
| 5.5.6. | Temperatura | 9 |
| 5.5.7. | Precipitación o requerimiento de agua | 9 |
| 5.5.8. | Suelo (pH, C.E., profundidad, textura y drenaje) | 10 |
| 5.5.9. | Fertilización | 10 |
| 5.6. | Importancia del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) | 10 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 5.7. | Principales productores en México _____ | 11 |
| 5.8. | Cultivos sin suelo (hidropónia) _____ | 11 |
| 5.8.1. | Importancia de la hidropónia. _____ | 12 |
| 5.8.2. | Ventajas de la hidropónia (FAO, 1996): _____ | 12 |
| 5.8.3. | Desventajas de la hidropónia (Gilsanz, 2007): _____ | 12 |
| 5.8.4. | Tipos de sistemas de producción en hidropónia: _____ | 13 |
| 5.9. | Solución nutritiva _____ | 14 |
| 5.9.1. | Unidades de concentración _____ | 16 |
| 5.9.2. | Factores importantes para solución nutritiva _____ | 16 |
| 5.10. | Bioestimulantes _____ | 19 |
| 5.10.1. | Efecto de la aplicación de los bioestimulantes (Granados, 2015) _____ | 19 |
| 5.11.2 | Tipos de bioestimulantes _____ | 20 |
| 5.11.2.1. | Acido húmico y fúlvico _____ | 20 |
| 5.11.2.2. | Extracto de algas y plantas _____ | 20 |
| 5.11.2.3. | Aminoácidos y mezcla de péptidos _____ | 21 |
| 5.11.2.4. | Quitosan (polímeros) _____ | 21 |
| 5.11.2.5. | Bacterias y hongos _____ | 21 |
| 5.11.2.6. | Compuestos inorgánicos _____ | 21 |
| 5.11.2.7. | Ácido húmico _____ | 21 |
| 5.11.3. | Efecto de los ácidos húmicos _____ | 23 |
| 5.11.4. | Efecto de ácidos húmicos en las plantas _____ | 23 |
| | 24 | |
| 5.11.5. | Importancia del ácido húmico en <i>Cucumis sativus</i> _____ | 24 |
| 5.11.6. | Efecto de ácido húmico en otros cultivos _____ | 25 |
| 5.12. | Absorción de nutrientes en la planta de pepino _____ | 26 |
| 5.13. | El carbono _____ | 28 |
| 5.13.2. | Capacidad del carbono (Cooper, 2019): _____ | 28 |
| VI. | MATERIALES Y MÉTODOS _____ | 29 |
| 6.1. | Localización del trabajo experimental _____ | 29 |
| 6.2. | Proceso de preparación de macetas y siembra. _____ | 29 |
| 6.3. | Proceso de preparación de solución nutritiva-ácido húmico. _____ | 30 |
| 6.4. | Eventos de plagas y enfermedades _____ | 30 |

| | | |
|--------|--|----|
| 6.5. | Variables evaluadas _____ | 30 |
| 6.5.1. | Número de flores por planta _____ | 30 |
| 6.5.2. | Diámetro de tallo _____ | 31 |
| 6.5.3. | Volumen de raíz _____ | 31 |
| 6.5.4. | Longitud de raíz _____ | 31 |
| 6.5.5. | Peso seco de los órganos de las plantas _____ | 31 |
| 6.6. | Diseño experimental y análisis estadístico _____ | 31 |
| VII. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____ | 32 |
| VIII. | CONCLUSIÓN _____ | 39 |
| IX. | RECOMENDACIÓN _____ | 39 |
| X. | BIBLIOGRAFÍA _____ | 40 |
| XI. | REFERENCIAS _____ | 42 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|------------------|---|----|
| Cuadro 1. | Valor nutricional del pepino (fruto) (EFSA, 2010). _____ | 11 |
| Cuadro 2. | Propiedades de sustratos. Dónde: Da (densidad aparente), EPT (espacio porosidad total), Ca (capacidad de aireación), AFD (agua fácilmente disponible) y AR (agua de reserva) (Intagri, 2017). _____ | 14 |
| Cuadro 3. | Tipos de soluciones nutritivas en concentraciones de ppm (FAO, 1996). _____ | 15 |
| Cuadro 4. | Efecto de c.e. en el rendimiento de diferentes hortalizas en canarias (Ayers y Wescot, 1985). _____ | 17 |
| Cuadro 5. | Fertilizantes utilizados en las soluciones nutritivas (Rantos y Rios, 2016). _____ | 18 |
| Cuadro 6. | Características generales de ácido húmico por Kg (Francisco R., 2017). _____ | 22 |
| Cuadro 7. | Comparación de medias de la absorción de macro nutrientes (g/planta) del pepino, en cuatro concentraciones de solución nutritiva universal de Steiner (Fernando, 2017). _____ | 26 |
| Cuadro 8. | Estándares de análisis de hojas para pepinos de invernadero (en materia seca de 3ra a 5ta hojas de la parte superior) (Kreif et al., 1992). _____ | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Comportamiento de sustancias húmicas en la planta (francisco, 2017). _____ | 24 |
| Figura 2. Ubicación del experimento (UAAAN). _____ | 29 |
| Figura 3. Efecto de la dosis de ácidos húmicos en el número de flores de las plantas de pepino tipo holandés. ANVA $P \leq 0.001$. _____ | 34 |
| Figura 4. Efecto de ácidos húmicos en el peso seco de la raíz de las plantas de pepino. ANVA $P \leq 0.003$. _____ | 35 |
| Figura 5. Efecto de ácido húmico en la longitud de la raíz. ANVA $P \leq 0.0039$. _____ | 36 |
| Figura 6. Efecto de ácido húmico al peso seco total. ANVA $P \leq 0.0001$. _____ | 36 |
| Figura 7. Figura del comportamiento del parte aéreo con respecto al peso seco de la raíz ANVA $P \leq 0.0003$. _____ | 37 |
| Figura 8. Figura del comportamiento del peso seco de la hoja con relación al volumen de la raíz. ANVA $P \leq 0.0007$. _____ | 38 |
| Figura 9. Efecto de relación de peso seco de raíz con el número de flores. ANVA $P \leq 0.0001$. _____ | 38 |

I. INTRODUCCIÓN

Los cultivos en campo abierto como en cultivo protegido tienen sus ventajas y desventajas; aunque la práctica de la agricultura en un entorno cerrado ha dado más puntos positivos que negativos debido a que se puede controlar aspectos ambientales necesarios para dicho cultivo a establecer y por ende optimizar su desarrollo (Pacheco y Bastida, 2011). En los años 1970 en México se reportó 100 hectáreas de invernaderos, lo cual, nos indica que en esos años el desarrollo de la agricultura iba en incremento; para los años 2000 ya se contaba con 700 hectáreas y en el año 2017 se dio un gran avance en la escala de extensión ya que en ese año ya se tenía 25,000 hectáreas de cultivo bajo estructuras de protección o invernadero; los cultivos que se emplean en dicha estructura son hortalizas de diferentes especies, plantas ornamentales o flores de corte y frutillas según sea las dimensiones de la estructura protegida (Bastida, 2017). La producción de cultivos en sistemas protegidos tiene una gran demanda de fertilizantes químicos debido a que los cultivos presentan una alta tasa de crecimiento. Sin embargo, existe la necesidad de aumentar los rendimientos de los cultivos para satisfacer la demanda de la población en continuo crecimiento sin aumentar la contaminación del medio ambiente que ha surgido la necesidad de ajustar las dosis de fertilizante y aplicar solo lo necesario en función de la producción esperada. De esta manera se minimizan los daños al medio ambiente a la par que se reducen los costes del agricultor. Todo ello, evitando que la producción se vea mermada por falta de nitrógeno, con el objetivo de minimizar el impacto de la actividad agrícola sobre el medio ambiente y no comprometer aún más la sostenibilidad de los agroecosistemas, deben utilizar nuevas herramientas, las cuales permitirán tomar decisiones para reducir los efectos secundarios negativos de la fertilización nitrogenada (Sanchez, 2019). El cultivo sustentable es un sistema que podría ayudar a mejorar el rendimiento de los cultivos y reducir la contaminación del medio, ya que este se basa en la producción de cultivos a base de sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales con el objetivo de satisfacer la alimentación humana,

mejorar la calidad del ambiente, hacer un uso eficiente de los recursos no renovables, mejorando la calidad de vida de los agricultores (Osorio, 2008). Los ácidos húmicos son importantes por poseer la capacidad de retención de agua del suelo así como su capacidad tampón frente a los cambios de acidez (Vaughan y Ord, 1985). Existen investigaciones que indican que los ácidos húmicos mejoran el crecimiento y rendimiento de diferentes cultivos ya que al suelo favorece, entre otros aspectos, la formación de agregados y de la estructura; disminuye la densidad aparente, la capacidad de almacenamiento de humedad aprovechable y a la facilidad de conducción aumentan y se incrementa la capacidad de intercambio catiónico, disminuye el pH en los suelos alcalinos y se eleva la fertilidad natural al facilitar la absorción de los nutrimentos presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberados en forma asimilable (García, 1992). El cultivo de pepino es de suma importancia, ya que es una de las principales hortalizas de exportación, se produce en diferentes modalidades como el pepino en invernadero, en malla sombra y orgánico, siendo este producto con mayor demanda en los mercados internacionales (Méndez, 2016). Por lo anteriormente mencionado, en este trabajo se planteó el objetivo de determinar el efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico en el crecimiento vegetativo de las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.).

II. RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto de los ácidos húmicos, en diferentes concentraciones, en el crecimiento de las plantas de pepino fertilizadas con la solución Steiner al 50%. Se evaluaron cinco tratamientos, con cinco repeticiones cada uno. La siembra fue directa. El medio de crecimiento fue perlita. Después de 15 días después de la siembra se inició la aplicación de las soluciones nutritivas correspondiente a cada tratamiento. El riego se realizó a mano. La cantidad y frecuencia de riego se determinó según las necesidades hídricas del cultivo, dejando una fracción de lixiviado del 25%. El experimento terminó a los 56 días después de la siembra, cuando la planta entró a la etapa de floración. Los parámetros evaluados fueron: número de flores por planta, volumen de raíz, peso fresco y seco de cada uno de los órganos de la planta. Los datos se analizaron con el programa SAS 9.0. Los resultados mostraron que al aplicar 8 ml L⁻¹ de ácidos húmicos se obtuvo un buen crecimiento vegetativo de las plantas de pepino, tales resultados fueron un mayor peso seco aéreo, peso seco de la raíz y el número de flores con respecto al testigo.

III. JUSTIFICACIÓN

La actualización del conocimiento es vital en la agricultura para poder entrar en la competencia del mercado, eficientar la economía y realizar las prácticas adecuadas para mejorar el desarrollo de la planta con el fin de lograr cumplir las metas de producción establecidas.

Contribuir al desarrollo del país para disminuir la importación de productos agrícolas, ya que la práctica de la agricultura convencional del país está dejando menos rendimiento y viabilidad. Los recursos que tenemos muchos de ellos no son renovables y se dificulta la obtención de las mismas. Lo más importante es eficientar la producción, como, por ejemplo: implementar recursos alternativos como el uso de productos de origen orgánico y reducir el impacto al medio ambiente.

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico en el crecimiento vegetativo de las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.).

3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar el efecto de diferentes concentraciones de ácido húmico sobre el crecimiento vegetativo aéreo de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.).
- Determinar el efecto de diferentes concentraciones de ácido húmico en el desarrollo radicular de las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.).

IV. HIPÓTESIS

- Al menos uno de los tratamientos presentará un efecto positivo al aplicar una dosis de ácido húmico.
- En todos los tratamientos no tendrá efecto alguno al aplicar diferentes dosis de ácido húmico.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Historia del cultivo de pepino

Cucumis sativus comúnmente se conoce como pepino, tiene sus orígenes en el sur de Asia, en el cual, tuvo un gran auge en la agricultura por lo que se optó en ser cultivado por más de 300 años (Bisognin, 2002).

Las especies de *Cucumis* con 2n:12, 2n:14 e híbridos son nativos de la india mientras las otras especies del género se originaron en África (Jorge, 1968).

Se considera que el probable ancestro para *C. sativus*, es *C. hardwickii* especie silvestre nativa del Himalaya (Křístková *et al.*, 2003).

5.2. Centro de diversificación

Desde que se descubrió la especie de *Cucumis sativus* en Asia del sur se registró que se diversificaron en el suroeste y centro de Asia; después de eso se exportaron en Turquía, Siria, Irán, Afganistán, India, Pakistán, Turkmenistán, Tayikistán y Uzbekistán como centro primario y después a China, Corea, Portugal y España (como centro secundario). En México la superficie sembrada en el año 2013 fue 17, 781 hectáreas (INIFAP, 2002 y Křístková *et al.*, 2003).

Información taxonómica:

Nombre científico: *Cucumis sativus* L.

División: Embriophyta, asiphonograma, criptogramas vasculares.

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledóneas, Simpétalas, tetracíclicas.

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitácea.

Género: *Cucumis*

Especie: *Sativus L.* (CENTA, 2003)

5.3. Tipos de pepino (Méndez, 2016):

- Pepino corto y pepinillo (“tipo español”)
- Pepino largo (“tipo holandés”).
- Pepino medio largo (“tipo francés”).

5.4. Botánica del cultivo

5.4.1. Semilla

Son de color blanco amarillentas, tienen forma ovalada con una cubierta dura, tiene tamaño variable de 8 a 10 mm de longitud y con 3 a 5 mm de grosor (Křístková *et al.*, 2003).

5.4.2. Raíz

El sistema radicular consiste en una fuerte raíz principal que alcanza de 1.0-1.20 metros de largo, ramificándose en todas las direcciones principalmente entre los primeros 25 a 30 centímetros del suelo. Las modificaciones al sistema radical, en respuesta a condiciones de sequía, son de gran importancia para la adaptación de la planta a su ambiente (García y Vargas, 2000).

5.4.3. Tallo

Es anguloso y espinoso, de porte rastrero y trepador. Cuenta con un eje principal de tallo donde en los primeros 20 y 30 cm tienen ramificaciones. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo. En la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores (infoagro, 2010).

5.4.4. Hojas

Tipo de hoja simple, de largo peciolo, con nervadura central más acentuado, cuenta con un gran limbo acorazonado, son alternas y opuestas a los zarcillos, es de color verde oscuro y recubierto de un bello muy fino (López, 2003).

5.4.5. Flor

Flores de corto pedúnculo y pétalos amarillos. Las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales. Flores monoicas (algunos cultivares con flores andromonoicas, con flores hermafroditas y estaminadas, ginomonoicas, con flores hermafroditas y pistiladas o ginoicas, únicamente con flores pistiladas) (Křístková *et al.*, 2003).

5.4.6. Tipo de antesis diurna

Las flores del pepino abren al amanecer y cierran permanentemente por la tarde, alrededor de la 5 pm, siendo más receptivas durante la mañana (McGregor, 1976).

5.4.7. Inicio de la floración

Esta especie presenta diferentes épocas de floración con base a la región del cultivo y a la variedad cultivada. En México, durante la temporada primavera-verano florecen de julio a septiembre y en temporada otoño-invierno de enero a marzo (Hossain *et al.*, 2002).

5.4.8. Polinización

En un sistema cerrado se practica la polinización inducida si es unisexual ya que no cuenta con agentes de polinización (insectos o viento). En caso de hermafroditas se autopolinizan. La polinización generalmente es a través de insectos, aunque es una planta con tendencia a la partenocarpia (no producción de semillas) (Casilima *et al.*, 2012).

5.4.9. Fruto

Presentan características diferentes según sea la variedad; frutos de tamaño variable, cilíndrico u oblongo, tuberculado, pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, presenta diferentes colores según su etapa (verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro) (Zamora, 2017).

5.5. Requerimientos generales

5.5.1. Clima

El cultivo de pepino está adaptado en lugares tropicales y cálidos, los cuales no son capaces de tolerar las heladas. Es exigente de temperaturas elevadas y una humedad relativa alta (Bio-nica, 2009).

5.5.2. Ciclo de madures

Bajo condiciones óptimas para la planta suele ser de 40-45 días (Benacchio, 1982).

En regiones tropicales, 45-55 días a primer corte (Wichmann, 1992).

Los primeros cortes inician de 45 a 70 días según la variedad y el ambiente (Sirohi *et al.*, 2005). De manera que su ciclo varía de 60 a 90 días (FAO, 2006).

5.5.3. Altitud

Si se siembra en zonas costeras se tolera hasta 1200 msnm, el cultivo del pepino suele adaptarse a climas cálidas y templados solo que los requerimientos para que se tenga un buen desarrollo de la planta son diferentes (Rubio, 2017).

Se adapta muy bien en alturas de 0 a 1,200 msnm (López, 2003).

Son plantas adaptadas de altura de 0-1600 msnm (Benacchio, 1982).

5.5.4. Humedad

Son plantas que ocupan un alto contenido de humedad en la germinación y en el proceso de crecimiento, pero si induce a un exceso de humedad ocasiona problemas de germinación y de desarrollo. 60-70% por el día y un 70-90% en la noche (Conabio *et al.*, 2006).

5.5.5. Luz

En la etapa de desarrollo son plantas muy exigentes de luz ya que es un elemento esencial para que se lleve a cabo los procesos fisiológicos, pero en la etapa de germinación se recomienda una ausencia de luz, soporta altas intensidades de luz y en los días nublados es propenso a enfermedades (Infoagro, 2006).

5.5.6. Temperatura

Rango 10-35°C, con una media óptima entre 20 y 25°C. Para una buena germinación la temperatura debe ser superior a 21°C (Benacchio, 1982). Óptima nocturna de 18°C y diurna de 28°C (Wichmann, 1992).

Temperaturas críticas:

La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación.

Sobre 40°C el crecimiento se detiene, con temperaturas inferiores a 14°C, el crecimiento cesa y en caso de prolongarse esta temperatura, se caen las flores femeninas (Grijalva, 2013).

5.5.7. Precipitación o requerimiento de agua

El cultivo de pepino requiere alrededor de 300 mm de agua por ciclo de cultivo. La sequía durante la floración puede causar la no viabilidad del polen y daños al gineceo (Baradas, 1994).

Se cultiva preferentemente bajo riego; en temporal suelen ser adecuados 900 a 1200 mm (Benacchio, 1982).

5.5.8. Suelo (pH, C.E., profundidad, textura y drenaje)

Debido al tipo de raíz que presenta esta planta necesita una profundidad de 50 – 60 cm para alcanzar su máximo desarrollo. En el tipo de pH que requiere es de 5.5-6.8 en rango, pero el óptimo es de 6.0- 7.0 y de C.E. de 1.2-2.0 ya que es una planta no muy tolerante a la salinidad. Esta planta prefiere suelos francos, franco arcillo arenoso, franco arenoso o limoso. Se recomienda que tenga buena capacidad de drenaje (INIFAP *et al.*, 1994).

5.5.9. Fertilización

Para una buena recomendación de nutrición de un cultivo es necesario un cálculo de nutrición de un cultivo se necesita realizar un estudio de fertilidad de suelo o en su caso si es en sustrato se necesita verificar el tipo de sustrato (si es orgánico o inorgánico), ya que ciertos tipos de sustratos liberan minerales o son sintéticos. También es de vital importancia tener el estudio de los requerimientos de la planta según su etapa fenológica (CENTA *et al.*, 2003):

5.6. Importancia del pepino (*Cucumis sativus* L.)

El pepino es uno de los más demandados en temas de consumo ya que ofrece propiedades nutricionales excepcionales e incluso curativas en consumo fresco y en curtido. Aparte de sus propiedades bioquímicas en España es uno de los impulsores de economía por exportación (Rodríguez, 2010). La fruta de pepino aporta ciertas cantidades de proteínas y carbohidratos que el cuerpo humano necesita para el funcionamiento de la misma; también aporta ácidos importantes. El pepino no es rico en minerales, pero se conoce como fruta rica en vitamina C. Con tales aportaciones de vitaminas se consumen con un alto índice elevando su valor económico (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor nutricional del pepino (fruto) (EFSA, 2010).

| Valor nutricional del pepino en 100g de sustancia comestible | |
|---|---------|
| Agua (g) | 95.7 |
| Carbohidratos (g) | 3.2 |
| Proteínas (g) | 0.6-1.4 |
| Grasas (g) | 0.1-0.6 |
| Ácido ascórbico (mg) | 11 |
| Ácido pantoténico (mg) | 0.25 |
| Valor energético (kcal) | 10-18 |

5.7. Principales productores en México

Las principales entidades productoras de México en producción de pepino son Sinaloa, Colima, Guerrero, D.F., Michoacán, Jalisco, Morelos, Veracruz y Yucatán; estas tienen diferentes centros de distribución y margen de comercialización. La mayor parte de la cosecha de pepino que se comercializó en los principales mercados nacionales provino de diez entidades: Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora y Yucatán (SAGARPA, 2015).

5.8. Cultivos sin suelo (hidropónia)

La hidroponía se deriva del griego hydro (agua) y ponos (labor de trabajo), lo cual, significa trabajo en agua. Es un sistema de producción de cualquier cultivo en el cual las raíces no tienen contacto con el suelo. Todos los trabajos que se realizan son por solución nutritiva con medios diferentes. Estudios datan que ya se practicaba la hidropónia en los años 1600 y los primeros en descubrir este sistema fueron la antigua Babilonia con trabajos de jardines flotantes con alimentación en canales. Hace más de 1000 años ya se practicaban en China y en Egipto (FAO, 2003).

El primer nombre que recibió el sistema de cultivos sin suelo fue nutricultura por un trabajo establecido por alemanes (Sachs y Knop, 1960) y después en el año

1938 pasó a llamarse hidropónia por trabajos exitoso logrado por la universidad de california (Soto, 2015).

5.8.1. Importancia de la hidropónia.

La hidropónia ha tenido un auge muy grande ya que por sus resultados ha sido uno de los sistemas de agricultura más aprobada por los resultados que promete. Desde que se determinó la rentabilidad de la hidropónia se fue practicando más y más en los diferentes países (Infoagro, 2018).

Después del descubrimiento de las innovaciones diferentes al suelo ha economizado la utilización de agua en épocas secas permitiendo tener una calidad alta de cultivos y reducción de enfermedades básicamente en la raíz (Guzmán *et al.*, 2004).

5.8.2. Ventajas de la hidropónia (FAO, 1996):

- Una de las ventajas que tiene es el control de la cantidad de nutrientes que se entrega a la planta según sea la demanda.
- Reducción de incidencias de enfermedades y plagas.
- Reducción de costos.
- Independencia de fenómenos meteorológicos (en sistemas cerrados y tecnificados).
- Producción en todo el año.
- Buena asimilación de nutrientes por la solubilidad de fertilizantes.
- Reducción de consumo de agua.
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- No se tiene competencia de nutrimentos.
- Reducción de mano de obra por automatización y utilización de maquinaria.

5.8.3. Desventajas de la hidropónia (Gilsanz, 2007):

- Una de las desventajas es la cantidad de inversión que necesita por la tecnificación del medio de trabajo; para una buena producción se necesita una cantidad considerable de inversión.
- Un desbalance de nutrimentos o dosis no controlada afecta severamente al cultivo.
- Ocupa atención y tiempo.

5.8.4. Tipos de sistemas de producción en hidropónia:

- Sistema NFT (Nutrient Film Technique): consiste en una estructura de PVC con un pendiente conocido, en el cual, se deja pasar una película de agua que se introduce con una bomba para crear una recirculación con nutrientes. Los tipos de estructura de NFT conocidos son: verticales, horizontales y piramidales (Soria, 2012).
- Sistema de raíz flotante: en este sistema se caracteriza por su nombre ya que las raíces se encuentran en un medio hidropónico sostenido por una delgada capa de unicel que hace que flote. Una de las desventajas de este sistema es el pH, ya que se tiene que estar muy atento por variación de la misma. Ejemplo: el aumento de pH ocasiona estrés en la planta y puede llegar a su pérdida total si no se atiende. Dependiendo del tipo de planta puede o no tener sistema de oxigenación, el valor mínimos de oxígeno de 8-9 mg O₂ /lt, como dato importante a mayor temperatura, los valores de O₂/lt de solución expresados en mg descienden. El valor óptimo de temperatura debería encontrarse en un entorno de 10-15 ° C (Izquierdo *et al.*, 2003).
- Sistema de NGS: este sistema está hecho de capas de bolsas de polietileno lo cual toma forma de cascada la solución nutritiva y que las raíces tengan una buena oxigenación, lo cual, permite un buen desarrollo de la misma (Saborido, 2010).
- Sistema de cultivo expuesto al aire o aereoponia: se utilizan materiales inertes como el PVC u otro material, se instalan de forma vertical con agujeros para instalar a las plantas. Este sistema de producción es uno de

los más benéficos para las rices en cuestiones de plantas con alta necesidad de oxígeno, ya que la cantidad de oxígeno es 20 veces más.

- Sistema de producción en sustrato: se utilizan vario materiales para utilizarlo como soporte (inorgánico) y algunos liberan ciertos nutrientes (orgánicos). Los sustratos más utilizados son: arena, perlita, lana de roca, turbas, fibra de coco y tezontle (Intagri, 2017) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades de sustratos. Dónde: Da (densidad aparente), EPT (espacio porosidad total), Ca (capacidad de aireación), AFD (agua fácilmente disponible) y AR (agua de reserva) (Intagri, 2017).

| Propiedad | Turba rubia | Lana de roca | Perlita | Fibra de coco | Tezontle |
|------------------|--------------------|---------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| Da (%) | 0.07 | 0.07 | 0.14 | 0.09 | 0.70 |
| EPT (%Vol.) | 96 | 97 | 80 | 94 | 72 |
| Ca (%Vol.) | 41 | 36 | 29 | 30 | 35 |
| AFD (%Vol.) | 25 | 59 | 25 | 25 | 21 |
| AR (%Vol.) | 6 | 0.3 | 7 | 8.1 | 5.5 |

Factores a considerar para elegir un sustrato (Valenzuela, 2014):

- propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Costo de adquisición.
- Rentabilidad.
- Disponibilidad.
- Impacto ambiental.
- Tipo de cultivo

5.9. Solución nutritiva

Después del descubrimiento de los trabajos en agua se fue difundiendo hasta que se realizaron las primeras investigaciones de la nutrición de la planta en la universidad de california. Después de eso se demostró que se podía cultivar en solución acuosa con sistemas de raíz flotante, suministrándole macronutrientes.

Después de que se llevó a cabo el proyecto de los militares de estados unidos de américa (proyecto de 22 hectáreas) se distribuyó la práctica de la hidroponía en 50 países (como Italia, España., Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia e Israel) en el año 1997 (Resh, 1982).

Una solución nutritiva se compone de agua, nutrimentos esenciales y eventualmente algunos compuestos orgánicos (Steiner, 1968).

Cuadro 3. Tipos de soluciones nutritivas en concentraciones de ppm (FAO, 1996).

| Elemento | H. y Hewit | Arnon | FAO | Jensen | Larsen | Cooper | Steiner |
|-----------------|-------------------|--------------|------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| N | 210 | 168 | 150-225 | 106 | 172 | 200-236 | 167 |
| P | 31 | 41 | 30-45 | 62 | 41 | 60 | 31 |
| K | 234 | 156 | 300-500 | 156 | 300 | 300 | 277 |
| Mg | 34 | 36 | 40-50 | 48 | 48 | 50 | 49 |
| Ca | 160 | 160 | 150-300 | 93 | 180 | 170-185 | 183 |
| S | 64 | 48 | ----- | 64 | 158 | 68 | ----- |
| Fe | 2.5 | 2.8 | ----- | 3.8 | 3 | 12 | 2.4 |
| Mn | 0.5 | 0.54 | 0.5-1 | 0.81 | 1.3 | 2 | 0.62 |
| B | 0.5 | 0.54 | 0-0.4 | 0.46 | 1 | 0.3 | 0.44 |
| Cu | 0.02 | 0.064 | 0.1 | 0.05 | 0.3 | 0.1 | 0.02 |
| Zn | 0.05 | 0.065 | 0.1 | 0.09 | 0.3 | 0.1 | 0.11 |
| Mo | 0.01 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.07 | 0.2 | ----- |

La solución nutritiva es un medio acuoso donde vienen todos los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los nutrientes que se suministran deben de tener una asimilación rápida y debe de ser completo según sea la demanda. La vía principal de las soluciones nutritivas es el medio hidropónico y sustrato (Beltrano, 2015).

Arnon en 1902 y Hougland en 1950 establecieron una de las formas de solución nutritiva más utilizada para satisfacer las necesidades de las plantas hasta que apareció la solución universal de Steiner que engloba factores muy importantes como la compatibilidad de iones, PH y análisis de agua (Zárate, 2014).

5.9.1. Unidades de concentración

La cantidad de iones se puede expresar, además de como: masa (mg), en moles y en equivalentes.

- **Mol:** se define como la cantidad de sustancia de un sistema que contiene ciertas partículas elementales (átomos o moléculas).
- **Equivalente:** Referido a mol, sería el resultado de multiplicar éste por la valencia de la partícula elemental. En las soluciones nutritivas, la valencia coincide con el número de cargas del ión.

La concentración de los diferentes elementos de la solución nutritiva (cantidad de soluto en mg, mmoles o meq por cada litro de disolución) puede venir dada de tres maneras (Santos y Rios, 2016):

- miligramos por litro (mg/L). Es una unidad que equivaldría en soluciones nutritivas a partes por millón (ppm).
- milimoles por litro (mmol/L). En el caso de los microelementos se usan los micromoles/L (mmol/L)
- miliequivalentes por litro (meq/L)

5.9.2. Factores importantes para solución nutritiva

- **pH:** cada planta tiene su rango de tolerabilidad, el rango óptimo es de 5.8 a 7 de la mayoría de las plantas. Hay plantas que toleran cierta acidez y también hay plantas que toleran la alcalinidad, como por ejemplo las cactáceas. Este factor juega un papel fundamental en la disponibilidad de nutrientes en un medio (Brian *et al.*, 2001)

- **Análisis de agua:** este es un factor importante ya que según sea la calidad de agua que se suministra en la solución ya que afecta en el comportamiento en los fertilizantes y por ende se puede perder hasta el 100% de la producción, además, el agua aporta ciertos nutrientes (Gelber, 2017).
- **C.E.:** en los rangos óptimos de conductividad eléctrica está de 1-3 (ds/m), aunque hay plantas que toleran más o menos según sea su fisiología. También el tipo de suelo es de gran importancia ya que cada especie de planta tiene su fisiología en requerimiento de nutrientes. También son adaptados a cierto tipo de ambiente y altitud para que tengan un buen rendimiento. Como se puede apreciar en el cuadro hay plantas que toleran la conductividad eléctrica (C.E) más que otros y afecta el rendimiento potencial de los cultivos en hortalizas como en cultivos tropicales (Cuadro4). La técnica que se deben de utilizar en la recomendación de fertilización debe ser al que se le acerca para su mejor rendimiento. Como por ejemplo el pepino alcanza su máximo rendimiento con 2.5 de CE y su rendimiento menor con un CE de 6.3 (Ayers - Westcot, 1985; FAO, 1996).

Cuadro 4. Efecto de c.e. en el rendimiento de diferentes hortalizas en canarias (Ayers y Wescot, 1985).

| Rendimiento de hortalizas por efecto de CE (dS/m) | | | | |
|---|------|-----|-----|------|
| Cultivo | 100% | 90% | 75% | 50% |
| Calabacín | 4.7 | 5.8 | 7.4 | 10.0 |
| Calabaza | 3.2 | 3.8 | 4.8 | 6.3 |
| Brócoli | 2.8 | 3.8 | 5.4 | 7.9 |
| Coliflor | 2.7 | 3.5 | 4.7 | 5.9 |
| Tomate | 2.5 | 3.5 | 5.0 | 7.6 |
| pepino | 2.5 | 3.3 | 4.4 | 6.3 |
| Melón | 2.2 | 3.6 | 5.7 | 9.1 |
| Sandía | 2.0 | 2.5 | 3.5 | 4.5 |
| Col | 1.8 | 2.8 | 4.4 | 7.0 |

| | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| Papa | 1.7 | 2.5 | 3.8 | 5.9 |
| Millo | 1.7 | 2.5 | 3.8 | 5.9 |
| Batata | 1.5 | 2.4 | 3.8 | 6.0 |
| Pimiento | 1.5 | 2.2 | 3.3 | 5.1 |
| Lechuga | 1.3 | 2.1 | 3.2 | 5.1 |
| Cebolla | 1.2 | 1.8 | 2.8 | 4.3 |
| Berenjena | 1.1 | 2.5 | 4.7 | 8.3 |
| Zanahoria | 1.0 | 1.7 | 2.8 | 4.6 |
| Habichuela | 1.0 | 1.5 | 2.3 | 3.6 |
| Fresa | 1.0 | 1.3 | 1.8 | 2.5 |

- **La temperatura de la solución:** la temperatura del medio acuoso es de vital importancia ya que afecta a la planta en el crecimiento y la absorción de los nutrientes. Temperaturas altas limita el crecimiento de la raíz de las plantas. Temperaturas por debajo de 12°C se ve limitado la absorción de nutrientes y temperatura arriba de 29°C se ve limitada otra vez. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua ya que la temperatura de 30 - 35 se ve muy reducido (Belarmino y Domingo, 2016).

Cuadro 5. Fertilizantes utilizados en las soluciones nutritivas (Rantos y Rios, 2016).

| Fertilizante | Formula Química | M. Molecular | Reacción |
|----------------------|---|-------------------------|-----------------|
| Ácido nítrico | HNO ₃ | 63 | Acida |
| Nitrato cálcico | 5Ca(NO ₃) ₂ 10H ₂ O.NH ₄ NO ₃ | 1080.5/216.1 | Acida |
| Nitrato potásico | KNO ₃ | 101 | Acida/alcalina |
| Nitrato amónico | NH ₄ NO ₃ | 80 | Acida |
| Nitrato de magnesio | Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O | 256.3 | Acida |
| Sulfato amónico | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 132 | Acida |
| Fosfato mono amónico | NH ₄ H ₂ PO ₄ | 115 | Acida |

| | | | |
|-----------------------|---|-------|----------------|
| Urea fosfato | $\text{H}_2\text{PO}_4(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ | 158.1 | Acida |
| Ácido fosfórico | H_3PO_4 | 98 | Acida |
| Fosfato mono potásico | KH_2PO_4 | 136.1 | Acida |
| Sulfato potásico | K_2SO_4 | 174.3 | Acida/alcalina |
| Cloruro potásico | KCl | 74.6 | Alcalina |
| Epsomita | $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 246.3 | Neutro |
| Cloruro cálcico | $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 219 | Alcalina |
| Urea | $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ | 60.1 | Alcalina |

5.10. Bioestimulantes

Se define a los bioestimulantes como productos naturales o sintéticos, que solos o mezclados con fertilizantes, contribuyen a mejorar el crecimiento de las plantas al desencadenar procesos fisiológicos específicos. Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a la planta le facilita la capacidad de absorción y asimilación de los nutrientes, tolerancia de estrés biótico y abiótico (Patrick Du, 1996; Intagri, 2015).

5.10.1. Efecto de la aplicación de los bioestimulantes (Granados, 2015)

- Mejora el desarrollo del cultivo.
- Facilita la asimilación de nutrientes y su movilidad.
- Mejorador de suelo.
- Mejora el enraizamiento de las plantas.
- Mayor vigor.

- Aumento de resistencia contra enfermedades y estrés.
- Incremento de rendimiento productivo.
- Mejor calidad.
- Incrementan la eficiencia de uso de los nutrientes disponibles.

5.11.2 Tipos de bioestimulantes

5.11.2.1. Acido húmico y fúlvico

Son constituyentes de materia orgánica; es un resultado de la descomposición de diferentes cuerpos bióticos mediante el tiempo con las actividades metabólicas de los microorganismos se obtiene estos dos tipos de bioestimulantes. Según sea su peso molecular y su solubilidad en huminas son clasificados. Estos compuestos son considerados reserva bioquímica disponible cuando el medio se encuentra en una situación crítica (estrés) y contiene las huminas que son energía y reserva que evita la degradación de suelo. Las sustancias húmicas generan grandes cantidades de CO₂, ácido acético, ácido oxálico...estos son compuestos de grupos carboxílicos y fenólicos de vital importancia (Sanabria, 2011; Granados, 2015).

5.11.2.2. Extracto de algas y plantas

Al igual que lo anterior son de origen orgánico que son obtenidos mediante procesos que no afectan químicamente sus componentes. Esta actividad es uno de los más antiguos, la diferencia está en el proceso de aprovechamiento ya que por medios físicos se puede extraer los componentes sin alterarlos. En el caso de las algas son seleccionadas según sus características; un ejemplo son las algas pardas, las cuales, son muy utilizados debido a que contienen grandes cantidades de polisacáridos tipo laminadas, fucoidanos y alginatos. Estudios revelan que estimulan la liberación de auxinas y citoquininas (importantes para el desarrollo radicular). Las algas no son fertilizantes ya que no presentan micro y macro nutrientes el proceso que se realiza para su extracción es

verificar su desarrollo óptimo, se corta, se lava, se seca y es sometido a un proceso de extracción acuosa al vacío (Feliu, 198; AEFA, 2017).

5.11.2.3. Aminoácidos y mezcla de péptidos

Son obtenidos mediante proceso de hidrolisis o enzimática de proteínas. Estos compuestos son obtenidos de vegetales y animales. Los aminoácidos son compuestos fundamentales para cualquier molécula biológica (Michitte, 2007).

5.11.2.4. Quitosanos (polímeros)

Estos compuestos son utilizados en cosméticos, alimentos, medicina y actualmente en la agricultura por sus propiedades de efecto fisiológico en la célula de las plantas (membrana plasmática, DNA y de la pared celular). También son activadores de defensas de las plantas (Trichodex, 2016).

5.11.2.5. Bacterias y hongos

Existen bacterias que estimulan la liberación de auxinas y citosinas para el desarrollo de las raíces y otros hacen asociaciones con la planta para beneficiarse mutuamente. Puede activar desde defensas hasta asimilaciones de nutrientes con más facilidad. En el caso de los hongos están las micorrizas (García, 2017).

5.11.2.6. Compuestos inorgánicos

Existen minerales que funcionan como bioestimulantes ya que activan ciertas características de la planta al momento de ser absorbidos. Estos compuestos son: el aluminio, cobalto, selenio, sodio y silicio. Estos elementos son requeridos de menor cantidad ya que en cantidades excesivas se convierten en tóxicos para la planta (Cabrera-Medina, 2011).

5.11.2.7. Ácido húmico

Sustancias de color negro, resultado de la descomposición de diferentes organismos. En la etapa de descomposición por microorganismos se obtienen fenoles de los cuales se deriva la quinona y por sus

características se separan a ácido húmico y fúlvico; son básicamente obtenidas en leonardita. Los ácidos húmicos tienen un tamaño molecular más pequeño que las huminas (peso molecular de 50 000 a 100 000 Da, con 1 000 de anillos de carbono) y son solubles en agua en condiciones alcalinas. Debido a que otros elementos se unen fácilmente a moléculas de ácido húmico de forma tal que pueden ser fácilmente absorbidos por plantas y microorganismos, los ácidos húmicos funcionan como importantes sistemas de intercambio iónico y quelantes (Cooper, 2017).

Los ácidos húmicos son macromoléculas polielectrolíticas que desempeñan un papel importante en el ciclo global de carbono, nitrógeno y en la regulación de la movilidad de nutrientes (Christi *et al.*, 2000). Estudios revelan que tiene efectos positivos a nivel morfológico, fisiológico y bioquímico en las plantas. Además, se ha reportado que los AH pueden actuar como fitohormonas, debido a que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y su bioactividad (efecto “Like auxin”) (Nardi *et al.*, 2002; Pasqualoto *et al.*, 2009).

La concentración total del elemento químico y el pH de la sustancia húmica, son los dos factores más determinantes en la interacción compuesto húmico-elemento químico. Los ácidos húmicos son compuestos más oxidados, por lo tanto, poseen mayor capacidad de agrupar cationes (INIFAP, 2014).

En general las características del ácido húmico de gran importancia para saber el comportamiento de la misma en la planta y se observa que tiene una cantidad alto de carbono (cuadro 6).

Cuadro 6. Características generales de ácido húmico por Kg (Francisco R., 2017).

5.11.3. Efecto de los ácidos húmicos

- Incrementando la capacidad de intercambio catiónico (CIC)
- Aumentando la capacidad de retención de agua evitando la pérdida de nutrientes por lixiviación (Jackson, 2009).
- Fijan e inmovilizan en gran medida ciertos elementos tóxicos en medios ácidos como son el aluminio y metales pesados, reduciendo su toxicidad.
- Los ácidos húmicos amortiguan el alto pH y como consecuencia permita que los elementos macro y oligoelementos, puedan estar en forma disponibles para las plantas (Cooper y Abi-Ghanem, 2015).

5.11.4. Efecto de ácidos húmicos en las plantas

Al aplicar una solución diluida de humato sobre ellas antes de la siembra, estimula las membranas celulares, sus actividades metabólicas y con ello su poder germinativo. En las raíces aumenta su capacidad de absorción de

Ácidos Húmicos

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Peso molecular | 100,000- 500,000 |
| C.I.C. (Cmol(+)/g) | 300 |
| Contenido de carbono (g/Kg) | 560-620 |
| Contenido de oxígeno (g/Kg) | 290-360 |
| Contenido de nitrógeno (g/Kg) | 55 |

elementos nutritivos e incremento de la fotosíntesis de sus hojas, aumenta el vigor y productividad. La incidencia de los ácidos húmicos sobre los frutos o semillas, aumenta su riqueza en materia seca, mejorando factores organolépticos, conservación y transporte. Mejora en el estado de sanidad de las plantas, ya que los ácidos húmicos favorecen la actividad y vigor de las plantas (Rivera *et al.*, 2017). El ácido húmico se distribuye en seis partes del proceso fisiológico de la planta entrando en diferentes ciclos con el fin de producir ATP, enzimas, transportadores proteicos y proteínas estructurales de vital importancia para la planta, como se observa en el Figura 1.

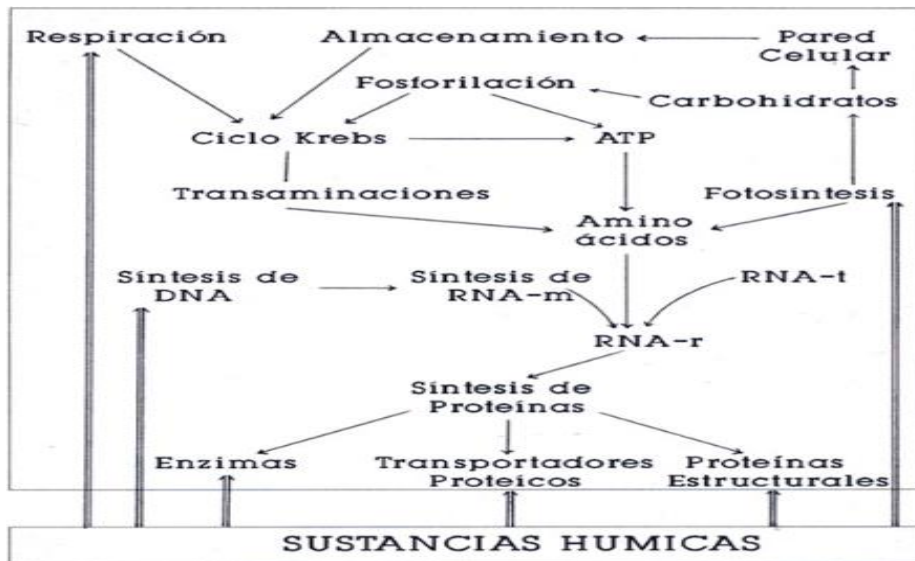


Figura 1. Comportamiento de sustancias húmicas en la planta (francisco, 2017).

5.11.5. Importancia del ácido húmico en *Cucumis sativus*

Rauthan y Schnitzer (1981), indicaron que al utilizar 300 miligramos de ácidos húmicos por litro de agua en cultivo de pepino, se logra un incremento del peso y longitud de raíces, siendo significativo al compararse con el testigo. Adicionalmente, los ácidos húmicos pueden influir directamente sobre la fisiología de la planta superiores como regulador de crecimiento según Nardi *et al.*, (2002) o incluso se estimula el crecimiento de las raíces de varias especies de plantas por la aplicación al suelo de ácidos húmicos (Chen *et al.*, 2004).

Un resultado del trabajo de investigación de Antonio-Reina *et al.* (2017), sobre *Seminis* (super root) menciona que las raíces son determinantes para las plantas, respondiendo así a la necesidad de una raíz fuerte y vital para el éxito del cultivo. El volumen de la raíz y su profundidad permite que la planta tenga más recursos para sobreponerse ante la adversidad. Las sustancias húmicas muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea; En el caso de las hortalizas se reconoce una relación directa entre la masa radicular y el desarrollo de la parte aérea ya que se ha observado que a mayor masa radicular mayor el grosor del tallo y más capacidad de translocación, por lo que aumenta el área de

las hojas, lo que favorece la fotosíntesis y aumenta el calibre de los frutos (Sladky, 1959).

Sobre el ácido húmico se considera que tiene más efecto en las raíces, pero existen muchas investigaciones que demuestran que tiene efecto en la parte aérea (Rauthan *et al.*, 1981).

Al aplicar ácido húmico a tasas de 0-1.0 y 2.0 g / kg de suelo el contenido de Fe y Zn de la hoja y los tejidos del tallo se incrementó con los tratamientos de salinidad y ácido húmico. La salinidad no tiene un efecto claro sobre el contenido de Zn de las plantas, mientras que el ácido húmico aumenta el contenido de Zn de las plantas (Demie *et al.*, 1999).

5.11.6. Efecto de ácido húmico en otros cultivos

Los resultados positivos sobre el crecimiento de la raíz pueden explicarse a que los ácidos húmicos promueven incrementos en la permeabilidad de la membrana celular en plantas de tomates (Arteaga, *et al.*, 2006) y favorece la imbibición de la semilla, con lo cual se solubilizan los almidones y así se favorecer la disponibilidad de carbohidratos para el crecimiento de la radícula. En el cultivo de chile, se ha reportado un incremento de 51% en peso radicular de la planta, comparado con el testigo, al utilizar ácidos húmicos bajo condiciones de invernadero (Sánchez-Conde y Ortega, 1968). El ácido húmico tuvo una influencia significativa en el crecimiento, tamaño y rebrote de raíces de tomate (Lua y Bohme, 2009).

Al aplicar ácidos húmicos en dosis de 50 mg L⁻¹ sobre plantas de trigo en cultivo hidropónico, se encontraron estímulos considerables en la producción de biomasa (Chen *et al.*, 1994).

Las fracciones más activas de las sustancias húmicas son las de menor tamaño molecular. Como muestran Albuzio *et al.* (1994) la fracción menor de 8 KDa, que es la más susceptible de ser absorbida por la raíz, en dosis de 150 mg C L⁻¹ es la que mejora de manera más significativa la producción de biomasa de plantas

de avena. De nuevo, en este caso, a dosis mayores el efecto pasa a ser inhibitorio. En concordancia con estos resultados están los de Retta *et al.* (1994) al trabajar con plantas de tabaco a las que se aplicaban diferentes fracciones moleculares de sustancias húmicas en comparación con auxinas y citoquininas.

Al realizar la aplicación foliar de ácido húmico en planta de canola (Control, 0.5, 1, 1.5 y 2%) que se pulverizó en tres etapas (elongación del tallo, etapa de floración y etapa de formación de la silicona); la aplicación foliar de ácido húmico afectó significativamente la altura de la planta y este parámetro se logró con un 2% de aplicación foliar de ácido húmico. La aplicación foliar de ácido húmico demostró que se disminuyó la aplicación de nitrógeno en el suelo, que puede ser la más importante para la no contaminación del suelo por los fertilizantes nitrogenados (Behzad *et al.*, 2013).

5.12. Absorción de nutrientes en la planta de pepino

Investigaciones en soluciones Steiner en el cultivo de pepino se demostró diferentes cantidades de absorción al preparar diferentes soluciones. Presentando diferentes deficiencias de Mg y P en las concentraciones 25 y 75%. Se obtiene mejor desarrollo en solución Steiner al 175% y una absorción promedio al 125%.

Cuadro 7. Comparación de medias de la absorción de macro nutrimentos (g/planta) del pepino, en cuatro concentraciones de solución nutritiva universal de Steiner (Fernando, 2017).

| Absorción (g/planta) | | | | | |
|------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Concentración de la solución | N | P | K | Ca | Mg |
| 25% | 5.471 | 0.489 | 4.889 | 6.227 | 4.174 |
| 75% | 10.836 | 2.173 | 11.697 | 24.851 | 6.412 |
| 125% | 11.588 | 2.634 | 12.446 | 33.404 | 7.806 |
| 175% | 13.055 | 5.730 | 15.143 | 37.281 | 9.750 |

La absorción total de nutrientes de una planta de pepino de invernadero, var. Burpee híbrido, se ha determinado y es equivalente a 408 kg de nitrógeno, 92 kg de fósforo, 550 kg de potasio, 237 kg de calcio y 57 kg de magnesio por hectárea. La comparación de este cultivo con el tomate de invernadero muestra que el pepino es una planta más suculenta y un productor de fruta más eficiente (Springer, 1967).

Durante los avances de las investigaciones de la absorción de los nutrientes en las plantas de pepino se ha creado un estándar basado en estudios en la parte 3era y 5ta hoja; encontrándose excesos en absorción Zn y Mg. Los de más nutrientes pueden encontrarse en deficiencia o normal menos en azufre ya que los requerimientos en la planta son menores.

Cuadro 8. Estándares de análisis de hojas para pepinos de invernadero (en materia seca de 3ra a 5ta hojas de la parte superior) (Kreif *et al.*, 1992).

| Nutriente | Unidad | Deficiencia | Normal | Exceso |
|-----------|--------|-------------|---------|--------|
| Nitrógeno | % | <1.8 | 4.2-5.6 | |
| Fosforo | % | <0.47 | 0.6-0.9 | |
| Potasio | % | <2.35 | 3.2-4.5 | |
| Calcio | % | <1,2 | 2.2-2.4 | |
| Magnesio | % | <0.37 | 0.4-0.7 | |
| Azufre | % | | 0.3-0.6 | |
| Cobre | Mg/kg | <5 | 5-17 | |
| Zinc | Mg/kg | <26 | 50-140 | >300 |
| Manganeso | Mg/kg | <15 | 55-300 | >500 |
| Boro | Mg/kg | <43 | 50-76 | |
| Molibdeno | Mg/kg | <0.28 | 1-2 | |

La distribución porcentual de nitrógeno marcado en la planta de pepino en condiciones de hidroponía fue del 46% en las hojas, 24% en los frutos cosechados, 13% en los tallos, 9% en las raíces y 9% en los frutos pequeños. Después de 16 días de período de corte 1, la distribución de nitrógeno marcado disminuyó en las hojas (33%), tallos (6.5%), raíces (3.6%) y frutos pequeños

(1%), pero el 56% del nitrógeno marcado se distribuyó en las frutas cosechadas. El nitrato absorbido del medio se transporta rápidamente a las frutas jóvenes, así como a las hojas y los tallos. El nitrógeno una vez asimilado o almacenado en las hojas, tallos y raíces se redistribuye gradualmente a las frutas para apoyar su rápido crecimiento. Para maximizar el rendimiento de las frutas de pepino, es necesario suministrar niveles suficientes de nitrógeno continuamente después de la primera cosecha (Ryota *et al.*, 2010).

5.13. El carbono

Aportación importante de la USDA-NRCS9 cita al Dr. Kris Nichols del Instituto Rodale considera que “El carbono es la moneda de la energía del suelo”. Si el suelo de los cultivos es deficiente en carbono, su rendimiento sufrirá las consecuencias, aunque se apliquen cantidades cada vez mayores de fertilizantes y herbicidas. La salud de los suelos puede mejorarse considerablemente a largo plazo a través de la labranza adecuada, el cuidado de la tierra, el manejo de los cultivos y la adición de materiales orgánicos para la producción natural de sustancias húmicas. Como solución a corto plazo, la aplicación de ácidos húmicos aumentará la salud, la producción del suelo y del microbioma. Para un impulso inmediato de un cultivo que ya está en el campo, la aplicación foliar de la nutrición líquida transportada por carbono en etapas específicas de crecimiento proporcionará al productor un control preciso del rendimiento y la calidad de los cultivos (Schmidt *et al.*, 2001).

5.13.2. Capacidad del carbono (Cooper, 2019):

- Combinarse con muchos elementos a través de extensiones de grupos funcionales para formar cadenas de carbono más cortas y largas.
- Formar anillos.
- Formar compuestos orgánicos complejos

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Localización del trabajo experimental

El trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicado en la Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en las coordenadas 25°21'12" N y 101°02'03" w, con una altitud de 1,752 msnm. El experimento se hizo en un microtúnel del Departamento de Ciencias del Suelo.



Figura 2. Ubicación del experimento (UAAAN).

6.2. Proceso de preparación de macetas y siembra.

El sustrato utilizado se obtuvo de una mezcla de perlita (40% v/v) y peat moss (60% v/v). El sustrato se humedeció uniformemente antes de colocarlo en el contenedor.

Los contenedores utilizados fueron de una capacidad de 10 L, a los cuales se les realiza 4 agujeros en la base para permitir el drenaje de la solución nutritiva. Posteriormente, se colocó el sustrato en los contenedores, golpeteándolo 3 veces bajo su mismo peso con el fin de tener una buena estructura para la planta. A continuación, se realizó el lavado del sustrato con agua de la llave para eliminar impurezas y sales.

La siembra se realizó de manera directa colocando una semilla por contenedor, la cual se realizó el 14 de septiembre del 2018. Las plántulas germinaron al tercer día después de la siembra.

6.3. Proceso de preparación de solución nutritiva-ácido húmico.

Como nutrición base se empleó la solución nutritiva Steiner al 50% (meq L⁻¹: 6 N, 0.5 P, 3.5 K, 4.5 Ca, 3.5 S y 2 Mg). Los fertilizantes utilizados fueron los siguientes: KNO₃, KCl, H₃PO₄, HNO₃, H₂SO₄. Para la formulación de la solución nutritiva base se consideró las propiedades químicas del agua de riego. El pH de la solución se ajustó a 6.0±0.1 antes de cada riego con H₂SO₄ a 1 N. La solución nutritiva se preparó en contenedores de 20 L de capacidad. La aplicación de la solución Steiner se inició a los 15 días después de la emergencia. Los riegos se efectuaron manualmente según las necesidades hídricas de las plantas, aplicando un volumen suficiente de la solución nutritiva para mantener una fracción de lixiviado del 25%.

Las concentraciones de ácidos húmicos evaluadas fueron: 0, 2, 4, 6 y 8 ml L⁻¹. Las concentraciones de los ácidos húmicos se agregaron a la solución nutritiva.

6.4. Eventos de plagas y enfermedades

Durante el proceso se identificó presencia de trips pero fue controlado. También hubo apariciones de mosquita blanca, también se controló con solución jabonosa.

6.5. Variables evaluadas

6.5.1. Número de flores por planta

Después de 56 días de la siembra se llevó a cabo el muestreo de las plantas. Se evaluaron todas las plantas de cada tratamiento. Se contó el número de flores por planta.

6.5.2. Diámetro de tallo

En el proceso de determinación del diámetro del tallo se realizó con un vernier digital, tomando la lectura a 1 cm de la altura del sustrato.

6.5.3. Volumen de raíz

Se extrajo el sistema radicular de cada contenedor. Posteriormente, el sistema radicular se sometió a un lavado con agua de la llave para eliminar el sustrato adherido a las raíces. En seguida, al sistema radicular se le determinó el volumen. Para la medición de volumen de la raíz se determinó con el método de volumen por desplazamiento; consiste en tener un líquido en una probeta graduada (con un volumen conocido) y luego se sumerge la raíz, por efecto de empuje hidrostático desplaza el agua. La diferencia del punto inicial al punto final del nivel del agua es el volumen.

Ecuación de desplazamiento hidrostático: $E=Pe V=g V$

6.5.4. Longitud de raíz

Se midió la longitud de raíces con una cinta métrica, evaluando todas las plantas del experimento.

6.5.5. Peso seco de los órganos de las plantas

Las plantas se separaron por órgano (raíz, tallo y hoja), los cuales se sometieron a un proceso de secado a una temperatura de 65°C por dos días. Posteriormente se determinó el peso seco por órgano con ayuda de una báscula graduada. El peso seco aéreo se obtuvo sumando el peso seco de tallo y peso seco de hoja. El peso seco total se obtuvo de la suma del peso seco de raíz, peso seco de tallo y peso seco de hoja.

6.6. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con 5 repeticiones por cada tratamiento. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y con comparaciones de medias de acuerdo a

pruebas de tukey ($p \leq 0.05$). Se utilizó el programa SAS para realizar las operaciones necesarias para el experimento; la versión fue 9.0

6.6.1. Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, a. \\ j = 1, 2, 3, \dots, b. \end{cases}$$

Dónde:

y_{ij} = el j -ésimo bloque del tratamiento i .

μ = la media general.

τ_i = parámetro llamado efecto de tratamiento i .

β_j = parámetro llamado efecto de bloque j .

ε_{ij} = error experimental que se presenta al efectuar el j -ésimo bloque del i -ésimo tratamiento.

a = número de tratamientos.

b = número de bloques.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al aplicar una dosis de ácidos húmicos en la planta de pepino se obtienen efectos significativos en el volumen de la raíz (Mohammadipour *et al.*, 2012). Chen *et al.* (2014) afirma que los ácidos húmicos tienen efecto en las raíces de diferentes plantas. Cervantes (2020), afirma que al aplicar 300ppm de ácidos húmicos y 3-4 Meq/L⁻¹ amonio (NH₄⁺) en el cultivo de pepino, se obtuvo mejores resultados en las variables diámetro y longitud de tallo, longitud y volumen de raíz, peso seco de raíz, peso seco de tallo y peso seco total. Reyes (2017), al aplicar una concentración de 10ml L⁻¹ de ácido húmico encontró diferencias significativas en las variables morfológicas como en la longitud de la raíz, biomasa fresca de la raíz, largo de las hojas, biomasa fresca de las hojas y diámetro superior en el cultivo de zanahoria. Sin embargo, en esta investigación el diámetro de tallo no mostró diferencia significativa entre concentración de ácido húmico evaluado. Sin

embargo, el volumen de raíz mostró diferencia significativa al emplear una concentración de 8 ml L⁻¹ de ácidos húmicos.

Cuadro 10. Valores promedios de las concentraciones de ácidos húmicos sobre las variables agronómicas en el cultivo de pepino tipo europeo.

| Ácidos Húmicos (ml L ⁻¹) | Diámetro de Tallo | Volumen de raíz |
|--------------------------------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 6.5a | 48ab |
| 2 | 6.74a | 38ab |
| 4 | 7.14a | 52.8ab |
| 6 | 6.56a | 34.6b |
| 8 | 7.06a | 58a |
| ANVA ≤ 0.05 | 0.43 | 0.039 |
| Tukey ^{0.05} | 1.2227 | 23.302 |
| CV (%) | 9.5 | 26.72 |

Al aplicar 2 ml L⁻¹ de ácidos húmicos (AHs) el número de flores en la planta disminuye en comparación con el número de flores logrado con el testigo, pero al agregar una dosis de AHs de 8 ml L⁻¹ el número de flores aumenta considerablemente superando al testigo (Figura 3). Nuestros resultados concuerdan con los reportados por Mohammadipour *et al.* (2012), quienes reportaron que al adicionar una dosis de AHs de 2000 mg L⁻¹ observó un incremento de la floración de plantas de botón de oro.

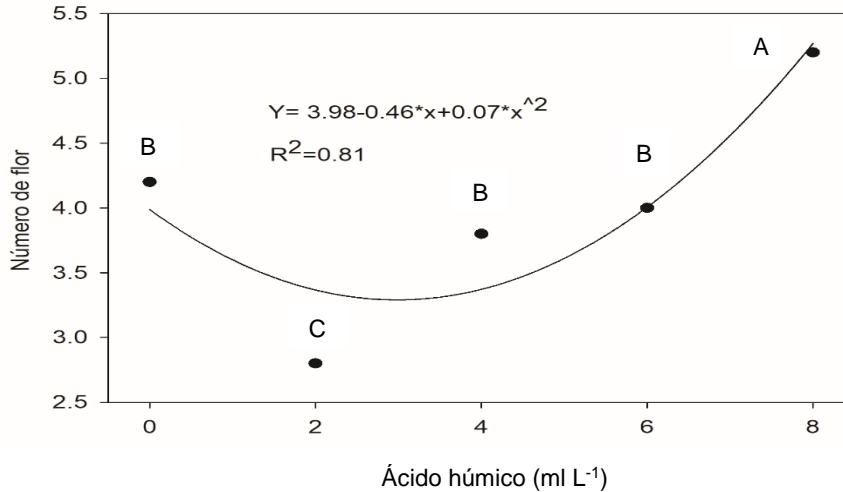


Figura 3. Efecto de la dosis de ácidos húmicos en el número de flores de las plantas de pepino. ANVA $P \leq 0.001$.

El peso seco de la raíz se redujo al adicionar 2, 4 y 6 ml L⁻¹ de AHs en comparación con las plantas testigo; sin embargo, al adicionar 8 ml L⁻¹ de AHs se incrementó este en relación con el testigo (Figura 4). En este caso el último tratamiento afirma sobre el efecto del ácido húmico hacia la planta como estimulante, como lo mencionó Sladky *et al.* (1959). Patrick Du (1996) que afirma que el ácido húmico cumple un papel importante en el desarrollo. Castillo (2005) afirma que al aplicar una dosis de 1280 ppm de AHs en plántulas de tomate se obtuvo un mejor resultado en el peso seco de la raíz.

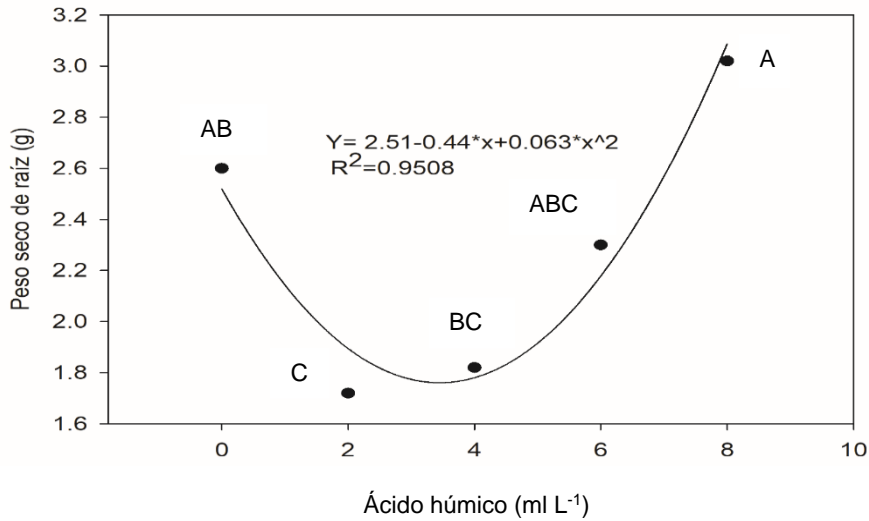


Figura 4. Efecto de ácidos húmicos en el peso seco de la raíz de las plantas de pepino. ANVA $P \leq 0.003$.

Al aplicar las concentraciones de AHs (2, 4, 6 y 8 ml L⁻¹) se observó un detrimento de la longitud de la raíz, con un peso seco de la raíz menor al obtenido con el testigo, observando un mayor detrimento con las concentraciones altas de AHs (Figura 5). Chen *et al.*, (2004) afirma que los AHs tienen efecto directo en la raíz. Una de las características de los AHs es la retención del agua (junto con ellas los nutrientes), por lo tanto, se tiene una mejor retención en las plantas que se le aplicó una dosis de AHs y en las plantas donde no se aplicó la dosis fue más vulnerable a la lixiviación, por lo tanto, indujo a producir más longitud de la raíz, pero más ramificaciones como lo menciona Cooper (2015). Debido a que con altas concentraciones de AHs se obtuvo mayor peso seco de raíz y menor longitud de raíz (Figura 4 y 5).

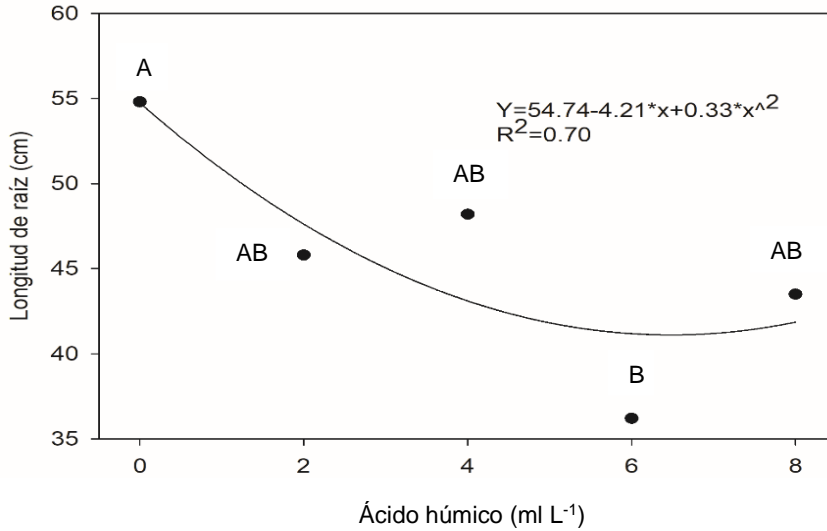


Figura 5. Efecto de ácido húmico en la longitud de la raíz. ANVA $P \leq 0.0039$.

Al agregar una dosis de 2, 4 y 6 ml L⁻¹ de AHs en la solución nutritiva, las plantas de pepino alcanzaron un peso seco total similar al testigo; mientras que al adicionar 8ml L⁻¹ las plantas alcanzaron un mayor peso seco total, superando al testigo (Figura 6). El efecto de los ácidos húmicos se ve bien reflejado en el peso seco total en el último tratamiento afirmando lo reportado en otras investigaciones (Arteaga *et al.*, 2006). Ochoa y Licona (2017) afirman que al aplicar una dosis de 6ml L⁻¹ de AHs en plántulas de café se obtiene un mejor resultado en el peso seco.

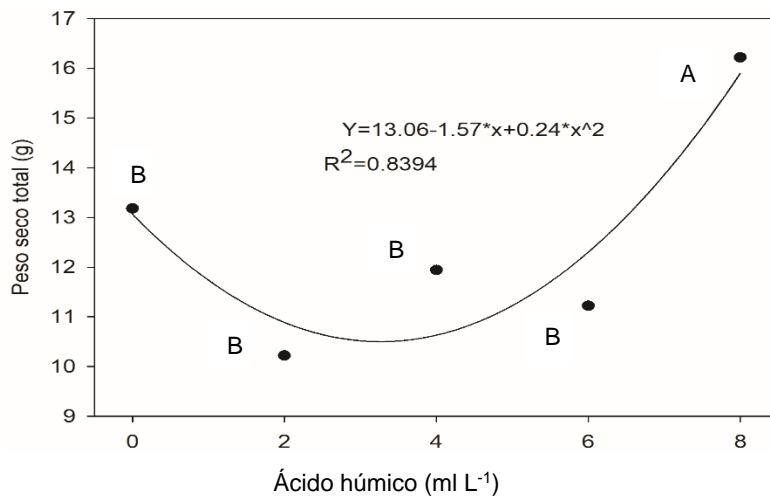


Figura 6. Efecto de ácido húmico al peso seco total. ANVA $P \leq 0.0001$.

Al tener un peso de la raíz de planta de pepino de 1.8g a 2.2 no se ve diferencia alguna con el peso aéreo; mientras que, al presentar un peso de 2.4 a 2.6g se empieza a obtener un incremento en el peso seco aéreo (Figura 7). La raíz de las plantas tiene una relación directa con la parte vegetativa; el comportamiento de la raíz dará conocimiento del desarrollo de la planta (Veobides *et al.*, 2018). El desarrollo de la raíz al agregar ácido húmico en diferentes concentraciones es afectado al igual que la parte aérea como se observa en la Figura 7; se demuestra que mientras aumenta el peso de la raíz el peso aéreo también; tal como lo mencionan Arteaga *et al.*, (2006).

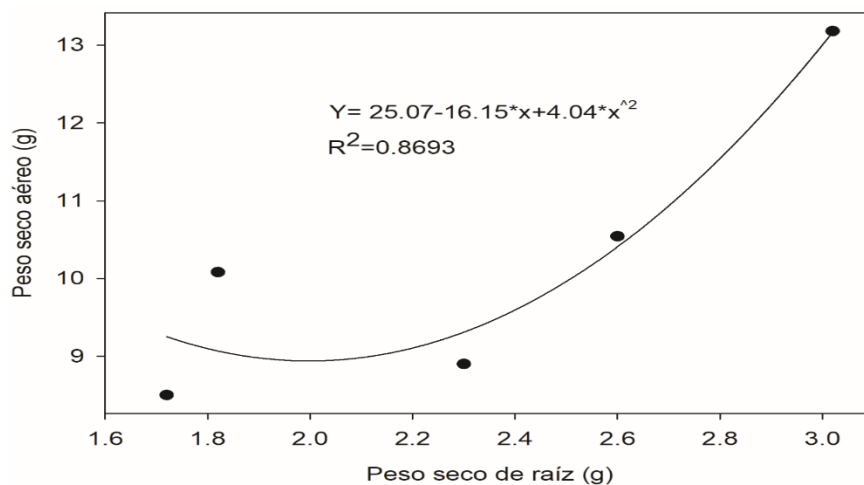


Figura 7. Figura del comportamiento del parte aéreo con respecto al peso seo de la raíz ANVA $P \leq 0.0003$.

Al tener un volumen de raíz de 35 a 40 ml no se ve una diferencia en el peso seco de hojas desarrolladas en la planta; mientras que con un volumen de raíz de 45 a 50 ml el peso seco de la hoja tiende a aumentar significativa mente. Al tener un volumen de raíz de 58 ml el desarrollo de las hojas en peso seco se ve aumentado de gran manera (figura 8). Esto demuestra que hay una fuerte relación del volumen de raíz con las hojas de la planta, tal como lo ha mencionado Rauthan y Schnitzer (1981).

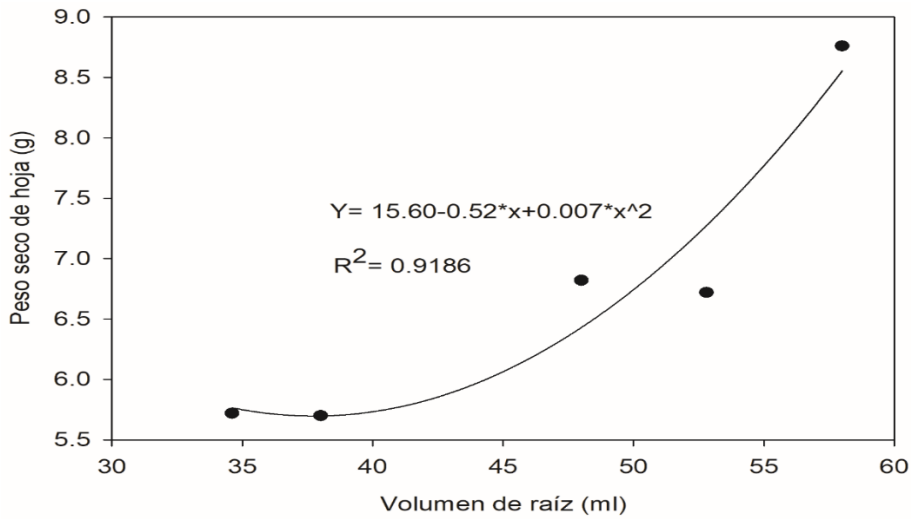


Figura 8. Figura del comportamiento del peso seco de la hoja con relación al volumen de la raíz. ANVA $P \leq 0.0007$.

El número de flores por planta creció conforme incrementó el peso seco de raíz (Figura 9). Al tener una buena biomasa de la raíz demuestra que el número de floración aumenta y por ende se espera más producción por planta.

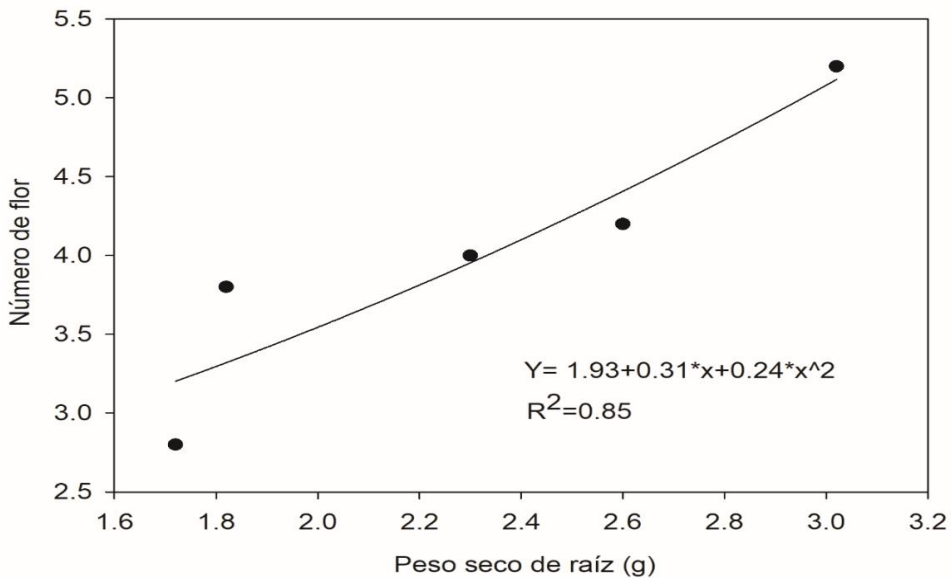


Figura 9. Efecto de relación de peso seco de raíz con el número de flores. ANVA $P \leq 0.0001$.

VIII. CONCLUSIÓN

Al hacer uso de los ácidos húmicos junto con una base de solución Steiner (50%) en la agricultura se obtienen resultados significativos en el desarrollo aéreo (altura de planta, floración y peso seco aéreo) y desarrollo radicular (volumen de raíces y peso seco) de la planta los cuales son características morfológicas fundamentales para una producción de calidad, y los resultados favorables se observan principalmente cuando se aplica 8 ml L^{-1} de ácidos húmicos.

IX. RECOMENDACIÓN

Los estimulantes son de gran importancia para el desarrollo y crecimiento de la planta por sus efectos positivos que le ofrece a la planta como por ejemplo uno de los más importantes que se debe de considerar para una producción son: la resistencia y calidad del producto. Con estos resultados se recomienda al ácido húmico como estimulante natural y complemento para los fertilizantes para un buen desarrollo de la planta.

X. BIBLIOGRAFÍA

ACHAT, D. L., BAKKER, M. R. and TRICHET, P. 2008. Rooting patterns and fine root biomass of *Pinus pinaster* assessed by trench wall and core. *J. For. Res.* 13: 165-175.

ARTEAGA, B.M.; GARCES, N.; GURIDIS, F.; ARTEAGA, P.J. 2014. Una revisión sobre indicadores integradores para evaluar el impacto de las sustancias húmicas sobre el Sistema suelo-agua de lixiviación (i). 23(3):1-6.

BARRAZA F. 2017. Absorption of N, P, K, Ca and Mg in cucumber (*Cucumis sativus* L.) under a hydroponic system. P,p. 347-349

BELTRANO, J.; GIMÉNEZ D. 2015. Cultivo en hidroponía 1ra ed. adaptada. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.

BELTRANO, J.; GIMÉNEZ, O. D. 2015. Cultivo en hidroponía. Ed. Edulp.

BOLAÑOS, H. A. 1998. Introducción a la olericultura. ed. EUNED. Costa rica. 1er ed.

BURNHAM, M. 2009. A Genetic Study of Characters of the Cucumber, *Cucumis Sativus* L., Important to Mechanical Harvesting.

CARDOSO A.I.I. 2002. Avaliação de cultivares de pepino tipo caipira sob ambiente protegido em duas épocas de semeadura. *Bragantia* (Campinas), Volumen 61, Número 1

CASILIMAS, H.; MONSALVE O.; BOJACÁ R.; GIL E. VILLAGRÁN L.; ARIAS A.; LUZ S. FUENTES. 2012. Manual de pepino bajo invernadero. Primera edición. Universidad de Bogotá.

CASTAÑEDA, F. 1997. Manual técnico de hidroponía popular. INCAP. Guatemala. p. 51.

Cervantes, Z. M. M. 2020. Aplicación de ácidos húmicos en plantas de pepino desarrolladas bajo diferentes concentraciones de amonio. Tesis MC. Sub. Posgrado. U.A.A.A.N. p. 1-32.

- DEMIR, A. GÜNES, A. INAL, M. ALPASLAN. 1999. ActaHortic. 10.17660
- 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.
- 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.
- GILSANZ J. 2007. Hidroponía. Ed. INIA. P, p. 13-18.
- INTAGRI. 2017. Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo. Serie Horticultura Protegida. Núm. 27. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
- JACKSON, W. A. 1993. Humic and Microbial Balance: Organic Soil Conditioning. Jackson Research Center, Evergreen, Colorado. P, p. 845-934.
- LEÓN, J. 1968. Botánica de los cultivos tropicales. Costa rica. Primera ed.
- LÓPEZ, E. J.; RODRÍGUEZ, J. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. IDESIA. P,p. 21-27.
- NUEZ, V. F.; RUIZ, M. J. J. 1996. El pepino dulce y su cultivo. Ed. Roma. FAO. Ed. ©1996. ISBN: 9789253038053.
- PETIT, R. E. 2002. Organic Matter, Humus, Humate, Humic Acid, Fulvic Acid and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health, p. 1–24. Texas: A & M University. Available at
- RODRIGUES, F. 2017. Sustancias húmicas: Origen, caracterización y uso en la agricultura. Art. P, p. 49-61.
- Reyes, P. J. J. 2017. Ácidos húmicos y su efecto sobre variables morfométricas. 19(2): 25-29

ROSAS-PATIÑO, G., PUENTES-PÁRAMO, Y. J., & MENJIVAR-FLORES, J. C. 2017. Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana P,p. 529.

XI. REFERENCIAS

[http://dicea.chapingo.mx/wp-](http://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/memoria_mesa_3_2_congreso2017.pdf)

[content/uploads/2018/05/memoria_mesa_3_2_congreso2017.pdf](http://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/memoria_mesa_3_2_congreso2017.pdf)

<https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/clasificacion-de-estructuras-para-la-agricultura-protegida/>

https://www.actahort.org/books/492/492_11.htm

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212670814000852>

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21650_sg7.pdf

https://books.google.com.mx/books?id=vbs_gwire1mc&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

[\[rd.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/pepino.pdf\]\(https://cei-rd.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/pepino.pdf\)](https://cei-</p></div><div data-bbox=)

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71326/margenescomer_pepino_feb2015.pdf

<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-pepino-en-invernadero>

https://www.actahort.org/books/492/492_11.htm

<http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/guia%20pepino%202003.pdf>

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigital/es/80-373_i_curso_de_gestion_de_viveros_forestales/80-373/7_manejo_de_sustratos.pdf

[http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373 i curso de gestion de viveros forestales/80-373/7 manejo de sustratos.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373%20i%20curso%20de%20gestion%20de%20viveros%20forestales/80-373/7%20manejo%20de%20sustratos.pdf)

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Rooting+patterns+and+fine+root+biomass+of+Pinus+pinaster+assessed+by+trench+wall+and+core&author=Ac+hat+D.+L.&author=Bakker+M.+R.&author=Trichet+P.&publication_year=2008&journal=J.+For.+Res.&volume=13&pages=165-175

http://www.winetech-sudoe.eu/files/04_pedro_palazon_presentacion.pdf

<https://silo.tips/download/guia-tecnica-del-cultivo-de-pepino-i-nombre-comun-pepino-nombre-cientifico-cucum>

[Cervantes Zúñiga, María Magdalena.pdf \(uaaan.mx\)](#)