

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



**EFFECTO DE COADYUVANTES DE LA NUTRICION DEL TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) ESTABLECIDO EN UN SISTEMA
HIDROPONICO DE RAIZ FLOTANTE**

Por:

DALILA GONZALEZ RAGOYTIA

T E S I S

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2013

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

**EFFECTO DE COADYUVANTES DE LA NUTRICION DEL TOMATE (*Lycopersicon
esculentum* Mill.) ESTABLECIDO EN UN SISTEMA HIDROPONICO DE RAIZ FLOTANTE**

Por:

DALILA GONZALEZ RAGOYTIA

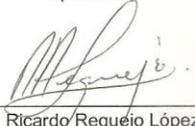
TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito para

obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada



Dr. Ricardo Requejo López

Presidente del jurado



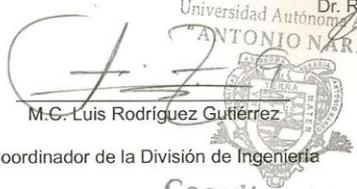
Dr. Emilio Rascon Alvarado

Sinodal



Dr. Ruben López Cervantes

Sinodal



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería

Coordinación de
Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2013

Agradecimientos

A DIOS, por darme la vida, salud y fortaleza para cumplir uno más de mis objetivos en la vida, y por permitir que mi familia sea participe de ello.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de terminar con esta etapa de mis estudios profesionales.

A mis sinodales

Dr. Ricardo Requejo López

Dr. Emilio Rascón Alvarado

Dr. Rubén López Cervantes

Dr. Edmundo Peña Cervantes

Por el apoyo brindado para realizar esta tesis, en especial al Dr. Ricardo Requejo López, por sus consejos y paciencia para llevar a buen término este trabajo, por sus atinadas observaciones y por compartir conmigo parte de su conocimiento. Muchas Gracias!!!

A mi familia que siempre han estado conmigo apoyandome incondicionalmente, Gracias a ti mamá, a tí papá, a ustedes hermanos, a mis abuelos y mis sobrinos. Ustedes son mi motivo, mi inspiración y mis ganas de seguir adelante. Los Quiero Mucho.

A todas esas personas, llámese familia, amigos, compañeros, profesores, que de una u otra forma me han apoyado en la culminación de mis estudios. En especial a mis compañeros y amigos de la carrera Ing. Agrícola y Ambiental y mis profesores del Dpto. de Ciencias del Suelo.

Dedicatorias

A mi Madre: Alejandra Ragoytía Díaz

A ti más que a nadie... por darme la vida, por tu amor, paciencia, confianza, por tu apoyo incondicional hasta el día de hoy, por el sacrificio que has hecho para darme la oportunidad de terminar mi carrera profesional, que es para mí la mejor de las herencias... Porque eres y siempre serás la mejor de las madres. Te Amo Mamí.

A mi Padre: Pablo González González

Por tu amor, cariño y apoyo. Por los consejos que me has dado para ser una persona de bien. Te Quiero.

A mis hermanos:

*Flor María González Ragoytía
Francisco Javier González Ragoytía
María Elizabeth González Ragoytía
Emilio González Ragoytía
María de la Luz González Ragoytía
María Betzabe González Ragoytía
Gabriela González Ragoytía*

Porque después de todo este logro mío también es de cada uno de ustedes, por su cariño y apoyo, por esas palabras de aliento que siempre me dieron, pero sobre todo por estar ahí cuando más los necesité.

Los Quiero Mucho

Díos Los Bendiga Por Siempre

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Líquido de lombriz.....	4
2.1.1. Obtención.....	4
2.1.2. Composición.....	5
2.1.3. Efectos del líquido de lombriz.....	6
2.2. ALGAENZIMS ^{MR}	7
2.2.1. Obtención.....	8
2.2.2. Composición.....	8
2.2.3. Efectos del ALGAENZIMS ^{MR}	9
2.3. Ácidos fúlvicos.....	10
2.3.1. Obtención.....	11
2.3.2. Composición.....	13
2.3.3. Efectos de ácidos fúlvicos.....	13
2.4. Efecto de pH en cultivos hidropónicos.....	15
2.5. Efecto de la CE en cultivos hidropónicos.....	15
2.6. Efecto del potencial redox en cultivos hidropónicos.....	17
2.7. Efecto de coadyuvantes en las variables.....	18
2.7.1. Capacidad de intercambio catiónico de la raíz.....	18
2.7.2. Altura de planta.....	19
2.7.3. Diámetro de tallo.....	19

2.7.4. Tamaño de raíz.....	20
2.7.5. Peso fresco y peso seco de raíz.....	20
2.7.6. Peso del fruto.....	20
III. MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1. Localización del sitio experimental.....	22
3.2. Establecimiento y conducción de la investigación.....	22
3.3. Descripción de los tratamientos.....	24
3.4. Variables a evaluar.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	28
4.1. Variables evaluadas en la solución nutritiva.....	29
4.1.1. Potencial de hidrógeno.....	29
4.1.2. Conductividad eléctrica.....	30
4.1.3. Potencial de oxido reducción.....	31
4.2. Variables evaluadas en la planta.....	32
4.2.1. Altura de la planta.....	33
4.2.2. Diámetro de tallo.....	34
4.2.3. Longitud de raíz.....	35
4.2.4. Volumen de raíz.....	36
4.2.5. Peso fresco de raíz.....	37
4.2.6. Peso seco de raíz.....	38
4.2.7. Capacidad de intercambio catiónico de raíz.....	39
4.2.8. Peso de tomate.....	40
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
VII. LITERATURA CITADA.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Composición del líquido de lombriz.....	5
Cuadro 2.2 Principales componentes del ALGAENZIMS ^{MR}	8
Cuadro 2.3 Extractantes de sustancias húmicas comúnmente utilizados.....	11
Cuadro 2.4 Propiedades generales de los ácidos fúlvicos.....	13
Cuadro 3.1 Descripción de los tratamientos.....	24
Cuadro 3.2 Solución nutritiva utilizada (Cadaña, 2005).....	24
Cuadro 3.3 Solución madre concentrada para 100 l de SN.....	25
Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la solución nutritiva.....	28
Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la planta.....	28
Cuadro 4.3 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la planta.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Proceso de separación de los AF, AH y huminas con base a sus solubilidades en medios alcalinos y/o ácidos.....	12
Figura 3.1 Localización del sitio experimental.....	22
Figura 3.2 Medidor de pH y CE.....	26
Figura 3.3 Medidor de ORP.....	26
Figura 4.1 Potencial de hidrógeno (pH) de las soluciones nutritivas aplicadas a tomate en raíz flotante.....	30
Figura 4.2 Conductividad eléctrica (CE) de las soluciones nutritivas aplicadas a tomate en raíz flotante.....	31
Figura 4.3 Potencial redox (ORP) de las soluciones nutritivas aplicadas a tomate en raíz flotante.....	32
Figura 4.4 Altura de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	33
Figura 4.5 Diámetro de tallo de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	34
Figura 4.6 Longitud de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	35
Figura 4.7 Volumen de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	36
Figura 4.8 Peso fresco de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	37
Figura 4.9 Peso seco de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	38
Figura 4.10 Capacidad de intercambio catiónico de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	39
Figura 4.11 Peso de fruto de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.....	41

RESUMEN

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se realizó el establecimiento de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio Grande, con el fin de determinar el efecto de los coadyuvantes de la nutrición; líquido de lombriz (LL), ALGAENZIMS^{MR} (AE) y ácidos fúlvicos (AF). Se trabajó en hidroponía, en un sistema de raíz flotante evaluando 10 tratamientos con 4 repeticiones, los cuales consisten en: T1 solución nutritiva completa (SN100%), T2 (75%SN+25%LL), T3 (50%SN+50%LL), T4 (25%SN+75%LL), T5 (75%SN+25%AE), T6 (50%SN+50%AE), T7 (25%SN+75%AE), T8 (75%SN+2ml/IAF), T9 (50%SN+4ml/IAF), y T10 (25%SN+6ml/IAF). Las variables evaluadas en la solución nutritiva fueron: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y potencial de óxido reducción (ORP). En la planta se evaluaron las variables de: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), longitud de raíz (LR), volumen de raíz (VR), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), capacidad de intercambio catiónico de raíz (CICR) y peso de tomate (PT). En conclusión los ácidos fúlvicos, realizaron efecto positivo en las variables de potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, potencial redox, altura de planta, diámetro de tallo y peso de tomate. El líquido de lombriz lo hizo en longitud de raíz y el ALGAENZIMS^{MR} generó los mejores valores en volumen, capacidad de intercambio catiónico, peso fresco y peso seco de raíz.

Palabras clave: *Coadyuvante de nutrición, líquido de lombriz, ALGAENZIMS^{MR}, ácidos fúlvicos, lycopersicon esculentum Mill, raíz flotante.*

I. INTRODUCCION

Dentro de los numerosos factores que determinan el desarrollo óptimo de los cultivos, la nutrición es uno de los más importantes. De manera general, las hortalizas demandan una gran cantidad de nutrimentos, son exigentes en suelos fértiles y ricos en materia orgánica; lo mismo ocurre en un sistema hidropónico, con la diferencia de que la nutrición es incorporada mediante la solución nutritiva.

Sin embargo en los últimos años, el uso incorrecto de los fertilizantes químicos ha tenido impactos negativos en los ecosistemas. (Rojas, 2006). Afortunadamente, las ciencias agronómicas disponen de alternativas que hacen a los fertilizantes químicos menos imprescindibles; tal es el caso del uso de coadyuvantes para la nutrición de las plantas, que ha ido en ascenso en la medida que estos demuestran que son capaces de minimizar el uso de los fertilizantes minerales (Terry *et al.*, 2001).

Hasta la fecha, se ha acumulado un gran número de informes acerca de microorganismos, que aislados de diversos ecosistemas naturales son capaces de excretar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal. Estas sustancias orgánicas en pequeñas concentraciones influyen sobre el metabolismo de las plantas superiores, conllevando a variaciones en su crecimiento y desarrollo.

Algunos de estos microorganismos los encontramos en productos como en el líquido de lombriz, el ALGAENZIMS^{MR} y los ácidos fúlvicos. Dichos productos ayudan a la nutrición de las plantas dado que contienen micro y macro nutrimentos, y al ser aplicados con los fertilizantes actúan como potenciadores. Además tienen la capacidad de mejorar una serie de

características y propiedades del suelo, en la solución nutritiva mejoran el pH, CE, CIC, y ORP.

En México, la horticultura protegida, sobre todo la producción bajo invernadero e hidroponía, está creciendo de manera explosiva. La hidroponía, compuesta de dos vocablos griegos “hydro” que significa agua, y “ponos” cuyo significado es trabajo, es una tecnología para el cultivo de plantas en soluciones nutritivas (agua conteniendo fertilizantes) con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, lana de roca, perlita, turba, fibra de coco, aserrín, entre otros) para proveer soporte mecánico. Esta técnica se clasifica como sistemas abiertos (donde el exceso de solución nutritiva aplicado al cultivo se pierde y no se recupera) o cerrados (el exceso de solución es recuperado, repuesto y reciclado) (Jensen, 1997). Dentro de la hidroponía se encuentra el sistema de raíz flotante que es una técnica de cultivo en agua, en la cual las plantas crecen flotando en una placa de unicel, teniendo siempre su raíz dentro de la solución nutritiva.

Con base en la superficie dedicada al cultivo y al valor de producción, el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza número uno en el mundo (Muñoz, 2009) y la más cultivada en sistemas hidropónicos e invernadero.

Según datos de Castellanos y Borbón (2009), en México actualmente existen más de 5000 hectáreas de invernaderos y otro tanto de estructuras de protección llamadas casa-sombra. En más de 1000 hectáreas de ellos se usa algún tipo de sistema hidropónico. Más de 70 por ciento de lo que se cultiva bajo estas estructuras es tomate rojo, siendo Sinaloa y Nayarit los estados más productores, (SIAP, 2012).

En base a lo anterior, se planteó esta investigación con la hipótesis y objetivo siguientes:

1.1. Objetivo

Comparar el efecto potenciador de la nutrición de tres coadyuvantes en el crecimiento y desarrollo de la planta de tomate establecida en un sistema de raíz flotante

1.2. Hipótesis

Dado que los coadyuvantes mejoran la eficiencia del aprovechamiento de los fertilizantes, la respuesta del cultivo de tomate mejorará al adicionar dichos potenciadores de la nutrición

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Líquido de lombriz

El humus de lombriz es el producto resultante de la transformación digestiva en forma de excretas que ejerce este pequeño anélido sobre la materia orgánica que consume. Aunque como abono orgánico puede decirse que tiene un excelente valor en macro nutrientes, también habría que mencionar la gama de compuestos orgánicos presentes en él, su disponibilidad en el consumo por las plantas, su resistencia a la fijación y al lavado.

Es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos "agentes reguladores del crecimiento" son: auxinas, giberelinas y citoquininas. (De Sanzo y Ravera, 2000).

2.1.1. Obtención

Para obtener el humus de lombriz se utiliza como base estiércol de rumiantes, celulosa, frutas en descomposición y agua, lo cual permitirá que el sustrato pueda ser asimilado por las lombrices y decante los nutrientes en una suspensión que llamamos humus líquido.

Las lombrices son consumidores voraces de residuos orgánicos y aun cuando solo utilizan una pequeña porción para la síntesis de sus cuerpos, ellas excretan una gran parte de los residuos consumidos en una forma medio digerida. Puesto que los intestinos de las lombrices contienen una amplia gama de microorganismos, enzimas, hormonas, etc., éstos materiales medio digeridos

se descomponen rápidamente y son transformados a una forma más estable en un período de tiempo corto (Ghosh *et al.*, 1999).

La lombriz *Eisenia foetida* presenta la capacidad de humificar en un período de horas, el material orgánico ingerido, tiempo que demora su proceso digestivo. Este proceso se inicia con la fragmentación y mineralización enzimática del material consumido, con lo cual se obtiene fragmentos de moléculas orgánicas complejas, nitrógeno y minerales. Esta primera etapa comienza en la actividad bucal y termina en la molleja.

A continuación el material orgánico degradado pasa por la fracción intestinal donde es colonizado por una alta carga microbiana simbiótica la cual forma a partir de estos materiales, complejos amorfos coloidales que son expulsados como deyecciones que reciben el nombre de humus de lombriz.

2.1.2. Composición

El humus de lombriz líquido contiene la concentración de los elementos solubles más importantes presentes en el humus de lombriz (sólido), entre los que se incluyen los humatos más importante como son: los ácidos húmicos, fúlvicos, úlmicos, entre otros.

Cuadro 2.1 Composición del líquido de lombriz.

Parámetros	Unidades	Símbolo	Contenido
Nitrógeno	%	N	0.65
Fósforo	%	P	0.01
Potasio	%	K	1.21
Calcio	%	Ca	1.87
Magnesio	%	Mg	1.06
Sodio	%	Na	1.51
Ácidos húmicos	%	AH	5.01
Ácidos fúlvicos	%	AF	1.48
Hierro	Mg kg ⁻¹	Fe	14
Zinc	Mg kg ⁻¹	Zn	2.3
Manganeso	Mg kg ⁻¹	Mn	3.1
Cobre	Mg kg ⁻¹	Cu	3.1
Boro	Mg kg ⁻¹	Bo	27
Flora microbiana benéfica	Ufc/ml	Fmb	1.1x10 ⁶

Fuente: Planta de Lombricultura. Sección Agrotecnia, 2008.

2.1.3. Efectos del líquido de lombriz

Hoy en día existen evidencias de que las lombrices de tierra provocan diferentes efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos, sobre los suelos, y diversos investigadores han demostrado que estos efectos pueden incrementar el crecimiento de la planta y el rendimiento de los cultivos tanto en ecosistemas naturales como en los ecosistemas manejados. Estos efectos se han atribuido al mejoramiento de las propiedades y la estructura del suelo, a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas, y a una creciente población microbiana y metabolitos biológicamente activos, como los reguladores de crecimiento de la planta (Atiyeh *et al.*, 2002).

Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y facilita su asimilación por las raíces e impide que éstos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo, lo que favorece el desarrollo de las plantas (Atiyeh *et al.*, 2002).

Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de los mismos.

Aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización ya que hace asimilables en todo su espectro a los macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales.

En la planta

- Aporta cantidades equilibradas de nutrientes.
- Favorece la asimilación de los micronutrientes de la planta a través de enzimas.
- Contribuye con el mejoramiento de cualquier tipo de planta.

- No tiene vencimiento, ya que a medida que pasa el tiempo es más asimilable.
- Mejora la salud de la planta haciéndola más resistente a plagas.
- Disminuye la actividad de chupadores como áfidos.
- Estimula un mayor desarrollo radical.
- Incrementa la producción de clorofila en las plantas.
- Aumenta la producción en los cultivos.
- Es asimilado por la raíz y por las estomas.

En el suelo

- Incrementa la biomasa de micro organismos presentes en el suelo.
- Retiene la humedad en el suelo por mayor tiempo.
- Reduce la conductividad eléctrica característica de los suelos salinos.
- Mejora el pH en suelos ácidos.
- Equilibra el desarrollo de hongos presentes en el suelo.
- Su aplicación disminuye la contaminación de químicos en los suelos.

2.2. ALGAENZIMS^{MR}

Es un producto biológico obtenido a base de extractos de algas marinas, por un proceso que se le extrae al máximo sus componentes sin perder sus atributos. Es un producto puro, orgánico, con sustancias naturales, viable, con efectos similares a los reguladores de crecimiento de la planta tales como: citoquininas, giberelina, complejos enzimáticos, agentes quelantes, ácidos algínicos, carbohidratos, proteínas, vitaminas y sustancias biocidas (www.palaubioquim.com).

Es un potenciador ya que actúa como coadyuvante, permitiendo a las raíces y follaje una mayor toma de nutrimentos, de su metabolismo y asimilación. Además de ser un excelente sinergista de los fertilizantes.

2.2.1. Obtención

ALGAENZIMS^{MR} es un producto obtenido mediante hidrólisis básica de algas marinas y adición de compuestos orgánicos, así como extractos de origen vegetal, es un tratamiento neto mexicano diseñado por la empresa PalauBioquim para aumentar la fertilidad de suelos y la producción de los cultivos (Ilyiná *et al.*, 1997). Su proceso de obtención permite extraer a las algas marinas el máximo de sus componentes sin perder sus atributos.

2.2.2. Composición

Las algas marinas contienen todos los elementos mayores y menores que pueden ser extraídos por las plantas (Stephenson, 1966). Aporta, además: un complejo de enzimas marinas, reguladores de crecimiento de las plantas, proteínas, aminoácidos, carbohidratos, vitaminas, sustancias biocidas contra plagas y enfermedades.

Cuadro 2.2 Principales componentes del ALGAENZIMS^{MR}.

Elemento	ppm	Elemento	ppm	Compuesto	Porcentaje en peso (%)
Potasio	14,800	Silicio	4	Acondicionadores*	93.84
Nitrógeno	14,500	Cobalto	2.75	Mat. Orgánica	4.15
Sodio	13,660	Bario	0.20	Proteína	1.14
Magnesio	1,320	Estaño	<0.10	Fibra cruda	0.43
Fósforo	750	Plata	<0.10	Cenizas	0.28
Calcio	620	Talio	<0.10	Grasas	0.03
Zinc	505	Antimonio	<0.10	Total	100.00
Fierro	440	Plomo	< 0.05		
Cobre	147	Níquel	<0.05		
Manganeso	72	Cadmio	<0.01		
Aluminio	23.5	Molibdeno	<0.01		
Estroncio	22.7				

*Inherentes a las algas marinas.

Fuente: Stepheson, 1974. Citado por Canales, 1987.

2.2.3. Efectos del ALGAENZIMS^{MR}

En la planta

- Produce mayor desarrollo de las raíces.
- Hace plantas más grandes, vigorosas y resistentes.
- Ayuda a controlar plagas y enfermedades.
- Genera mayores rendimientos y mejor calidad en las cosechas.

Uno de los efectos más pronunciados de la aplicación de extractos de algas a las plantas, es el desarrollo de un vigoroso sistema radicular que, a menudo, da altos rendimientos en la cosecha (Blunden y Wildgoose 1977, Featonby 1983 y Van Staden 1984), Citados por (Cedillo, 1998).

En un experimento realizado en Florida U.S.A., se estableció tomate en camas cubiertas con plástico negro. El extracto de algas se aplicó al suelo en la cama y dos veces foliar. El incremento en cosecha fue del 20 porciento. (Blunden 1973), citado por (Canales, 2001).

Blaine *et al.*, (1990) y Crouch y Van Staden (1992), citados por Canales (2001) consideran que los cambios que se presentan en las plantas, se deben principalmente a la acción y efecto de los nutrimentos y de las sustancias naturales que las algas marinas contienen, cuyos efectos son similares a los de los reguladores de crecimiento de las plantas.

En el suelo

- Libera el sodio facilitando su manejo.
- Ajusta el pH.
- Aumenta la porosidad (recuperación de suelo).
- Le da mayor aireación al suelo y lo hace más trabajable (friable).
- Libera los nutrimentos en suelos pesados.
- Evita la lixiviación en suelos livianos.
- Permite economizar agroquímicos y fertilizantes.

- Canales (1999) Indica que las algas marinas y/o sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas. Su uso es ya común en muchos países del mundo, y a medida que esta práctica se extienda, irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable.

2.3. Ácidos Fúlvicos

Los ácidos fúlvicos (AF) son sustancias químicas naturales polifuncionales muy complejas, que forman parte de las sustancias húmicas (SH), las cuales están presentes en suelos, lagos y mares, y que además son la base de los ciclos de los micronutrientes del suelo. Los ácidos fúlvicos son agentes complejantes de cationes metálicos muy importantes, por lo que causan un impacto directo en la biodisponibilidad y transporte de los mismos. (Melo, 2006).

Son la porción soluble en agua bajo las condiciones de pH. Ellos permanecen en solución después de la separación de los ácidos húmicos por acidificación. La acidez total es de 900 a 1400 meq 100g⁻¹ y considerablemente más altos que los ácidos húmicos (400 a 870 meq 100g⁻¹) (Stevenson y Schnitzer 1982).

Los ácidos fúlvicos tienen en esencia unidades estructurales similares a las de los ácidos húmicos y se caracteriza por la presencia de una fracción nuclear poco pronunciada con predominio de cadenas laterales y pertenecen al grupo de los ácidos dihidroxicarboxílicos teniendo una alta CIC de hasta 700 meq/100gr de sustancia (Kononova, 1982; Vaughan *et al.*, 1985)

Los ácidos fúlvicos poseen una relación C/H más baja que los ácidos húmicos y tiene mayor actividad con respecto a los procesos fisiológicos y metabólicos de la planta (Vaughan *et al.*, 1985).

2.3.1. Obtención

El nombre de ácidos o sustancias húmicas son genéricos para los materiales que se pueden extraer de suelos por varios extractantes y precipitados por ácido mineral diluido. Las sustancias húmicas tienen dos orígenes: residuos vegetales y animales húmificados. Los AF comerciales se extraen generalmente de la leonardita, lignita y de las turbas y se les da el nombre de bioactivadores húmicos por que su principal función agrícola es la de estimular el metabolismo vegetal (Narro, 1997).

Igual que los ácidos húmicos, son extraíbles con reactivos alcalinos, pero sin embargo, no se precipitan en medio ácido después de su extracción (Labrador, 1996). Los AF son separados de los AH a través de la precipitación de estos últimos, lo cual se logra mediante la acidificación de la solución acuosa en la que se encuentran disueltos. Los AF son solubles a cualquier pH, por lo que permanecen disueltos en el medio acuoso.

Cuadro 2.3 Extractantes de sustancias húmicas comúnmente utilizados.

Tipo de material	Extractante	Materia Orgánica Extraída (%)
Sustancias Húmicas	Extractantes Fuertes:	
	NaOH	80
	Extractantes Medios:	
	Na ₄ P ₂ O ₇ y otros	30
	Extractantes Suaves:	
	Quelatos Orgánicos: acetilacetona, cupferrón. hydroxiquinoleína	30
	Ácido Fórmico (HCOOH)	55

Fuente: Ramos 2000, citado por Pedroso y Domínguez, 2006.

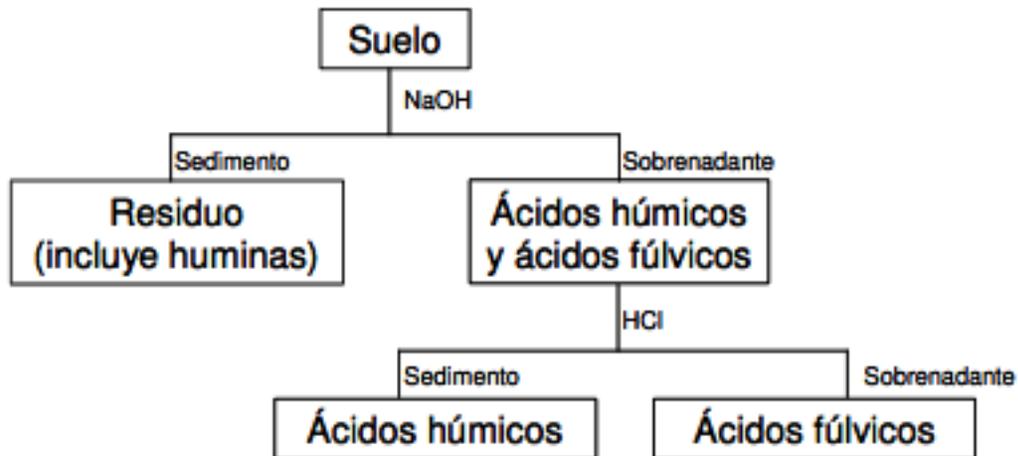


Figura 2.1 Proceso de separación de los AF, AH y huminas con base a sus solubilidades en medios alcalinos y/o ácidos.

Extracción alcalina (NaOH)

Este es el proceso extractivo más comúnmente utilizado, y comienza por el lixiviado del suelo con HCl de baja concentración. Permite remover calcio y cationes polivalentes, además de que se incrementa la extracción de materia orgánica que se obtiene en el paso de este proceso.

A continuación se utiliza una solución de NaOH, cuya concentración comúnmente varía de 0.1 a 0.5 M, manteniendo una relación de g de suelo por mL de la solución de NaOH de 1:2 a 1:5 (g/mL). Este paso puede repetirse varias veces para obtener la mayor cantidad de materia orgánica posible. Comúnmente es posible extraer dos terceras partes del total de la materia orgánica con este método. Sin embargo, los inconvenientes de este método extractivo son:

1. Las soluciones alcalinas disuelven la sílica del material mineral, lo que contamina la fracción orgánica que se encuentra en la solución acuosa.

2. Las soluciones alcalinas también disuelven los componentes estructurales y protoplasmáticos de los tejidos orgánicos frescos, que posteriormente se mezclan y contaminan el humus presente en el suelo.
3. En la solución alcalina pueden ocurrir otros cambios químicos como condensaciones entre los aminoácidos y aldehídos o quinonas.

Es por ello que entre mas alcalina sea la solución extractante, así como mayor el periodo de tiempo en el que se trata la muestra, mayores son los cambios químicos que se pueden producir en ella, a pesar que se observa que la cantidad de materia orgánica extraída es mayor.

2.3.2. Composición

Cuadro 2.4 Propiedades generales de los ácidos fúlvicos.

Propiedad	Ácidos Fúlvicos
Color	Amarillo a pardo
Peso molecular	Bajo
Carbono	40-50 %
Nitrógeno	<4 %
Oxigeno	44-48 %
Grupos funcionales (Acidez total)	10-14 (meq/g)
Grupos carboxílicos (COOH)	8-9 (meq/g)
Grupos metoxílicos (OCH ₃)	<0.5 (meq/g)
Grupos alcohólicos (OH)	3-6 (meq/g)
Grupos fenólicos (OH)	3-6 (meq/g)
Grupos carbonil (C=O)	1-3 (meq/g)

Fuente: Schnitzer, 2000.

2.3.3. Efectos de ácidos fúlvicos

Según GBM (1997), las ventajas que tienen los ácidos fúlvicos son las siguientes:

En la planta

- Promueve la conversión o quelatización de un número de elementos menores hacia formas disponibles a las plantas mejorando el consumo de nutrimentos y previniendo las clorosis entre otros problemas nutricionales.
- Forma complejos nutricionales disponibles con los elementos mayores.
- Incrementa la permeabilidad de las membranas celulares facilitando la entrada de nutrimentos.
- Genera un mayor desarrollo radicular que se traduce en mayor asimilación de nutrimentos.
- Favorece la asimilación de nutrimentos y de reguladores de crecimiento aplicados foliarmente.
- Se obtienen plantas más sanas y vigorosas que toleran más fácilmente el ataque de plagas y enfermedades.
- Hace más efectiva la actividad biológica de productos sistémicos para el control de plagas, enfermedades y malezas al facilitar la absorción y translocación en la planta.

Chen y Aviad (1990), sostienen que los estudios de los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones adecuadas de nutrición vegetal, muestran resultados positivos sobre la biomasa de la planta.

En el suelo

- Incrementa sustancialmente la capacidad de intercambio catiónico y las propiedades buferizantes del suelo provocando mayor disponibilidad de nutrimentos.
- Provoca cambios sobre las propiedades físicas de los suelos mejorando la capacidad de mantenimiento de la humedad.

Los ácidos fúlvicos incrementan la permeabilidad de las membranas celulares además de participar directamente en la apertura de los estomas. Por esta razón es mucho más eficiente cuando se incluyen en la mezcla de los fertilizantes foliares además de mejorar la translocación de los nutrimentos dentro de la planta (GBM, 1997).

2.4. Efecto de pH en cultivos hidropónicos

El pH de una solución es una propiedad inherente a su composición química y está determinado por la concentración de ácidos y bases (De Rijck y Schrevens, 1998). Estos mismos autores mencionan que el pH no puede ser cambiado sin alterar la composición química de la solución.

El pH apropiado de una solución para el buen desarrollo de los cultivos es generalmente de 5.5 a 6.5 aunque esto también está en función de la especie. Uno de los factores que influyen notablemente en la asimilación de nutrientes y por lo tanto en el rendimiento de las plantas es el pH. (Gallegos, 2012).

Las plantas a través de la raíz pueden tomar los nutrientes en un rango de pH de 5 a 7, donde los micronutrientes están más disponibles en la acidez y los macronutrientes en valores cercanos a la alcalinidad. Entonces las soluciones nutritivas deben ser mantenidas dentro de este rango, el cual generalmente oscila de 5.5 a 6.5 (Papadopoulos, 1991; Maldonado y Álvarez, 2002). Citados por (San Martín, 2011).

En hidroponía, al trabajar con sustratos inertes es necesario ajustar y mantener el pH al nivel deseado (Sánchez y Escalante, 1988). El pH ácido disminuye la absorción de cationes y estimulan la absorción de aniones, fundamentalmente porque el H^+ , compite con los cationes por los lugares de absorción. Esta situación se invierte a pH elevados, en los que OH^- y HCO_3^- compiten con los aniones como NO_3^- , Cl^- o $H_2PO_4^-$, por sus sitios específicos de absorción. En cualquier caso deben evitarse valores de pH en la solución nutritiva inferiores a 5 (a pH 4 se dañaría la raíz de la mayoría de los cultivos) y superiores a 6.5, con lo que bajaría drásticamente la disponibilidad de algunos micronutrientes.

2.5. Efecto de la CE en cultivos hidropónicos

En los sistemas hidropónicos el manejo de la solución nutritiva es crucial para la obtención tanto de altos rendimientos como de calidad, pues es la vía a través

de la cual se proporcionan los nutrimentos necesarios para el desarrollo de la planta (Carrasco *et al.*, 2007). En estas soluciones la conductividad eléctrica (CE) tiene una estrecha relación con la concentración total de sales de la solución nutritiva (Lara, 1999), es un estimador indirecto del potencial osmótico, y determina el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos (Bugarín *et al.*, 1998). Este parámetro debe ser monitoreado a lo largo del ciclo de producción (Carrasco e Izquierdo, 1996). Citados por (Flores 2011).

El valor óptimo de CE para la producción comercial de tomate es 2 dS m^{-1} , sin embargo, menores valores pueden ser limitantes en su cultivo (Lara, 1999). El tomate presenta un umbral de tolerancia a la salinidad de 2.5 dS m^{-1} , y por cada dS m^{-1} superior a este umbral se disminuye 10 por ciento el rendimiento del cultivo (Maas y Hoffman, 1977). Citado por (Flores 2011).

Estudios en tomate señalan que al modificar la CE de la solución nutritiva se tiene un impacto significativo en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; Romero-Aranda *et al.*, 2001; Goykovic y Saavedra, 2007; Marchese *et al.*, 2008; Juárez, 2009; Flores-González, 2011).

Altos niveles de CE afectan los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate en las formas siguientes: disminuyen el porcentaje de germinación y la longitud de la raíz; los tallos alcanzan menor altura; las hojas presentan desecación en los bordes, de modo que hay menos producción de fotoasimilados; el número y peso de los frutos también se afecta negativamente disminuyendo el rendimiento comercial; y se favorecen las deficiencias de calcio en los frutos (Goykovic y Saavedra, 2007).

Cornish (1992) probó el efecto de la conductividad eléctrica (CE), presente en la solución nutritiva, sobre los sólidos solubles totales y calidad del fruto de jitomate. Para tal efecto, dicho autor empleó un intervalo de CE de 1.5 a 9.0 mS cm^{-1} y reportó que al incrementarse la CE de la solución también hubo un aumento en los sólidos solubles totales y firmeza del fruto; pero una reducción en el rendimiento y tamaño.

Nichols *et al.*, (1994) demostraron que la salinidad tiene influencia en el tamaño de frutos, ya que al desarrollar plantas de jitomate en sistema hidropónico, usando cuatro valores de CE (2, 4, 6 y 8 mS cm⁻¹), observaron que, a medida que aumentó la salinidad en la solución, hubo disminución en el tamaño y número de frutos por planta.

2.6. Efecto del potencial redox en cultivos hidropónicos

Las reacciones de reducción-oxidación (también conocido como reacción redox) son las reacciones de transferencia de electrones. Esta transferencia se produce entre un conjunto de especies químicas, uno oxidante y uno reductor (una forma reducida y una forma oxidada respectivamente).

El potencial redox (ORP) es una propiedad fisicoquímica que presentan los solutos capaces de intercambiar electrones con un electrodo inerte. El potencial redox influye en el crecimiento bacteriano en forma independiente del oxígeno disuelto. (Martinez., *et al.*, 2005).

Cuando se ponen en contacto dos elementos en solución, con presencia de su forma elemental y la forma ionizada correspondiente, siempre hay uno que se oxida y otro que se reduce, lo que se manifiesta por el incremento en una de sus formas. El elemento que se reduce es el que posee una capacidad oxidante mayor. La capacidad oxidante es lo que se conoce como potencial de oxidación, que cuanto más alto es, mayor es la capacidad oxidante del sistema y mayor es la concentración de la forma reducible.

En concreto, el comportamiento de óxido-reducción del agua se basa en una amplia variedad de semirreacciones redox que involucran tanto a la molécula de agua como a las especies iónicas H⁺ y OH⁻, oxígeno e hidrógeno moleculares e incluso formas en superior estado de oxidación como son el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y el ozono (O₃). Estas semirreacciones se llevan a cabo en función de características concretas del sistema acuoso considerado, como son pH, presiones de vapor de oxígeno e hidrógeno, y lo que es determinante, la

propia composición fisicoquímica del sistema acuoso en particular y en especial su contenido en especies químicas electroactivas (hierro, manganeso, especies nitrogenadas, materia orgánica, etc.).

El potencial de oxidación se mide en voltios, aunque como su valor es muy pequeño se expresa usualmente en milivoltios (mV). El ORP del agua potable se encuentra prácticamente en los límites de +200 milivoltios (mV) hasta +500 mV.

2.7. Efecto de coadyuvantes en las variables

2.7.1. Capacidad de intercambio catiónico de la raíz

La capacidad de intercambio catiónico de la raíz (CICR) de la planta, es una medida reproducible ya que existen amplias diferencias entre las plantas. En monocotiledóneas, los valores de CICR van aproximadamente de 10 a 70 meq/100 g de materia seca y sólo la mitad en las dicotiledóneas (Crooke, 1964).

Deveaux en 1916, fue el primero en reportar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de las paredes de los pelos radicales y atribuyó el fenómeno a la pectosa de las paredes de los pelos de la raíz.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), se determinó en raíces colectadas a los 30 días y en raíces colectadas a los 95 y 135 días, en seis híbridos de alto rendimiento y cinco variedades de caña de azúcar. Se encontró una correlación positiva ($r + 0.87$), una alta relación y/o asociación entre la raíz colectada a los 30 días y el rendimiento de caña en toneladas / hectárea. No hubo diferencias significativas entre los tiempos de muestreo. El papel útil de la CIC, como un índice de rendimiento en gran escala, prueba que es determinante la expresión genética, sirven en cualquier programa de mejoramiento económico de este cultivo (Rao *et al.*, 1967). Citado por Basabe, (2011).

Con el fin de determinar el papel de sustancias húmicas de leonardita, en la capacidad de intercambio catiónico de la raíz de plántula de pepino. Se

agregaron como tratamientos 2,4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua de dos ácidos húmicos, uno experimental y otro comercial, así mismo con ácidos fúlvicos; además de fertilización química y solo agua como testigos absolutos. Donde se concluyo que los ácidos fúlvicos comerciales tuvieron efecto en la capacidad de intercambio catiónico de la raíz; mientras que, en la cantidad y área de raíz, lo efectuaron los ácidos húmicos comerciales. (Basabe, 2011).

2.7.2. Altura de planta

Ordaz (2007), al utilizar líquido de lombriz en la producción de plántula de tomate de cáscara, para la variable altura final de planta encontró diferencia altamente significativa utilizando .5 l de líquido de lombriz en 10 l de agua.

Córdoba (2000), evaluó el efecto de extractos de algas marinas en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), var. Río Grande. El experimento se llevó a cabo en la UAAAN en un diseño experimental de bloques al azar bajo dos sistemas de producción: macrotunel (M) y convencional (C), evaluándose diez tratamientos y dos repeticiones. Para la variable altura de la planta se encontró diferencia altamente significativa entre los sistemas de producción siendo mejor macrotunel, destacando el T6M – Macrotunel: inmersión de raíz más aplicación foliar.

Frías (2000), en un experimento realizado en el cultivo de tomate con la aplicación de ácidos fúlvicos, para la variable altura de planta no encontró significancia estadística, pero numéricamente el mejor resultado se obtuvo con la aplicación de solución al 100 por ciento + 0.2 ml de ácido fúlvico.

2.7.3. Diámetro de tallo

Mier (2012). Al evaluar la respuesta de aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de acelga encontró diferencia estadísticamente significativa en la variable altura de la planta al aplicar 15 l/ha de AF. Este mismo tratamiento presento mayor diámetro de tallo, numero de hojas, grado de cobertura de

follaje, peso de raíz, peso de planta, rendimiento de hojas comercializables, aunque no fue significativo. En la variable tamaño de raíz, 15 l/ha de AF y 10 l/ha de AH presentaron mayor tamaño.

2.7.4. Tamaño de raíz

Lulakis (1995), investigó el efecto de las sustancias húmicas extraídas de composta vegetal madura hecha de bastones de la vid (cv.Soultanina), en la germinación y crecimiento de las plantas de semillero de tomate (cv. Ducado f1). Las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos y humato de sodio) fueron beneficiosas en el crecimiento de la raíz en las condiciones de 100 a 300 ppm, pero fue inhibitorio en altas concentraciones (1000-2000 ppm). Concluyendo que el desarrollo y crecimiento de la raíz fue promovido por las sustancias húmicas.

Rauthan y Schnitzer (1981), al aplicar ácido fúlvico en solución nutritiva a dosis de 100 mg/l, en pepino, aumentó la longitud radicular, el crecimiento y el peso seco de las plantas en 31, 81 y 145 por ciento respectivamente, comparado con el testigo.

2.7.5. Peso fresco y peso seco de raíz

Gómez (2011), al evaluar la respuesta de germinación de semillas de chile piquín tratadas con humus líquido de lombriz, en las variables de peso fresco y peso seco de radícula, los mejores tratamientos fueron con un 15 por ciento y un 2.5 por ciento respectivamente; sin embargo con respecto a las demás variables evaluadas recomienda tratar las semillas con un 10 por ciento de humus líquido de lombriz.

2.7.6. Peso del fruto

Flores (1997), evaluó extractos de algas marinas (ALGAENZIMS^{MR}) en el cultivo de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa Brot*). Para la variable peso de

fruto no encontró diferencia significativa, pero numéricamente el mejor resultado se obtuvo al aplicar 2 l/ha al suelo combinado con una aplicación foliar de 1.2 l/ha.

Álvarez (2000), aplicó extracto líquido de algas marinas en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), var. Río Grande bajo un diseño experimental de bloques al azar y dos sistemas de producción: acolchado con plástico (A) y convencional (C); con diez tratamientos y dos repeticiones. Para la variable número de frutos no se encontró diferencia significativa, pero numéricamente fue mejor el tratamiento 1 que es acolchado con aplicación a plántula en invernadero.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del sitio experimental

La presente investigación se realizó en un invernadero del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo del *campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas 25° 23' 42" latitud norte y 100° 50' 57" longitud oeste y con una altitud de 1743 msnm.

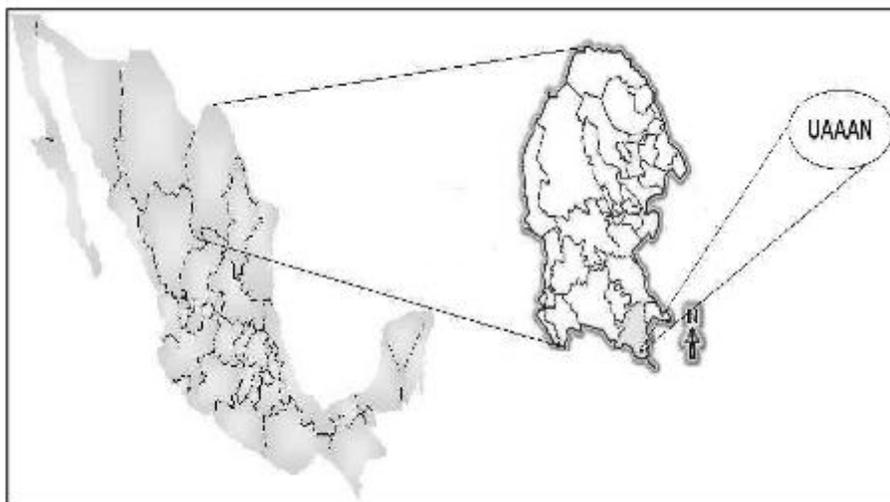


Figura 3.1 Localización del sitio experimental

3.2. Establecimiento y conducción de la investigación

La presente investigación se estableció en el período 8 de febrero del 2012 – 28 de junio del 2012 con plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de la variedad Rio Grande de crecimiento determinado.

Producción de plántula

Las semillas se sembraron en charolas germinadoras de espuma de poliestireno blanco de 200 cavidades con medidas de 33 x 67 x 6.5 cm, para lo cual se utilizó perlita agrícola. El trabajo se estableció en un invernadero con cubierta plástica, extractor de aire caliente y pared húmeda. Se hizo un repique de las plántulas de tomate a bolsas de plástico negras donde previamente se colocó una mezcla de los sustratos peat-moss y vermiculita.

Trasplante

Las plantas fueron sacadas de las bolsas, se lavaron las raíces para retirar el sustrato y fueron trasplantadas en macetas con un volumen de 6 litros, para ello se agujeró la tapadera de la maceta y se puso una esponja para sostener a la planta. Las macetas fueron cubiertas con bolsas negras para evitar propagación de algas. Se colocaron bombas con entrada a cada una de las macetas para oxigenar la solución nutritiva.

Riego

Al momento del trasplante se agregaron 5.5 litros de solución nutritiva (SN) a cada maceta, después de esto se incorporaba la SN gastada cada tercer día.

Podas

La poda de la planta se realizó a un tallo, se podaron los brotes y chupones axilares, este proceso se realizó cada semana.

Tutoreo

El tutoreo realizado fue el holandés que consiste en un hilo de polietileno amarrado a un gancho de acero galvanizado, este método posibilita su liberación y alargamiento según el crecimiento de la planta. Esta tarea se realizaba cada cuatro días.

3.3. Descripción de los tratamientos

Se trabajó con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Para ello se utilizaron los coadyuvantes de la nutrición, líquido de lombriz, ALGAENZIMS^{MR} y ácidos fúlvicos.

Cuadro 3.1 Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Solución Nutritiva (%)	Coadyuvante de Nutrición
1	100	testigo
2	75	25 % LL
3	50	50 % LL
4	25	75 % LL
5	75	25 % AE
6	50	50 % AE
7	25	75 % AE
8	75	2 ml/l AF
9	50	4 ml/l AF
10	25	6 ml/l AF

LL= líquido de lombriz, AE= ALGAENZIMS^{MR}, AF= ácido fúlvico

En el Cuadro 3.2 se observan los valores de cada elemento que conforman la solución nutritiva al 100 por ciento, que contempla a todos los elementos esenciales para la planta; para realizar esta solución se tomó en cuenta el análisis químico del agua utilizada durante el experimento.

Cuadro 3.2 Solución nutritiva utilizada (Cadahia, 2005).

meq L ⁻¹							mg L ⁻¹					
ION	NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	Ca	K	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
IDEAL	15	2.0	5.0	10.0	9.0	3.0	2	1.0	0.1	0.1	1.0	0.05

Para el uso de los coadyuvantes de la nutrición se utilizó como base el potasio, debido a que este catión es uno de los que se encuentra en mayor cantidad en estos abonos líquidos, el líquido de lombriz contiene 1.21 por ciento de K, el ALGAENZIMS^{MR} tiene 1.48 por ciento de K, con estos datos y sabiendo que en una solución nutritiva ideal debe haber 9 meq/l de K se calculó la cantidad de

coadyuvante por litro de agua para cada uno de los tratamientos. En el caso de ácido fúlvico se preparó a razón de 2, 4 y 6ml/l de agua respectivamente.

Cuadro 3.3 Solución madre concentrada para 100 l de SN.

Tratamiento	SN (%)	Agua (ml)	C d N	C d N (ml)
1	100	3000	0%	0
2	75	2275	25%	725 LL
3	50	1550	50%	1450 LL
4	25	830	75%	2170 LL
5	75	2400	25%	600 AE
6	50	1800	50%	1200 AE
7	25	1200	75%	1800 AE
8	75	2800	2 ml/l	200 AF
9	50	2600	4 ml/l	400 AF
10	25	2400	6 ml/l	600 AF

SN=solución nutritiva, C d N=coadyuvante de nutrición, LL= líquido de lombriz, AE=ALGAENZIMS^{MR}, AF= ácidos fúlvicos

3.4. Variables a evaluar

En la solución nutritiva

Las variables evaluadas en la SN son potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y potencial redox (ORP). Para esto se utilizaron los instrumentos Hanna que son portátiles de empleo directo en invernaderos previamente calibrados a sus mediciones respectivas. Estos análisis se realizaron al inicio y a mitad del experimento.



Figura 3.2 Medidor de pH y CE.



Figura 3.3 Medidor de ORP.

En la planta

Se evaluaron las variables; altura de la planta, diámetro de tallo, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, volumen de raíz; esta última variable se determina sumergiendo la raíz de la planta en una probeta con un volumen de agua conocido y al sumergirla se desplaza el volumen que corresponde al de la raíz. Se evaluó además el peso de tomate y la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (CICR).

El 5 de julio de 2012, en el laboratorio de cultivo de tejidos se determinó la CICR mediante el método de capacidad de intercambio catiónico de la raíz de la planta, descrito por Crooke en 1964. Para ello se prepararon previamente las soluciones a utilizar: KCl 1 M, KOH 0,001 N y HCl 0,01 N. Posteriormente se colocaron las raíces molidas en un vaso de 400 ml, se humedecieron con unas pocas gotas de agua destilada evitando que la raíz flote. Se añadieron 200 ml de HCl 0,01 N y se agitó intermitentemente durante 5 minutos. El material de raíz rápidamente se decantó a través del embudo con el filtro (Whatman N° 1 con diámetro de 18,5 cm). Se lavaron las raíces en el embudo con chorro de agua destilada y se continuó lavando con agua hasta que la muestra quedó libre de cloruros (300 ml de agua es una cantidad adecuada). El papel filtro junto con el material de lavado de raíz se colocaron en un vaso de 250 ml utilizando un total de 200 ml de KCl 1M (ajustado a pH 7,0). Se determinó el pH de las raíces-KCl en suspensión utilizando electrodo de vidrio y se añadió suficiente 0,001 N de KOH con agitación intermitente para restaurar el pH a 7,0.

El H-raíces se puede valorar inmediatamente y los mililitros gastados de KOH multiplicados por diez expresaron la CIC (meq/100 miligramos).

El diseño experimental usado fue bloques al azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados de las variables evaluadas se analizaron con el programa estadístico SPSS.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la solución nutritiva.

FV	GL	pH1	pH2	CE1	CE2	ORP1	ORP2
T	9	.556*	.326*	2.183**	6.681**	1386.400**	334.303 ^{NS}
R	3	4.004**	.290 ^{NS}	.160 ^{NS}	2.294*	226.333*	2764.292**
EE	27	.157	.108	.175	.650	56.630	298.681
CV (%)		11.39	4.99	22.66	35.43	9.99	15.86

FV= fuente de variación, GL= grados de libertad, pH= potencial de hidrógeno, CE= conductividad eléctrica, ORP= potencial de oxidación reducción, T= tratamientos, R=repeticiones, EE= error experimental, CV= coeficiente de variación, *=significativo, **=altamente significativo, ^{NS}=no significativo.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la planta.

FV	GL	AP1	AP2	AF	DT	LR
T	9	152.253**	749.472**	852.612**	.114**	47.728*
R	3	137.173*	410.775*	223.973 ^{NS}	2.480E-02 ^{NS}	95.956**
EE	27	40.705	127.437	183.982	3.200E-02	19.762
CV (%)		24.68	31.90	29.46	17.93	24.47

FV= fuente de variación, GL= grados de libertad, AP= altura de planta, AF= altura final, DT=diámetro de tallo, LR=longitud de raíz, T= tratamientos, R=repeticiones, EE= error experimental, CV= coeficiente de variación, *=significativo, **=altamente significativo, ^{NS}=no significativo.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la planta.

FV	GL	VR	PFR	PSR	C.I.C.R.	PT
T	9	831.803*	1601.871*	48.463*	75085.600**	11419.313 ^{NS}
R	3	604.492 ^{NS}	1136.274 ^{NS}	26.980 ^{NS}	127925.933**	25938.041*
EE	27	369.269	582.591	15.770	23056.526	7426.161
CV (%)		52.27	59.85	56.24	37.43	137.89

FV= fuente de variación, GL= grados de libertad, VR=volumen de raíz, PFR=peso fresco de raíz, PSR=peso seco de raíz, C.I.C.R.=capacidad de intercambio catiónico de raíz, PT= peso de tomate T= tratamientos, R=repeticiones, EE= error experimental, CV= coeficiente de variación, *=significativo, ** =altamente significativo, ^{NS}=no significativo.

4.1. Variables evaluadas en la solución nutritiva

Se tomaron en cuenta algunas variables evaluadas en la solución nutritiva, para ver el comportamiento de los tratamientos y su relación con la planta.

4.1.1. Potencial de hidrógeno

En relación a esta variable en las dos mediciones hay diferencia significativa (Cuadro 4.1), podemos observar que en la primera medición el 16 de mayo del 2012 el pH estaba inferior a 7, en la segunda lectura tomada el 21 de junio del 2012 el pH de todos los tratamientos excepto el testigo era superior a 8 (Figura 4.1), lo cual ya no es recomendable para la planta. Los tratamientos con pH mas altos fueron el T4 (25%SN+75%LL) y T6 (50%SN+50%AE), el mas bajo fue el testigo seguido de los tratamientos con ácidos fúlvicos y los tratamientos T2 y T5 con 75%SN y 25% de LL y AE respectivamente.

Según Papadopoulos (1991); Maldonado y Álvarez (2002), citados por San Martín (2011), mencionan que las plantas a través de la raíz pueden tomar los nutrientes en un rango de pH de 5 a 7, donde los micronutrientes están más

disponibles en la acidez y los macronutrientes cercanos a la alcalinidad. Entonces las soluciones nutritivas deben ser mantenidas dentro de este rango, el cual generalmente oscila de 5.5 a 6.5. En base a esto podemos ver que ningún tratamiento presentó el pH adecuado para la buena absorción de los nutrientes.

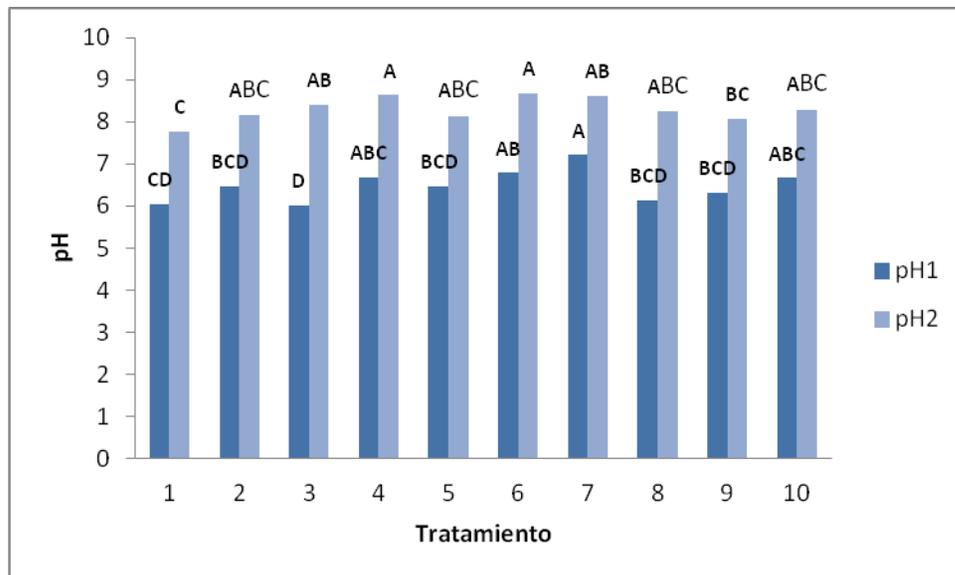


Figura 4.1 Potencial de hidrógeno (pH) de las soluciones nutritivas aplicadas a tomate en raíz flotante.

4.1.2. Conductividad eléctrica

Para esta variable se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos tanto en la primera lectura registrada el 16 de mayo del 2012 como en la segunda tomada el 21 de junio del 2012 (Cuadro 4.1), siendo mejor el tratamiento T10 (25%SN+6ml/IAF), seguido del tratamiento T9 con (50%SN+4ml/IAF), y el que presentó mayor conductividad eléctrica el T1 con 100%SN, (Figura 4.2).

Lara (1999) dice que el valor óptimo de CE para la producción comercial de tomate es 2 dS m^{-1} , sin embargo, menores valores pueden ser limitantes en su cultivo. Así mismo Maas y Hoffman (1977) citado por Flores (2011), mencionan

que el tomate presenta un umbral de tolerancia a la salinidad de 2.5 dS m^{-1} , y por cada dS m^{-1} superior a este umbral se disminuye 10 por ciento el rendimiento del cultivo. En base a lo citado podemos decir que en esta investigación solo los tratamientos T9 y T10 fueron favorables para la planta tomando en cuenta dicha variable.

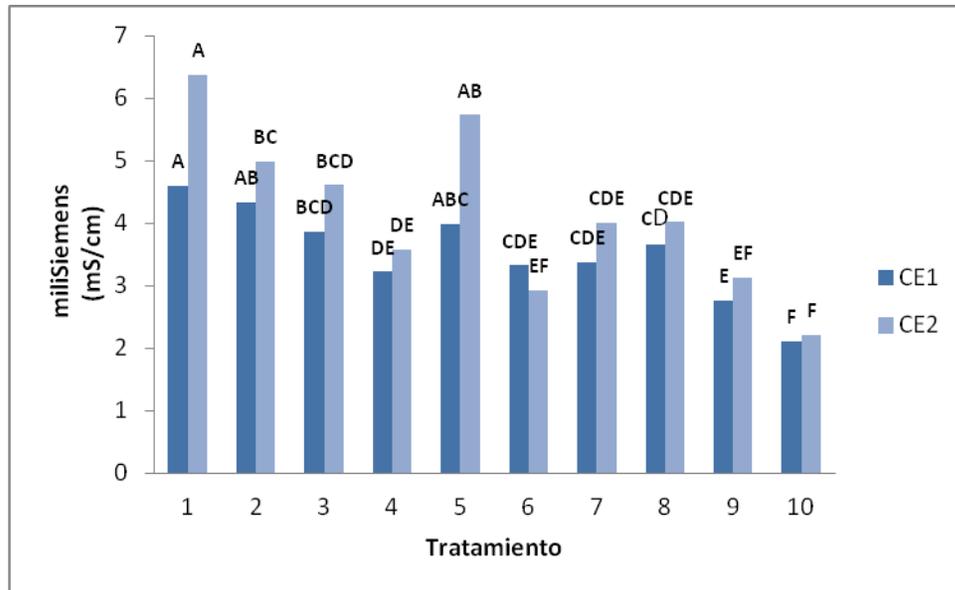


Figura 4.2 Conductividad eléctrica (CE) de las soluciones nutritivas aplicadas a tomate en raíz flotante.

4.1.3. Potencial de óxido reducción

Para esta variable en una primera lectura realizada el 18 de mayo del 2012 se encontró diferencia altamente significativa (Cuadro 4.1), presentando mejores condiciones el tratamiento T1 (100%SN) que es el testigo, seguido de los tratamientos T8 (75%SN+2ml/IAF), T2 (75%SN+25%LL) y T9 (50%SN+4ml/IAF); (Figura 4.3), siendo también los tratamientos T8 y T9 los que presentaron mejores condiciones de pH y CE en variables evaluadas en la SN que es muy importante ya que de estas condiciones depende la nutrición, lo cual se ve reflejado en el peso de tomate obteniéndose como mejor tratamiento el T9 (50%SN+4ml/IAF). En la segunda lectura realizada el 14 de junio del 2012

no se encontró diferencia significativa, pero numéricamente los valores mas altos seguían siendo de los tratamientos T8, T2 y T9 aunque superados por el testigo.

Como podemos observar el tratamiento testigo fue el de mayor ORP en ambas mediciones (Figura 4.3), esto se debe a que como es pura solución nutritiva no existen los microorganismos que demandan oxígeno, lo contrario a los tratamientos T2, T3, y T4 donde se utilizo el líquido de lombriz, y los tratamientos T5, T6 y T7 con ALGAENZIMS^{MR}, así mismo los tratamientos con ácidos fúlvicos tuvieron un comportamiento similar.

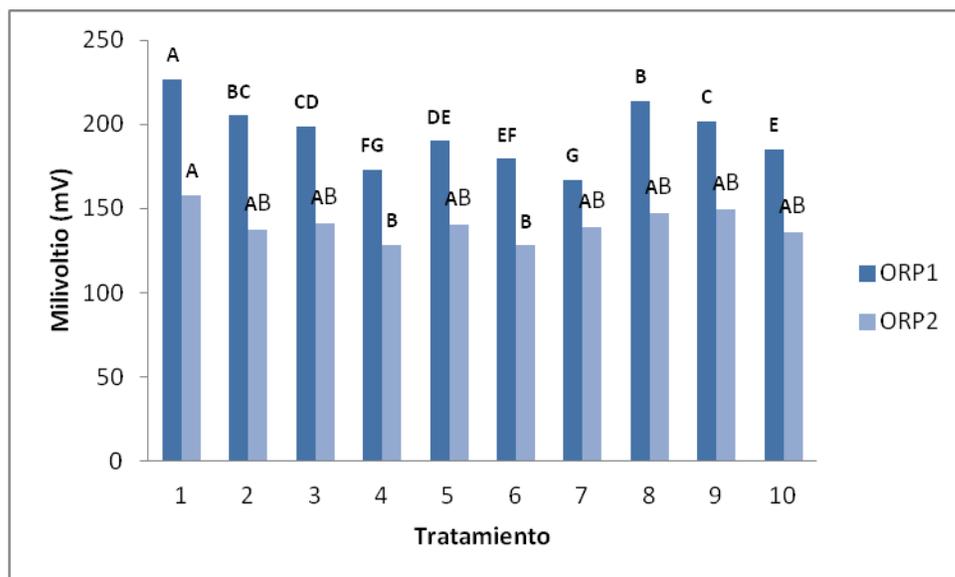


Figura 4.3 Potencial redox (ORP) de las soluciones nutritivas aplicadas a tomate en raíz flotante.

4.2. Variables evaluadas en la planta

Asi como en la solución nutritiva, en las plantas tambien se evaluaron algunas variables, para ver la interacción de las propiedades de la solución nutritiva y las plantas, así como el efecto que realizan los coadyuvantes sobre las mismas.

4.2.1. Altura de la planta

En esta variable se observó el comportamiento del crecimiento de las plantas, siendo altamente significativo (Cuadro 4.2). Para ver dicho comportamiento se midió en tres ocasiones el tamaño de la planta, la primera medición fue el 19 de mayo del 2012, la segunda se realizó el 10 de junio del 2012 y la tercera medición que corresponde a la altura final fue tomada el 28 de junio del 2012. Si observamos la altura final de las plantas el mejor tratamiento es el T10 (25%SN+6ml/IAF); (Figura 4.4), que también presentó un valor aceptable de CE, aunque es estadísticamente igual a los demás tratamientos excepto el T6 (50%SN+50%AE). Para esta variable el coadyuvante de ALGAENZIMS^{MR} no fue favorable dado que el T6 y T7 fueron los tratamientos que presentaron una altura menor.

Estos resultados concuerdan con Frías (2000), que al realizar un experimento en el cultivo de tomate con la aplicación de ácidos fúlvicos, para la variable altura de planta no encontró diferencias estadísticas, pero numéricamente el mejor resultado se obtuvo con la aplicación de solución al 100 por ciento + 0.2 ml de ácido fúlvico.

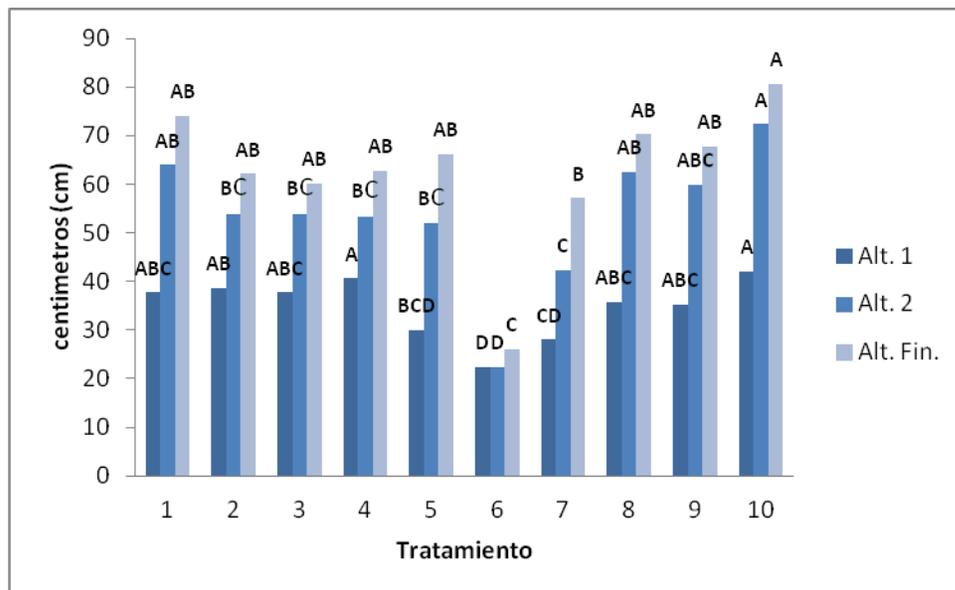


Figura 4.4 Altura de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

4.2.2. Diámetro de tallo

Esta variable fue altamente significativa (Cuadro 4.2), presentando los valores mas altos los tratamientos T9 (50%SN+4ml/IAF), y el T1 que es el tratamiento testigo con pura solución nutritiva, siguiendo el T8 (75%SN+2ml/IAF); (Figura 4.5), nuevamente al igual que en la variable altura de la planta los mejores resultados se obtuvieron al aplicar ácidos fúlvicos.

Estos resultados concuerdan con Mier (2012), que al evaluar la respuesta de aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de acelga encontró diferencia estadísticamente significativa en la variable altura de la planta al aplicar 15 l/ha de AF. Este mismo tratamiento presentó mayor diámetro de tallo.

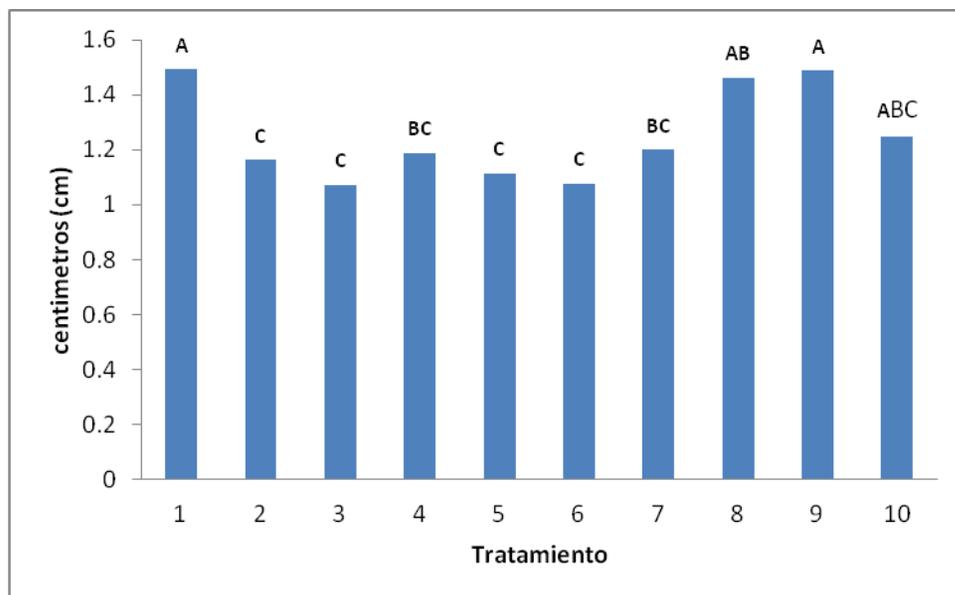


Figura 4.5 Diámetro de tallo de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

4.2.3. Longitud de raíz

Esta variable muestra como mejor tratamiento el T4 (25%SN+75%LL), seguido de los tratamientos T7 (25%SN+75%AE) y el T1 que es el testigo, (Figura 4.6), el resto de los tratamientos no superaron al testigo. Esto debido probablemente a que el coadyuvante líquido de lombriz estimula el crecimiento radicular y en base a la aplicación de extractos de algas a las plantas, Cedillo (1998), cita que uno de los efectos más pronunciados es el desarrollo de un vigoroso sistema radicular que, a menudo, da altos rendimientos en la cosecha.

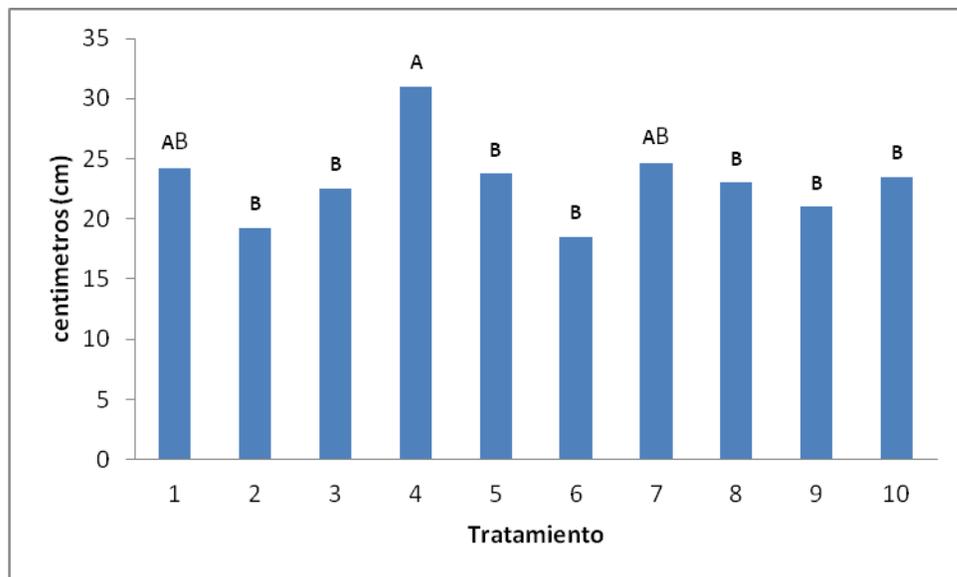


Figura 4.6 Longitud de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

4.2.4. Volumen de raíz

Para esta variable se encontró diferencia significativa (Cuadro 4.3), mostrando el valor mas alto el T5 (75%SN+25%AE), pero estadísticamente igual a los tratamientos T1 (100%SN), T7 (25%SN+75%AE) y el T10 (25%SN+6ml/IAF); (Figura 4.7), los demas tratamientos son iguales excepto el T6 que presentó una raíz muy pequeña. Aunque el tratamiento T4 (25%SN+75%LL) presentó mayor longitud de raíz eso no implica que sea el de mayor volumen, como se citó el producto de ALGAENZIMS^{MR} favorece el desarrollo radicular (Cedillo, 1998). El tratamiento T5 no tenía raíz muy grande pero si muy ramificada por lo tanto tuvo mayor volumen.

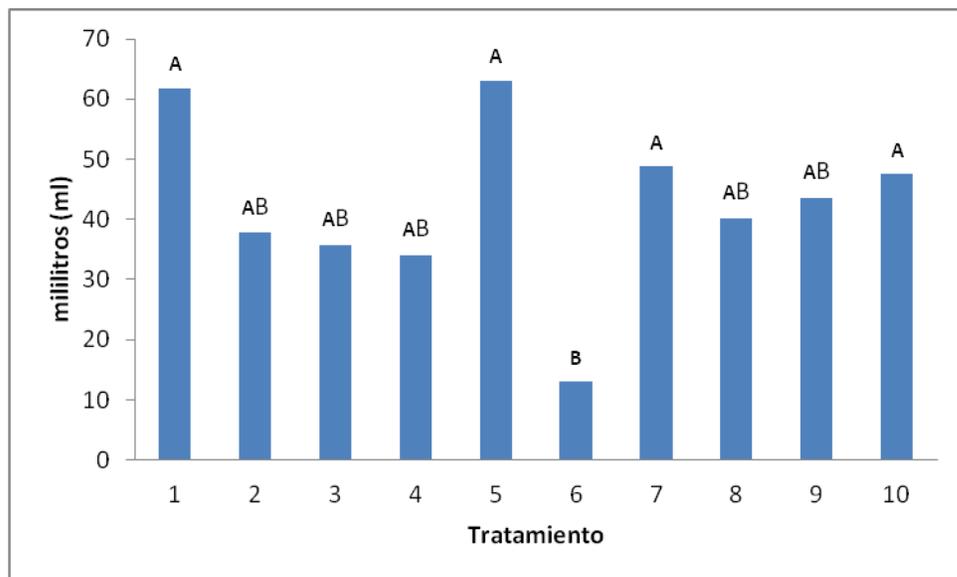


Figura 4.7 Volumen de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

4.2.5. Peso fresco de raíz

Al evaluar esta variable se encontró también una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 4.3), numéricamente el mejor tratamiento fue el T1, seguido del T5 (75%SN+25%AE); (Figura 4.8) aunque son estadísticamente igual al resto de los tratamientos excepto el T6 (50%SN+50%AE), este último es también el que presentó menor tamaño de planta, longitud de raíz, volumen de raíz, peso fresco y peso seco de raíz y por lo tanto fue nulo en producción. Aunque se menciona que el coadyuvante de ALGAENZIMS^{MR} favorece el desarrollo radicular, podemos comprobar que depende de la concentración del mismo, dado que no favorece a los tres tratamientos que lo contienen.

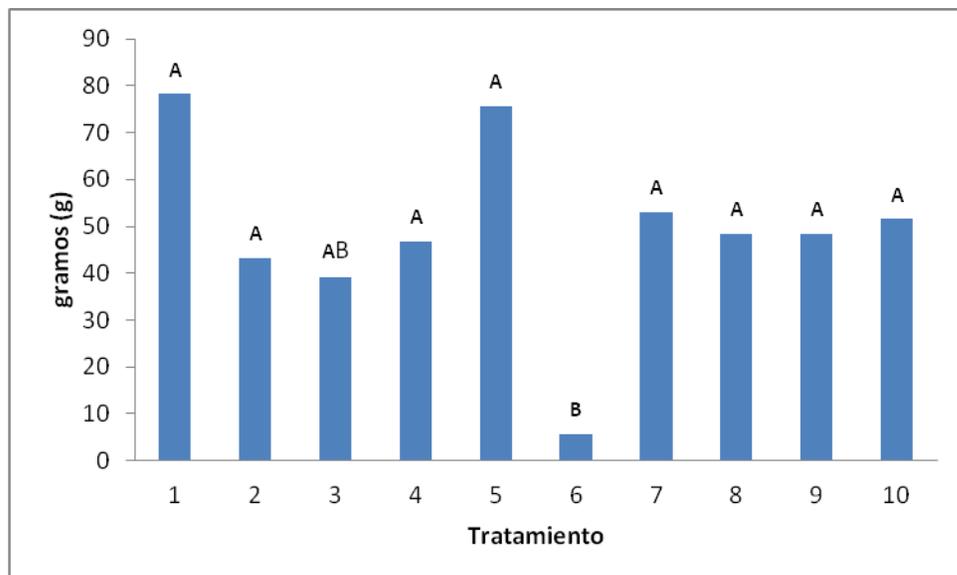


Figura 4.8 Peso fresco de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

4.2.6. Peso seco de raíz

Para esta variable encontramos diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 4.3), al igual que en el peso fresco de raíz el testigo superó a los tratamientos, numéricamente siguen el T5 (75%SN+25%AE), T10 (25%SN+6ml/IAF) y el T9 (50%SN+4ml/IAF), aunque todos son estadísticamente iguales excepto el T6 (50%SN+50%AE) que es el de menor peso seco de raíz, (Figura 4.9). El tratamiento T6 (50%SN+50%AE) en la mayoría de las variables ha sido el menos favorecido, por lo tanto podemos decir, que si bien, como se menciona es bueno el producto de ALGAENZIMS^{MR} pero en las concentraciones óptimas.

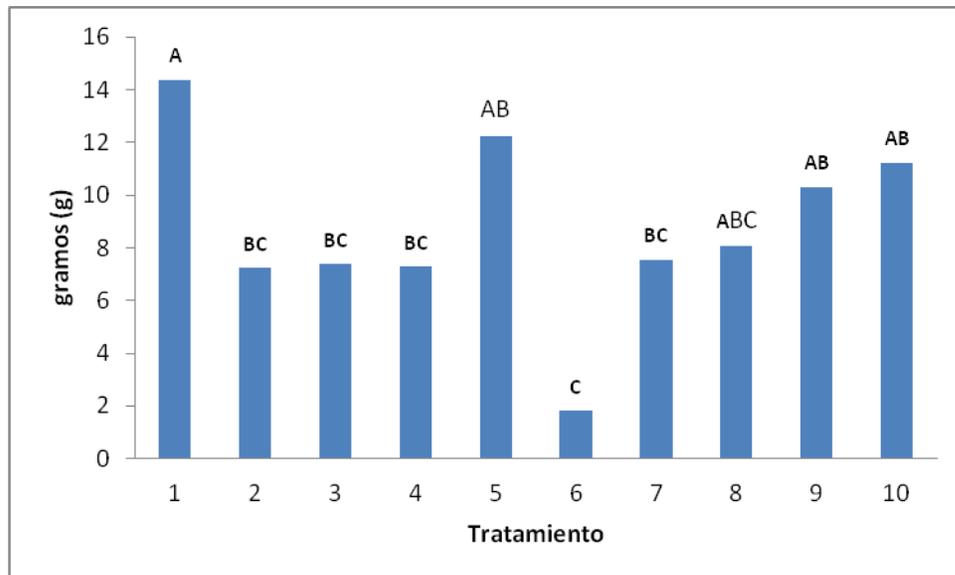


Figura 4.9 Peso seco de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

4.2.7. Capacidad de intercambio catiónico de raíz

Esta variable es altamente significativa (Cuadro 4.3), el tratamiento con mayor CICR es el T6 (50%SN+50%AE), seguido del tratamiento T3 (50%SN+50%LL), los tratamientos con menos CICR son el T8 (75%SN+2ml/IAF) y el T9 (50%SN+4ml/IAF); (Figura 4.10). Crooke (1964), menciona que la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (CICR) de la planta, es una medida reproducible y que existen amplias diferencias entre las plantas. En monocotiledóneas, los valores de CICR van aproximadamente de 10 a 70 meq/100 g de materia seca y sólo la mitad en las dicotiledóneas, por lo tanto estos tratamientos no favorecen esta variable, así mismo se observa que el T6 (50%SN+50%AE), con mayor CICR es el que muestra menores valores en las variables evaluadas en la planta tanto que su producción fue nula, por el contrario los tratamientos T8 (75%SN+2ml/IAF), T9 (50%SN+4ml/IAF) y T5 (75%SN+25%AE) han mostrado los mejores datos en cuanto a las variables evaluadas, lo cual se ve reflejado en el peso del tomate. Por lo tanto a menor CICR se asume que los elementos nutritivos ingresaron a la planta generando valores altos en las variables consideradas en este trabajo.

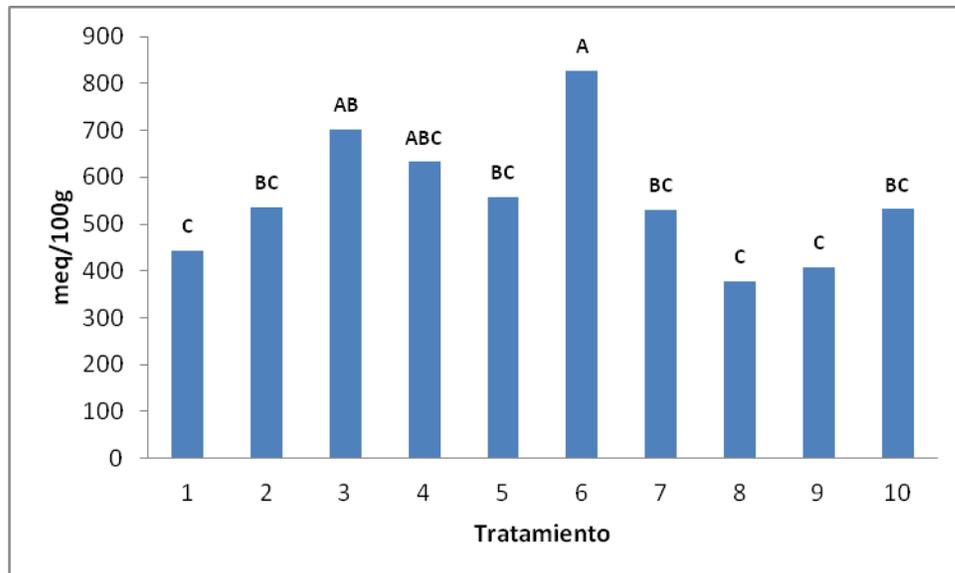


Figura 4.10 Capacidad de intercambio catiónico de raíz de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

4.2.8. Peso de tomate

Para esta variable no hubo diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 4.3), pero numéricamente podemos observar que el mejor tratamiento es el T9 (50%SN+4ml/IAF), seguido del tratamiento T5 (75%SN+25%AE). Los tratamientos con menos peso son el T1 (100%SN) y el T2 (75%SN+25%LL). El T6 (50%SN+50%AE) no tuvo producción, (Figura 4.11).

Los ácidos fúlvicos favorecieron en las variables de CE, altura de planta, diámetro de tallo, principalmente en el tratamiento T9 (50%SN+4ml/IAF) lo que se ve reflejado en el peso del fruto.

El segundo tratamiento con mayor peso de tomate es el T5 (75%SN+25%AE), esto quizá se debe principalmente a la acción y efecto de los nutrientes y de las sustancias naturales que las algas marinas contienen, cuyos efectos son similares a los de los reguladores de crecimiento de las plantas. Blaine *et al.* (1990) y Crouch y Van Staden (1992), citados por Canales (2001).

Flores (1997), al evaluar extractos de algas marinas (ALGAENZIMS^{MR}) en el cultivo de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa Brot.*) para la variable peso de fruto no encontró diferencia significativa, pero numéricamente el mejor resultado se obtuvo al aplicar 2 l/ha al suelo combinado con una aplicación foliar de 1.2 l/ha.

Se observa en el ANVA (Cuadro 4.3) que no hay diferencia estadística, con todo eso la prueba de Duncan dado que no es muy estricta nos da diferencias las cuales se observan en la (Figura 4.11).

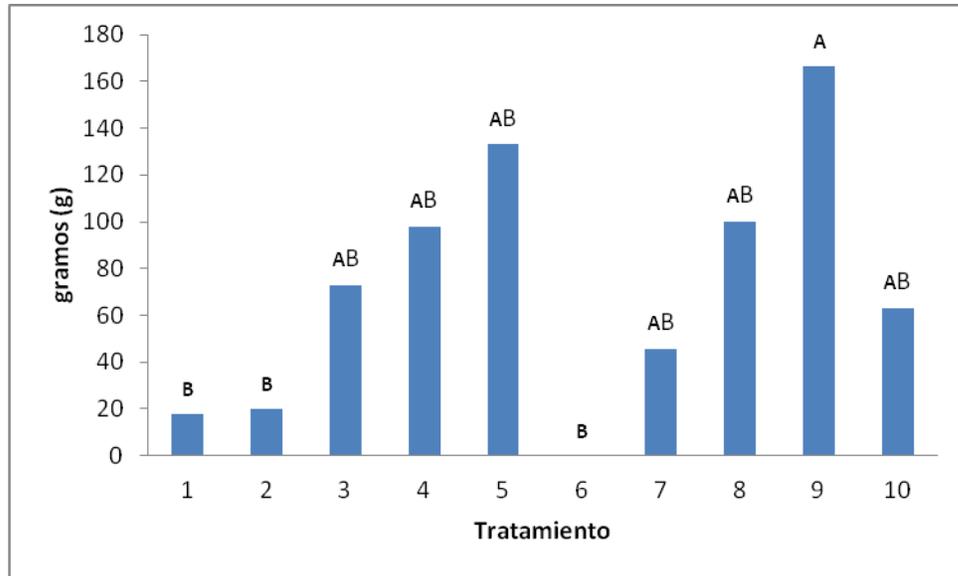


Figura 4.11 Peso de fruto de la planta de tomate sometida a tratamientos de nutrición.

V. CONCLUSIONES

Los ácidos fúlvicos realizaron efecto positivo en las variables evaluadas en la solución nutritiva que son: potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y potencial redox (ORP). Así mismo en variables de altura de planta, diámetro de tallo y peso de tomate. El líquido de lombriz al 75 por ciento de la solución completa lo hizo en longitud de raíz, el ALGAENZIMS^{MR} al 25 por ciento de la solución completa generó los mejores valores en volumen, capacidad de intercambio catiónico, peso fresco y peso seco de raíz.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda (en trabajos futuros) que se afinen los niveles de líquido de lombriz, ALGAENZIMS^{MR} y ácidos fúlvicos, para el cultivo de tomate, así como para otros cultivos de interés comercial.

VII. LITERATURA CITADA

Álvarez, M. V. 2000. Los extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Atiyeh, R.M; S.Lee; C.A. Edwards; N.Q.Aranconand J.D.Metzger. 2002.The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*. 84:7-14.

Basabe R. V. L. 2011.Comportamiento de sustancias húmicas de leonardita en la calidad y capacidad de intercambio catiónico de la raíz de plántula de pepino (*Cucumis sativus L.*). Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Bugarín M., R, G.A. Baca C., J. Martínez H., J.L. Tirado T., y A. Martínez G. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16: 113-124.

Cadahia, L. C. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. 3a edición. Ediciones Mundi-Prensa, España

Canales, L. B. 1987. Teoría enzimática sobre el cambio de la textura en el suelo. Publicación no Editada.

Canales, L. B. 1999. Enzimas-algas: Posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra Latinoamericana* 17: 271-276.

Canales, L. B. 2001. Uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, papa, chile y tomatillo. Resultados de Investigación. Palau Bioquim, Saltillo, Coahuila, México.

Carrasco, G. y J. Izquierdo. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante NFT. Universidad de Talca. Chile. pp:31-40.

Carrasco, G., P. Ramírez y H. Vogel. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. IDESIA 25: 59-62.

Castellanos, J.Z. y Borbón, C.M. 2009. Panorama de la industria protegida en México. En Manual de Producción de tomate de Invernadero. Intagri, Celaya, México.

Cedillo, R. J.I. 1998. Efecto del algaenzims sobre las características del suelo, el rendimiento y contenido de proteína en grano de trigo. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Chen, T. Aviad. 1990. Effect of humic substances on plant growth. In: "Humic substance in soil and crop sciences: selected readings". Wisconsin, USA. 161p

Córdoba R. R.E. 2000. Formas de aplicación de algaenzims en rendimiento y calidad para el cultivo de tomate, bajo dos sistemas de producción. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Cornish, P.S. 1992. Use of high electric conductivity of nutrient solution to improve the quality of salad tomatoes (*Lycopersicon esculentum Mill*) grown in hydroponic culture. Austr. J. Exp. Agric. 32: 513-520.

Cuartero, J. and R. Fernández-Muñoz. 1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulturae 78:83- 125.

Crooke, W.M. 1964. The measurement of the cation exchange capacity of plant roots effect on the excretion of faecal cations. Proc. Nutric. Soc. 35: 78A

De la Cruz R. R. A., (2005). Departamento de Fitomejoramiento U.A.A.A.N.

Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo. Saltillo, Coahuila, México.

De Rijck, G. y E. Schrevens. 1998. Cationic specification in nutrient solution as a function of pH. J. Plant Nutr. 21 (5): 861- 870.

De Sanzo C. y R. Ravera. 2000. Como criar lombrices rojas californianas. Programa de autosuficiencia regional. Buenos Aires, Argentina.

Flores, F. G. 1997. Evaluación de extractos de algas marinas (ALGAENZIMS^{MR}) en el cultivo de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Flores, G.D. 2011. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) nativos cultivados en invernadero. Tesis de grado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Franco, J.A. y Bañón S. 1997. Posibilidades agrícolas de los ácidos húmicos comerciales. Horticultura, 69.

Frías M.S. 2000. Efecto de dos tipos de ácidos fulvicos en el cultivo de tomate. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Gallegos, C.D. 2012. Efecto del potencial osmótico de la solución nutritiva en la producción de licopeno en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tesis de grado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Ghosh, M; G. N. Chattopadhyay and K. Baral. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. Bioresource Technology 69:149-154.

Gómez E. A. 2011. Germinación de la semilla de chile piquín (*Capsicum annum*) como respuesta a la aplicación de humus líquido de lombriz a diferentes concentraciones. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Goykovic C., V. y G. Saavedra del R. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. IDESIA 25: 47-58.

Ilyiná. J. A., Villarreal S. E., Rivera, R. J.M., Silveyra M. J.S. , Canales L. B., Rodríguez, M. J. 1997. Evaluación del efecto de algaenzims^{MR} y grupos de microorganismos aislados de éste sobre el crecimiento y vigor de la vid y las propiedades edáficas del suelo. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. México.

Jensen M. H. 1997. Hydroponics. HortScience 32(6): 1018-1021.

Juárez L., P. 2009. Producción y calidad de genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero e hidroponía. Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México.

Kononova, M.M., 1982. Materia orgánica del suelo. Barcelona, España. Segunda edición.

Labrador J., 1996. La Materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Mundi Prensa: Madrid.

Lara H., A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.

Lulakis, M. 1995. Effect of humic substances from vine-canes mature compost on tomato seedling growth. Bioresource Technology.

Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the irrigation and drainage division, ASCE 103 (2): 115-134.

Marchese, M., R. Tuttobene, A. Restuccia, A.M.G. Longo, G. Mauromicale, and G. Restuccia. 2008. Effects of electrical conductivity of irrigation water on the

growth and production of *Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme* grown in greenhouse. *Options Méditerranéennes* 84: 311-315.

Martínez, R.A., Guerrero, S.A., Miglietta, H.F. 2005. Efecto del potencial rédox sobre los parámetros del cultivo de *Trypanosoma cruzi* desarrollado en medio líquido agitado, *Revista Argentina de Microbiología*. v.37 n.4 Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Melo L. L. 2006 "Análisis y caracterización de ácidos fúlvicos y su interacción con algunos metales pesados" Trabajo de investigación. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Pachuca de Soto, Hidalgo.

Mier. B. M.E. 2012. Respuesta de aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en la producción del cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) en la zona de El Ángel, provincia del Carchi, Tesis Escuela de Ingeniería Agronómica. Ecuador.

Muñoz R, J.J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. In: J.Z. Castellanos (ed.). *Manual de Producción de Tomate en Invernadero*. (ed.). Intagri. Celaya, México.

Narro F. E. 1997. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de la papa. *Investigaciones en el cultivo de la papa*. Foro de Investigación UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila México.

Nichols, A.M., K.J. Fisher, L.S. Morgan y A. Simon. 1994. Osmotic stress yield and quality of hydroponic tomatoes. *Acta Horticulturae* 361: 302-311.

Ordaz, H. I 2007 Prueba preliminar de líquido de lombriz en la producción de plántula de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa Brot*) Variedad Large Fruited Michoacán bajo condiciones de invernadero. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México

Pedroso R. I., Domínguez A. F.J., 2006 .Ácidos húmicos. Formas de extracción y usos. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" Facultad de Ingenierías Química – Mecánica. Monografía. Cuba.

Planta de lombricultura de la sección agrotecnia. 2008. Líquido lombri-humus de lombriz roja de california (*Eisenia foetida*) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Ramos, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes, Efectos frente al estrés salino. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante, España.

Rauthan, B. and M. Schnitzer, 1981. Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis Sativus*) plants. Plant and soil. 63: 491-495.

Romero-Aranda, R., T. Soria, and J. Cuartero. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant Science 160:265-272.

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 C. F. y E. R. Escalante R. 1988. Hidroponia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 37-40.

San Martín H.C. 2011. Producción de tomate (*Solanum Lycopersicum l.*) en diferentes granulometrías de "tezontle". Tesis de grado, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Schnitzer, M. 2000. Time perspective on the chemistry of soil organic matter. D.L. Sparks (Ed.) Schnitzer and Klan. Soil organic matter. Elsevier, Amsterdam.

Stephenson, W. 1966. The effects of hydrolysed saeweed on certain pests and disaeses. Proc. Int. Saewwed symp. 5: 405-415.

Stevenson F. L. and Schnitzer M. 1982. Transmission electron microscopy of extracted fulvic and humic acids. Soil Sci.

Terry, E., Núñez M., Pino A. M. Medina N. 2001 Efectividad de la combinación biofertilizantes–análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Cultivos tropicales.

Vaughan, D., Malcom, R.E., Ord, B.G., 1985. Influence of humic substances on biochemical processes in plants. In: Vaughan, D., Malcom, R.E. (Eds.), Soil Organic Matter and Biological Activit, Martinus Nijhoff/Junk W, Dordrecht, The Netherlands.

Páginas de internet

Grupo Bioquímico Mexicano. 1997. Disponible en la página:
<http://www.infoagro.com>

Humus de lombriz y su aplicación, disponible en:
<http://fitv.bligoo.com/content/view/77/HUMUS-DE-LOMBRIZ-Y-SU-APLICACION.html>, consultado 15 de febrero del 2013.

SIAP 2012. Resumen nacional de producción agrícola. Disponible en:
<http://www.siap.gob.mx>. Consultado 15 de febrero del 2013.

Obtención de abono (humus) líquido a base de lombrices californianas, disponible en: <http://producirhumusdelombriz.blogspot.mx/2011/06/obtencion-de-abono-humus-liquido-base.html>, Consultado 15 de febrero del 2013

Potencial de oxidación, disponible en:
<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Potencial%20de%20oxidacion.pdf>, consultado 19 de abril 2013.

Producto ALGAENZIMS^{MR} disponible en: <http://www.palaubioquim.com/>. Consultado 22 de febrero de 2013.

Ventajas del humus líquido de lombriz, Agroforestal San Remo, C.A. disponible en: http://www.agroforestalsanremo.com/humus_liq.php consultado el 22 de febrero de 2013.