

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Efectos de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos en la Nutrición de Acelga (*Beta vulgaris L.*)  
Bajo un Sistema de Raíz Flotante

Por:

**DEYSI VÁZQUEZ LÓPEZ**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efectos de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos en la Nutrición de Acelga (*Beta vulgaris L.*)

Bajo un Sistema de Raíz Flotante

Por

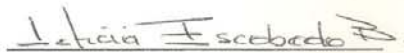
**DEYSI VÁZQUEZ LÓPEZ**

Tesis

Presentada como requisito para obtener el título de:


**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada



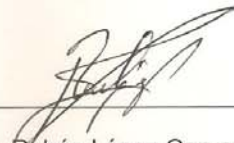
M.C. Leticia Escobedo Bocado

Asesor Principal



Dr. Ricardo Requejo López

Coasesor



Dr. Rubén López Cervantes

Coasesor

  
  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2012

## RESUMEN

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se estableció un cultivo de acelga (*Beta vulgaris*L.) con el fin de determinar el efecto de ácidos húmicos y fúlvicos en un sistema de raíz flotante; se evaluaron 7 tratamientos cada uno con 6 repeticiones; la misma solución nutritiva y diferente concentración de ácido húmico y fúlvico : Trat 1 (solo solución nutritiva), Trat 2 (2 ml/L ácido fúlvico), Trat 3 (2 ml/L ácido húmico), Trat 4 (4 ml/L ácido fúlvico), Trat 5 (4 ml/L ácido húmico), Trat 6 (6 ml/L ácido fúlvico) y Trat 7 (6ml/L de ácido húmico).

Las variables evaluadas fueron: volumen de raíz (ml), longitud de raíz (cm), peso fresco de raíz (g), longitud de planta (cm), número de hojas comerciales, peso fresco de hojas comerciales (g), número de hojas no comerciales, peso fresco de hojas no comerciales (g), peso fresco de pedúnculo comercial (g), peso fresco de pedúnculo no comercial (g), peso fresco de base (g), peso seco de raíz (g), peso seco de hojas comerciales (g), peso seco de hojas no comerciales (g), peso seco de pedúnculo comercial (g), peso seco de pedúnculo no comercial (g), peso seco de la base (g), capacidad de intercambio catiónico de las raíces (mili equivalentes/100 g de materia seca).

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar, los datos obtenidos se analizaron en el programa estadístico SPSS, y se realizaron pruebas de medias Tukey.

El análisis estadístico arrojó que los mejores tratamientos en cuanto a las variables de interés fueron: el tratamiento 4 (4 ml/L ácido fúlvico), 5 (4 ml/L ácido húmico) y 7 (6 ml/L de ácido húmico). La utilización de cualquiera de estos tratamientos garantiza un mejor rendimiento, sin embargo, una alternativa a utilizar es el tratamiento 4 o 5, porque al ser de menor concentración se ahorra en cuanto a la utilización de estas sustancias húmicas.

Mediante este trabajo se demostró que la utilización de ácido húmico y fúlvico, combinados con la solución nutritiva en acelga flotante, tiene un efecto favorable en variables agronómicas y comerciales del cultivo, en comparación al testigo.

Palabras clave:

Ácido húmico, ácido fúlvico, solución nutritiva, raíz flotante

## DEDICATORIA

A Dios primeramente, por concederme y llenar de bendiciones mi vida, por darme fortaleza para seguir adelante en momentos difíciles, y permitir tener a mi lado una hermosa familia.

A mis padres, Juana López Pérez y Pablo Vázquez Cruzado, gracias por apoyar mi sueño y estar incondicionalmente para mí, me siento muy orgullosa de ser su hija, admiro su trabajo, ustedes fueron mi gran motivo para este trabajo, gracias por la manera en que me educaron y por confiar siempre en mí; Los amo.

A mis hermanos, Daniel Vázquez López y Nohemí Vázquez López, gracias por el apoyo y cariño que desde pequeña recibí de ustedes, ustedes son un gran ejemplo para mí, por ayudarme y guiarme en mi camino GRACIAS.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por cobijarme en este lapso de tiempo, permitiéndome expandir mi perspectiva y darme todas las herramientas que necesito como profesional.

Al Dr. Ricardo Requejo López, por su asesoría para la realización de este trabajo y aportar sus conocimientos, sugerencias y paciencia.

A M.C. Leticia Escobedo Bocardo, por su participación para la realización y revisión de este trabajo.

Al Dr. Rubén López, por su apoyo y gran asesoría.

Al Dr. Víctor Reyes Salas, quien participo en la revisión de este trabajo, y su apoyo a lo largo de mi carrera.

A mis amigos que contribuyeron no solo en este trabajo, sino en toda mi carrera profesional, ayudándome, alentándome, y por su gran compañía, amistad y cariño, puedo decir que todos y cada uno de ustedes son mi otra familia.

Barby, Gris, Male, Monse, Rosy, Lupita, Claudia, Álvaro, Fide, Varo, Martin, Carlos, Paquito, Agustín (El Gute), Pablo, Chava, Gerardo (Parras), Claudio, los quiero mucho y siempre los llevaré en mi corazón.

A todos mis maestros y maestras que me otorgaron conocimientos a lo largo de toda mi carrera profesional y que utilizaré en mi vida laboral.

A todos y cada uno de mis compañeros de la generación CXIV, gracias por su compañía.

## CONTENIDO

Índice de cuadros.....	viii
Índice de figuras.....	ix
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	
Justificación.....	3
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
<b>II.- REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
Cultivo de acelga.....	4
Hidroponía.....	5
Sistemas de hidroponía.....	5
Sistema de raíz flotante.....	6
Solución nutritiva.....	7
Ácidos húmicos y fúlvicos.....	8
Efecto de ácido húmico en la planta.....	11
Efecto de ácido fúlvico en la planta.....	12
Capacidad de intercambio catiónico.....	12
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
Ubicación del área experimental.....	14
Material vegetal.....	14
Metodología del trabajo.....	15

Establecimiento del experimento.....	17
Distribución de los tratamientos.....	18
Aplicaciones de solución nutritiva combinada con ácido húmico y fúlvico.....	19
Lecturas de conductividad eléctrica y pH.....	21
Cosecha.....	22
Secado de material vegetal.....	22
Medición de capacidad de intercambio catiónico en raíz.....	23
Medición de contenido de K, Ca, Mg, Fe y Zn en hoja.....	24
Diseño experimental.....	24
Variables evaluadas.....	24
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
Prueba de medias de volumen de raíz.....	29
Prueba de medias de longitud de raíz.....	31
Prueba de medias de peso fresco de raíz.....	32
Prueba de medias de longitud de la planta.....	33
Prueba de medias de número de hojas comerciales.....	34
Prueba de medias de peso fresco de hojas comerciales.....	35
Prueba de medias de número de hojas no comerciales.....	36
Prueba de medias de peso fresco de hojas no comerciales.....	37
Prueba de medias de peso seco de raíz.....	38
Prueba de medias de peso seco de hojas comerciales.....	39



Prueba de medias de peso seco de hojas no comerciales.....	40
Prueba de medias de capacidad de intercambio catiónico.....	41
V. CONCLUSIONES.....	43
VII. LITERATURA CITADA.....	44
VIII. APÉNDICE.....	49

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro1. Superficie sembrada de acelga en cuatro estados de la República Mexicana. ....	4
Cuadro 2. Clasificación de las sustancias húmicas.....	8
Cuadro 3. Cálculos para obtener la disolución (meq/L).....	15
Cuadro 4. Tabla de fertilizantes a utilizar.....	15
Cuadro 5. Disolución madre concentrada.....	16
Cuadro 6. Microelementos.....	16
Cuadro 7. Distribución de los tratamientos.....	19
Cuadro 8. Fechas de aplicaciones de solución nutritiva combinada con ácido húmico y fúlvico.....	20
Cuadro 9. Lecturas de pH y conductividad eléctrica para los siete tratamientos evaluados en el cultivo de acelga.....	21
Cuadro 10. Cuadrados medios de tratamientos, de repeticiones y del error experimental así como la prueba de significancia y coeficiente de variación para cada variable.....	26
Cuadro 11. Valores de análisis de contenido de K, Ca, Mg, Fe y Zn en la hoja.....	28
Cuadro 12. Correlaciones de cada una de las variables evaluadas.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de acelga en un sistema de raíz flotante.....	2
Figura 2. Sistema de raíz flotante.....	7
Figura 3. Localización del área experimental.....	14
Figura 4. Preparación de solución nutritiva.....	17
Figura 5. Establecimiento del experimento.....	18
Figura 6. Variable volumen de raíz.....	30
Figura 7. Raíz de tratamiento 6.....	30
Figura 8. Raíz de tratamiento 5.....	31
Figura 9. Variable peso fresco de raíz.....	32
Figura 10. Variable longitud de planta.....	33
Figura 11. Variable número de hojas comerciales.....	35
Figura 12. Variable peso fresco de hoja comercial.....	35
Figura 13. Variable peso fresco de hojas no comerciales.....	37
Figura 14. Variable peso seco de raíz.....	38
Figura 15. Variable peso seco de hojas comerciales.....	39
Figura 16. Variable peso seco de hojas no comerciales.....	40
Figura 17. Variable capacidad de intercambio catiónico.....	41

## INTRODUCCIÓN

La agricultura mexicana enfrenta retos ambientales y de producción agropecuaria, económica, social y educativa que obligan a pensar en grandes transformaciones. En materia ambiental y de producción agrícola el país enfrenta, al igual que el resto del mundo, el cambio climático y la alteración de los ecosistemas, la escasez y mala distribución del agua potable, la contaminación ambiental del suelo, agua y aire, la degradación de los suelos y la desertificación global, la disminución de la cubierta vegetal y la deforestación, el peligro de extinción de especies vegetales y animales, la pérdida de fertilidad natural y disminución de la productividad de los suelos. Por ello crece la utilización de técnicas de producción alternativas de hortalizas, una de ellas la hidroponía, técnica compuesta de dos vocablos griegos “hydro” que significa agua, y “ponos” cuyo significado es trabajo.

La hidroponía se define como la ciencia de crecimiento de las plantas sin utilizar suelo, aunque utilizando un medio inerte, tal como la grava, arena, perlita, vermiculita, piedra pómez, a los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para su normal crecimiento y desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se les denomina “cultivo sin suelo” mientras que el cultivo solamente en agua natural o con solución nutritiva será el verdaderamente hidropónico (Samperio, *et al.*, 1997).

En México, en los últimos años las hortalizas han cobrado un auge sorprendente desde el punto de vista de superficie sembrada, y en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que generan; sin embargo, si se observa desde el ángulo de la dieta alimenticia del mexicano este factor es casi nulo, debido al desconocimiento de la gran cantidad de hortalizas que se pueden explotar en nuestro país. Dentro de esas hortalizas se encuentra la acelga (*Beta vulgaris L.*), (observada en la figura 1) hortaliza cuya parte comestible la constituyen las hojas, tiene un gran contenido de vitamina A y C, además que puede

ser industrializada y envasada; en nuestro país es importante debido a su superficie cultivada, principalmente en los estados de Guanajuato, Zacatecas, Michoacán y Tlaxcala. La superficie cultivada en el estado de Guanajuato es de 80 Has con un rendimiento de 12 ton/Ha, de 27 Has y con un rendimiento de 11 ton/Ha en el estado de Zacatecas, en el estado de Michoacán se tienen 13 Has de cultivo con un rendimiento de 6 ton/Ha y el estado de Tlaxcala cuenta con 38 Has y tiene un rendimiento promedio de 11 ton/Ha. (Macua, *et al.*, 2010)

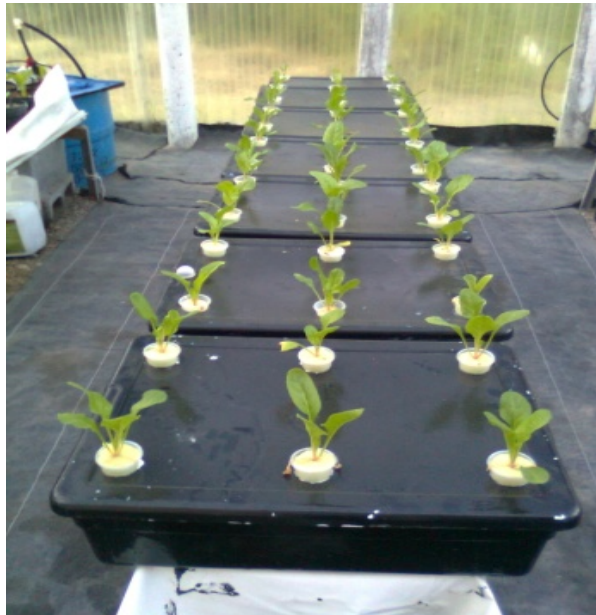


Figura 1. Cultivo de acelga en un sistema de raíz flotante

## JUSTIFICACIÓN

La técnica de hidroponía es una alternativa para la producción de hortalizas, sin duda aplicable en el proceso de producción agronómica, viable para satisfacer la demanda alimenticia del país; y por lo tanto, técnica que tiene que ser revalorada, conjugándola con elementos también alternativos como es el uso de ácido húmico y fúlvico, y de esta manera incursionar en todo tipo de hortalizas.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico, combinados con solución nutritiva en la nutrición de acelga (*Beta vulgaris L.*)

## HIPÓTESIS

La aplicación de solución nutritiva adicionada con ácido húmico y fúlvico dará como resultado que al menos uno de los tratamientos sobresalga con respecto al testigo en cuanto a las variables evaluadas en este trabajo.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### CULTIVO DE ACELGA

La acelga (*Beta vulgaris L.*) es una hortaliza cuya parte comestible la constituyen las hojas, aunque también pueden consumirse los peciolo; se le considera como una planta semiperenne y de rebrote. En México esta planta tiene poca demanda en comparación con las demás hortalizas de hoja, a pesar de su gran contenido de vitamina A y C. Así mismo, esta hortaliza puede ser industrializada y envasada.

Es una planta herbácea bianual cultivada como anual, con hojas grandes, de color verde brillante a amarillo claro. Los tallos son de color blanco, amarillento o incluso rojizo, según la variedad. Es originaria de los países europeos de la Costa Mediterránea y del Norte de África. (Macua, *et al.*, 2010)

La acelga tiene más importancia que el betabel por la superficie sembrada que ocupa. En México la superficie sembrada se reporta en el cuadro1 (Macua, *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Superficie sembrada de acelga en cuatro estados de la República Mexicana. (Macua, *et al.*, 2010)

Estado	Superficie (ha)	Rendimiento (ton/ha)
Guanajuato	80	12
Zacatecas	27	11
Michoacán	13	6
Tlaxcala	38	11

Su clasificación taxonómica es la que a continuación se presenta:

Familia: Chenopodiaceae

Género: Beta

Especie: vulgaris

Variedad botánica: cicla

Nombre común: Acelga

Las principales variedades son:

“Bright Lights”, una mezcla multicolor; “FordhookGiant”, amplios tallos blancos, “Lucullus”, de color amarillento, hojas verdes y tallos blancos amarillentos; “Rhubard”, tallos y hojas carmesí de pasta (White, *et al.*, 2005)

García *et al.*, (2012), en una evaluación de metales pesados en plantas de acelga (*Beta vulgaris L.*) regadas con agua residual tratada, determina que en este cultivo existe una correlación positiva de número de hojas respecto al peso fresco y peso seco de la planta.

## HIDROPONÍA

La hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando soluciones minerales en vez de suelo agrícola. La palabra hidroponía proviene del griego, hydro= agua y ponos= trabajo. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta.

Hoy en día esta actividad está tomando mucho auge en los países donde las condiciones para la agricultura resultan adversas, combinando la hidroponía con un buen manejo de invernadero se llegan a obtener rendimientos muy superiores a los que se obtienen en cultivos a cielo abierto. Es una forma sencilla, limpia y de bajo costo, para producir vegetales de rápido crecimiento y generalmente ricos en elementos nutritivos. (Ojeda, *et al.*, 1989)

## SISTEMAS DE HIDROPONÍA

La jardinería digital enumerada como 1 en la bibliografía se comenta que los sistemas de cultivo hidropónico se dividen en dos grupos, los cerrados y los abiertos.



Sistemas cerrados, son aquellos donde la solución nutritiva tiene una circulación continua. Sistemas abiertos, son los que aportan la solución nutriente y los sobrantes son desechados a través de los drenajes. Dentro de estos dos grupos hay tantos sistemas como diseños de las variables de cultivo empleadas: sistema de riego (goteo, subirrigación, circulación de la solución nutritiva, tuberías de exudación, contenedores estancos de solución nutritiva, etc.); sustrato empleado (agua, materiales inertes, mezclas con materiales orgánicos, etc.); tipo de aplicación fertilizante (disuelto en la solución nutritiva, empleo de fertilizantes de liberación lenta aplicados al sustrato, sustratos enriquecidos, etc.); disposición del cultivo (superficial, sacos verticales o inclinados, en bandejas situadas en diferentes planos, etc.); recipientes del sustrato (contenedores individuales o múltiples, sacos plásticos preparados, etc.). A nivel mundial los sistemas cerrados son los más extendidos, mientras que en nuestro país la práctica total de las explotaciones comerciales son sistemas abiertos y que adoptan el riego por goteo, sin recirculación de la solución nutritiva dadas las condiciones generales de calidad de agua de riego y la exigencia de nivel técnico que tienen los sistemas cerrados.

#### SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE

Dentro de los sistemas cerrados se encuentra la técnica de raíz flotante que es el sistema hidropónico por excelencia, ya que las raíces de las plantas están sumergidas parcialmente en la solución nutritiva (Figura 2). Donde planchas de poliestireno expandido que sostienen un determinado número de plantas, flotan sobre una solución nutritiva aireada frecuentemente a través de una compresora. Este sistema se usa en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos, generalmente para cultivar hortalizas de hojas, como lechuga, albahaca, apio, menta, hierbabuena, entre otras. Es muy importante airear la solución nutritiva; esto se puede hacer inyectando aire con una compresora o manualmente, utilizando un batidor plástico limpio, por lo menos dos veces al día. (Ojeda, *et al.*, 1989)

No obstante, en las últimas dos décadas, el sistema flotante también se ha derivado para la producción de almácigos o semilleros de tabaco o raíz cubierta, y, posteriormente, para hortalizas, que luego se trasplantan en suelo(Ojeda, *et al.*, 1989).

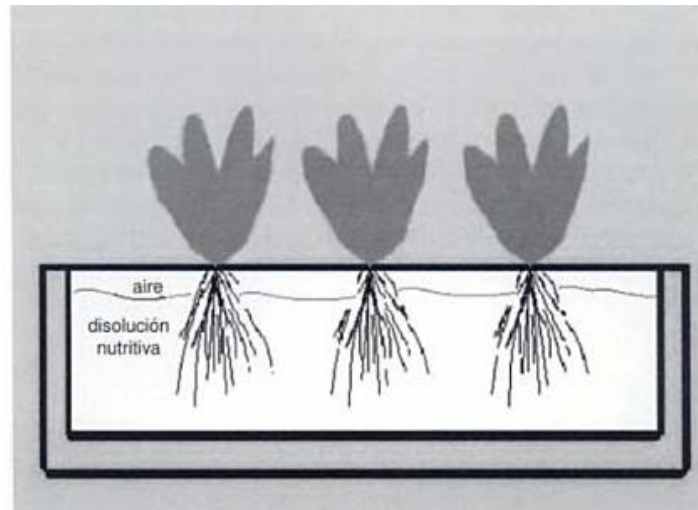


Figura 2. Sistema de raíz flotante(Ojeda, *et al.*, 1989)

## SOLUCIÓN NUTRITIVA

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma única y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micro nutrimento que puede estar presente. Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, *et al.*, 1961).

La SN está regida por las leyes de la química inorgánica, ya que tiene reacciones que conducen a la formación de complejos y a la precipitación de los iones en ella, lo cual evita que estos estén disponibles para las raíces de las plantas (De Rijck y Schrevens, 1998).

## ÁCIDOS HÚMICOS Y FULVICOS

En los sistemas hidropónicos la utilización de soluciones nutritivas combinadas con algunos coadyuvantes ha tomado auge día con día, dentro de ellos se encuentran los ácidos húmicos y fúlvicos (derivados de las sustancias húmicas). La clasificación de los componentes de las sustancias húmicas está basada en la solubilidad de los mismos en medio ácido o básico, dividiéndose de manera usual en cuatro fracciones (Labrador, *et al.*, 1993); apreciado en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de las sustancias húmicas (Labrador, et al., 1993)

<b>Fracción</b>	<b>Álcali</b>	<b>Acido</b>	<b>Alcohol</b>
Ácidos fúlvicos	Soluble	Soluble	----
Ácidos húmicos	Soluble	Insoluble	Insoluble
Ácidos himatomelánicos	Soluble	Insoluble	Soluble
Huminas	Insoluble	Insoluble	Insoluble

En scrib.com enumerada como 2 en la bibliografía se comenta que los ácidos húmicos y fúlvicos son complejas agrupaciones macromoleculares en las que las unidades fundamentales son compuestos aromáticos de carácter fenólico procedentes de la descomposición de la materia orgánica y compuestos nitrogenados, tanto cíclicos como alifáticos sintetizados por ciertos microorganismos presentes en el suelo. También se menciona que ni los ácidos húmicos ni los ácidos fúlvicos son un compuesto químico definido, cada grupo engloba multitud de compuestos diversos más o menos relacionados entre ellos. Los ácidos fúlvicos actúan fundamentalmente sobre la parte hipogea de la planta, mientras que los ácidos húmicos tienen una influencia mayor sobre la parte aérea debido a todo lo indicado, se puede afirmar que es imposible determinar las propiedades prácticas de una determinada sustancia húmica basándose en su análisis elemental (C, H, N) tal como sucede en el caso de fertilizantes inorgánicos (N, P, K). Asimismo se puede afirmar que es imposible evaluar comparativamente dos diferentes sustancias húmicas mediante análisis químico.

La reactividad de los ácidos húmicos y fúlvicos, y su posterior efecto sobre las plantas, están relacionados con la concentración de grupos funcionales que poseen; la mayor parte de los grupos funcionales con carboxilos, alcoholes, hidroxilos fenólicos, carbonilos y también se han encontrado grupos nitrogenados.

Las sustancias húmicas tienen efectos positivos en las plantas, eso ha sido observado y reconocido por varios investigadores, pero los efectos específicos de estas sustancias en las diferentes fases de crecimiento de plantas y absorción de nutrimentos no han sido totalmente investigado (Rauthan y Schnitzer, 1981).

Los grupos funcionales libres, carboxilos (COOH) e hidroxílicos (OH) presentes en las sustancias húmicas, son los principales agentes que pueden adsorber y/o quelatar cationes; de esta manera los ácidos húmicos quelatan con mayor facilidad los cationes metálicos, mientras que los ácidos fúlvicos los alcalinos y los alcalino-térreos (Orlov, et al., 1995). Molina, et al., (2003), menciona que los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, también contienen grupos funcionales amino, cargados positivamente y que pueden complejar aniones como fosfatos, sulfatos, nitratos, etc. El papel que juegan las sustancias húmicas en la absorción y quelatación de cationes, es considerado muy importante, ya que gracias a eso se evita la pérdida de elementos por precipitación y su disponibilidad para las plantas.

Los ácidos húmicos y fúlvicos ejercen una serie de características físicas, biológicas y químicas en los suelos que conducen finalmente a un incremento en la productividad y fertilidad (Tradecorp, et al., 2001).

Las posibles mejoras físicas son:

- Favorecen la formación de agregados estables, actuando conjuntamente con arcillas y humus; mejorando la estructura del suelo (Tisdale y Nelson, 1966; Bollo, et al., 1999). De esta manera da cohesión a suelos arenosos y disminuye ésta en suelos arcillosos.

- Dan un color oscuro al suelo, lo que provoca un aumento en su temperatura (Landeros, et al., 1993).

-Aumentan la capacidad de retención de humedad en el suelo.

-Mejoran y regulan la velocidad de infiltración del agua, evitando la erosión producida por el escurrimiento superficial (Bollo, *et al.*, 1999)

Respecto a las mejoras químicas estas son:

-Las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico (Landeros,*et al.*, 1993; Guerrero, *et al.*, 1999; Tradecorp,*et al.*, 2001)

-Forman complejos fosfo-húmicos, manteniendo el fósforo en un estado asimilable por la planta (Tisdale y Nelson, 1966; Guerrero, *et al.*, 1996; Bellapart *et al.*, 1996; Tradecorp, *et al.*, 2001)

-Su acción quelatante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes para la planta (Landeros, *et al.*, 1993; Bollo, *et al.*, 1999; Tradecorp,*et al.*, 2001).

-Son fuentes de gas carbónico, que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales, con lo que facilita su absorción por parte de la planta (Guerrero,*et al.*, 1996; Bellapart, *et al.*, 1996).

Sobre la biología del suelo, se han reportado los siguientes beneficios:

-Son importantes fuentes de hidratos de carbono para los microorganismos del suelo.

-Favorecen el normal desarrollo de cadenas tróficas en el suelo (Bollo,*et al.*, 1996)

Los efectos de las sustancias húmicas sobre la planta reportados en la literatura son muy diversos y podrían resumirse en:

-Los ácidos húmicos estimulan el desarrollo de raíces y tallos (Guerrero,*et al.*, 1996). Se ha observado en trigo en condiciones anaeróbicas (Vaughan y Linehan, 1976), en tabaco (Mylonas y Mc Cants,1980) y en maíz (Tan y Nopamornbodi, *et al.*, 1979)

- El tratamiento de semillas y sustratos con ácidos húmicos promueve el desarrollo de la radícula (Hartwigsen y Evans, 2000)
- Mejora la absorción de micronutrientes como Fe, Cu y Zn en maíz (Tan y Nopamornbodi, 1979) y en trigo (Mackowiak, *et al.*, 2001)
- Estimula y aumenta la absorción de nitrógeno y fosforo (Cooper, *et al.*, 1998)
- Ayuda a eliminar problemas de clorosis (Landeros, *et al.*, 1993)

De forma separada el efecto de ácidos húmicos y fúlvicos en la planta es distinto.

## EFEECTO DE ÁCIDO HÚMICO EN LA PLANTA

Narro (1997), señala que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, se favorece así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Favorece la traslocación de macro y microelementos dentro de la planta, lográndose una mejor nutrición y crecimiento de la misma; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorable. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas.

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

Meza (1995), al realizar un experimento en el cultivo de frijol para la respuesta de la aplicación de ácidos húmicos comerciales a diferentes dosis encontró que el producto comercial Humiplex Plus en la dosis baja de 10 kg/Ha mejoró la altura de la planta y el producto si influyó positivamente para la variable de floración ya que incrementa ésta en un 20%.

López (1993). En su investigación con ácidos húmicos comerciales y fertilizantes foliares encontró que aplicando 2.0 L/Ha de fertilizante foliar (Foltron Plus) y 1.0 L/Ha

de Humitron no obtuvo diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos pero si incrementó el diámetro promedio de repollo en un 5.2%.

Carlo (1993), en un experimento realizado en brócoli con la aplicación de ácidos húmicos y fertilización foliar concluyó que los ácidos húmicos aplicados foliarmente mejoran los aspectos tales como altura de la planta y área foliar, los cuales repercuten en el rendimiento y calidad.

## EFECTO DE ÁCIDOS FÚLVICOS EN LA PLANTA

Los ácidos fúlvicos incrementan la permeabilidad de las membranas celulares además de participar directamente en la apertura de estomas. Por esta razón es mucho más eficiente cuando se incluye en alguna mezcla, además de mejorar la traslocación de los nutrimentos dentro de la planta.

Los ácidos fúlvicos son más eficientes como potencializadores de aplicaciones foliares que los ácidos húmicos, además que el pH no afecta la solubilidad de los ácidos fúlvicos en la solución de aspersión, en cambio los ácidos húmicos tienden a precipitarse en soluciones ácidas (Grupo Bioquímico Mexicano, 1997).

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

Chen y Aviad (1990), mencionan que los ácidos fúlvicos y húmicos pueden estimular el crecimiento del tallo de varias plantas cuando se aplica vía foliar a concentraciones de 50 a 300 mg/L o cuando se aplican en soluciones nutritivas a concentraciones de 25 a 300 mg/L.

## CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Los fisiólogos vegetales tienden a considerar la capacidad de intercambio catiónico de las raíces de plantas como importante en el desarrollo de las teorías de

la absorción de iones. No puede negarse que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de la raíz de la planta es una medida reproducible y que existen grandes diferencias entre las plantas.

En monocotiledóneas los valores de la capacidad de intercambio catiónico en la raíz van aproximadamente de 10 a 70 meq/100 g de materia seca y solo la mitad en las dicotiledóneas.

Existen varios métodos para medir la capacidad de intercambio catiónico en la raíz, como su fase inicial común, todos los métodos tienen por objeto la eliminación de cationes adsorbidos y su sustitución por H<sup>+</sup> como el primer paso en la evaluación de los sitios de carga negativa. Después de esto, los métodos divergen. Algunos miden H<sup>+</sup> directamente por titulación, otros reemplazan H<sup>+</sup> por otro catión y luego miden el desplazamiento. Métodos radiactivos también se han utilizado. (Crooke, *et al.*, 1964)

Un método rápido y reproducible que se ha desarrollado es mediante el secado de material vegetal molido, que emplea un ácido para el lavado y seguido de titulación a pH 7, con un electrodo de vidrio. El método antes mencionado, ha sido utilizado mayormente en trabajos experimentales de plantas monocotiledóneas, pero con el tiempo se ha utilizado también en plantas dicotiledóneas. (Crooke, *et al.*, 1964)

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 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 de ácidos húmicos, uno experimental y otro comercial por cada litro de agua; y dos ácidos fúlvicos, uno experimental y otro comercial; además de fertilización química y solo agua como testigos absolutos. Se concluyó que en las variables agronómicas, los fertilizantes químicos y los ácidos fúlvicos experimentales realizaron efecto positivo. En la capacidad de intercambio catiónico de la raíz, los ácidos fúlvicos comerciales fueron favorables; mientras que, en la cantidad y área de raíz, lo fueron los ácidos húmicos comerciales. (Basabe, *et al.*, 2011)



## MATERIALES Y MÉTODOS

### UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; con coordenadas de 25° 22" de latitud Norte y 110° 00" de longitud Oeste, con una altitud de 1742 msnm. En el invernadero del Departamento de Ciencias del Suelo, estructura que se observa en la figura 3.



Figura 3. Localización del área experimental, invernadero a lado del Departamento de Ciencias del Suelo

### MATERIAL VEGETAL

Se utilizó *acelga* (*Beta vulgaris* L.) variedad Cicla

## METODOLOGÍA DEL TRABAJO

### Preparación de soluciones nutritivas

1. Se realizaron los cálculos para obtener la disolución madre al 50 % y con ellos se determinaron los fertilizantes a utilizar, la disolución madre concentrada, y los microelementos que se utilizaron como se aprecia en los cuadros 3, 4, 5 y 6.

**Cuadro 3. Cálculos para obtener la disolución madre (meq/L)**

	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg
		4							
<b>Agua</b>	0.081	-	3.49	1.7	1.54	-	-	3.5	4.2
<b>Solución</b>	19	2	2.2	-	-	1.25	11	9	2
<b>Aportes</b>	18.92	2	-	1.2	-	1.25	11	5.5	-

**Cuadro 4. Tabla de fertilizantes a utilizar**

	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	TOTAL
NH <sub>4</sub>		1.25		1.25
K	11			11
Ca	5.5			5.5
H	0.45	0.75		1.2
<b>TOTAL</b>	<b>16.95</b>	<b>2</b>		

### Cuadro 5. Disolución madre concentrada

	Meq/L	Factor	Total	Para 1000 L
HNO <sub>3</sub>	0.45	0.06	0.027 ml/L	27 ml/1000
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.75	0.07	0.0525 ml/L	53 ml/1000
KNO <sub>3</sub>	11	0.10	1.1 ml/L	1100 g/1000
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	5.5	0.12	0.66 ml/L	660 g/1000
NH <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.25	0.12	0.15 ml/L	150 g/1000

### Cuadro 6. Microelementos

Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo
2.2	0.05	0.26	0.5	0.3	0.05

EDTA Fe 15%

$$\text{Fe} \rightarrow 2.2 \text{ mg/L} * 100/9 = 24.44 \text{ mg/L} * 1000 = 24,440/1000 = \underline{24.44 \text{ g}}$$

$$\text{Cu} \rightarrow 0.05 \text{ mg/L} * 100/9 = 0.555 \text{ mg/L} * 1000 = 555/1000 = \underline{0.555 \text{ g}}$$

$$\text{Zn} \rightarrow 0.26 \text{ mg/L} * 100/9 = 2.88 \text{ mg/L} * 1000 = 2,880/1000 = \underline{2.88 \text{ g}}$$

$$\text{Mn} \rightarrow 0.5 \text{ mg/L} * 151/55 = 1.37 \text{ mg/L} * 1000 = 1,370/1000 = \underline{1.37 \text{ g}}$$

$$\text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow 0.3 \text{ mg/L} * 61/10 = 1.83 \text{ mg/L} * 1000 = 1,830/1000 = \underline{1.83 \text{ g}}$$

$$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 0.05 \text{ mg/L} * 1235.9/672 = 0.091 * 1000 = 91/1000 = \underline{0.091 \text{ g}}$$

2. Se prepararon dos soluciones y cada una se contuvo en un garrafón de 19 litros (Solución A y Solución B), cuyos contenidos se muestran en la figura 4:



**Nitrato de Calcio Macros y Micronutrientes**

Figura 4. Preparación de solución nutritiva

La primera, solución A contenía Nitrato de calcio, y la solución B contenía N, P, K, S, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Mo, ambas soluciones constituían la solución nutritiva y que se utilizó al 50% de concentración.

## ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El experimento se estableció el 22 de septiembre de 2011 y se realizó de la siguiente manera:

1. Lavar las bandejas de 20 litros de capacidad junto con su tapa color negro para evitar que los rayos solares provoquen la formación de algas en el agua.
2. Hacer 6 orificios de 4 cm de diámetro en la tapa (Figura 5)
3. Agregar 20 litros de agua a cada bandeja
4. Quitar el fondo a los vasos de plástico de número cero, para que se utilicen como soporte a la planta
5. Introducir la plántula de acelga en el vaso

6. Colocar un trozo de hule espuma de 2 cm de grosor alrededor del tallo de la plántula para sostener aún más a la planta.
7. Colocar la plántula en el orificio de la tapa de la bandeja, quedando la raíz dentro del agua. (Figura 5)



a) Bandeja con 6 orificios  
orificios

b) Plántula de acelga

c) Plántula colocada en los

Figura 5. Establecimiento del experimento

## TRATAMIENTOS

Las dosis utilizadas de ácido húmico y fúlvico fueron tomadas de Sustancias húmicas de origen diverso en algunas propiedades físicas de un suelo franco-arcillo-limoso; como las menciona López, C.R. en el 2006 y que se aprecian en el cuadro 7.

Cuadro 7. Tratamientos utilizados

Tratamientos	Productos orgánicos		
	Solución completa	Ácido Fúlvico (ml/L)	Ácido Húmico (ml/L)
1	Sol. completa	-	-
2	Sol. completa	2	-
3	Sol. completa	-	2
4	Sol. completa	4	-
5	Sol. completa	-	4
6	Sol. completa	6	-
7	Sol. completa	-	6

## APLICACIONES DE SOLUCIÓN NUTRITIVA COMBINADA CON ÁCIDO HÚMICO Y FÚLVICO

La primera aplicación se hizo el 28 de septiembre, y fue de la siguiente manera:

1. Agregar la solución nutritiva junto con la cantidad de ácido correspondiente a 20 litros con lo que se alcanza la línea superior de la bandeja, dejando aproximadamente 8 cm entre el agua y la tapa.

El ácido húmico y fúlvico provienen de extracciones realizadas en el laboratorio de Fertilidad de Suelos, del Departamento de Ciencias del Suelo. Se extrajo ácido húmico y fúlvico de Leonardita proveniente de la región carbonífera de Coahuila.

Las aplicaciones realizadas se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Fechas de aplicaciones de solución nutritiva, combinada con ácido húmico y fúlvico.

Fecha	Tratamiento	Cantidad
28 de octubre	1 (testigo)	3 L
	2 (2 ml fúlvico)	3L
	3 (2 ml húmico)	3 L
	4 (4 ml fúlvico)	3 L
	5 (4 ml húmico)	3 L
	6 (6 ml fúlvico)	3 L
	7 (6 ml húmico)	3 L
31 de octubre	1 (testigo)	0
	2 (2 ml fúlvico)	0
	3 (2 ml húmico)	0
	4 (4 ml fúlvico)	5 L
	5 (4 ml húmico)	5 L
	6 (6 ml fúlvico)	5 L
	7 (6 ml húmico)	0
08 de noviembre	1 (testigo)	3 L
	2 (2 ml fúlvico)	3 L
	3 (2 ml húmico)	3 L
	4 (4 ml fúlvico)	6 L
	5 (4 ml húmico)	6 L
	6 (6 ml fúlvico)	0 L
	7 (6 ml húmico)	6 L
14 de noviembre	1 (testigo)	0 L
	2 (2 ml fúlvico)	0 L
	3 (2 ml húmico)	0 L
	4 (4 ml fúlvico)	6 L
	5 (4 ml húmico)	6 L

	6 (6 ml fúlvico)	0 L
	7 (6 ml húmico)	7 L

En ocasiones a algunos tratamientos no se le adicionaba solución nutritiva porque la transpiración por la planta era menor en comparación con otros tratamientos.

## LECTURAS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y pH

Se realizaron dos lecturas de conductividad eléctrica y pH, la primera el 14 de octubre de 2011 y la segunda el 28 de octubre de 2011, obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Lecturas de pH y conductividad eléctrica para los 7 tratamientos evaluados en el cultivo de acelga.

	14 de octubre de 2011		28 de octubre de 2011	
	pH	C.E. (mho/cm)	pH	C.E. (mho/cm)
T1: Sol. Completa	7.24	2.90	6.92	2.97
T2: 2 ml Ác. Fúl.	7.30	2.83	6.94	3.07
T3: 2 ml Ác. Húm.	7.18	3.05	6.58	3.22
T4: 4 ml Ác. Fúl.	7.24	3.00	6.57	3.57
T5: 4 ml Ác. Húm.	7.31	3.15	6.65	3.80
T6: 6 ml Ác. Fúl.	7.46	2.88	6.46	3.10
T7: 6 ml Ác. Húm.	7.56	3.01	6.56	3.44



## COSECHA

La cosecha y toma de datos en fresco se realizaron el 29 de noviembre de 2011 en el mismo invernadero del experimento, se tomaron los datos de las variables:

- Volumen raíz (ml)
- Longitud de raíz (cm)
- Peso fresco de raíz (g)
- Longitud de planta (cm)
- Numero de hojas comerciales
- Peso fresco de hojas comerciales (g)
- Numero de hojas no comerciales
- Peso fresco de hojas no comerciales (g)
- Peso fresco de pedúnculo comercial (g)
- Peso fresco de pedúnculo no comercial (g)
- Peso fresco de base (g)

## SECADO DEL MATERIAL VEGETAL

Se inició el 30 de noviembre de 2011 a las 12 del día, de la manera siguiente:

1. Meter a la estufa de secado las hojas comerciales, hojas no comerciales, pedúnculos comerciales, pedúnculos no comerciales, raíz y base
2. Dejar encendida la estufa por 24 horas
3. Sacar el material seco y molerlo en una tritadora eléctrica

4. Guardar las muestras para posteriores análisis
5. Repetir los pasos anteriores para cada repetición en cada tratamiento.

#### MEDICIÓN DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN RAÍZ

El 9 de junio de 2012, en el laboratorio de Fertilidad de Suelos, del Departamento de Ciencias del Suelo se determinó la CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DE LA RAÍZ DE LA PLANTA, mediante el método descrito por W. M. Crooke en 1964.

1. Preparar previamente las soluciones a utilizar: KCL 1 M, KOH 0,001 N y HCL 0,01 N.
2. Pesar una muestra de las raíces molidas
3. Colocar la muestra en un vaso de precipitado de 400 ml,
4. Humedecer con unas pocas gotas de agua destilada evitando que la raíz flote
5. Añadir 200 ml de HCl 0,01 N y se agitar intermitentemente durante 5 minutos.
6. Decantar el material de raíz rápidamente através del embudo con un papel filtro (18,5 cm Whatman N<sup>o</sup> 1).
7. Lavar las raíces en el embudo con agua destilada y continuar lavando con agua hasta que la muestra quedo libre de cloruros (300 ml de agua es una cantidad general adecuada).
8. Colocar el papel filtro y el material de lavado de raíz en un vaso de 250 ml

9. Vaciar 200 ml de KCl M (ajustado a pH 7,0) al vaso de precipitado que contiene el papel filtro y el material de lavado de raíz.
10. Determinar el pH de las raíces-KCl en suspensión utilizando electrodo de vidrio
11. Titular con suficiente KOH 0,001 N con agitación intermitente para restaurar el pH a 7,0.
12. El H-raíces se puede valorar inmediatamente
13. Los mililitros gastados de KOH multiplicados por diez expresan la CIC (meq/100 g de materia seca). (Crooke, *et al.*, 1964).

#### MEDICIÓN DE CONTENIDO DE K, Ca, Mg, Fe y Zn EN LA HOJA

Las muestrasse prepararon y fueron sometidas al proceso de análisis con el equipo de absorción atómica, en el Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

#### DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico que se utilizó fue bloques completos al azar.

Las variables analizadas (con clave para análisis estadístico) fueron:

- Volumen raíz (ml)= VOLRAIZ
- Longitud de raíz (cm) = LONRAIZ
- Peso fresco de raíz (g) = PESFRAIZ
- Longitud de planta (cm) =LONPLANT

- Número de hojas comerciales = NUMHOCOM
- Peso fresco de hojas comerciales (g) = PESFRHCO
- Número de hojas no comerciales = NUMHNOC
- Peso fresco de hojas no comerciales (g) = PESFRHCN
- Peso fresco de pedúnculo comercial (g) = PESFPECO
- Peso fresco de pedúnculo no comercial (g) = PESFPNCO
- Peso fresco de base (g) = PEFRBASE
- Peso seco de raíz (g) = PESSERAI
- Peso seco de hojas comerciales (g) = PESSHOCO
- Peso seco de hojas no comerciales (g) = PESSHNOC
- Peso seco de pedúnculo comercial (g) = PESSPECO
- Peso seco de pedúnculo no comercial (g) = PESSPENC
- Peso seco de la base (g) = PESSBASE
- Capacidad de intercambio catiónico de las raíces (mili equivalentes/100 miligramos de materia seca) = CAPINTCA

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SPSS, se realizaron además pruebas de medias Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presenta un concentrado del análisis de varianza para todas las variables (Cuadro 10)

.

Cuadro 10. Cuadrados medios de tratamientos, de repeticiones y del error experimental, así como la prueba de significancia y coeficiente de variación para cada variable

Fuente de variación	GL	Volumen de raíz	Longitud de raíz	Peso fresco de raíz	Longitud de la planta	N° de hojas comerciales	Peso fresco de hojas comerciales
Tratamientos	6	1381.818 **	137.578 NS	1487.794 **	913.177 **	75.102 **	9124.044 **
Repeticiones	5	117.897 NS	114.468 NS	81.502 NS	142.306 NS	4.149 NS	1685.284 NS
Error experimental	30	98.902	83.913	101.977	59.636	4.437	764.993
CV (%)		68.544	25.315	75.740	32.585	32.585	81.623

Fuente de variación	GL	N° de hojas no comerciales	Peso fresco de hojas no comerciales	Peso fresco de pedúnculo comercial	Peso fresco de pedúnculo no comercial	Peso fresco de la base	Peso seco de raíz
Tratamientos	6	49.990 NS	219.294 NS	8922.676 **	85.999 NS	121.534 **	8.300 **
Repeticiones	5	11.455 NS	57.167 NS	1547.969 NS	5.961 NS	13.625 NS	.471 NS
Error experimental	30	24.917	59.545	515.146	31.779	11.600	.393
CV (%)		51.080	52.102	82.388	60.324	83.504	78.453

Fuente de variación	GL	Peso seco de hojas comerciales	Peso seco de hojas no comerciales	Peso seco de pedúnculo comercial	Peso seco de pedúnculo no comercial	Peso seco de la base
Tratamientos	6	124.181 **	2.316 **	32.480 **	.641 NS	1.829 **

Repeticiones	5	11.207 NS	.144 NS	1.545 NS	.159 NS	.109 NS
Error experimental	30	9.011	.327	1.996	.146	.177
CV (%)		83.181	54.004	87.092	78.833	78.002

Fuente de variación	C.I.C.
Tratamientos	28041.111 **
Repeticiones	2267.010 NS
Error experimental	3575.721
CV (%)	54.080

Se presenta un concentrado de los resultados de la absorción atómica, datos que ayudarán a comprender el efecto de ácido húmico y fúlvico en los diferentes tratamientos (Cuadro 11)

Cuadro 11. Valores de análisis de contenido de K, Ca, Mg, Fe y Zn en la hoja expresado en mg/planta

	Repetición	Potasio (mg)	Calcio (mg)	Magnesio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
T1: SOLUCIÓN COMPLETA						
	R1	110	28	108.5	4.2	1.05
	R2	86.67	21.6	83.7	3.24	0.81
	R3	109.14	27.2	105.4	4.08	1.02
	R4	160.5	40	155	6	1.5
	R5	109.14	27.2	105.4	4.08	1.02

	R6	73.83	18.4	71.3	2.76	0.69
T2: 2 ml ÁCIDO FÚLVICO						
	R1	244.12	44.88	195.84	0	0
	R2	172.32	31.68	138.24	0	0
	R3	319.51	58.74	256.32	0	0
	R4	122.06	22.44	97.92	0	0
	R5	100.52	18.48	80.64	0	0
	R6	186.68	34.32	149.76	0	0
T3: 2 ml ÁCIDO HÚMICO						
	R1	9.3	2.7	11.61	0.27	0.06
	R2	0	0	0	0	0
	R3	142.6	41.4	178.02	4.14	0.92
	R4	0	0	0	0	0
	R5	52.7	15.3	65.79	1.53	0.34
	R6	0	0	0	0	0
T4: 4 ml ÁCIDO FÚLVICO						
	R1	468.93	138.18	620.34	16.17	4.41
	R2	239.25	70.5	316.5	8.25	2.25
	R3	124.41	36.66	164.58	4.29	1.17
	R4	417.89	123.14	552.82	14.41	3.93
	R5	280.72	82.72	371.36	9.68	2.64
	R6	303.05	89.3	400.9	10.45	2.85
T5: 4 ml ÁCIDO HÚMICO						
	R1	468.1	155.53	668.93	16.61	4.53
	R2	598.3	198.79	854.99	21.23	5.79
	R3	465	154.5	664.5	16.5	4.5
	R4	207.7	69.01	296.81	7.37	2.01
	R5	294.5	97.85	420.85	10.45	2.85
	R6	195.3	64.89	279.09	6.93	1.89
T6: 6 ml ÁCIDO FÚLVICO						
	R1	34.72	10.97	46.25	1.23	0.224
	R2	127.1	40.18	169.33	4.51	0.82
	R3	0	0	0	0	0
	R4	46.5	14.7	61.95	1.65	0.3
	R5	0	0	0	0	0
	R6	0	0	0	0	0
T7: 6 ml ÁCIDO HÚMICO						



	R1	395.67	116.16	516.67	10.89	2.42
	R2	385.86	113.28	503.86	10.62	2.36
	R3	304.11	89.28	397.11	8.37	1.86
	R4	320.46	94.08	418.46	8.82	1.96
	R5	487.23	143.04	636.23	13.41	2.98
	R6	173.31	50.88	226.31	4.77	1.06

A continuación se presentan las pruebas de medias correspondientes Tukey y se discuten aquellas variables que son de importancia económica en la comercialización de acelga.

#### **Prueba de medias de volumen de raíz**

La prueba de medias para volumen de raíz (Figura 6), indica que los mejores tratamientos fueron el número 5 (4 ml/L ácido húmico) y 7 (6 ml/L ácido húmico), los dos de ácido húmico aunque de diferente concentración; el tratamiento 4 (4 ml/L ácido fúlvico) presentó también un buen comportamiento, por el contrario los tratamientos donde el volumen de raíz fue menor corresponde a los tratamientos 3 (2 ml/L de ácido húmico), 1 (solución completa) y 6 (6 ml/L de ácido fúlvico). Esto debido a que los ácidos húmicos y fúlvicos ejercen una serie de mejoras físicas, biológicas y químicas que conducen finalmente a un incremento en la productividad y fertilidad como lo expresa Tradecorp en el 2001.

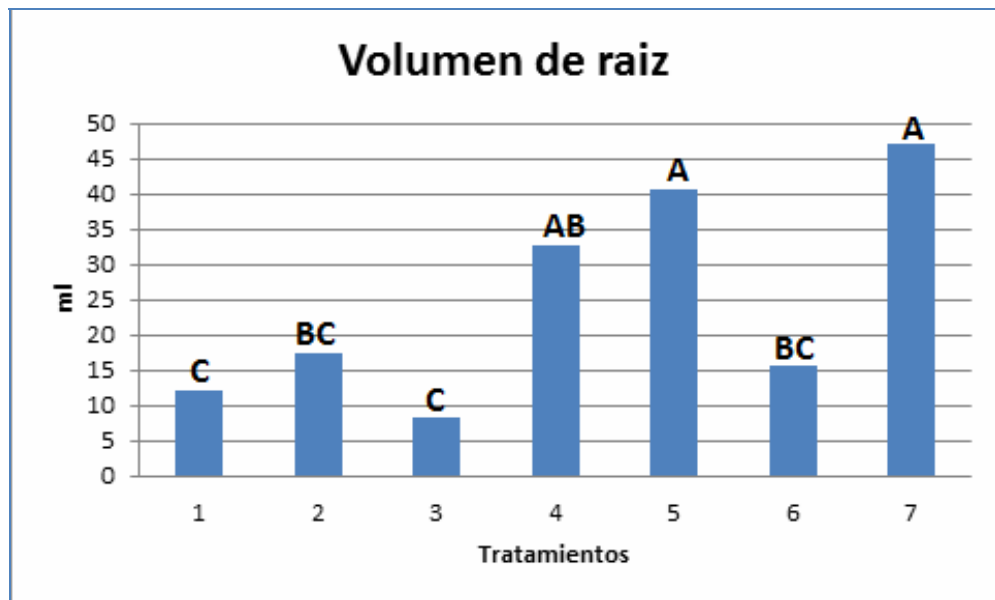


Figura 6. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en volumen de raíz, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla



Figura 7. Raíz de tratamiento 6 (6 ml/L de ácido fúlvico más solución nutritiva)



Figura 8. Raíz de tratamiento 5 (4ml/L de ácido húmico más solución nutritiva)

Esta variable muestra una correlación significativa con el peso fresco de raíz, longitud de la planta, número de hojas comerciales, peso fresco de hoja comercial, peso fresco de hoja no comercial, peso fresco de pedúnculo comercial, peso fresco de pedúnculo no comercial, peso fresco de la base, peso seco de raíz, peso seco de hoja comercial, peso seco de hoja no comercial, peso seco de pedúnculo comercial, peso seco de pedúnculo no comercial, peso seco de la base, la capacidad de intercambio catiónico, y algo muy importante, está altamente relacionada con el incremento en el contenido de Ca, Mg, Fe y Zn en las hojas. (Cuadro 12)

### **Longitud de raíz**

Dado que el análisis de varianza no reporta diferencia estadística ni para tratamientos, ni para repeticiones, entonces no hay efecto.

### **Prueba de medias de peso fresco de raíz**

La prueba de medias muestra como mejor tratamiento al número 7 (6 ml/l de ácido húmico), y como tratamiento con menor efecto el numero 6 (6ml/L de ácido fúlvico) aun siendo los dos tratamientos de mayor concentración como se observa en la figura número 9. Esto debido a que los ácidos húmicos están relacionados fuertemente con el crecimiento, como lo menciona Rauthan, et al.,(1981) y Guerrero et al., (1996) al decir que los ácidos húmicos estimulan el desarrollo de raíces y tallos.

Se demostró además que existe una muy marcada correlación con todas las variables analizadas como se muestra en el Cuadro 12 de Correlaciones de las variables evaluadas.

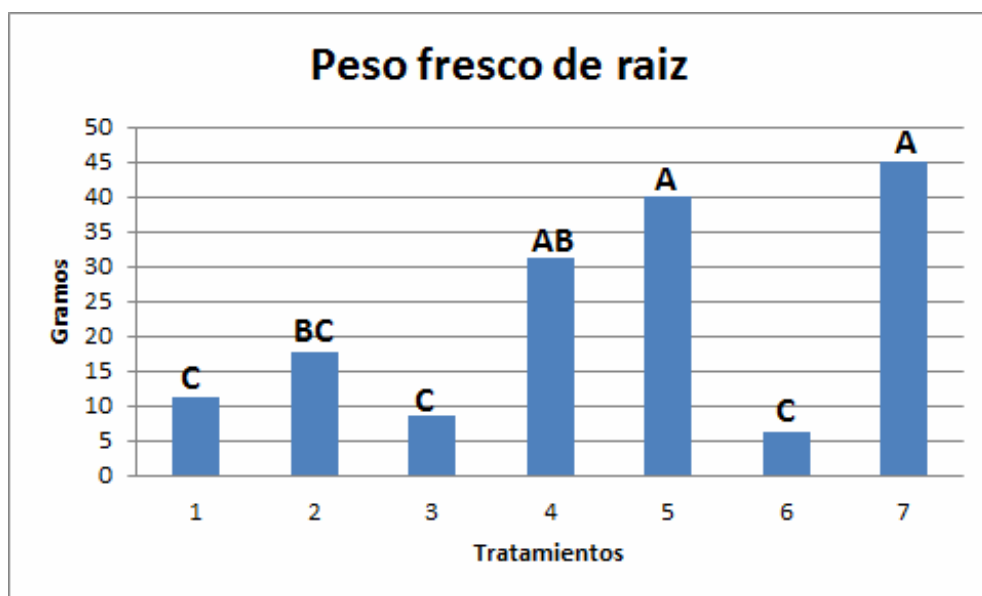


Figura 9. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en peso fresco de raíz, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla

Se muestra que la variable longitud de la planta no define como tal a un mejor tratamiento o mejor concentración en los tratamientos 1 (solución completa), 2 (2 ml/L de ácido fúlvico), 4 (4 ml/L de ácido fúlvico), 5 (4 ml de ácido húmico), y 7 (6 ml/L de ácido húmico), obteniendo resultados semejantes; pero sí que el efecto en los tratamientos 3 (2 ml/L de ácido húmico) y 6 (6 ml/L de ácido fúlvico) no fueron favorables, se puede observar en la figura número 10.

La evaluación de esta variable demostró que ambas sustancias húmicas tienen resultados positivos en algún tratamiento, es debido a que estas sustancias juegan un papel importante en la absorción y quelatación de cationes, pues gracias a eso se evita la pérdida de elementos por precipitación y su disponibilidad para las plantas como lo menciona Molina *et al.*, (2003), características que se ven reflejadas en la longitud.

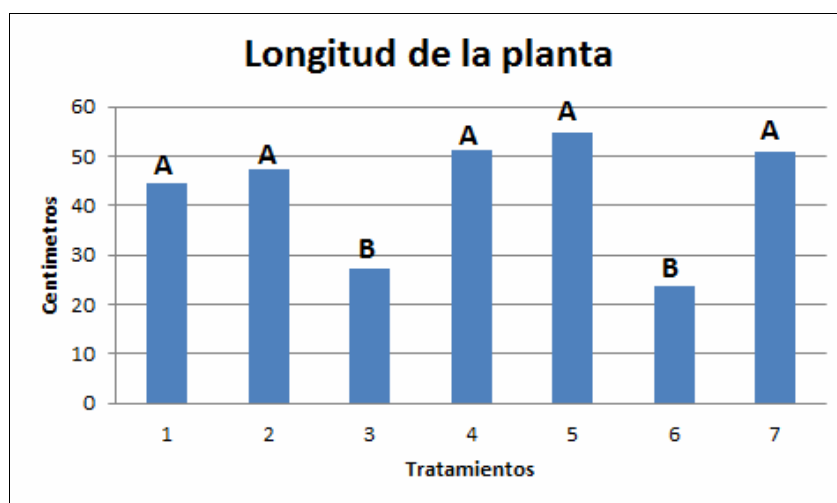


Figura 10. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en longitud de la planta, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla

Esta variable se correlaciona (a excepción de variable número de hojas no comerciales) positivamente con todas las variables; como se puede observar en el cuadro 12 del apéndice.

La correlación con el contenido de minerales se entiende porque estas sustancias mejoran la absorción de micro nutrientes como Fe, Cu y Zn en maíz (Tan y Nopamornbodi, 1979) y en trigo (Mackowiak, *et al.*, 2001), aunque se haya trabajado ahora en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris L.*)

### Prueba de medias de número de hojas comerciales

La prueba de medias de numero de hojas comerciales (Figura 11) indica que la mejor dosis de aplicación es el tratamiento número 4 (4 ml/L de ácidos fúlvicos) y en muy bajo efecto positivo al tratamiento número 6 (6 ml/L de ácido fúlvico).

Esto se explica porque los ácidos fúlvicos incrementan la permeabilidad de las membranas celulares además de participar directamente en la apertura de estomas. Por esta razón es mucho más eficiente cuando se incluye en alguna mezcla, los ácidos fúlvicos además de mejorar la translocación de los nutrimentos dentro de la planta (Grupo Bioquímico Mexicano, 1997), como en este trabajo que se realizó con una solución nutritiva más ácidos fúlvicos, sin embargo la dosis correcta para la producción comercial es el tratamiento 4 (4 ml/L ácido fúlvico).

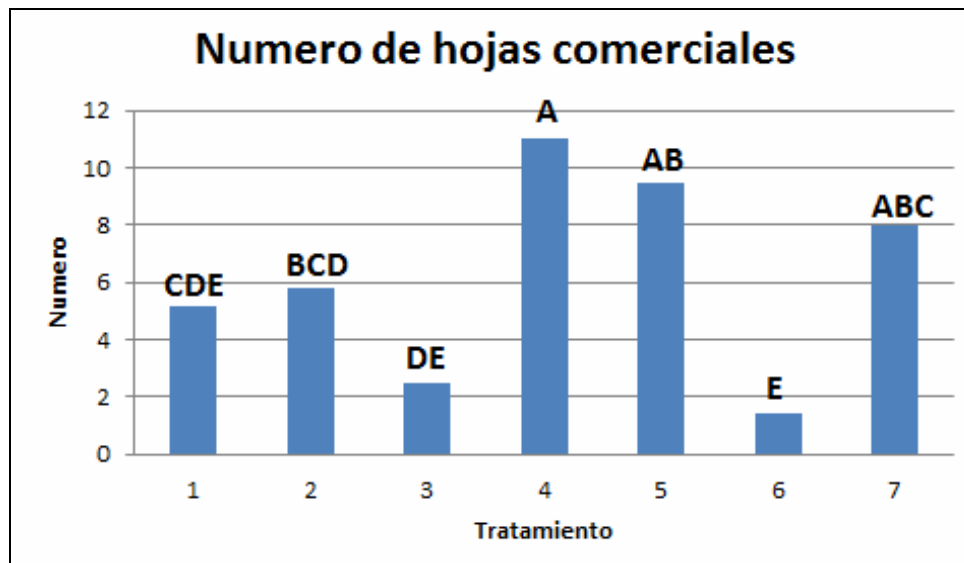


Figura 11. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinado con solución nutritiva en número de hojas comerciales, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla

Además de las correlaciones ya antes mencionadas también se correlaciona positivamente con las variables peso fresco de hojas comerciales, peso fresco de pedúnculo comercial, peso fresco de pedúnculo no comercial, peso fresco de la base, peso seco de raíz, peso seco de hoja comercial, peso seco de hoja no comercial, peso seco de pedúnculo comercial, peso seco de la base, CIC, y con el contenido de K, Ca, Mg, Fe y Zn en la hoja. (Cuadro 12).

#### **Prueba de medias de peso fresco de hojas comerciales**

Otra variable agronómica y de gran importancia para el mercado de consumo en fresco es el peso fresco de hojas comerciales y en su prueba de medias (Figura 12) se aprecia como mejor tratamiento al número 5 (4 ml/L de ácido húmico). Esto coincide con lo dicho Carlo *et al.*, (1993) quien al realizar una investigación en el cultivo de brócoli, determinó que el ácido húmico mejora altura de la planta y área foliar.

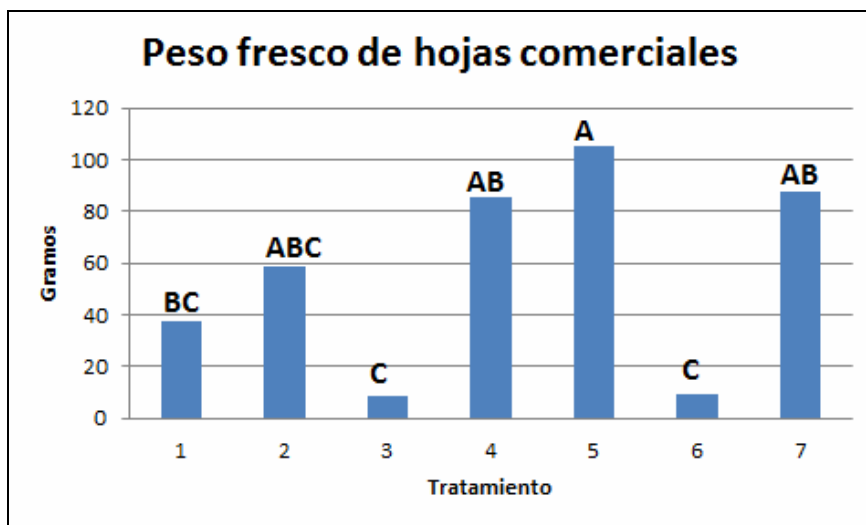


Figura 12. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en peso fresco de hojas comerciales, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla

Como se observa en el cuadro 12 del apéndice existe una correlación negativa con la capacidad de intercambio catiónico, a manera que si aumenta el peso fresco de hojas comerciales la CIC disminuye, es decir, aunque se utilizó la técnica para detectar el intercambio químico en la raíz, en este trabajo se demuestra que no existió tal intercambio, sino una adhesión de elementos a la raíz de acelga, elementos que no entraron a la planta, ni participaron en ningún proceso metabólico y se puede apreciar de forma más marcada en los tratamientos 3 (2 ml/L ácido húmico) y 6 (6 ml/L de ácido fúlvico), donde se obtuvieron los menores pesos frescos de hojas comerciales.

### Número de hojas no comerciales

Dado que el análisis de varianza no reporta diferencia estadística ni para tratamientos, ni para repeticiones, entonces no hay efecto.

### Prueba de medias de eso fresco de hojas no comerciales



Aunque no es una variable que sea muy deseable, es importante destacar el hecho que como mejor tratamiento es el número 7 (6 ml/L de ácidos húmicos) como lo indica la prueba de medias (Figura 13), observándose entonces que este tratamiento permite la emisión de área foliar para la planta. El tratamiento número 6 (6ml/L de ácidos fúlvicos) obtuvo un promedio de 10 hojas no comerciales ambos tratamientos son los de mayor concentración, determinando que el ácido húmico y a la dosis de 6 ml/L promueve que la planta sea muy generativa.

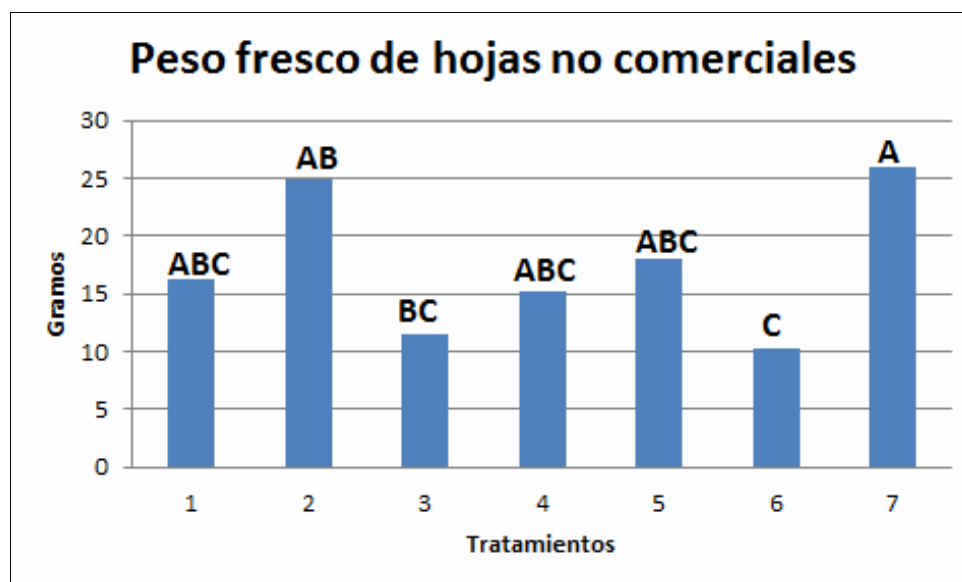


Figura 13. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en peso fresco de hojas no comerciales, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla

Esta variable no muestra correlación con variables como longitud de raíz, número de hojas comerciales, y con el contenido de K, Ca, Mg, Fe y Zn en la hoja; muestra una correlación negativa con la CIC y respecto a otras variables muestra una correlación positiva, es decir si aumenta el peso fresco de hojas no comerciales las variables volumen de raíz, peso fresco de raíz, longitud de planta, peso fresco de hojas comerciales, numero de hojas no comerciales, peso fresco de pedúnculo

comercial, peso fresco de pedúnculo no comercial, peso fresco de la base, peso seco de raíz, peso seco de hojas comerciales, peso seco de hojas no comerciales, peso seco de pedúnculo comercial, peso seco de pedúnculo no comercial, peso seco de la base, y el contenido de potasio en la hoja también aumentan. (Cuadro 12)

### Prueba de medias de peso seco de raíz

En la prueba de medias de peso seco de raíz (Figura 14) destaca el tratamiento número 7 que es la mayor concentración de ácidos húmicos demostrando lo descrito por Narro (1997) que estos incrementan la permeabilidad de la membrana en papa (*Solanum tuberosum L.*) y así favorece la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Y sobresale el tratamiento número 6 que es la mayor concentración de ácidos fúlvicos como el tratamiento con menor efecto.

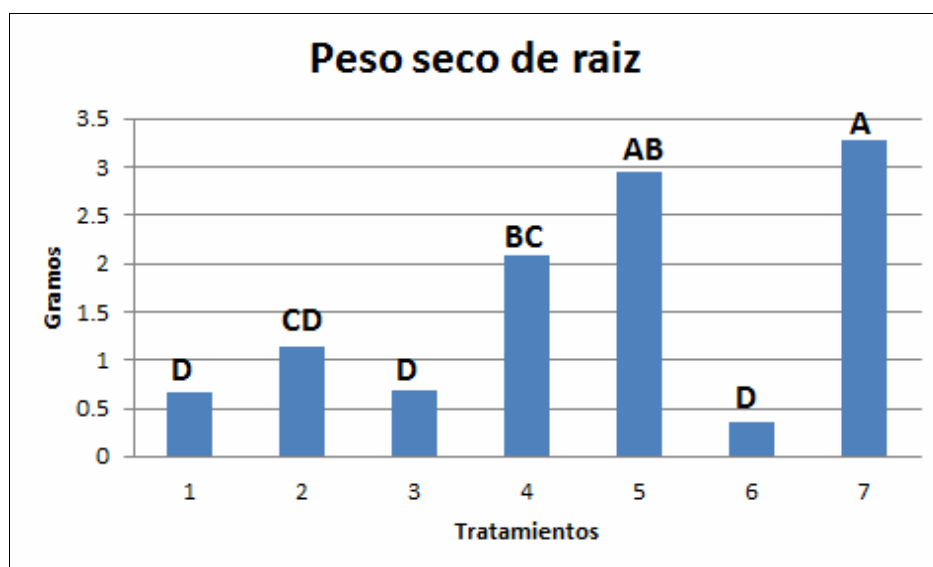


Figura 14. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en peso seco de raíz, en *Beta vulgaris L.*, var. Cicla

El peso seco de raíz solo no muestra correlación con las variables longitud de raíz y CIC. (Cuadro 12)

### Prueba de medias de peso seco de hojas comerciales

En la prueba de medias de peso seco de hojas comerciales (Figura 15) el tratamiento que mostro mejores resultados fue el número 5 (4 ml/L ácidos húmicos) y con menores resultados los tratamientos 1 (solución completa), 3 (2 ml/L de ácido húmico) y 6 (6 ml/L de ácido fúlvico).

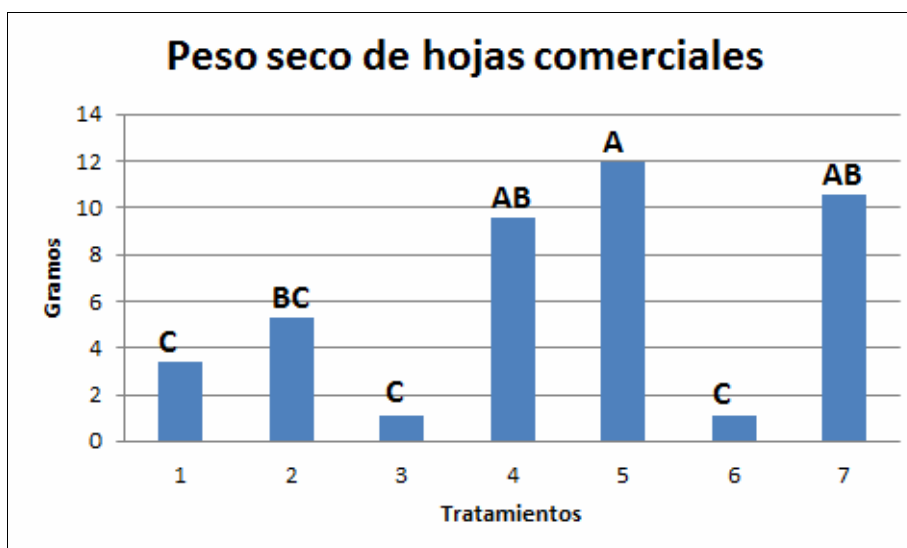


Figura 15. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en peso seco de hojas comerciales, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla

La variable peso seco de hojas comerciales no muestra correlación con la longitud de raíz, número de hojas no comerciales, peso fresco de pedúnculo no comercial y con la CIC. (Cuadro 12) Porque aunque se utilizó la técnica para detectaron cationes, se determina que estos se encontraron adheridos a la raíz, mas no entraron a la planta para ser asimilados y por lo tanto no hay efecto directo de elementos asimilados en la longitud de raíz, número de hojas no comerciales y peso fresco de pedúnculo no comercial.

### Prueba de medias de peso seco de hojas no comerciales

La prueba de medias de peso seco de hojas no comerciales (Figura 16) muestra mejor efecto en el tratamiento 7 (6ml/L de ácido húmico) y con menor efecto al tratamiento 6 (6 ml de ácido fúlvico); ambos de las más altas concentraciones tanto para ácido húmico y fúlvico

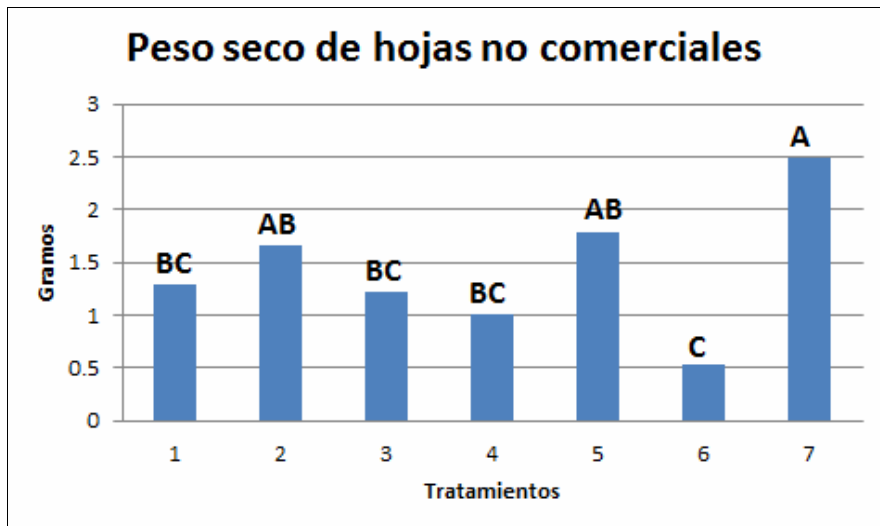


Figura 16. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en peso seco de hojas no comerciales, en *Beta vulgaris*L., var. Cicla

A excepción de las variables longitud de raíz, y contenido de Fe y Zn en la hoja, esta variable muestra una correlación positiva con todas las demás variables. (Cuadro 12)

### Prueba de medias de capacidad de intercambio catiónico

En la prueba de medias de capacidad de intercambio catiónico (Figura 17) los valores más altos lo tienen los tratamientos 3 (2 ml/L de ácido húmico) y 6 (6 ml/L de

ácido fúlvico), y los más bajos se observan en los tratamientos 2 (2 ml/L de ácido fúlvico) y 7 (6 ml/L de ácido húmico); expresando que las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico (Landeros, *et al.*, 1993; Guerrero, *et al.*, 1999; Tradecorp, *et al.*, 2001), sin embargo se puede decir que la capacidad de intercambio catiónico, es una variable química que como pH o alguna otra tiene un rango optimo, en este trabajo fue de 100-175 meq/100 g de materia seca.

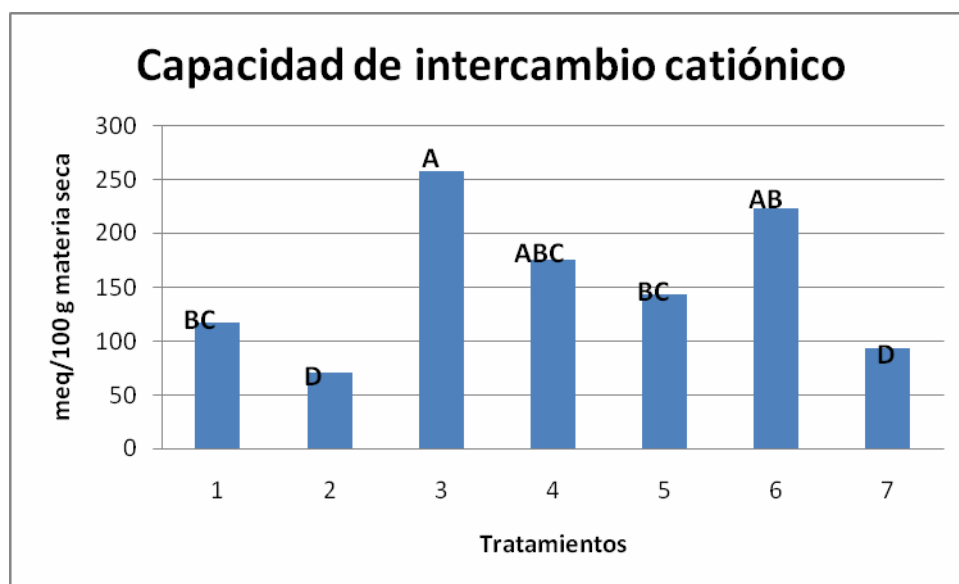


Figura 17. Efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico y fúlvico combinadas con solución nutritiva en capacidad de intercambio catiónico, en *Beta vulgaris* L., var. Cicla

Respecto a esta variable existió correlación positiva solo en variable número de hojas no comerciales, y mostro también una correlación negativa con el contenido de potasio en la hoja, a manera que si aumenta la capacidad de intercambio catiónico, disminuye el contenido de potasio en la hoja (Cuadro 12).

A manera de discusión, se determina que la utilización de fertilización química influye en el peso fresco y seco de las variables agronómicas evaluadas. Esto

concuerta con lo dicho por Evangelouet *al.*, (2004), quien comenta que los compuestos húmicos, dentro de sus características, poseen una gran cantidad de grupos funcionales oxigenados, principalmente grupos carboxilos (-COOH<sup>-</sup>) y oxidrilos (-OH<sup>-</sup>) por lo que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar cationes.

Y la vez se demostró también lo explicado por Chen y Aviad (1990), quienes mencionan que los ácidos fúlvicos y húmicos pueden estimular el crecimiento de varias plantas cuando se aplica vía foliar o cuando se aplican en soluciones nutritivas.

En este trabajo se utilizó la técnica para detectar los cationes intercambiables en la raíz, sin embargo no existió tal intercambio, sino una adhesión de elementos a la raíz de acelga, elementos que no entraron a la planta, ni participaron en ningún proceso metabólico, es decir, cuando la capacidad de intercambio catiónico aumenta, la entrada de los elementos a la planta es menor, y por lo tanto los valores de las variables: número de hojas comerciales , peso fresco de hojas comerciales y peso seco de hojas no comerciales, disminuían.

## CONCLUSIONES

Para las variables volumen de raíz, peso fresco de raíz, longitud de planta los mejores tratamientos son el 5 (4 ml/L ácido húmico) y el 7 (6 ml/L de ácido húmico),

el número 7 además es el mejor tratamiento en peso fresco de hoja no comercial, pero seco de raíz, y peso seco de hoja no comercial.

El tratamiento número 4 (4 ml/L de ácido fúlvico) en la variable longitud de planta coincide con el tratamiento 5 (4 ml/L ácido húmico) y el 7 (6 ml/L de ácido húmico) siendo los mejores, y además sobresale como mejor tratamiento en las variables número de hojas comerciales y peso fresco de hojas comerciales.

La utilización de cualquiera de estos tratamientos (4, 5 o 7) garantiza un mejor rendimiento, sin embargo una alternativa a utilizar sería el tratamiento 4 (4 ml/L de ácido fúlvico) o 5 (4 ml/L ácido húmico), porque al ser de menor concentración se ahorra en cuanto a la utilización de estas sustancias húmicas.

El comportamiento del tratamiento 1 (solución completa) solo en la variable longitud de planta fue el mejor.

Los tratamientos 3 (2 ml/L ácido fúlvico) y 6 (6 ml/L de ácido fúlvico), fueron los tratamientos mejores para la capacidad de intercambio catiónico, sin embargo también fueron los menos favorables para las variables volumen de raíz, peso fresco de raíz, longitud de planta, número de hojas comerciales, peso fresco de hojas comerciales, peso fresco de hoja no comercial, peso seco de raíz, peso seco de hojas comerciales y peso seco de hojas no comerciales.

La capacidad de intercambio catiónico, es una variable química que como pH o alguna otra tiene un rango óptimo, en este trabajo fue de 100-175 meq/100 mg de materia seca, en este rango se encuentran los tratamientos 4 (4 ml/L de ácido fúlvico), 5 (4 ml/L ácido húmico) y 7 (6 ml/L de ácido húmico).

Mediante este trabajo se demostró que la utilización de ácido húmico y fúlvico, combinados con la solución nutritiva en acelga flotante, tiene un efecto favorable en variables agronómicas y comerciales del cultivo, en comparación del testigo.

#### LITERATURA CITADA

- Basabe R. V., 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.
- Bellapart C. 1996. Nueva Agricultura Biológica en Equilibrio con la Agricultura Química. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. 298 p
- Bollo, E. 1999. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 150 p
- Carlo, R. Z. 1993. Ácidos húmicos y fertilización foliar en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) en Arteaga, Coahuila. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
- Chen, y Aviad. 1990. Effect of Humic Substances on Plant Growth. In: "Humic Substance in Soil and Crop Sciences: Selected Readings". Wisconsin, USA. 161p
- Cooper, R.J., Chunhua y D.S. Fisher. 1998. Influence of Humic Substances on Rooting and Nutrient Content of Creeping Bentgrass. Crop Science. 38 p
- Crooke, W. M. 1964. La Medición de la Capacidad de Intercambio Catiónico de las Raíces de las Plantas. Plant and soil. 21 p.



- De Rijck y Schrevens, 1998. Disponible en la página [http://abenmen.com/a/Manual\\_Soln\\_Nutritivas.pdf](http://abenmen.com/a/Manual_Soln_Nutritivas.pdf)
- Evangelou, M. W. H. Hactice, D. Andreas, S. 2004. The Influence of Humic Acids on the Phytoextraction of Cadmium from Soil. *Chemosphere*. 57 p
- Frías M. S. 2000. Efecto de dos tipos de ácidos fúlvicos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- García, I. 2012. Evaluación de Metales Pesados en Plantas de Acelga (*Beta vulgaris*) Regadas con Agua Residual Tratada. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Guerrero, A. 1996. El suelo, Los Abonos y La Fertilización de los Cultivos. Ediciones Mundi-Prensa, Bilbao, España. 206 p
- Grupo Bioquímico Mexicano. 1997. Disponible en la página: <http://www.infoagro.com>
- Hartwigsen J. y M.R. Evans 2000. Humic Acids Seed and Substrate Treatments Promote Seedling Root Development. *Hort Science*. 35 p

- Labrador J., 1993 Revisado en la página <http://books.google.com.mx/books?id=EbmLHLY3qssC&pg=PA68&dq=acidos+humicos+y+fulvicos&hl=es&sa=X&ei=jsrnT7DRJaSU2QX91N3ZCQ&ved=0CE4Q6AEwBTgK#v=onepage&q=acidos%20humicos%20y%20fulvicos&f=false>
- Landeros, F. 1993. Monografía de los ÁcidosHúmicos y Fúlvicos, Tesis, Área de Hortalizas y Flores, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile, 145 p
- López, C. R. 2006. Substancias húmicas de origen diverso en algunas propiedades físicas de un suelo franco-arcillo-limoso. Revista Terra Latinoamericana. Vol. 24. Número 3. Sociedad Mexicana de Ciencias del Suelo.
- López, H. G. 1993. Efecto del ácido húmico (Humitron) más fertilizante foliar (Foltron) en el cultivo de repollo (Brassicaoleracea L.) en la región de Navidad N.L. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
- Macua, I. J; Lahoz, I; Calvillo, S; Jiménez, E; Díaz E. 2010. Acelga para industria – Influencia de la densidad de plantación-. Navarra Agraria. Disponible en <http://www.navarraagraria.com//n181/aracelga.pdf>
- Mackowiak, C.L., P.R. Gross y B.G. Bugbee 2001. Beneficial Effects of Humic Acid on Micronutrient Availability to Wheat. Soil Science Society American Journal. 65 p

- Meza, M. A. 1995. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex Plus) a diferentes dosis en el cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris L.*) Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
- Molina, E. A. Quelatos como fertilizantes. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Taller de Abonos Orgánicos. 2003
- Mylonas V.A. y C.B. Mc Cants. 1980. Effects of Humic and Fulvic Acids on Growth of tobacco. Plant and Soil. 54 p
- Narro, F. E. 1997. Nutrición y sustancias húmicas en el cultivo de papa. Foro de Investigación. Investigaciones en el Cultivo de la Papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Ojeda R., 1989. Disponible en la página <http://es.scribd.com/doc/39776793/libro-gratis-Hidroponia>
- Orlov, D.S. 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification. A.A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA

- Rauthan, B. S. and Schnitzer, M. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*L.) plants. Plant and Soil.
- Samperio, R.G., 1997 Hidroponia básica. Editorial Diana S.A. de C. V., México, D.F. p 32
- Steiner, M. 1961. Disponible en la página [http://abenmen.com/a/Manual\\_Soln\\_Nutritivas.pdf](http://abenmen.com/a/Manual_Soln_Nutritivas.pdf)
- Tan K.H. y V. Nopamornbodi. 1979. Effect of Different Levels of Humic Acids on Nutrient Content and Growth of Corn (*Zea mays*). Plant and soil. 51 p
- Tisdale S.L. y W. Nelson; 1966; Soil Fertility and fertilizers. Segunda Edición. Macmillan Company. New York, Estados Unidos. p- 694
- Tradecorp, 2001. Informe Técnico Husminar. España. Disponible en <http://www.inventati.org/columnanegra/ecoagricultura/wordpress/wp-content/uploads/2010/10/Humus.pdf>
- Vaughan D. y D.J. Linehan. 1976. The Growth of Weat Plants in Humic Acid Solutions Under Axenic Conditions. Plant and Soil 44:445-449

- White, H; Sanchez, H. J; Books, S. 2005. The Edible garden. Sunset Publishing Corporation, Menlo Park, California. 192 p

## PAGINAS CONSULTADAS

1. <http://www.jardineriadigital.com/capacitacion/cultivo-hidroponico.php>. Fecha 29 de junio de 2012
2. [es.scribd.com/doc/96920075/ACIDO-FULVICOS](https://es.scribd.com/doc/96920075/ACIDO-FULVICOS). Fecha de consulta: 29 de junio de 2012

## APÉNDICE

### CUADRO 12. CORRELACIONES DE CADA UNA DE LAS VARIABLES EVALUADAS

## Correlations

Correlations

		VOLRAIZ	LONRAIZ	PESFRAIZ	LONPLANT	NUMHOCOM	PESFRHCO	NUMHNOC	PESFRHNC
VOLRAIZ	Pearson Correlation	1.000	.083	.953**	.652**	.694**	.733**	-.218	.438**
	Sig. (2-tailed)	.	.601	.000	.000	.000	.000	.165	.004
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
LONRAIZ	Pearson Correlation	.083	1.000	.137	.307*	.295	.225	.027	.097
	Sig. (2-tailed)	.601	.	.386	.048	.057	.152	.864	.542
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESFRAIZ	Pearson Correlation	.953**	.137	1.000	.689**	.758**	.797**	-.183	.402**
	Sig. (2-tailed)	.000	.386	.	.000	.000	.000	.246	.008
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
LONPLANT	Pearson Correlation	.652**	.307*	.689**	1.000	.834**	.811**	.000	.578**
	Sig. (2-tailed)	.000	.048	.000	.	.000	.000	.998	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
NUMHOCOM	Pearson Correlation	.694**	.295	.758**	.834**	1.000	.838**	-.092	.289
	Sig. (2-tailed)	.000	.057	.000	.000	.	.000	.562	.064
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESFRHCO	Pearson Correlation	.733**	.225	.797**	.811**	.838**	1.000	-.162	.405**
	Sig. (2-tailed)	.000	.152	.000	.000	.000	.	.306	.008
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
NUMHNOC	Pearson Correlation	-.218	.027	-.183	.000	-.092	-.162	1.000	.381*
	Sig. (2-tailed)	.165	.864	.246	.998	.562	.306	.	.013
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESFRHNC	Pearson Correlation	.438**	.097	.402**	.578**	.289	.405**	.381*	1.000
	Sig. (2-tailed)	.004	.542	.008	.000	.064	.008	.013	.
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESFPECO	Pearson Correlation	.749**	.218	.791**	.867**	.860**	.921**	-.143	.460**
	Sig. (2-tailed)	.000	.166	.000	.000	.000	.000	.367	.002
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESFPNCO	Pearson Correlation	.364*	.216	.364*	.593**	.373*	.429**	.294	.742**
	Sig. (2-tailed)	.018	.170	.018	.000	.015	.005	.058	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PEFRBASE	Pearson Correlation	.755**	.189	.785**	.756**	.788**	.890**	-.158	.434**
	Sig. (2-tailed)	.000	.231	.000	.000	.000	.000	.319	.004
	N	42	42	42	42	42	42	42	42

Correlations

		PESFPECO	PESFPNCO	PEFRBASE	PESSERAI	PESSHOCO	PESSHNOC	PESSPECO
VOLRAIZ	Pearson Correlation	.749**	.364*	.755**	.937**	.883**	.551**	.890**
	Sig. (2-tailed)	.000	.018	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
LONRAIZ	Pearson Correlation	.218	.216	.189	.138	.235	.081	.254
	Sig. (2-tailed)	.166	.170	.231	.384	.134	.611	.105
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESFRAIZ	Pearson Correlation	.791**	.364*	.785**	.980**	.937**	.616**	.940**
	Sig. (2-tailed)	.000	.018	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
LONPLANT	Pearson Correlation	.867**	.593**	.756**	.665**	.689**	.540**	.688**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
NUMHOCOM	Pearson Correlation	.860**	.373*	.788**	.740**	.822**	.364*	.822**
	Sig. (2-tailed)	.000	.015	.000	.000	.000	.018	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESFRHCO	Pearson Correlation	.921**	.429**	.890**	.790**	.854**	.449**	.817**
	Sig. (2-tailed)	.000	.005	.000	.000	.000	.003	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
NUMHNOC	Pearson Correlation	-.143	.294	-.158	-.169	-.212	.369*	-.230
	Sig. (2-tailed)	.367	.058	.319	.284	.178	.016	.142
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESFRHNC	Pearson Correlation	.460**	.742**	.434**	.388*	.329*	.762**	.313*
	Sig. (2-tailed)	.002	.000	.004	.011	.034	.000	.043
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESFPECO	Pearson Correlation	1.000	.502**	.949**	.791**	.799**	.452**	.811**
	Sig. (2-tailed)	.	.001	.000	.000	.000	.003	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESFPNCO	Pearson Correlation	.502**	1.000	.430**	.376*	.297	.682**	.343*
	Sig. (2-tailed)	.001	.	.004	.014	.056	.000	.026
	N	42	42	42	42	42	42	42
PEFRBASE	Pearson Correlation	.949**	.430**	1.000	.777**	.789**	.438**	.787**
	Sig. (2-tailed)	.000	.004	.	.000	.000	.004	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42





Correlations

		VOLRAIZ	LONRAIZ	PESFRAIZ	LONPLANT	NUMHOCOM	PESFRHCO	NUMHNOC	PESFRHNC
PESSERAI	Pearson Correlation	.937**	.138	.980**	.665**	.740**	.790**	-.169	.388*
	Sig. (2-tailed)	.000	.384	.000	.000	.000	.000	.284	.011
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSHOCO	Pearson Correlation	.883**	.235	.937**	.689**	.822**	.854**	-.212	.329*
	Sig. (2-tailed)	.000	.134	.000	.000	.000	.000	.178	.034
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSHNOC	Pearson Correlation	.551**	.081	.616**	.540**	.364*	.449**	.369*	.762**
	Sig. (2-tailed)	.000	.611	.000	.000	.018	.003	.016	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSPECO	Pearson Correlation	.890**	.254	.940**	.688**	.822**	.817**	-.230	.313*
	Sig. (2-tailed)	.000	.105	.000	.000	.000	.000	.142	.043
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSPENC	Pearson Correlation	.465**	.045	.458**	.308*	.174	.269	.242	.541**
	Sig. (2-tailed)	.002	.779	.002	.047	.269	.085	.122	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSBASE	Pearson Correlation	.874**	.203	.945**	.595**	.729**	.796**	-.188	.326*
	Sig. (2-tailed)	.000	.198	.000	.000	.000	.000	.232	.035
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
CAPINTCA	Pearson Correlation	-.257	-.005	-.300	-.425**	-.318*	-.355*	.358*	-.311*
	Sig. (2-tailed)	.101	.973	.053	.005	.040	.021	.020	.045
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
POTHOJA	Pearson Correlation	.879**	.233	.938**	.697**	.821**	.857**	-.200	.357*
	Sig. (2-tailed)	.000	.137	.000	.000	.000	.000	.204	.020
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
CALCHOJA	Pearson Correlation	.894**	.216	.935**	.652**	.798**	.837**	-.240	.276
	Sig. (2-tailed)	.000	.170	.000	.000	.000	.000	.126	.077
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
MAGHOJA	Pearson Correlation	.898**	.213	.939**	.646**	.801**	.835**	-.239	.276
	Sig. (2-tailed)	.000	.177	.000	.000	.000	.000	.128	.077
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
HIERRHOJ	Pearson Correlation	.835**	.226	.859**	.572**	.765**	.751**	-.286	.122
	Sig. (2-tailed)	.000	.150	.000	.000	.000	.000	.067	.441
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
ZINHOJA	Pearson Correlation	.790**	.254	.823**	.559**	.764**	.741**	-.304	.077
	Sig. (2-tailed)	.000	.105	.000	.000	.000	.000	.051	.630
	N	42	42	42	42	42	42	42	42

Correlations

		PESFPECO	PESFPNCO	PEFRBASE	PESSERAI	PESSHOCO	PESSHNOC	PESSPECO
PESSERAI	Pearson Correlation	.791**	.376*	.777**	1.000	.935**	.611**	.939**
	Sig. (2-tailed)	.000	.014	.000	.	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESSHOCO	Pearson Correlation	.799**	.297	.789**	.935**	1.000	.476**	.978**
	Sig. (2-tailed)	.000	.056	.000	.000	.	.001	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESSHNOC	Pearson Correlation	.452**	.682**	.438**	.611**	.476**	1.000	.459**
	Sig. (2-tailed)	.003	.000	.004	.000	.001	.	.002
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESSPECO	Pearson Correlation	.811**	.343*	.787**	.939**	.978**	.459**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.026	.000	.000	.000	.002	.
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESSPENC	Pearson Correlation	.300	.506**	.281	.527**	.355*	.717**	.367*
	Sig. (2-tailed)	.053	.001	.071	.000	.021	.000	.017
	N	42	42	42	42	42	42	42
PESSBASE	Pearson Correlation	.759**	.275	.804**	.936**	.958**	.534**	.944**
	Sig. (2-tailed)	.000	.078	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
CAPINTCA	Pearson Correlation	-.298	-.302	-.265	-.266	-.296	-.334*	-.251
	Sig. (2-tailed)	.055	.052	.090	.088	.057	.031	.109
	N	42	42	42	42	42	42	42
POTHOJA	Pearson Correlation	.799**	.312*	.786**	.934**	.998**	.495**	.973**
	Sig. (2-tailed)	.000	.044	.000	.000	.000	.001	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
CALCHOJA	Pearson Correlation	.788**	.263	.792**	.941**	.990**	.446**	.976**
	Sig. (2-tailed)	.000	.093	.000	.000	.000	.003	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
MAGHOJA	Pearson Correlation	.789**	.259	.794**	.945**	.991**	.447**	.978**
	Sig. (2-tailed)	.000	.098	.000	.000	.000	.003	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
HIERRHOJ	Pearson Correlation	.728**	.189	.749**	.863**	.920**	.315*	.926**
	Sig. (2-tailed)	.000	.232	.000	.000	.000	.042	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42
ZINHOJA	Pearson Correlation	.720**	.164	.733**	.828**	.906**	.258	.918**
	Sig. (2-tailed)	.000	.300	.000	.000	.000	.098	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42

Correlations

		PESSPENC	PESSBASE	CAPINTCA	POTHOJA	CALCHOJA	MAGHOJA	HIERRHOJ	ZINHOJA
PESSERAI	Pearson Correlation	.527**	.936**	-.266	.934**	.941**	.945**	.863**	.828**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.088	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSHOCO	Pearson Correlation	.355*	.958**	-.296	.998**	.990**	.991**	.920**	.906**
	Sig. (2-tailed)	.021	.000	.057	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSHOC	Pearson Correlation	.717**	.534**	-.334*	.495**	.446**	.447**	.315*	.258
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.031	.001	.003	.003	.042	.098
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSPECO	Pearson Correlation	.367*	.944**	-.251	.973**	.976**	.978**	.926**	.918**
	Sig. (2-tailed)	.017	.000	.109	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSPENC	Pearson Correlation	1.000	.414**	-.142	.369*	.341*	.345*	.253	.200
	Sig. (2-tailed)	.	.006	.371	.016	.027	.025	.106	.205
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
PESSBASE	Pearson Correlation	.414**	1.000	-.263	.958**	.953**	.957**	.888**	.863**
	Sig. (2-tailed)	.006	.	.092	.000	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
CAPINTCA	Pearson Correlation	-.142	-.263	1.000	-.326*	-.232	-.230	-.098	-.081
	Sig. (2-tailed)	.371	.092	.	.035	.139	.144	.535	.610
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
POTHOJA	Pearson Correlation	.369*	.958**	-.326*	1.000	.981**	.982**	.896**	.880**
	Sig. (2-tailed)	.016	.000	.035	.	.000	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
CALCHOJA	Pearson Correlation	.341*	.953**	-.232	.981**	1.000	.999**	.957**	.944**
	Sig. (2-tailed)	.027	.000	.139	.000	.	.000	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
MAGHOJA	Pearson Correlation	.345*	.957**	-.230	.982**	.999**	1.000	.954**	.940**
	Sig. (2-tailed)	.025	.000	.144	.000	.000	.	.000	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
HIERRHOJ	Pearson Correlation	.253	.888**	-.098	.896**	.957**	.954**	1.000	.994**
	Sig. (2-tailed)	.106	.000	.535	.000	.000	.000	.	.000
	N	42	42	42	42	42	42	42	42
ZINHOJA	Pearson Correlation	.200	.863**	-.081	.880**	.944**	.940**	.994**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.205	.000	.610	.000	.000	.000	.000	.
	N	42	42	42	42	42	42	42	42

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### Correlations

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

