

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Distintos Bioestimulantes en Plántulas de Lechuga Orejona Cultivar
"Crunchita" y su Desarrollo en Hidroponía

Por:

AGUSTIN ROMERO VILLANUEVA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Distintos Bioestimulantes en Plántulas de Lechuga Orejona Cultivar
"Crunchita" y su Desarrollo en Hidroponía

Por:

AGUSTIN ROMERO VILLANUEVA

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal


M.C. Alfonso Rojas Duarte
Coasesor


Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor


Dr. Gabriel Callegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 2018

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater

Agradecido por haberme permitido formar parte de su comunidad académica y brindarme la oportunidad aprender de sus recursos, materiales, culturales, académicos y deportivos que me ayudaron a emprender con seguridad.

A mis padres

Por todo el cariño comprensión y sobre todo la tolerancia que me tuvieron mientras estuve estos 4 años ausente de casa.

A mis Familiares

A todas mis tías, mi abuelito y mis hermanos que siempre creyeron en mí y me dieron ánimos y me motivaron para seguir lo que yo quería, mi hermana Berthita que siempre me acompañó a lo largo de la carrera literalmente y formamos un buen equipo en todas las actividades, mi tío Jesús Alonso que siempre me ha apoyado en mis proyectos en mi etapa de universitario.

A mis Profesores

Al Dr. José Antonio González Fuentes que me permito poner en práctica los conocimientos que fui aprendiendo al paso de la estancia en la universidad y también por brindarme tiempo, confianza y ese entusiasmo para emprender nuevos proyectos.

Al Dr. Armando Hernández Pérez una persona que siempre demostró interés por ayudarme en mis nuevas inquietudes y en este proyecto final.

Al Dr. Rubén Cervantes López que fue un profesor y compañero que me dio su confianza y oriento en mis planes profesionales y que lo estimo mucho.

Al M.C Alfonso Rojas Duarte que me permitió y brindo conocimientos para llevar cabo este proyecto.

DEDICATORIAS

A mi madre Ma Guadalupe Villanueva Cabrera.

Una mujer muy sentimental e insistente que se merece todo lo que yo soy y me gustaría conservar toda la vida.

A mi padre José de Jesús Romero Mora.

Un ejemplo de humildad y grandeza que siempre me inculco valores entre ellos la humildad y paciencia y que los llevo muy presente en mis actos.

A mis hermanos. Gina, Chuchin y Berthita.

Que algún tiempo fueron parte de mi infancia y me traen muy buenos recuerdos que a veces me sacan una buena sonrisa madamas al pensarlos.

De Gina me quedo con las consentidas, de Chuchin con los regaños y de Berthita con los corajes y contentos a los 5 minutos.

A mi abuelito Serafín Villanueva Orozco.

Que estuvo conmigo desde la infancia y fue un guía y figura de cariño y alegría que no se compara y lo quiero muchísimo.

A mis compañeros y amigos

Los integrantes de Pistaches Crew, (Lalito, Cheny, Luis, Raciél, Toms, Chuchito, Chuy VM, Gil y Roberto) con los que compartí alegrías y tristezas.

Humberto Mondragón (Tatemaco) que fue mi compañero fiel durante toda la carrera

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	4
Objetivo Especifico	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Generalidades de la Lechuga	5
Origen	5
Requerimientos de la Lechuga	5
Hidroponía	5
Solución Nutritiva.....	6
Solución Hoagland 1950.....	6
Solución de Steiner	7
Calcio.....	8
Sistemas Hidropónicos.....	8
Sistemas Cerrados y Abiertos	8
Cultivos en Sustrato Solido.....	8
Sistema Flotante.....	9
Película Nutritiva (Nutrient Film Technique; NFT)	9
Bioestimulantes	10

Aminoácidos	10
Ácidos Fúlvicos (AF).....	12
MATERIALES Y METODOS	13
Localización	13
Metodología	13
Tratamientos.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
Etapa de Plántula.....	18
Índice de Contenido Relativo de Clorofila (ICRC).....	19
Altura de Plántula (AP)	20
Diámetro de Tallo (DT)	21
Número de Hojas (NH)	22
Etapa de Desarrollo	23
Número de Hojas por Planta Desarrollada.....	24
Número de Hojas en Planta Desarrollada (NHPD)	24
Peso Seco de Planta (PSP).....	25
Peso Seco de Raíz (PSR)	26
Peso Seco de Hojas (PSH).....	28
CONCLUSIONES	30
LITERATURA CITADA.....	31
APENDICE	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Solución nutritiva de Steiner en 1980 con una CE de 2.0 dS/m Intagri, (2017).....	8
Cuadro 2. Solución Nutritiva Steiner al 100%.	14
Cuadro 3. Respuesta de plántulas de lechuga orejona Cultivar "Crunchita" a la aplicación de tratamientos bioestimulantes indicados en la parte inferior del cuadro. Las letras indican la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).	18
Cuadro 4. Respuesta de plantas desarrolladas de lechuga orejona Cultivar "Crunchita" a la aplicación de tratamientos bioestimulantes indicados en la parte inferior del cuadro. Las letras indican la separación d medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).	24
Cuadro 5. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Índice de Contenido Relativo de Clorofila en plántula.....	39
Cuadro 6. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Altura de Plántula.	39
Cuadro 7. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Diámetro de Tallo.	40
Cuadro 8. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Número de Hojas en Plántula.	40
Cuadro 9. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Número de Hojas en Planta Desarrollada.....	41
Cuadro 10. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Peso Seco de Planta.	41
Cuadro 11. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Peso Seco de Raíz. .	42
Cuadro 12. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Peso Seco de Hoja. .	42

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Principales países productores de lechuga Faostat (2016) 1
- Figura 2. Índice de Contenido Relativo de Clorofila en hojas de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en unidades SPAD (10 unidades SPAD equivale a 0.0035 mg/cm² de clorofila). Tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 20
- Figura 3. Altura de plántula de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en centímetros con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 21
- Figura 4. Diámetro de Tallo de plantas de lechuga orejona Cultivar. “Crunchita” expresado en milímetros con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 22
- Figura 5. Número de Hojas por Plántula de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF

400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 23

Figura 6. Número de Hojas por Planta Desarrollada de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 25

Figura 7. Peso Seco Total de Planta de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada gramos con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 26

Figura 8. Peso seco de raíz de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en gramos con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 27

Figura 9. Peso seco de hojas de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en gramos con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). 29

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de Ácidos Fúlvicos (AF) y Aminoácidos como bioestimulantes aplicados en plántulas de lechuga cultivar "Crunchita" las cuales se regaron durante 18 días y posteriormente se establecieron en un sistema NFT modificado con tubos de PVC donde se utilizó una solución Steiner general en todas las plantas para determinar el impacto de los tratamientos suministrados. Los tratamientos aplicados fueron: 1 testigo (agua corriente), 2 (AF a 400 ppm), 3 (AF a 400 ppm y Aminoácidos a 2000 ppm), 4 (AF a 400 ppm + Aminoácidos a 2000 ppm y 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio), 5 (solución Steiner al 50 %), 6 (solución Steiner al 50% + AF a 400 ppm), 7 (Solución Steiner al 50 % + AF a 400 ppm + Aminoácidos a 2000 ppm). Se evaluaron variables de crecimiento en plántula: Altura de Plántula (AP), Diámetro de Tallo (DT), Número de Hojas (NH) y el Índice de Contenido Relativo de Clorofila (ICRC). En plantas establecidas en el sistema NFT se evaluó el Número de Hojas por Planta Desarrollada (NHPD), Peso Seco de Planta (PSP), Peso Seco de Raíz (PSR) y Peso Seco de Hojas (PSH). Las plántulas de lechuga irrigadas con el tratamiento 7 presentaron mayor Número de Hojas en un 43.75 % con respecto al testigo. Los tratamientos que más influyeron de manera positiva en las variables de Número de Hojas por Planta Desarrollada, fueron el 4 y el 7 con un 42.18 % y 50% superior al testigo. Así también con los tratamientos 4 y 7 se obtuvo 103.5 % y 113.4 % mas PSP y PSH respectivamente en comparación con las plantas testigo. Para el Peso Seco de Planta y para Peso Seco de Hojas se encontraron incrementos de un 108.8 % y 120.81 % comparados con el testigo respectivamente.

Palabras clave: Ácidos Fúlvicos, Aminoácidos, sistema NFT

INTRODUCCIÓN

El sector primario (agricultura, ganadería, pesca, aprovechamiento forestal y silvicultura) representa para México una fuente de Producto Interno Bruto (PIB) de 16.2% aproximadamente del cual, las actividades agrícolas representan aproximadamente el 65,9% del total. Siap, (2017). En el país la mayor parte de las ganancias del sector agrícola resultan de la exportación de productos en fresco posicionándonos en los primeros lugares de países exportadores de alimentos con un comportamiento de crecimiento constante Sagarpa, (2016).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza de clima templado que se cultiva en México y se tiene un volumen de producción de 480, 808 Toneladas anuales colocando al país con esta cifra en el 9º lugar de países productores de lechuga en 2017 según Siap (2017). Los principales estados productores de lechuga en México son Guanajuato, Zacatecas, Puebla y Aguascalientes con una producción de anual de 141, 783 t/ha, 86, 334 t/ha, 69, 410 t/ha y 51, 328 t/ha respectivamente para el año 2017 Siap (2017).

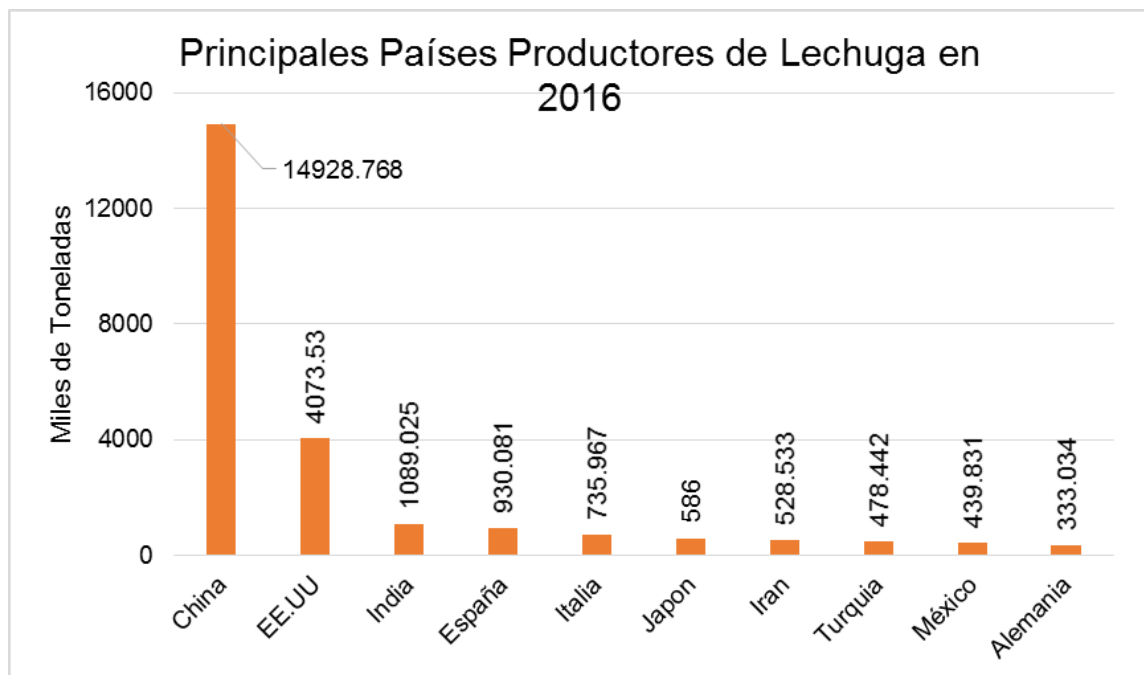


Figura 1. Principales países productores de lechuga Faostat (2016)

En México el sistema de producción de lechuga establecida bajo cubierta representa menos de un 5% de toda la superficie cultivada de la cual aproximadamente el 50% es en hidroponía (fibra de coco, lana roca, película de agua etc.) Intagri, (2017).

Los beneficios de la producción de lechuga hidropónica para los productores es obtener cosechas en cualquier época del año de manera escalonada, disminuye la presencia de plagas y enfermedades, su forma de fertilización es más manipulable y facilita las labores culturales a sus trabajadores. Asociación, (2018)

La producción de plántulas de lechuga en semillero oscila entre 25 y 30 días y de 40 a 45 días del trasplante a la cosecha Gallegos y Cruz, (2009) permitiendo tener un ciclo de producción desde siembra hasta cosecha de 65 a 75 días.

En un sistema de producción en hidroponía se busca explotar el espacio y aprovechar los recursos con los que se cuenta manteniendo una producción forzada.

Una técnica utilizada es la aplicación de bioestimulantes. América del Norte los define a los bioestimulantes como “cualquier sustancia o compuesto distinto de los nutrientes primarios, secundarios y benéficos que la investigación científica puede demostrar que es beneficioso para una o más especies de plantas, cuando se aplica de forma exógena” y engloba a “inoculantes bacterianos o microbianos, materiales bioquímicos, aminoácidos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, extracto de algas y otros materiales similares biológicos y derivados de la naturaleza” Coalition, (2013).

Algunos experimentos demuestran como la incorporación de bioestimulantes en las plántulas de los cultivos pueden generar un efecto positivo en el post desarrollo de las plantas como nos menciona (Ertani *et al*, 2013) que la aplicación de un hidrolizado de carne aumento el crecimiento a corto plazo y el contenido de microelementos en plantas en un sistema hidropónico esto

debido a que los hidrolizados de proteína estimulan el metabolismo del Carbono y el Nitrógeno facilitando su asimilación (Calvo *et al.*, 2014). Así como también un tratamiento exógeno de L glutamato en *Arabidopsis* detuvo de una manera significativa el crecimiento de la raíz primaria pero sin embargo aumento la ramificación de raicillas lo que pretende que el Glutamato tiene un papel de señalizador en la producción de raíces secundarias Walch-Liu, (2006).

En el caso de las aplicaciones de ácidos fúlvicos como bioestimulantes en plántulas, Poaspst y Schnitzer, (1971) mencionan que los ácidos fúlvicos actúan como un enraizador muy similar al IAA sin embargo no presenta datos concretos del por qué actúa como señalizador de generar raíces en la planta. Las aplicaciones de ácidos fúlvicos en plantas no solo se limitan a generar más raíces si no que actúan como agentes quelatantes naturales (Cervantes *et al.*, s. f.); (Bocanegra *et al.*, 2006) .por lo tanto las aplicaciones de Ácidos Fúlvicos pueden funcionar como facilitadores a la planta en la toma de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe y Zn como lo demuestra el experimento de Rauthan y Schnitzer (1981) donde cultivaron pepinos hidropónicos aplicando 300 ppm de ácidos fúlvicos en la solución Hoagland. Los investigadores De Lucia y Vecchiatti, (2012) lograron reducir el tiempo del ciclo de cultivo de Lili de 84 días a 78 días mediante la aplicación de aminoácidos en el riego y vía foliar.

Por lo anterior mencionado se propone que el uso de los bioestimulantes puede ser una alternativa para incrementar la productividad lechuga en los sistemas hidropónicos acortando su periodo de desarrollo y permitiendo incrementar la producción en un menor tiempo.

Objetivo General

Evaluar el efecto de Ácidos Fúlvicos (AF) y Aminoácidos como bioestimulantes en plántulas de lechuga cultivar “Crunchita” en un sistema NFT.

Objetivo Especifico

Aumentar el vigor de plántulas en semillero para un su óptimo desarrollo en el sistema NFT.

Hipótesis

Al menos una solución nutritiva con Ácidos fúlvicos o Aminoácidos incrementara el vigor y el desarrollo de plantas de lechuga.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de la Lechuga

Origen

La Lechuga es nativa de las regiones templadas de Europa, Asia. Esta planta fue domesticada por los Egipcios en el año 4500 a.C y fue distribuida por los europeos en el continente Americano por los años 1600. Los botánicos consideran que la lechuga escarola es el origen de las todas las variedades cultivadas ya que es una planta herbácea anual, rustica, con hojas grandes, blandas, enteras o aserradas Mag, (1993)

Es una planta anual y autógama, presenta raíz pivotante con ramificaciones que se distribuye en los primeros 30 cm de profundidad, tiene un tallo corto y cilíndrico. Las hojas se disponen primero en roseta y después se aprietan unas junto a otras formando un cogollo. Los limbos pueden tener un borde liso, ondulado o aserrado. La inflorescencia son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos Agrolanzarote, (2012).

Requerimientos de la Lechuga

La lechuga se adapta a una altitud de 1800 msnm, prefiere climas templados y fríos, con precipitaciones de 1200 a 1500 mm anuales, con temperaturas optimas van de un rango de 15 a 18°C, con una mínima de 13°C y una máxima de 27°C de desarrollo y de Germinación de 18 a 20 °C Ciata, (1998).El pH óptimo para cultivos hidropónicos va de 5.5 a 6.5 ya que es el rango donde se toman mejor los nutrientes por las plantas y teniendo humedades relativas de 70 a 75% van der lugt, (2016).

Hidroponía

De acuerdo a Rae, (2018) se define la “hidro” agua y del griego “ponos” labor. Y se refiere practicante al “cultivo de plantas en soluciones acuosas, por lo general con algún soporte de arena, grava etc”.

Esta herramienta permite el estudio de las plantas en ausencia, presencia o un nivel específico de nutrientes o elementos benéficos para las plantas. También se ha constituido en un atractivo sistema de producción por la intensivo en espacio y tiempo a costos razonables Alcántar y Trejo, (2006)

Solución Nutritiva

Una solución nutritiva es agua con oxígeno y todos los nutrientes esenciales para la planta en forma iónica Steiner 1968, citado por Ortiz, (2015).

La primer solución nutritiva utiliza fue la de Von Schs en 1860 donde se incluían todos los elementos esenciales en ese tiempo (N, P, S, K, Ca, Mg y Fe) basada en iones molares y fu el mismo quien comenzó a utilizar las sales de amonio en su solución, posteriormente fue estandarizada para la producción de plántulas Alcántar y Trejo, (2006)

Solución Hoagland 1950

Fue propuesta por Hoagland y Arnon, (1950) (Cuadro 1) para cultivar plantas en agua y sin suelo usando los siguientes niveles de nutrientes expresados en moles que consiste en preparar soluciones madre (SM) y después añadir un poco de ellas al agua para formar una solución nutritiva final.

Cuadro 1. Solución Nutritiva propuesta por Hoagland y Arnon (1950)

Fertilizante	Concentración de Solución Madre	g/L de Fertilizante	Cantidad a agregar en 1 L de Solución Final.
Macronutrientes			
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	1 mol	115.18	1 ml
KNO_3	1 mol	101.10	6 ml
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 mol	236.6	2 ml
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1 mol	246.49	2 ml
Micronutrientes			
H_3BO_3		2.86	1ml
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		1.81	
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$		0.22	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0.08	
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$		0.02	

Para el caso de los fertilizantes de los macros se debe de diluir por separado en 1L, mientras que en el caso de los micronutrientes estos se deben diluir en conjunto en 1L a excepción del Hierro. Para este último se debe tomar 26.1 g de EDTA y disolverlo en 286 ml de agua que contenga 19 g de KOH luego disolver 24.9 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 500 ml de agua y agregar posteriormente el EDTA. Posterior a esto aforar a un volumen de 1 Litro y utilizar la dosis de 1 ml/L para añadir a la solución final. Hoagland y Arnon, (1950).

Solución de Steiner

En 1961 el investigador A. Steiner menciona la metodología para crear una solución nutritiva universal en meq/L teniendo un balance entre cationes y aniones, Conductividad Eléctrica (CE), Presión Osmótica (PO) y el potencial hidrogeno (PH) y menciona que con su modelo se puedan desarrollar sobre 1600 soluciones nutritivas diferentes. Steiner, (1961). En 1980 Steiner reafirma su solución nutritiva y propone la siguiente (Cuadro 2)

Cuadro 1. Solución nutritiva de Steiner en 1980 con una CE de 2.0 dS/m Intagri, (2017)

SOLUCIÓN STEINER					
Aniones			Cationes		
NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺
50 a 70%	5 a 10 %	25 a 40%	35 a 55%	30 a 40%	15 a 30%

Calcio

El calcio es un elemento esencial en las plantas y se encuentra en las plantas como ion libre o adsorbido, es importante para división celular ya que se encuentra como pectato de calcio en la lamela media. Alcántar y Trejo, (2006) además la elongación y la multiplicación celular son activados por el calcio y es necesario para el desarrollo de la raíz von Marschner y Richter, (1974)

Sistemas Hidropónicos

Los sistemas de hidroponía deben contar con tecnología que suministre oxígeno a la planta y la solución de nutrientes deberá aportar agua, nutrientes e incluso oxígeno suplementario Howard, (2001).

Sistemas Cerrados y Abiertos

Se les denomina sistemas abiertos cuando la solución nutritiva no es reutilizada en las mismas plantas y cerrado cuando se reutiliza la solución nutritiva una o varias veces en las mismas plantas. Armando y Campos, (2012)

Cultivos en Sustrato Solido

Es un sistema que puede ser abierto o cerrado donde las raíces crecen ancladas a un sustrato que puede ser orgánico o inorgánico o una mezcla de estos 2. En este caso si la solución nutritiva se aplica de arriba del contenedor así abajo se le llama riego por goteo o aspersión y si es de abajo hacia arriba entonces es llamada subirrigación. Alcántar y Trejo, (2006)

Sistema Flotante

Trata de un sistema de producción cerrado donde las plantas están flotando sobre una solución nutritiva Maissantini, (1976) desarrolló un cajón recubierto por una membrana plástica de (101 x 300 x 15 cm) construido de madera sobre el cual dispuso placas de poliestireno expandido en piezas rectangulares a lo largo y ancho del cajón con un espesor de 2 cm.

Maissantini utilizó un tanque adicional para airear la solución con ayuda de un compresor sin embargo también se pueden utilizar oxigenadores directos en la solución nutritiva. Howard, (2001)

Película Nutritiva (Nutrient Film Technique; NFT)

Este es un sistema cerrado se utiliza como sustrato solo el agua y nutrientes en ella, se mantiene una lámina de 3 a 5 mm de altura de la solución y esta debe estar continuamente circulando en canales pasando a través de las raíces de la planta permitiendo a las raíces tomar los nutrientes. Alcántar y Trejo, (2006)

Los requerimientos de este sistema son:

Mantener en constante recirculación la solución nutritiva, que la altura de la película no sea mayor a 5 mm para oxigenar la solución y las raíces.

Otro requerimiento que propone Urrestarazu, (2000) es que el flujo de solución deberá ser de 2 litros por minuto para dimensiones de 20 cm de ancho y 15 a 20 m de largo esto para asegurar una que las plantas cuenten con suficiente aire, agua y nutrientes.

El tercer requerimiento es que exista una pendiente longitudinal suficiente en las canaletas para el flujo de la solución generalmente del 2% y con una concentración de oxígeno de entre 3 y 5 ppm en la solución. Alcántar y Trejo, (2006)

Bioestimulantes

Los bioestimulantes de plantas contienen sustancias y / o microorganismos cuya función cuando se aplica a las plantas o la rizosfera es estimular los procesos naturales para mejorar / beneficiar la absorción de nutrientes, la eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad de los cultivos Ebic, (2012).

Los bioestimulantes no tienen acción directa contra plagas por ello no se encuentran regulados dentro del marco reglamentario de los plaguicidas Ebic, (2012).

Los bioestimulantes también están catalogados como anti estrés de plantas como lo menciona (Petrozza *et al.*, 2014) donde aplicaciones de aminoácidos y vitaminas en plantas de tomate sometidas a estrés hídrico se vieron menos afectadas que las no tratadas esto debido a la acción de señalización de los bioestimulantes. El efecto de los aminoácidos en las plantas está bien definido pero sin embargo aún no se sabe con exactitud el mecanismo de acción de todos los bioestimulantes debido a la gran riqueza de sus compuestos (Saa *et al.*, 2015).

Los bioestimulantes que contienen hidratos de carbono tienen la capacidad de activar señalizadores de defensa para enfermedades esto mencionado por (Trouvelot *et al.*, 2014) en su experimento de aplicaciones foliares de carbohidratos en plantas de *Arabidopsis*, donde menciona que además de crear una señalización contra las enfermedades puede tener un señalización en cascada activando otros canales en la planta.

Aminoácidos

Los aminoácidos son compuestos que contienen un grupo funcional amino y un grupo funcional ácido carboxílico estos tienen funciones importantes en las plantas como metabolitos, en la adquisición de nutrientes, en la señalización y en la respuesta a varios tipos de estrés y formación de proteínas (Vranova *et al.*, 2011).

Los productos basados en proteínas se pueden dividir en dos categorías principales: hidrolizados de proteínas que consisten en una mezcla de péptidos y aminoácidos de origen animal o vegetal, y aminoácidos individuales tales como glutamato, glutamina, prolina y glicina betaína (Nardi, Pizzeghello, Schiavon, Ertani, *et al.*, 2016) Estos aminoácidos son absorbidos tanto por las raíces como por las hojas y posteriormente translocados a toda la planta (Ertani *et al.*, 2009).

El mecanismo de acción de los aminoácidos que permite promover la asimilación del Nitrógeno es por medio de una regulación coordinada en las rutas metabólicas Carbón y Nitrógeno, de esta manera hace más eficiente la toma y uso de estos Nutrientes (Schiavon *et al.*, 2008). Esta regulación inducida por los aminoácidos en estas rutas fue confirmada mediante una prueba de RT-PCR ejecutada por (Ertani *et al.*, 2013).

(Halpern *et al.*, 2015) menciona 3 funciones básicas de los aminoácidos en el suelo 1, mejora las condiciones para los microorganismos benéficos y mejora la mineralización, 2, quelata los nutrientes y mejora la absorción de ellos y 3, aumenta la actividad de las enzimas de asimilación de NO_3^- .

Los efectos causados en plantas pueden ser morfológicos y también pueden afectar en el contenido nutricional como nos menciona Ardebily y Zahra, (2012) donde la aplicación de aminoácidos en plantas de Aloe vera incremento el contenido de antioxidantes y la actividad antioxidante al ser consumida.

(Sindhu *et al.*, 2015) mencionan que las aplicaciones de aminoácidos en hortalizas son una fuente de Nitrógeno y Carbono de rápida asimilación, en su experimento de aplicación de aminoácidos en “drench” a plántulas de frijol y rábanos mencionan que pueden incrementar hasta en un 35.2% la conductancia estomática y hasta un 53 % el contenido de clorofila.(Ghasemi *et al.*, 2012) evaluó 3 productos filiales de Zinc y Hierro y utilizando aminoácidos como agentes quelatantes comparado con un EDTA y encontró que la quelatación mejoro el desarrollo de en plantas de tomate así como los contenidos de Hierro y Zinc en los tejidos que al aplicar EDTA esto debido a las enzimas trasportadoras de

aminoácidos realizan su función como la Lisina Histidina (LHT1), Aminoácido Permeasa 1 (AAP1) y el Aminoácido Permeasa 5 (AAP5) Chen y Ortiz (2001).

Ácidos Fúlvicos (AF)

Los ácidos fúlvicos son derivados de las sustancias húmicas sus características físicas son de color amarillo dorado como su nombre lo indica, son solubles pH ácidos y alcalinos, se extraen por medios alcalinos de la M.O. Presentan en su estructura grupos hidroxilos (COH) y carboxilos en su mayoría (COOH) Stevenson, (1994).Y también presenta una gran capacidad de intercambio catiónico (Bocanegra *et al.*, 2006).

Los ácidos fúlvicos actúan como bioestimulantes en las plantas teniendo como función principal en incrementar la brotación de raíces secundarias y el aumento en la toma de nutrientes (Senesi *et al.*, 2009). Los ácidos fúlvicos pueden ser suministrados a la raíz y por su tamaño molecular también son absorbidos por la planta cuando se aplican vía foliar incluso en combinación con nutrientes como Fe y otros micronutrientes actuando de esta manera como transportadores y quelatantes (Bocanegra *et al.*, 2006).

Los ácidos fúlvicos también actúan de una manera similar al Acido Indol Acético (AIA) debido a la semejanza en sus estructura y también tiene efecto sobre la activación de la producción de ATP Pettit, (2004).

(Pandeya *et al.*, 1998) menciona la capacidad de los ácidos fúlvicos para quelatar de acuerdo a su experimento que consistió en agregar AF+ FeCl₃ a plantas de arroz en suelo y al obtener una mayor concentración de Fe en las plantas en los tratamientos que contenían AF. También (Abou *et al.*, 2016) lograron incrementar el desarrollo vegetativo de plantas de tomate, la calidad de fruto y los niveles de calcio foliar mediante la aplicación de quelato de calcio base de ácidos fúlvicos.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Horticultura en la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” en Saltillo Coahuila México la cual se encuentra localizada, localizada geográficamente a 25°23' latitud norte y 103°01' longitud oeste con una altitud de 1743 msnm. El experimento se llevó a cabo en el mes de mayo del año 2018.

Metodología

El experimento se distribuyó con un diseño experimental completamente al azar. A los datos se les realizó un ANVA y para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9.0. Se aplicaron 7 tratamientos con 4 repeticiones cada uno.

El experimento se realizó con plantas de lechuga cultivar “Crunchita” las cuales fueron establecidas depositando semillas peletizadas en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades utilizando una semilla por cavidad, se utilizó una mezcla de sustrato de Perlita 30% y Peat Moss 70%, inmediatamente a la emergencia se inició con la aplicación de los tratamientos con bioestimulantes, estos tratamientos fueron suministrados como riego durante 18 días. Previo al trasplante se realizaron las mediciones para la etapa de plántula y se suspendió la aplicación de tratamientos colocando las plantas en un sistema NFT modificado con Solución Steiner al 100% (cuadro 3) con sistema cerrado donde se evaluó el crecimiento y desarrollo de las plantas. La Conductividad Eléctrica y el pH de la solución se monitoreo y ajusto diariamente con ayuda de sensores portátiles marca “HORIBA”. El sistema NFT consistió en 6 líneas de producción de 10 m de longitud cada una el cual se construyó con tubos de PVC de 3 pulgadas, las líneas estuvieron conectadas entre sí por medio de “codos”, creando un circuito el cual se montó sobre 5 bases de metal de 1 m de altura distribuidas a lo largo de los 10 m de longitud obteniendo así una superficie cubierta de 10 m de largo X 1 m de ancho con un desnivel del 2 % para fomentar

el flujo del agua. Para establecer las plantas se realizaron perforaciones en el tubo con ayuda de un taladro con un diámetro de 5cm mientras que la distancia entre orificio y orificio fue de 15cm y entre líneas de 20 cm. El sistema conto con un recipiente con capacidad de 170 L para almacenar y preparar la solución nutritiva en el cual se colocó una bomba sumergible con funcionamiento continuo y con 2 llaves de paso para controlar el flujo deseado de 3 L por minuto que creo una película de agua dentro del sistema de 5 mm, este sistema de válvulas, además permitió crear turbulencia y oxigenar la solución nutritiva. Para dar soporte a las plantas en los orificios y que estas no se hundieran se utilizó una esponja llamada “guata” la cual se colocó alrededor del tallo de la plántula y posteriormente en el orificio del tubo de PVC. Las plantas permanecieron 18 días en la charola de poliestireno de germinación a plántula (semillero) y 25 días en el sistema NFT.

Cuadro 2. Solución Nutritiva Steiner al 100%.

SOLUCIÓN STEINER						
Macronutrientes (meq/L) CE 1.56: dS/m PH: 5.7						
NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺
9.0	1.0	5.36	6.5	4.64	3	0.5
Micronutrientes (ppm)						
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo	
2	0.5	0.03	0.14	0.5	0.05	

Los bioestimulantes utilizados fueron Ácidos Fúlvicos derivados de Leonardita y como aminoácidos un producto comercial llamado “AMINOMAX 15”.

Tratamientos

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: Tratamiento 1 (testigo o agua corriente): Tratamiento 2 (Ácidos fúlvicos a 400 ppm); Tratamiento 3;

(Ácidos fúlvicos 400 ppm + “AMINOMAX 15” 2000 ppm); Tratamiento 4 (Ácidos Fúlvicos 400 ppm + “AMINOMAX 15” 2000 ppm + 3.25 meq/L de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$); Tratamiento 5 (Solución Steiner 50%); Tratamiento 6 (Solución Steiner 50% + Ácidos fúlvicos 400 ppm); Tratamiento 7 (Solución Steiner 50% + Ácidos Fúlvicos 400 ppm + “AMINOMAX 15” 2000 ppm).

Las variables evaluadas en etapa de plántula fueron el Índice de Contenido Relativo de Clorofila (ICRC) la cual se cuantificó tomando 2 lecturas en las hojas previas a trasplante con ayuda de un medidor de clorofila portátil marca “ATLEAFT” el cual reporta unidades SPAD, La Altura de Plántula (AP) se midió con ayuda de una regla midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de las hojas y reportando en cm, Número de Hojas (NH) se cuantificaron de manera visual contando las hojas desarrolladas y se reportó en hojas por plántula, Diámetro de Tallo (DT) se midió antes del trasplante con ayuda de un vernier digital y se reportó en (mm), mientras que para la etapa de desarrollo se evaluó Número de Hojas en Planta Desarrollada (NHPD) esta variable se hizo en el último día de desarrollo contando visualmente las hojas desarrolladas y se reportó en hojas por planta, Peso Seco de Planta (PSP) después de la cosecha se llevó el material fresco a una cámara de secado construida con película de plástico transparente donde se establecieron hasta obtener un peso seco constante y se pesaron en una balanza analítica reportando los resultados en g/planta, Peso Seco de Raíz (PSR) y Peso Seco de Hojas (PSH) se pesaron por separado y se obtuvieron los valores reportándose en (g).

Las condiciones ambientales en las culas se desarrollaron las plantas se muestran en la (figura 2 y 3) donde la temperatura máxima fue de 38.99°C y la mínima 11.11°C con un promedio de 22.15 °C, así como el Déficit d Presión de Vapor (VPD) el cual tuvo un valor máximo de 5.8 kPa y un mínimo de 0.106 kPa y un promedio de 1.19 kPa.

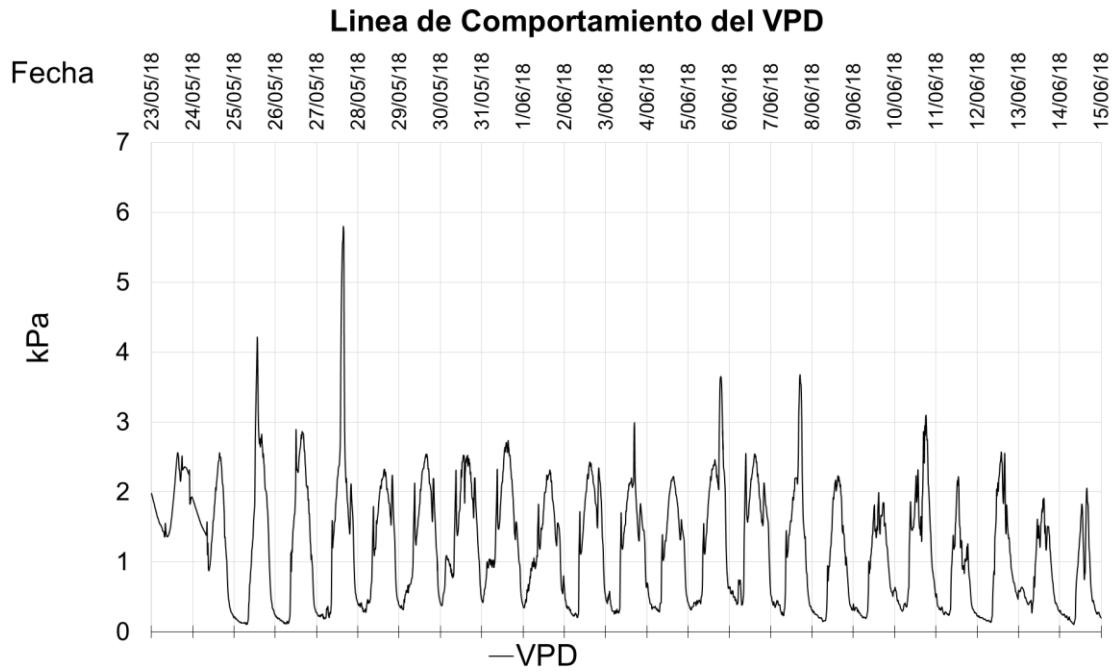


Figura 2. Comportamiento diario del Déficit del Presión de Vapor (DPV) en kilo pascales (kPa) dentro del invernadero en los días de desarrollo de lechuga orejona Variedad “Crunchita” en el sistema NFT.

La Humedad Relativa (HR) dentro del invernadero fue de 94.21% la lectura más alta y la mínima de 16.78% con un 62.05% en promedio a lo largo de ciclo.

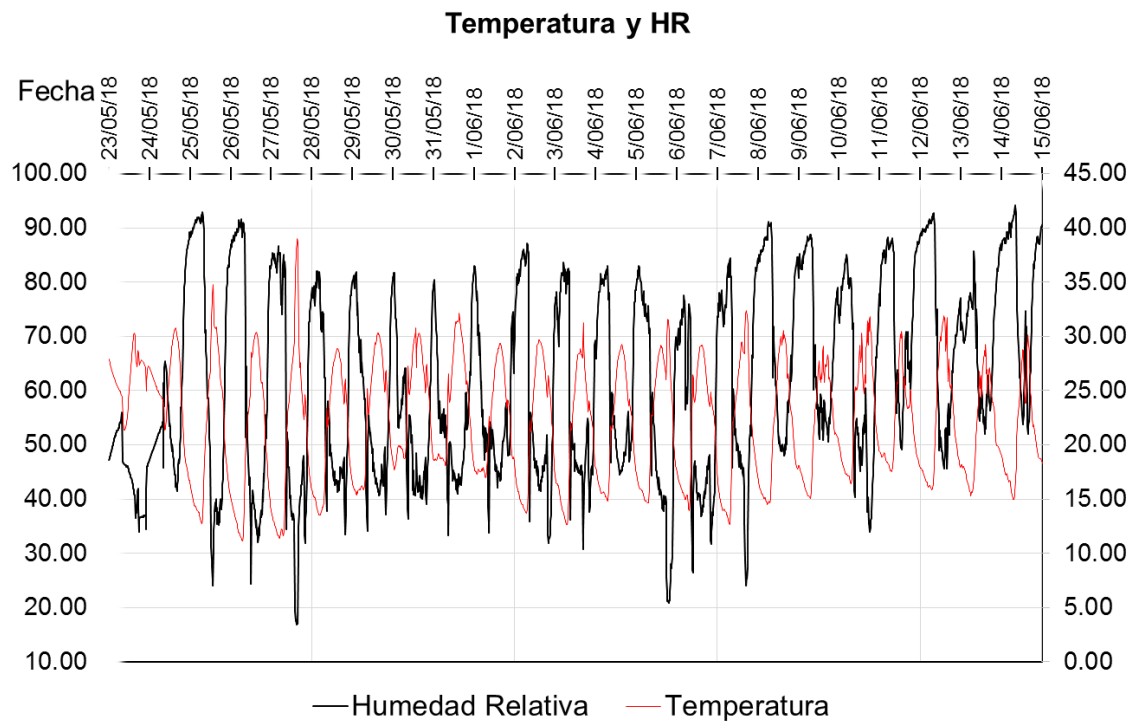


Figura 3. Temperatura y Humedad Relativa dentro del invernadero en los días de desarrollo de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” en el sistema NFT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa de Plántula

Para la fase de plántulas los resultados se muestran en el cuadro 4, donde se observa un efecto significativo de los bioestimulantes para el Índice de Contenido Relativo de Clorofila (ICRC) y Número de Hojas por plántula (NH), mientras que para altura de plántula y diámetro de tallo no fueron afectadas por los diferentes bioestimulantes.

Cuadro 3. Respuesta de plántulas de lechuga orejona Cultivar "Crunchita" a la aplicación de tratamientos bioestimulantes indicados en la parte inferior del cuadro. Las letras indican la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Variable	Índice de Contenido Relativo de Clorofila(SPAD)	Altura de Plántula (cm)	de	Diámetro de Tallo (mm)	de	Número de hojas por Plántula
Tratamiento	Media \pm EE	Media \pm EE		Media \pm EE		Media \pm EE
1	12.25 \pm 1.68 AB	7.37 \pm 1.60 A		2.4 \pm 0.14 A		4 \pm 0.0 C
2	9.82 \pm 0.13 B	7.26 \pm 0.47 A		2.17 \pm 0.51 A		4.5 \pm 0.28 BC
3	11.65 \pm 0.42 AB	7.36 \pm 0.08 A		2.47 \pm 0.21 A		5 \pm 0.0 B
4	15.02 \pm 1.55 AB	9.56 \pm 0.19 A		2.82 \pm 0.20 A		5 \pm 0.0 B
5	12.1 \pm 0.88 AB	9.37 \pm 0.83 A		2.72 \pm 0.27 A		5 \pm 0.0 B
6	12.25 \pm 1.06 AB	9.45 \pm 0.58 A		2.80 \pm 0.30 A		5 \pm 0.0 B
7	16.82 \pm 1.82 A	8.3 \pm 0.19 A		2.95 \pm 0.28 A		5.75 \pm 0.25 A

1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. EE= Expresa el error estándar de la media. Valores con la misma letra indican que son iguales estadísticamente.

Índice de Contenido Relativo de Clorofila (ICRC)

De acuerdo a la comparación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) el ICRC aumento significativamente con el tratamiento 7 en un 72% unidades SPAD con respecto al tratamiento 2 (AF 400 ppm) que presento el valor más bajo con 9.825 unidades SPAD. Numéricamente el tratamiento 7 fue superior al resto de tratamientos incluyendo al testigo aunque no estadísticamente, lo que sugiere explorar tratamientos similares al 7, sin embargo los resultados que muestran incremento numérico se asemejan a los de Shehata y El-Yazied, (2011) donde encontraron que las aplicaciones exógenas de aminoácidos en plantas de Apio incrementaron los niveles de clorofila en la zona foliar. Además este comportamiento en el contenido también puede atribuirse a la capacidad de quelatar nutrientes que tienen los ácidos fúlvicos y su característica de aumentar la capacidad de intercambio catiónico (Bocanegra *et al.*, 2006) y también (Murillo *et al.*, 2005) reportan que al aplicar ácido fúlvicos en plantaciones de olivo incrementan las unidades SPAD en la hojas aumentando la actividad fotosintética y la respiración.

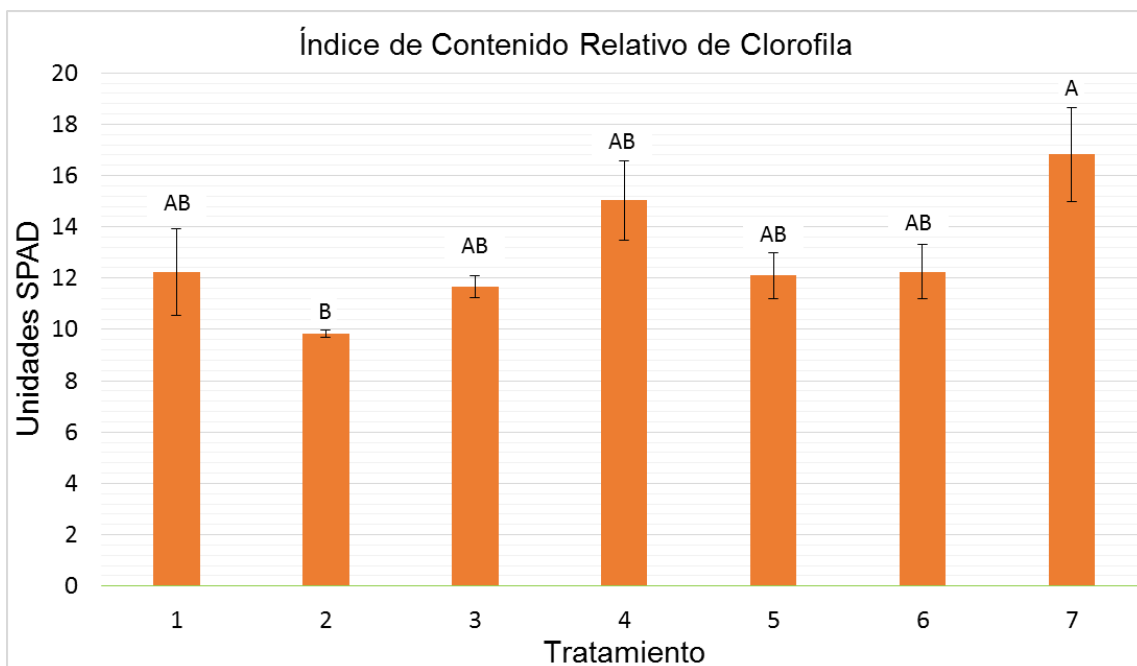


Figura 2. Índice de Contenido Relativo de Clorofila en hojas de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en unidades SPAD (10 unidades SPAD equivale a 0.0035 mg/cm² de clorofila). Tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Altura de Plántula (AP)

De acuerdo a los resultados obtenidos y la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para la Altura de Plántula no se encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, numéricamente se observa una superioridad en los tratamientos 4, 5, 6 y 7 con 29.6%, 27.1%, 28.13% y 12.54% en altura respectivamente superando al testigo T1. Estos comportamientos se asemejan a los resultados obtenidos por Lulakis y Petsas, (1995) al añadir 400 ppm de ácidos fúlvicos a una solución nutritiva de Hoagland incrementaron la longitud de brotes en tomate en un 23.28% en 10 días, en comparación a una

solución sin ácidos fúlvicos. Rauthan y Schnitzer, (1981) en su experimento para determinar la adición de ácidos fúlvicos a 300 ppm en una solución de Hoagland incrementaron la longitud de los brotes de pepino en un 79% en comparación al testigo además incremento el contenido de Nitrógeno en brotes en un 133% y un 124% en el Calcio, además menciona que a concentraciones superiores a 300 ppm de AF la estimulación es menor (Nardi *et al.*, 2016.).

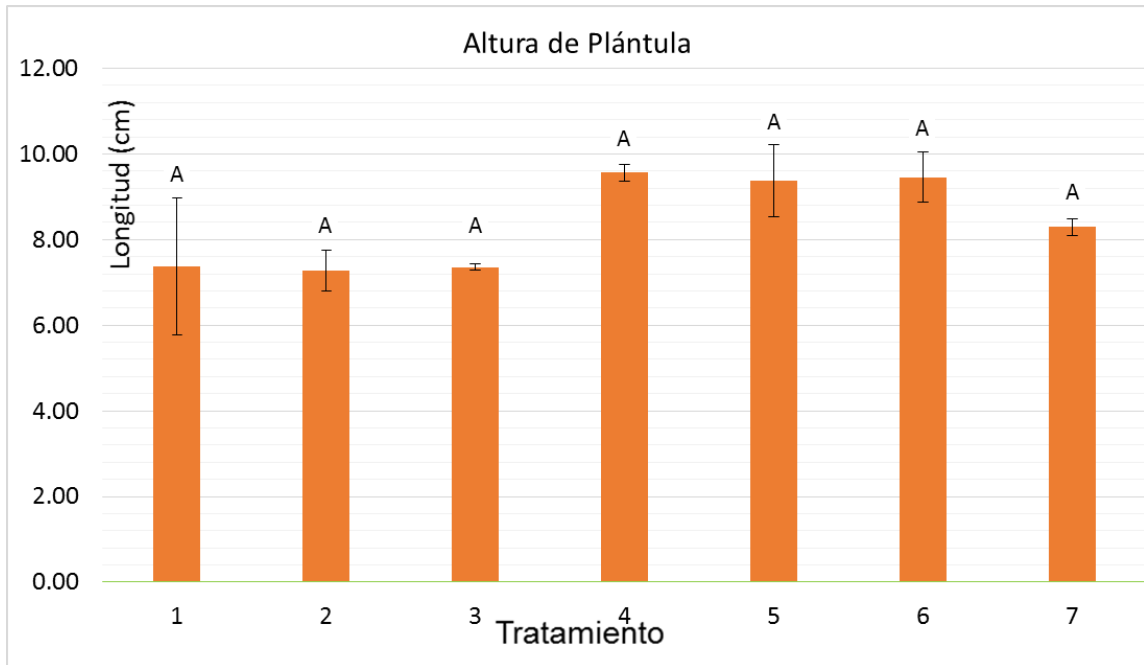


Figura 3. Altura de plántula de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en centímetros con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Diámetro de Tallo (DT)

De acuerdo a los resultados obtenidos y la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) no se encontraron diferencias estadísticas para la variable de diámetro de tallo ya que todos los tratamientos se agruparon en la misma letra.

Estos resultados concuerdan con (Suh *et al.*, 2014) quienes trataron plántulas de (*Lycopersicon esculentum* L.) con ácidos fúlvicos y no obtuvieron un comportamiento diferente en el grosor de tallo.

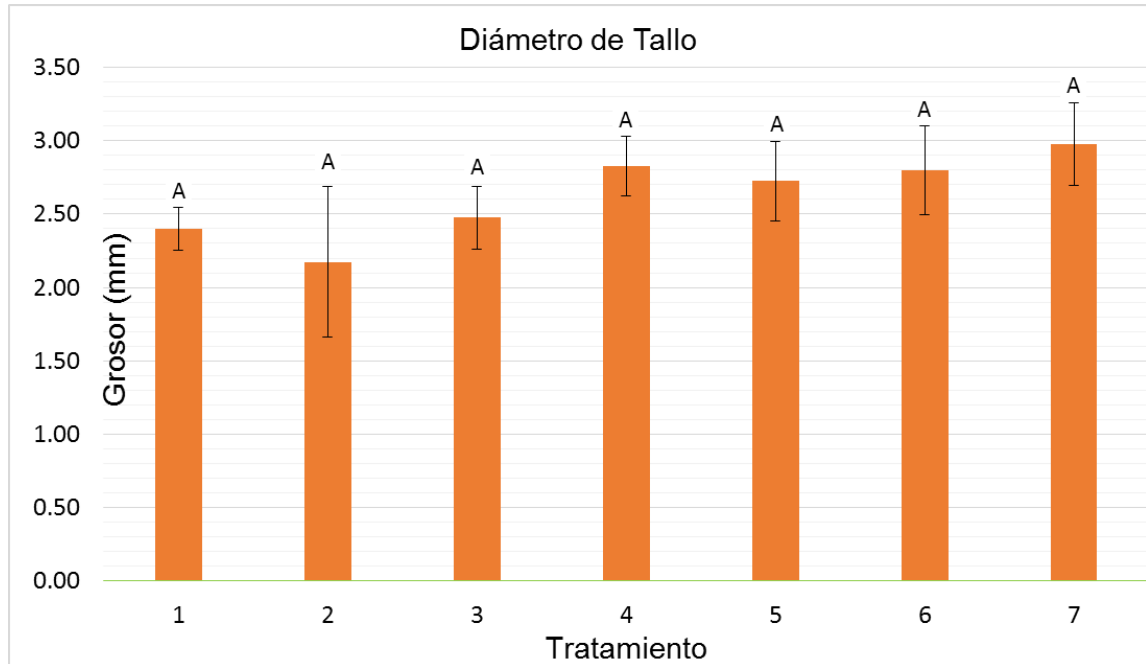


Figura 4. Diámetro de Tallo de plantas de lechuga orejona Cultivar. “Crunchita” expresado en milímetros con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Número de Hojas (NH)

De acuerdo a los resultados obtenidos y la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) en el Número de Hojas por plántula fue mayor con el tratamiento 7 que presenta una superioridad de 43.7 % en comparación con las plántulas testigo. El aumento en el número de hojas por plántula coincide con (Eyheraguib *et al.*, 2008) donde las aplicaciones de una solución nutritiva con sustancias húmicas incrementaron el número de hojas en plantas de maíz en un 12%.

También el experimento realizado por Shehata y El-Yazied, (2011) donde la aplicación de aminoácidos en plantas de apio en la etapa vegetativa incremento el número de hojas hasta en un 13%.

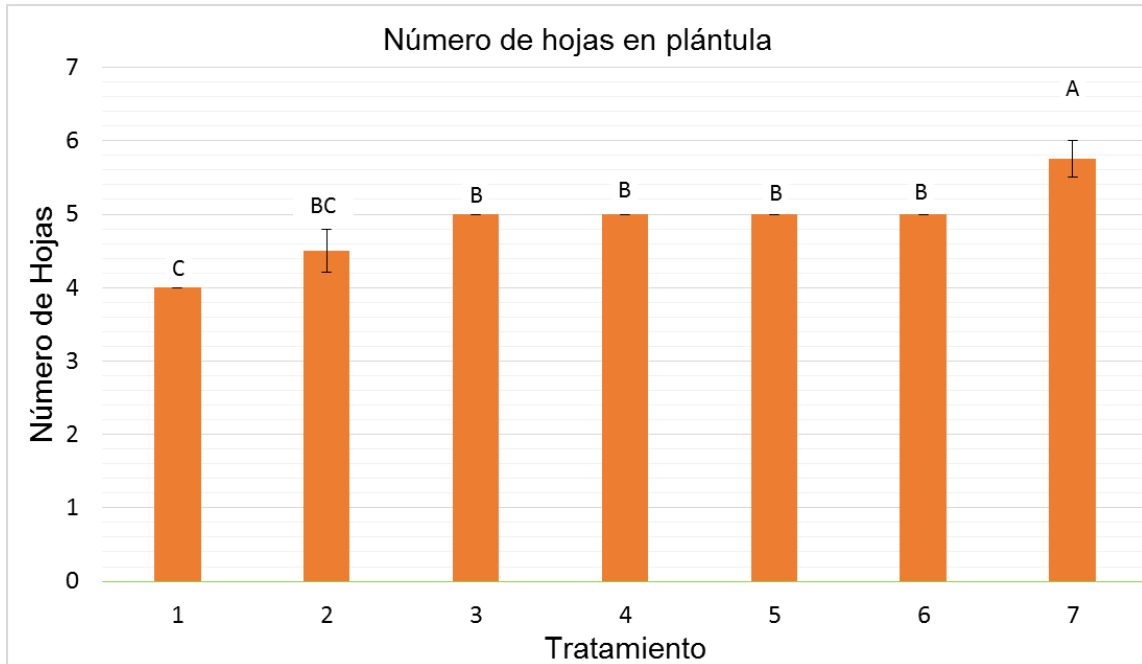


Figura 5. Número de Hojas por Plántula de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Etapa de Desarrollo

Para la fase del desarrollo de plantas en el sistema NFT los resultados se muestran a continuación (Cuadro 6) donde se observa efectos significativos de los bioestimulantes en el Número de Hojas por planta, Peso Seco de Planta y Peso seco de Hojas, mientras que Peso seco de Raíz no fue influenciado por estas.

Cuadro 4. Respuesta de plantas desarrolladas de lechuga orejona Cultivar "Crunchita" a la aplicación de tratamientos bioestimulantes indicados en la parte inferior del cuadro. Las letras indican la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Variable	Número de Hojas por Planta Desarrollada	Peso Seco de Raíz (g)	Peso Seco de Raíz (g)	Peso Seco de Hojas (g)
Tratamiento	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE	Media \pm EE
1	16 \pm 1.08 C	4.59 \pm 0.93 B	0.59 \pm 0.13 A	4.0 \pm 0.80 E
2	18.25 \pm 1.18 DC	4.97 \pm 0.77 B	0.65 \pm 0.11 A	4.32 \pm 0.66 DE
3	19.75 \pm 0.47 BC	5.98 \pm 0.26 B	0.76 \pm 0.02 A	5.22 \pm 0.24 CDE
4	22.75 \pm 0.62 AB	9.36 \pm 0.13 A	0.99 \pm 0.09 A	8.37 \pm 0.07 AB
5	21.5 \pm 0.28 ABC	6.98 \pm 0.50 AB	0.85 \pm 0.09 A	6.12 \pm 0.41 CD
6	21 \pm 0.91 ABC	7.35 \pm 0.08 AB	0.85 \pm 0.09 A	6.49 \pm 0.29 BC
7	24 \pm 0.40 A	9.18 \pm 0.87 A	0.96 \pm 0.02 A	8.85 \pm 0.10 A

1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. EE= Expresa el error estándar de la media. Valores con la misma letra indican que son iguales estadísticamente.

Número de Hojas en Planta Desarrollada (NHPD)

De acuerdo a los resultados obtenidos y la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) el Número de Hojas por Planta Desarrollada se incrementó con los tratamientos 4 y 7 superando por una diferencia del 42.18% y 50% respectivamente a las plantas testigo. Estos resultados concuerdan con el trabajo realizado por Xu y Mou, (2017) donde al aplicar aminoácidos vía "drench" a plantas de lechugas en sustrato, lograron incrementar en un 28% el número de hojas por planta debido a que se favorece la regulación en la ruta del Nitrógeno (Ertani *et al.*, 2013). Un aumento en el número de hojas como resultados de una

combinación de ácidos fúlvicos 300 ppm + una Solución Nutritiva, esto descrito por Rauthan y Schnitzer, (1981), donde lograron incrementar la hojas en el cultivo de pepino en un 14%.

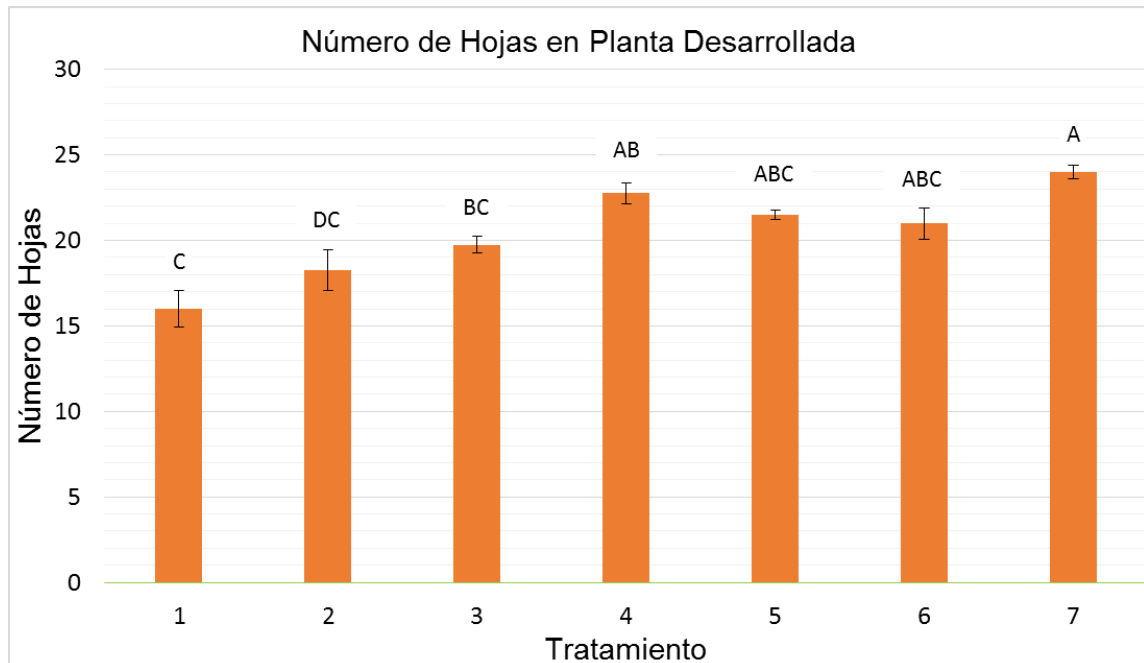


Figura 6. Número de Hojas por Planta Desarrollada de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Peso Seco de Planta (PSP)

De acuerdo a los resultados obtenidos y la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para el Peso Seco Total se registró un aumento con los tratamientos 4 y 7 alcanzando valores con una diferencia superior de un 103% y 113% respectivamente comparado con el testigo. Estos comportamientos se pueden atribuir a la capacidad que tienen los aminoácidos para quelatar y aumentar los niveles de Nitrógeno en el tejido como lo mencionan Rodgers y

Barneix, (1993) que al mezclar un coctel de aminoácidos en una solución Hoagland al 50% y posteriormente aplicarlo a plantas de trigo lograron incrementar la absorción de nitrato en un 100%. Los resultados coinciden con los de (Anjum *et al.*, 2011) pues logro incrementar el peso fresco y seco de maíz mediante aplicaciones de AF en un 17.65%. Esto también coincide con (Abou *et al.*, 2016) donde al aplicar un AF con calcio a plantas de tomate lograron aumentar el peso seco de planta en un 28 %.

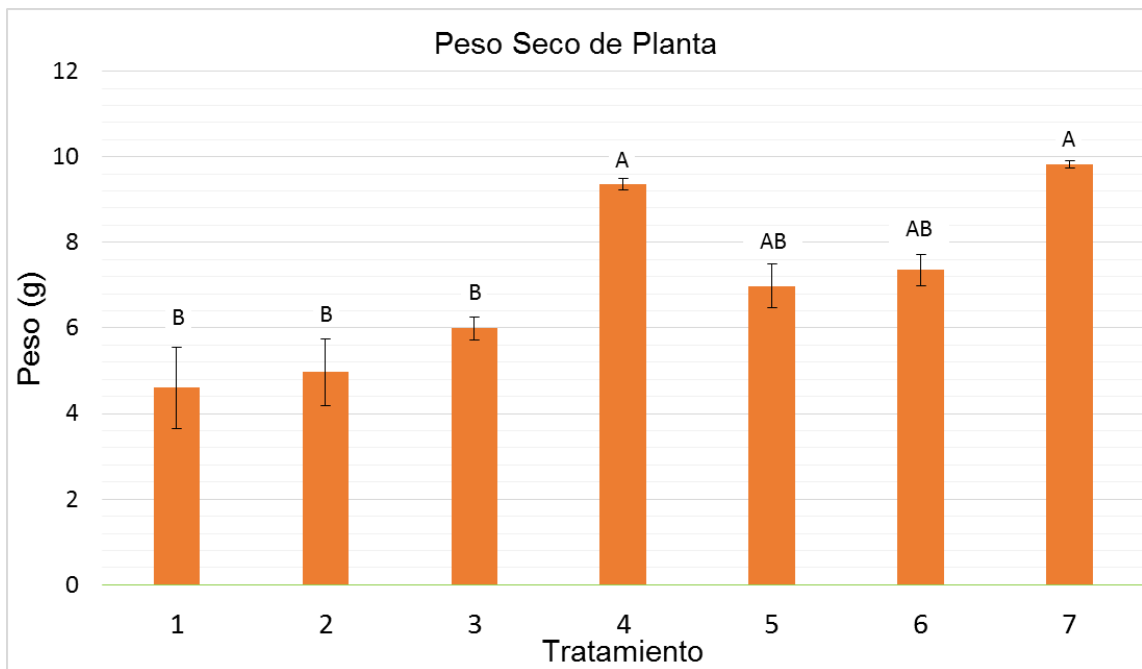


Figura 7. Peso Seco Total de Planta de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada gramos con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Peso Seco de Raíz (PSR)

De acuerdo a los resultados obtenidos y la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) el Peso Seco de Raíz fueron estadísticamente iguales, lo que

indica que los tratamientos no afectaron el crecimiento de este órgano. Sin embargo, numéricamente el tratamiento con mayor cantidad de raíz fue el tratamiento 4 y 7 con un incremento del 67.8% y 63.6% comparado con el testigo. Esto concuerda con Rauthan y Schnitze, (1981) donde aplicaciones de solución nutritiva más AF a 300 ppm aumentaron el peso seco de raíz en pepino en un 125%, este comportamiento de enraizamiento se atribuye a la capacidad que tiene los ácido fúlvicos para enraizar debido a la semejanza de sus compuestos en su estructura a los de una auxina (Dobbss *et al.*, 2007) y también con Marschner, (1995) donde menciona que el calcio es fundamental para el desarrollo de las raíces. Estos resultados sugieren la necesidad de explorar tratamientos similares al 4 y 7 que fueron los que mostraron valores más altos.

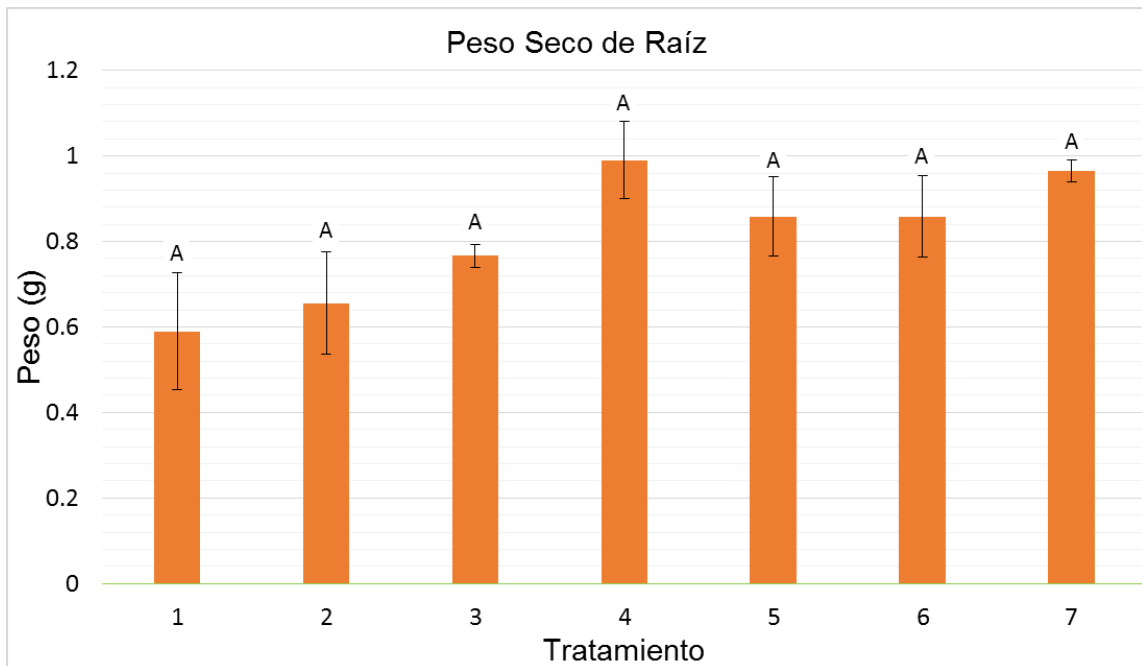


Figura 8. Peso seco de raíz de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en gramos con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF

400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Peso Seco de Hojas (PSH).

De acuerdo a los resultados obtenidos y la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$) el Peso Seco de Hojas incremento con los tratamientos 4 y 7 mostrando una superioridad en un 108.8% y un 120.8% respectivamente en comparación al tratamiento 1 y 2 y en un 36.7% y 44.5% en comparación al tratamiento 5. Xu y Mou, (2017) menciona un incremento del 16 % en el peso seco de plantas de lechuga en sustrato tratadas con un coctel de aminoácidos en una solución nutritiva además Rauthan y Schnitzer, (1981) en su experimento de adicionar 300 ppm de AF en una solución de Hoagland y aplicarlas a plantas de pepino logro incrementar en un 142% el peso seco de las hojas . Por su parte, Mylonas y McCants, (1980) lograron aumentar el peso seco de hojas en el cultivo de tabaco un 25% mediante la aplicación de una solución nutritiva con 450 ppm de ácidos fúlvicos.

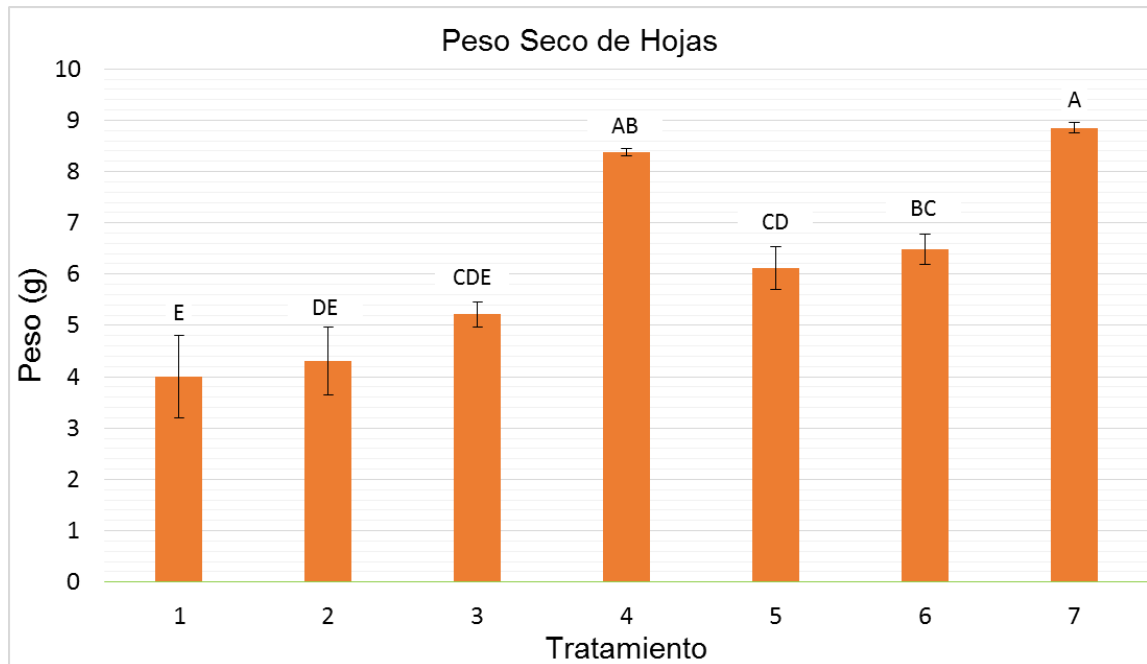


Figura 9. Peso seco de hojas de lechuga orejona Cultivar “Crunchita” expresada en gramos con distintos tratamientos bioestimulantes, 1= testigo o agua corriente, 2= AF 400 ppm, 3= AF 400 PPM + Aminoácidos 2000 ppm, 4= AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm + 3.25 meq/L de Nitrato de Calcio, 5= Solución Steiner al 50%, 6= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm y 7= Solución Steiner 50% + AF 400 ppm + Aminoácidos 2000 ppm. La barra superior muestra error estándar y las letras muestran la separación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Las soluciones nutritivas enriquecidas con Ácidos Fúlvicos y Aminoácidos en los semilleros de lechugas orejonas incrementan la velocidad y vigor a plantas en sistemas hidropónicos

Los tratamientos aplicados con Ácidos fúlvicos combinados con aminoácidos y fertilizante (Steiner 50%), favorece el vigor de plántulas de lechuga incrementando el número de hojas.

Los tratamientos de Ácidos fúlvicos combinados con aminoácidos y fertilizante (Steiner 50% y/o Nitrato de Calcio 3.25 meq/L), incrementan el peso seco de hojas, peso seco total de plata y el número total de hojas por planta de lechuga en un menor tiempo en sistema NFT.

LITERATURA CITADA

- Abou, E. H., & Husein, M. (2016). *Response of Tomato Plants to Foliar Application of Humic, Fulvic Acid and Chelated Calcium*. *Egypt. J. Soil Sci* (Vol. 56).
- Agrolazarlote. (2012). *FICHAS TÉCNICAS DE CULTIVOS DE LANZAROTE NOMBRE COMÚN: Lechuga*. Recuperado a partir de www.agrolazarote.com
- Alcántar, G. G., & Trejo, T. L. I. (2006). *NUTRICIÓN DE CULTIVOS*. (C. de Posgraduados, Ed.). ESTADO DE MÉXICO.
- Anjum, S. A., Wang, L., Farooq, M., Xue, L., & Ali, S. (2011). Fulvic Acid Application Improves the Maize Performance under Well-watered and Drought Conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(6), 409–417. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00483.x>
- Ardebily, & Zahra, O. (2012). *The induced physiological changes by foliar application of amino acids in "Aloe vera" L. plants*. Southern Cross Publishing.
- Armando, T. R. A. J., & Campos, S. (2012). *HIDROPONÍA Y ACUARISTICA DEL CARIBE 6° CURSO DE HIDROPONÍA BASICA PARA PRINCIPIANTES*.
- Asociación, H. M. A. C. (2018). *Ventajas de la hidroponia*.
- Bocanegra, M. P., Lobartini, J. C. ., & Orioli, G. A. (2006a). Plant Uptake of Iron Chelated by Humic Acids of Different Molecular Weights. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37(1–2), 239–248. <https://doi.org/10.1080/00103620500408779>
- Bocanegra, M. P., Lobartini, J. C., & Orioli, G. A. (2006b). Plant Uptake of Iron Chelated by Humic Acids of Different Molecular Weights. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37(1–2), 239–248. <https://doi.org/10.1080/00103620500408779>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41.

<https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

Cervantes, R. L., Reyes López, A., Cervantes, E. P., Del, M., & Zúñiga Estrada, R. (s/f). USO DE SUBSTANCIAS HÚMICAS EXTRAÍDAS DE COMPOSTAS EN LA PRODUCCIÓN DE ALGUNAS HORTALIZAS.

Chen, L., & Ortiz, L. (2001). ANT1, an Aromatic and Neutral Amino Acid Transporter in Arabidopsis. *PLANT PHYSIOLOGY*, 125(4), 1813–1820. <https://doi.org/10.1104/pp.125.4.1813>

Ciata. (1998). *Producción de lechuga*.

Coalition, B. (2013). Coalición de bioestimulantes :: Acerca de. Recuperado el 1 de noviembre de 2018, a partir de <http://www.biostimulantcoalition.org/about/>

De Lucia, B., & Vecchietti, L. (2012). *Type of Bio-Stimulant and Application Method Effects on Stem Quality and Root System Growth in L.A. Lily. Europ.J.Hort.Sci* (Vol. 77).

Dobbss, L. B., Medici, L. O., Peres, L. E. P., Pino-Nunes, L. E., Rumjanek, V. M., Façanha, A. R., & Canellas, L. P. (2007). Changes in root development of Arabidopsis promoted by organic matter from oxisols. *Annals of Applied Biology*, 151(2), 199–211. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00166.x>

Ebic. (2012). European Biostimulants Industry Council | Promoting the biostimulant industry and the role of plant biostimulants in making agriculture more sustainable. Recuperado el 1 de noviembre de 2018, a partir de <http://www.biostimulants.eu/>

Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C., & Nardi, S. (2009). Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(2), 237–244. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800174>

Ertani, A., Pizzeghello, D., Altissimo, A., & Nardi, S. (2013a). Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for

- hydroponically grown maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(2), 287–295. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200020>
- Ertani, A., Pizzeghello, D., Altissimo, A., & Nardi, S. (2013b). Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for hydroponically grown maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(2), 287–295. <https://doi.org/10.1002/jpln.201200020>
- Eyheraguibel, B., Silvestre, J., & Morard, P. (2008). Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, 99(10), 4206–4212. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082>
- Faostat. (2016). Recuperado el 7 de diciembre de 2018, a partir de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Gallegos, R., & Cruz, J. M. (2009). *Prueba exploratoria: Lechuga (Lactuca sativa) en hidroponia*.
- Ghasemi, S., Khoshgoftarmanesh, A. H., Hadadzadeh, H., & Jafari, M. (2012). Synthesis of Iron-Amino Acid Chelates and Evaluation of Their Efficacy as Iron Source and Growth Stimulator for Tomato in Nutrient Solution Culture. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(4), 498–508. <https://doi.org/10.1007/s00344-012-9259-7>
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake (pp. 141–174). <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California Agricultural Experiment Station*, 347(2nd edit).
- Howard, M. R. (2001). *Cultivos Hidroponicos* (5a ed.).
- Intagri. (2017). La Industria de los Cultivos Hidropónicos | Intagri S.C.

Recuperado el 31 de octubre de 2018, a partir de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-industria-de-los-cultivos-hidroponicos>

Lulakis, M. D., & Petsas, S. I. (1995). Effect of humic substances from vine-canecan mature compost on tomato seedling growth. *Bioresource Technology*, 54(2), 179–182. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(95\)00129-8](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00129-8)

Mag. (1993). *Guia tcnica del manejo poscosecha de apio y lechuga para mercado fresco*. Recuperado a partir de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_apio_lechuga_II.pdf

Maissantini, F. (1976). Floating hydroponics; A method of soilless culture. España.

Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd ed.). London.

Murillo, J. M., Madejón, E., Madejón, P., & Cabrera, F. (2005). The response of wild olive to the addition of a fulvic acid-rich amendment to soils polluted by trace elements (SW Spain). *Journal of Arid Environments*, 63(1), 284–303. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.022>

Mylonas, V. A., & McCants, C. B. (1980). Effects of humic and fulvic acids on growth of tobacco. 2. Tobacco growth and ion uptake 1. *Journal of Plant Nutrition*, 2(3), 377–393. <https://doi.org/10.1080/01904168009362785>

Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., & Ertani, A. (2016). Scientia Agricola Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based. *Sci. Agric.* v, 73(1), 18–23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>

Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., Ertani, A., Nardi, S., Pizzeghello, D., ... Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73(1), 18–23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>

- Ortiz, B. R. (2015). *INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL MEDIANTE LA TÉCNICA STEINER EN SISTEMAS HIDROPONICOS DE PRODUCCIÓN*. saltillo.
- Pandeya, S. B., Singh, A. K., & Dhar, P. (1998). Influence of fulvic acid on transport of iron in soils and uptake by paddy seedlings. *Plant and Soil*, *198*(2), 117–125. <https://doi.org/10.1023/A:1004256325090>
- Petrozza, A., Santaniello, A., Summerer, S., Di Tommaso, G., Di Tommaso, D., Paparelli, E., ... Cellini, F. (2014). Physiological responses to Megafol® treatments in tomato plants under drought stress: A phenomic and molecular approach. *Scientia Horticulturae*, *174*, 185–192. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2014.05.023>
- Pettit, R. E. (2004). *ORGANIC MATTER, HUMUS, HUMATE, HUMIC ACID, FULVIC ACID AND HUMIN: THEIR IMPORTANCE IN SOIL FERTILITY AND PLANT HEALTH*. TEXAS.
- Poaspst, P. ., & Schnitzer, M. (1971). FULVIC ACID AND ADVENTITIOUS ROOT FORMATION. *SOIL BIOL. BIOCHEM*, *3*, 215–219.
- Rae. (2018). hidroponía | Definición de hidroponía - Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. Recuperado el 6 de diciembre de 2018, a partir de <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=hidroponía>
- Rauthan, B. S., & Schnitzer, M. (1981a). *EFFECTS OF A SOIL FULVIC ACID ON THE GROWTH AND NUTRIENT CONTENT OF CUCUMBER (CUCUMIS SA TIVUS) PLANTS*. Ottawa.
- Rauthan, B. S., & Schnitzer, M. (1981b). Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant and Soil*, *63*(3), 491–495. <https://doi.org/10.1007/BF02370049>
- Rodgers, C. O., & Barneix, A. J. (1993). The effect of amino acids and amides on the regulation of nitrate uptake by wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, *16*(2), 337–348. <https://doi.org/10.1080/01904169309364535>

- Saa, S., Olivos-Del Rio, A., Castro, S., & Brown, P. H. (2015). Foliar application of microbial and plant based biostimulants increases growth and potassium uptake in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D. A. Webb). *Frontiers in Plant Science*, 6, 87. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00087>
- Sagarpa. (2016). *4to Informe de Labores*. Recuperado a partir de https://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/POT_2016/Informe/CuartoInformeDeLabores_SAGARPA.pdf
- Schiavon, M., Ertani, A., & Nardi, S. (2008). Effects of an Alfalfa Protein Hydrolysate on the Gene Expression and Activity of Enzymes of the Tricarboxylic Acid (TCA) Cycle and Nitrogen Metabolism in *Zea mays* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(24), 11800–11808. <https://doi.org/10.1021/jf802362g>
- Senesi, N. (Nicola), Xing, B., & Huang, P. M. (2009). *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*. Wiley.
- Shehata, S. M., & El-Yazied, A. (2011). *Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed Extract on Growth Chemical Constitutes, Yield and its Quality of Celeriac Plant Effect of Bio-stimulants on Yield and Quality of Head Lettuce Grown Under Two Sources of Nitrogen View project*.
- Siap. (2017a). ATLAS AGROALIMENTARIO. Recuperado el 23 de octubre de 2018, a partir de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Siap. (2017b). Siap. Recuperado el 9 de febrero de 2018, a partir de <http://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/#p=82>
- Sindhu, S., Aftab, H., & Prasad, G. (2015). Bio Stimulant Activity of Protein Hydrolysate: Influence on Plant Growth and Yield. *Plant Science & Research*, 2(2).

- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134–154. <https://doi.org/10.1007/BF01347224>
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. Wiley.
- Suh, H. Y., Yoo, K. S., & Suh, S. G. (2014). Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55(6), 455–461. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0004-y>
- Trouvelot, S., HÃ©loir, M.-C., Poinssot, B., Gauthier, A., Paris, F., Guillier, C., ... Adrian, M. (2014). Carbohydrates in plant immunity and plant protection: roles and potential application as foliar sprays. *Frontiers in Plant Science*, 5, 592. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00592>
- Urrestarazu, G. M. (Ed.). (2000). *MANUAL DE CULTIVOS SIN SUELO*. MADRID.
- van der Lugt, G. (2016). Nutrient solutions for greenhouse crops. *Sqm*, 1–94. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2006.06.261>
- von Marschner, H., & Richter, C. (1974). Calcium-transport in Wurzeln von Mais- und Bohnenkeimpflanzen. *Plant and Soil*, 40(1), 193–210. <https://doi.org/10.1007/BF00011422>
- Vranova, V., Rejsek, K., Skene, K. R., & Formanek, P. (2011). Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant and Soil*, 342(1–2), 31–48. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0673-y>
- Walch-Liu, P., Liu, L.-H., Remans, T., Tester, M., & Forde, B. G. (2006). Evidence that I -Glutamate Can Act as an Exogenous Signal to Modulate Root Growth and Branching in *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Cell Physiology*, 47(8), 1045–1057. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcj075>
- Xu, C., & Mou, B. (2017). Drench Application of Fish-derived Protein Hydrolysates

Affects Lettuce Growth, Chlorophyll Content, and Gas Exchange.
HortTechnology, 27(4), 539–543.
<https://doi.org/10.21273/HORTTECH03723-17>

APENDICE

Cuadro 5. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Índice de Contenido Relativo de Clorofila en plántula.

Procedimiento ANVA						
Variable dependiente: CLOROFILA						
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	9	137.6785714	15.2976190	2.28	0.0654	
Error	18	120.7900000	6.7105556			
Total correcto	27	258.4685714				
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	CLOROFILA Media			
0.532670	20.17054	2.590474	12.84286			

Cuadro 6. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Altura de Plántula.

Procedimiento ANVA						
Variable dependiente: ALTURA						
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	6	27.30914286	4.55152381	2.03	0.1069	
Error	21	47.12610000	2.24410000			
Total correcto	27	74.43524286				
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ALTURA Media			
0.366885	17.86866	1.498032	8.383571			

Cuadro 7. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Diámetro de Tallo.

Procedimiento ANVA					
Variable dependiente: DIAMETRO					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	1.91500000	0.31916667	0.91	0.5081
Error	21	7.38230000	0.35153810		
Total correcto	27	9.29730000			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DIAMETRO Media		
0.205974	22.58691	0.592906	2.625000		

Cuadro 8. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la variable Número de Hojas en Plántula.

Procedimiento ANVA					
Variable dependiente: HOJASP					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	6.92857143	1.15476190	13.86	<.0001
Error	21	1.75000000	0.08333333		
Total correcto	27	8.67857143			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	HOJASP Media		
0.798354	5.899930	0.288675	4.89285		

Cuadro 9. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Número de Hojas en Planta Desarrollada.

Procedimiento ANVA					
Variable dependiente: NHPD					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	177.7142857	29.6190476	12.14	<.0001
Error	21	51.2500000	2.4404762		
Total correcto	27	228.9642857			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NHPD Media		
0.776166	7.633799	1.562202	20.46429		

Cuadro 10. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Peso Seco de Planta.

Procedimiento ANVA					
Variable dependiente: PSP					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	98.1864679	16.3644113	14.52	<.0001
Error	21	23.6654227	1.1269249		
Total correcto	27	121.8518907			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PSP Media		
0.805785	15.14276	1.061567	7.010393		

Cuadro 11. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Peso Seco de Raíz.

Procedimiento ANVA					
Variable dependiente: PSR					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	0.54310193	0.09051699	2.63	0.0462
Error	21	0.72259275	0.03440918		
Total correcto	27	1.26569468			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PSR Media		
0.429094	22.84146	0.185497	0.812107		

Cuadro 12. Análisis de Varianza ($\alpha \leq 0.05$) para la Variable Peso Seco de Hoja.

Procedimiento ANVA					
Variable dependiente: PSH					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	84.5921792	14.0986965	17.40	<.0001
Error	21	17.0116485	0.8100785		
Total correcto	27	101.6038277			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PSH Media		
0.832569	14.52085	0.900044	6.198286		