

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de Extractos de Algas Marinas y Aminoácidos en el Crecimiento de Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) Bajo un Sistema de Raíz Flotante

Por:

ALEJANDRA ANDREA ESTUDILLO BAHENA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Extractos de Algas Marinas y Aminoácidos en el Crecimiento de
Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) Bajo un Sistema de Raíz Flotante

Por:


ALEJANDRA ANDREA ESTUDILLO BAHENA

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



Dr. Rubén López Cervantes
Coasesor



M.C. Alfonso Rojas Duarte
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2017

AGRADECIMIENTOS

A mi **Alma Mater**, por haberme brindado el conocimiento y las herramientas necesarias para formarme como profesionista.

Al **Dr. José Antonio González Fuentes**, por la oportunidad que me dio para realizar este proyecto de investigación.

A mis asesores de Tesis

Al Dr. Rubén López Cervantes y al M.C. Alfonso Rojas Duarte por su apoyo y tiempo que me brindaron para poder realizar este trabajo.

A la **Dra. Iliana Isabel Hernández Javalera** por su asesoramiento, y disposición para este trabajo, además de su tiempo, apoyo, amistad y confianza.

Al **M.V.Z Francisco Javier Rivas Estrada y a su Esposa** por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera, por su tiempo, amistad y conocimientos transmitidos.

A la **M.C Diana Isela Rodríguez Durón** por su tiempo, cariño y amistad compartida durante mi estancia en la universidad.

DEDICATORIAS

A **mis padres Leobardo** y **Virginia**, por haberme dado la oportunidad de estudiar y elegir una carrera para mi futuro, gracias por sus consejos y sus valores, y por la motivación constante, es que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por todo su amor y cariño, y por la confianza que han depositado siempre en mí, todo esto se los debo a ustedes.

A **mi hermano Moisés** y a **mí cuñada Irene**, por los consejos y amistad que me han brindado.

A **mi familia**, por motivarme y apoyarme en todo.

A **mis amigos y compañeros**, de la universidad, en especial a Karen Bautista, Moisés López, y Kevin Cedillo, con los que compartí momentos inolvidables.

A **Cesar Rojas**, por apoyarme y acompañarme en todo momento.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIAS.....	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
I.INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL.....	4
HIPÓTESIS.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Importancia económica del cultivo de lechuga.....	5
Origen del cultivo.....	7
Descripción botánica.....	7
Clasificación taxonómica	8
Variedades de la lechuga	8
Valor Nutricional	9
Requerimientos Edafoclimáticos.....	11
Hidroponía.....	12
Sistema de raíz flotante	12
Solución nutritiva	12
Bioestimulantes	13
Modo de acción de los bioestimulantes	14
Modo de aplicación de los bioestimulantes	15
Absorción de los bioestimulantes	15
Aminoácidos	15
Composición y estructura.	15
Absorción de los aminoácidos	16
Efecto de los aminoácidos sobre las plantas.....	17
Algas marinas.....	19
Extractos de algas marinas, su aplicación e importancia.....	19
Efecto de las algas marinas sobre las plantas	20

III. MATERIALES Y METODOS.....	22
Localización del área experimental	22
Metodología	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
Peso fresco	27
Longitud de la raíz.....	29
Diámetro del tallo	30
Numero de hojas	32
Longitud de hojas	34
Peso seco	35
V. CONCLUSION	38
VI. LITERATURA CITADA.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1.1	Producción mundial de lechuga	6
1.2	Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia	10
1.3	Solución nutritiva	24
1.4	Descripción de los tratamientos	26

ÍNDICE DE FIGURAS

figura		Pagina
1.1	Cama de cultivo forrada con plástico negro	23
1.2	Plántulas de lechuga recién trasplantadas.	24
1.3	Sistema de producción hidropónica en balsas flotantes	25
1.4	Establecimiento del experimento	25
2.1	Peso fresco de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos (gr/L-1).	28
2.2	Relación entre el número de hojas y el peso fresco.	29
2.3	Longitud radicular de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos (gr/L ⁻¹).	30
2.4	Diámetro del tallo de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos (gr/L ⁻¹).	31
3.1	Relación entre el diámetro del tallo y la longitud de la raíz.	32
3.2	Número de hojas de lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos (gr/L ⁻¹).	33
3.3	Relación entre el diámetro del tallo y el número de hojas	34
3.4	Longitud de hojas de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos (gr/L ⁻¹).	35
4.1	Peso seco de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos (gr/L-1).	36
4.2	La relación entre el peso fresco y el peso seco de la planta	37

RESUMEN

La lechuga es una de las hortalizas más cultivadas en todo el mundo con una producción mundial de 24.9 millones de toneladas. (SAGARPA-SIAP, 2016). Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en la fertilidad del suelo y por ende su capacidad de sostener una agricultura productiva. (Stocking, 1984) La hidroponía, surge como alternativa, cuyo principal objetivo es eliminar los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo, sustituyéndolo por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas. Actualmente se usan bioestimulantes, para la producción de cultivos, estos van desde extractos de algas marinas y compuestos por aminoácidos (Agrocom, 2012). El presente trabajo se estudió la respuesta del crecimiento de las plantas de lechuga var. "Parris Island" en respuesta a diferentes aplicaciones de algas marinas y aminoácidos, en un sistema hidropónico de raíz flotante. Los tratamientos fueron: algas marinas a una cantidad de 0.10 g/L, aminoácidos a 0.10 g/L y mezclados a una cantidad de 0.5 g/L y un testigo. Se utilizó una solución nutritiva Steiner al 100 %, para todos los tratamientos. Dando un total de 4 tratamientos. Se evaluaron 6 variables que fueron, la longitud de raíz, diámetro del tallo, longitud de hojas, número de hojas y peso seco y fresco de la planta. Los resultados se analizaron mediante un análisis factorial completamente al azar utilizando la comparación de medias Tukey a un nivel de significancia de 0.05. La aplicación de extractos de algas marinas y aminoácidos Solamente incremento la longitud de la raíz, la longitud de hojas y el peso fresco y seco, presentaron incrementos significativos al aplicar diferentes dosis de algas marinas y aminoácidos en comparación con el testigo.

Palabras claves: Algas marinas y Aminoácidos, Hidroponía, Lechuga.

Correo electrónico; Alejandra Andrea Estudillo Bahena,
ale.estudillo@hotmail.com

I.INTRODUCCIÓN

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo, se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en el continente. (FINANCIERA RURAL, 2008). En promedio se obtienen 9.74 millones de toneladas de hortalizas anuales en una superficie sembrada de 563.63 miles de hectáreas y con un valor comercial de 36,909.88 millones de pesos anuales. (SAGARPA-SIAP. , 2010). La lechuga es una de las hortalizas más cultivadas en todo el mundo teniendo una producción mundial de: 24.9 millones de toneladas donde más de la mitad se obtiene en los huertos chinos. México ocupa el noveno lugar a nivel mundial con 381,127 toneladas aportando el 1.5% del volumen total, con un rendimiento de 21.6 ton/ha, las principales entidades productoras son Guanajuato con 112,922 t; Zacatecas con 76,285 t; Puebla con 65,436 t; Aguascalientes con 52,325 t; y Querétaro con 27,554 t; (SAGARPA-SIAP, 2016)

En México se conocen 2 tipos de lechugas: romana y larga u orejona. Sin embargo, dentro de éstas tenemos diferentes variedades como son Cool Guard, Clímax, Marksman, Sedona, Salinas 88, 118 Asgrow, Bounty, 407, Warrior, Magnum, Salinas 128 y Delrey dentro de las romanas, y Parris, Island Cos great lakes de las orejonas, tomando en cuenta que cada una de éstas corresponde a una temporada de siembra y para cada zona de producción. La lechuga mexicana tiene presencia en mercados internacionales como Estados Unidos, Canadá, centro y Sudamérica (ASERCA, 1999). Siendo Estados Unidos el principal comprador de lechuga mexicana: anualmente adquiere 136 mil toneladas. (SAGARPA-SIAP, 2016)

Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva. Lo que provoca la disminución de los contenidos de materia orgánica y nutrientes, también la capacidad de retención de agua. (Stocking, 1984) Los cultivos sin suelo o

cultivos hidropónicos, surgen como una alternativa a la Agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo, sustituyéndolo por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas. (Agrocom, 2012)

La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área son altos, por la mayor densidad y elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año. El sistema de raíz flotante maximiza la utilización del área de cultivo, Las hortalizas aprovechables por sus hojas que con frecuencia son cultivadas de esta forma son: lechuga, albahaca, apio, etc. Principalmente, porque estos cultivos tienen la capacidad de adaptar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. (Barrios Arreaga, 2004)

Actualmente se emplean una amplia gama de productos denominados bioestimulantes, como una alternativa para la producción de cultivos, estos van desde extractos de plantas como pueden ser los extractos de algas marinas y los compuestos por aminoácidos. El término bioestimulante se refiere a sustancias que, a pesar de no ser un nutrimento, o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos. (Saborio, 2002).

Los bioestimulantes son moléculas con una amplia gama de estructuras; pueden estar compuestos por hormonas o extractos vegetales metabólicamente activos, tales como aminoácidos (aa) y ácidos orgánicos. Son utilizados principalmente para incrementar el crecimiento y rendimiento de plantas, así como para superar periodos de estrés. (Anon., 2007)

Se ha reportado que al aplicar extractos de algas marinas a los cultivos , las enzimas que contienen refuerzan en las plantas sus defensas, su nutrición y su fisiología, aportando más resistencia a estrés, también fijan nitrógeno del aire

lo que ayuda a proporcionar mayor vigor a los cultivos, además de que las algas son una fuente importante de nitrógeno por su alto contenido de proteínas, a base de aminoácidos esenciales, además contienen nitrógeno orgánico, el cual es de fácil asimilación y aporta también elementos importantes como: calcio, fosforo, potasio y magnesio al igual que su contenido de materia orgánica en alto porcentaje, minerales vitaminas carbohidratos lípidos y fitohormonas naturales. (Cosme Guerrero, 2016)

OBJETIVO GENERAL

Conocer la respuesta del crecimiento de las plantas de lechuga a diferentes aplicaciones de extractos de algas marinas y aminoácidos en la solución hidropónica, bajo un sistema de raíz flotante.

HIPÓTESIS

Al menos un tratamiento de extractos de algas marinas y aminoácidos aplicados al cultivo, presente un incremento en las variables evaluadas de la lechuga.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia económica del cultivo de lechuga

La lechuga es una de las hortalizas de hoja más importante y su popularidad ha aumentado en forma progresiva, en el mundo, por tratarse de un producto de consumo natural, de sabor agradable y de bajo contenido calórico. (Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2004)

La producción de lechuga a nivel mundial es de 24.976'32 toneladas, sobre una superficie de 1.158.979 hectáreas y un rendimiento medio de 2.16 kg por metro cuadrado. De los cuales más de la mitad corresponde a China, primer productor mundial, con 13.654'57 toneladas, el 54.64 por ciento del total, con 584.459 hectáreas y un rendimiento de 2.34 kg/m². El segundo productor a nivel mundial es EE. UU. Con 3.791'14 toneladas que es un (15'17%), contando con 107.240 hectáreas y 3'54 kg/m², seguida por India con 1.097'1 toneladas (4.4%), 172.432 hectáreas y 0'64 kg/m². España figura en cuarto lugar en la producción mundial de lechuga, con 902'94 toneladas (3.6%), 33.868 hectáreas y 2'67 kg/m². La quinta posición está ocupada por Italia, que ha producido 709'37 toneladas Sobre 32.991 hectáreas, obteniendo un rendimiento medio de 2'15 kilos por metro cuadrado. México ocupa el noveno lugar en la producción mundial alcanzando una producción de 406.678 de toneladas aportando el 1.62 %. (FAOSTAT, 2014)

Para el 2016 México volvió a ocupar el noveno lugar a nivel mundial con 381,127 toneladas aportando el 1.5% del volumen total, con un rendimiento de 21.6 ton/ha, las principales entidades productoras son Guanajuato con 112,922 t; Zacatecas con 76,285 t; Puebla con 65,436 t; Aguascalientes con 52,325 t; y Querétaro con 27,554 t; (SAGARPA-SIAP, 2016)

Cuadro 1.1. Producción mundial de lechuga

País	Puesto	Toneladas	Hectáreas	Kg/m2
China	1	13.654.570	584.459	2.34
EE.UU	2	3.971.140	107.240	3.54
India	3	1.097.102	172.432	0.64
España	4	902.941	33.868	2.67
Italia	5	709.373	32.991	2.15
Japón	6	577.800	21.300	2.71
Turquía	7	451.485	19.100	2.36
Irán	8	407.616	12.606	3.23
México	9	406.678	18.974	2.14
Alemania	10	341.505	14.061	2.43
Francia	11	297.111	10.732	2.77
Iraq	12	138.337	6.921	2.00
Reino Unido	13	135.300	6.381	2.12
Australia	14	122.589	7.925	1.55
Egipto	15	113.185	4.541	2.49
Corea del sur	16	108.732	4.029	2.70
Canadá	17	100.880	4.369	2.31
Níger	18	90.227	4.078	2.21
Chile	19	89.544	6.674	1.34
Holanda	20	89.000	3.500	2.54
Otros		1.351.202	82.798	1.63
Total		24.976.317	1.158.979	2.16

Fuente: (FAOSTAT, 2014)

Origen del cultivo

La lechuga como cultivo se originó probablemente en la cuenca mediterránea, una prueba evidente de la existencia de una forma primitiva de lechuga, casi silvestre a partir de la lechuga silvestre *Lactuca serriola* L., comúnmente llamada lechuga espinosa. Los primeros informes escritos mencionan que la lechuga aparecía en las mesas reales de Persia en el año 550 (a. C) posteriormente fue descrita por autores griegos como Hipócrates, quien en el año 430 (a. C). Le atribuyo propiedades medicinales; Aristóteles en el año 356 (a. C) y Galeano quien en el año 164 después de J. C describió como una hortaliza popular. La lechuga fue popular en la antigua roma y se cultivaron varias formas. (Davis, et al., 2002)

Los egipcios comenzaron a cultivar 2 400 años antes de esta Era y se supone que la utilizaron para extraer aceite de las semillas. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI. (Mallar, 1978)

Descripción botánica

Es una planta anual y autógama (se autopolinizan). Perteneciente a la familia *compositae* y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L (Servicio Insular Agrario, 2012)

Raíz: la raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones

Hojas: las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas) y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso ondulado o aserrado.

Tallo: cilíndrico y ramificado

Inflorescencia: son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos

Semillas: están provistas de un vilano plumoso

(Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2004)

Clasificación taxonómica

Reino	<i>Plantae</i> – Plantas
Subreino	<i>Tracheobionta</i> – Plantas Vasculares
Supervisión	<i>Spermatophyta</i> – Plantas con semilla
División	<i>Magnoliophyta</i> – Plantas con flores
Clase	<i>Magnoliopsida</i> – Dicotiledoneas
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Asterales</i>
Familia	<i>Asteraceae</i>
Genero	<i>Lactuca L.</i>
Especie	<i>Lactuca sativa L.</i>

(USDA, 2010)

Variedades de la lechuga

Botánicamente, en *Lactuca Sativa L.* se distinguen cuatro variedades botánicas: (Maroto Borrego, 2000)

Lactuca Sativa var longifolia Lam: Son aquellas lechugas que se aprovechan por sus hojas, estas forman un verdadero cogollo, que tiene una forma generalmente aovada u oblonga, por la adaptación a una estación

determinada se pueden clasificar lechugas de invierno (Romana Larga Encarnada, Romana Larga Verde, Gorrión, Inverna, Valladolid, etc), y lechugas de primavera verano (Tres Ojos Verde, Tres Ojos blanca, Romea, Rubia de Verano, etc.).

Lactuca Sativa var *inybarcea* Hort: Son aquellas que poseen hojas sueltas y dispersas.

Lactuca Sativa var *augustana* Irish: Estas lechugas se caracterizan por que la parte comestible es el tallo, sus hojas son puntiagudas y lanceoladas.

Lactuca Sativa var *capitata* Lam: Se caracterizan por formar un cogollo apretado de hojas. La forma de sus hojas suele ser ancha, orbicular (lechugas acogolladas), por la consistencia de sus hojas se pueden dividir en dos grupos las de hoja consistente (Garavan, Salinas, Halcon, Padrina, Montemar, Batavia, Astral, etc), y las de hoja mantequilla (Trocadero, Ravel, Corine, Elsa, Reina de Mayo, Clarion, Mirena, Aprilia, etc.).

El modo de crecimiento de la lechuga determina su clasificación en tres grupos principales. Lechugas que forman cabezas apretadas, firmes, que se conocen como lechugas arrepolladas o repolludas (Crisp Head). Lechugas que forman una cabeza, no tan firme, suelta, que se conocen como tipo mantequilla (Butter Head) o lisa, con hojas serosas. Lechugas que forman un manojo de hojas semiabierto, de hoja alargada, denominadas cos o romanas y existen lechugas de hojas sueltas, que no forman cabeza, conocidas como lechugas foliares (Alzate & Loaiza, 2010)

Valor Nutricional

La lechuga es un producto que tiene un alto contenido en agua y además posee un bajo valor energético, por lo que se puede utilizar en dietas hipocalóricas. Es rica en antioxidantes como la vitamina A, C, E, B1, B2, B3 y

minerales (fósforo, hierro, calcio, potasio). Las hojas de la lechuga tienen propiedades diuréticas, ya que estimulan la eliminación de líquidos desde el organismo. Este producto ayuda a mejorar la circulación sanguínea y además ayuda a reducir los niveles de colesterol en la sangre. El ácido fólico que aporta la lechuga contribuye a tratar o prevenir anemias. Tiene efectos tranquilizantes, por lo tanto, calma los nervios y controla los problemas de insomnio. (Servicio Insular Agrario, 2012)

El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica; las hojas exteriores tienen más cantidad de esta vitamina que las interiores. También resulta una fuente importante de vitamina K; por lo tanto, protege de la osteoporosis. Otras vitaminas que destacan en la lechuga son la A, la E y el ácido fólico. Así mismo, aporta mucho potasio y fósforo y está compuesta en un 94% de agua. (Alzate & Loaiza, 2010)

Cuadro 1.2. Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia

Carbohidratos (g)	20.
Hierro (mg)	7.5
Proteínas (g)	8.4
Niacina (mg)	1.3
Lípidos (g)	1.3
1 Riboflavina (mg)	0.6
Calcio (g)	0.4
Tiamina (mg)	0.3
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina A (UI)	1155
Vitamina C (mg)	125.7
Calorías (cal)	18

Fuente: (SAGARPA, 2015)

El valor nutritivo de la lechuga difiere según su variedad. La lechuga en general provee fibra, carbohidratos, proteína, y una mínima cantidad de grasa, tiene acción antioxidante, lo cual está relacionado con la prevención de enfermedades cardiovasculares e incluso cáncer. (Noreña Jaramillo , et al., 2016)

Requerimientos Edafoclimáticos

La temperatura de germinación de la semilla oscila entre 20 y 26 °C, con óptimas de 24 °C. Bajo estas condiciones las plántulas emergen en dos a cuatro días. (Noreña Jaramillo , et al., 2016) La lechuga es un cultivo que se adapta mejor a las bajas temperaturas que a las altas, por lo cual se cultiva especialmente en las regiones templadas y subtropicales. El clima óptimo para el cultivo está en alturas entre 1.800 y 2.400 msnm, (Noreña Jaramillo , et al., 2016). La temperatura óptima para su crecimiento oscila entre 18 a 23 °C, durante el día y 7 a 15 °C durante la noche, como temperatura máxima se puede considerar los 30 °C y como mínima puede soportar temperaturas de hasta – 6 °C. Tiene un requerimiento de agua relativamente te alto, y la humedad relativa para su mejor desarrollo es de 60 al 80% aunque puede tolerar menos del 60% (Jaques Hernández & Hernández M, 2005)

El requerimiento de horas luz en la lechuga llega hacer de una intensidad de 8 watt m⁻² con una duración de 14 a 15 horas luz. Este cultivo para su mejor desarrollo requiere de una humedad relativa del 60 al 80 %, aunque puede tolerar humedades menores a 60 %. (Maroto Borrego, 2000)

Es una especie medianamente tolerante a la salinidad (entre 4 y 10 mmho) y a la acidez. El pH óptimo está entre 6.5 y 7.5. (Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2004) Valores de pH menores de 5.5 originan un pobre desarrollo y valores por encima de 7.3 son el límite para un buen crecimiento (Noreña Jaramillo , et al., 2016)

Hidroponía

El término hidroponía se genera de dos palabras griegas, hydro (agua) y ponos (labor o trabajo), la unión de estas palabras significa trabajar en el agua. La hidroponía puede definirse, entonces, como la ciencia del cultivo de plantas sin uso de tierra, en un medio inerte, al cual se le agrega una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento normal. (Barbado, 2005)

Sistema de raíz flotante

El sistema de raíz flotante fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como a nivel de producción comercial, el cual maximiza la utilización del área de cultivo. (Chang, et al., 2004) En este tipo de sistema hidropónico, las plantas están soportadas en una plancha de unicel, Perforada para permitir el paso de las raíces hacia el medio líquido (solución nutritiva). (DICTA, 2000) En este sistema, el agua acarrea los nutrientes hasta la raíz de la planta, esto hace que las raíces no tengan que desarrollarse tanto pues no tienen que recorrer espacios en busca de alimento como sucede con los cultivos en tierra. (Alpizar Antillón, 2008) Las hortalizas aprovechables por sus hojas que con frecuencia son cultivadas de esta forma son: lechuga, albahaca, apio, etc. Principalmente, porque estos cultivos tienen la capacidad de adaptar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. (Chang, et al., 2004)

Solución nutritiva

La SN es la base de la alimentación de las plantas y para su óptimo desarrollo los nutrientes minerales se incorporan en agua. La solución más reconocida es la del Dr Abram A. Steiner, que consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. (Alpi & Yognoni, 1999)

Su composición dependerá de la especie, variedad, estado de desarrollo y parte aprovechada de la planta. El control del pH de una solución es importante porque controla la disponibilidad de sales fertilizantes, un pH de 5.8 es considerado óptimo para el sistema de crecimiento de las lechugas, aunque entre 5.6 y 6.0 es aceptable. La conductividad eléctrica CE es una mediada de las sales disueltas en una solución nutritiva. (Arcos, et al., 2011)

Bioestimulantes

En los últimos años se ha introducido en la agricultura el uso de bioestimulantes del crecimiento vegetal, debido a sus efectos positivos sobre el crecimiento, los rendimientos agrícolas y su influencia en la actividad fisiológica de las plantas. La aplicación de bioproductos a los cultivos va teniendo cada vez más importancia desde el punto de vista económico y ecológico, donde el objetivo generalmente es suplir los requerimientos nutricionales en épocas críticas y contrarrestar condiciones de estrés además de realizar el aporte energético en etapas productivas. (Campo Costa , et al., 2015)

Algunos de los bioestimulantes de origen natural más usados en agricultura son derivados de algas marinas. Estos productos basan su éxito en la recuperación de los elementos hormonales y/o nutricionales de los cultivos acuáticos, para ser aplicados en los cultivos agrícolas. La bioestimulación apunta a entregar pequeñas dosis de compuestos activos para el metabolismo vegetal, de tal manera de ahorrarle a las plantas gastos energéticos innecesarios en momentos de estrés. De esta forma se logra mejorar largo de brotes, cobertura foliar, profundidad de los sistemas radiculares, etc. Por otra parte se menciona que los aminoácidos (aa) son rápidamente asimilados y transportados. Dada su forma más compleja, la planta ahorra energía al no tener que sintetizarlos. De ahí su importancia como compuestos antiestrés. Los aa libres son promotores del crecimiento y están indicados como vigorizantes en los periodos críticos de los cultivos. (Reyes Tigse, 2009)

Modo de acción de los bioestimulantes

Ahorro energético; Al aplicar bioestimulantes formulados a base de aminoácidos se supe a la planta con estos bloques estructurales (aminoácidos). Esto favorece el proceso de producción de proteínas con lo que se produce un ahorro de energía que la planta puede dirigir hacia otros procesos tales como floración, cuajado y producción de frutos. Este ahorro de energía tiene un valor especial cuando estos productos son aplicados en un momento en el cual el cultivo está debilitado por alguna condición extrema como un estrés hídrico, una helada, ataque de una plaga, un trasplante, el transporte de una localidad a otra, enfermedades y/o efectos fitotóxicos.

En los momentos iniciales de la emergencia y primer crecimiento es cuando la planta necesita mayor aporte de nitrógeno que es necesario para la formación de porfirinas, que son los pilares estructurales de la clorofila y los citocromos. La síntesis de porfirinas precisa de glicina, un aminoácido que se encuentra presente en distintas formulaciones de bioestimulantes.

Formación de sustancias biológicamente activas; La respuesta de la planta a la aplicación de los aminoácidos se ha asociado a la formación de sustancias biológicamente activas, las cuales actúan vigorizando y estimulando la vegetación, por lo que resultan de gran interés en los períodos críticos de los cultivos, o en aquellos cultivos de producción altamente intensiva (invernaderos, cultivos hidropónicos, etc.). Aunque la naturaleza de estas sustancias no es conocida, se ha demostrado que estimulan la formación de clorofila, de ácido indolacético (AIA), la producción de vitaminas y la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos. La acción combinada de los efectos bioestimulantes suele traducirse en estímulos sobre la floración, el cuajado de los frutos.

Modo de aplicación de los bioestimulantes

Se aplican normalmente por vía foliar pero también por vía radicular. Se utilizan en pulverizaciones foliares, a través de los sistemas de riego o hidroponía. Para activar o estimular el desarrollo vegetativo, la floración, el cuajado o el desarrollo de los frutos.

Absorción de los bioestimulantes

Estos productos se caracterizan por ser, directamente asimilables por las plantas, no dependiendo su absorción de la función clorofílica; es decir, pasan a través de la epidermis al haz vascular desde el cual y con un consumo mínimo de energía, entran a formar parte de las células en lugares de activo crecimiento. (Saborio, 2002)

Aminoácidos

Composición y estructura.

El uso de aminoácidos como bioestimulante es relativamente reciente y se inició a partir del desarrollo de tecnología para la fabricación de aminoácidos libres mediante diferentes procedimientos. El principio básico que utiliza esta tecnología para la fabricación de aminoácidos es la formación de proteínas hidrolizadas en las que se incorporan los nutrimentos catiónicos como Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn y Mn. Estos minerales quedan suspendidos entre dos aminoácidos que conforman los grupos donadores y uno de ellos, generalmente un grupo amino (NH₂), forma un enlace covalente complejo, mientras el otro grupo carboxílico (COOH) forma un enlace iónico. De esta forma los iones metálicos quedan acomplejados dentro de la estructura formando un quelato orgánico. La mayoría de los quelatos de aminoácidos son de bajo peso molecular, lo que en teoría favorecería también la entrada del quelato a través

de la cutícula, las paredes celulares y las membranas celulares. (Melendez & Molina, 2002)

Los aminoácidos son las unidades básicas que componen las proteínas y estas juegan un papel clave en todos los procesos biológicos como en el transporte y el almacenamiento, el soporte mecánico, la integración del metabolismo, el control del crecimiento y la diferenciación. Las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas por medio de procesos de aminación y transaminación. El primero de ellos es producido por sales de amonio absorbidas del suelo y ácidos orgánicos, producto de la fotosíntesis. La transaminación permite, además, producir nuevos aminoácidos a partir de otros preexistentes. La síntesis de proteínas por la planta se realiza a partir de los aminoácidos sintetizados, siendo indispensable la presencia de todos y cada uno de ellos. (Saborio, 2002)

Absorción de los aminoácidos

Los aminoácidos tienen una rápida asimilación por vía foliar y radicular. Representa una función de nutrición inmediata como consecuencia del aporte de sustancias proteínicas, azúcares y aminoácidos. (Santillan Macias, 2006)

Una de las ventajas más reconocidas de los aminoácidos es su rápida absorción, que en algunos casos oscila entre 1-3 horas para completar el 50 de absorción. Otro principio que utiliza esta tecnología es que la planta recibe aminoácidos biológicamente activos de rápida absorción y translocación, lo cual reduce el gasto de energía metabólica por parte de la planta en la síntesis de proteínas. También se le atribuyen propiedades bioestimulantes en el crecimiento vegetal. (Melendez & Molina, 2002)

Efecto de los aminoácidos sobre las plantas

Los aminoácidos pueden formar quelatos con diferentes microelementos (hierro, cobre, zinc y manganeso especialmente), favoreciendo su transporte y penetración en el interior de los tejidos vegetales. Esta cualidad de introducir moléculas al interior de los tejidos vegetales se aprovecha actualmente para mejorar la eficacia de diversos productos fitosanitarios sistémicos o penetrantes como herbicidas, fitorreguladores etc., permitiendo reducir incluso sus dosis de aplicación. (Saborio, 2002)

Los aminoácidos, metabolizados de forma rápida, originan sustancias biológicamente activas. Actúan vigorizando y estimulando la vegetación, por lo que resultan de gran interés en los periodos críticos de los cultivos, o en aquellos cultivos de producción altamente intensiva (invernaderos, cultivos hidropónicos, etc.). el efecto hormonal de estos es que estimulan la formación de clorofila, de ácido indolacético (IAA), la producción de vitaminas y la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos. La acción combinada de los efectos bioestimulante y hormonal suele traducirse en estímulos sobre la floración, el cuajado de los frutos, adelanto en la maduración y mejora del tamaño, coloración, riqueza en azúcares y vitaminas. Tiene efecto regulador del metabolismo de los microelementos Los aminoácidos pueden formar quelatos con diferentes microelementos (hierro, cobre, zinc y manganeso especialmente), favoreciendo su transporte y penetración en el interior de los tejidos vegetales. Actúan como catalizadores que regulan el crecimiento a través de mecanismos enzimáticos. Regulan el contenido hídrico de la planta. Incrementan la producción, mejorando la cantidad de azúcar, la uniformidad y por tanto la calidad. Reducen los efectos producidos por cambios bruscos de temperatura, transplante, heladas, etc. Ayudan en la recuperación de las plantas sometidas a condiciones de estrés producidos por fitosanitarios. Se pueden aplicar en cualquier cultivo y en cualquier área climática. (Santillan Macias, 2006) Las aplicaciones de aminoácidos, antes, durante y después de

las condiciones de estrés dan a la planta una mayor concentración de los mismos y consecuentemente una mejor recuperación del efecto negativo en la planta (Priya Chemicals, 2017)

(Facio, 2003), menciona la realización de un estudio utilizando lechuga en la cual las desarrollaron durante 17 días en condiciones adecuadas y posteriormente se separaron en cuatro grupos que se sometieron a diferentes condiciones de frío durante ocho días. Se les aplicaron aminoácidos tres días antes, el mismo día y 7 días después de la aplicación del frío a una dosis de 3ml/L. Las plantas fueron evaluados mediante parámetros de carácter fisiológico y productivo, se realizaron medidas periódicas de transpiración y conductancia estomática; al terminar el ensayo se realizó una medición de pesos frescos y secos de parte aérea y radicular de la planta, de este estudio se concluyó que: la producción incrementó con la aplicación de aminoácidos, incremento la tolerancia a bajas temperaturas respecto al control sin aminoácidos, mayor eficacia del producto en los tratamientos más perjudicados por el frío, respuesta del producto a corto plazo, favorecido por la rápida translocación del producto desde el punto de aplicación hacia la raíz y mayor apertura estomática.

Otros estudios realizados refieren que al aplicar aminoácidos a una dosis de 2 cm³ por litro de agua a semillas de tomate y posteriormente a las plántulas, promovió el desarrollo del sistema radicular, esto debido a que existió una mejor translocación de los elementos nutrimentales. Influyendo de manera positiva e incrementando el desarrollo del sistema radicular y la parte aérea de las plántulas. (Hernandez Hernandez, 2006). Así mismo (Perez Cruz, 2009) menciona que en plántula de zarzamora con aplicaciones a concentraciones de 15 gr por litro de agua se obtienen valores elevados en su índice radical, así como su grosor radical. Una investigación realizada en el cultivo de pimiento morrón, menciona que las aplicaciones vía foliar de Tricel 20B adicionado con el 20% de aminoácidos a una concentración de 2.5gr/litro. Incrementaron su producción y crecimiento, (Espinoza Ramos, 2003)

Algas marinas

Los extractos de algas son productos obtenidos de la extracción química o física de algas marinas. Las algas han sido usadas desde siempre por el hombre como fertilizante, alimento para el ganado y sobre todo en las culturas orientales como alimentación humana. Las primeras referencias de su uso como enmienda agrícola datan de China en el año 2700 a. c. y ya en Europa, se extiende su uso agrícola desde el siglo XII. Las algas que se manufacturan habitualmente para los extractos son las denominadas como algas pardas. En ellas se encuentran (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria sp.*, *Fucus sp.*, *Macrocystis pyrifera*, *Ecklonia máxima* y *Durvillea sp*). Por ejemplo. (Cuenca, 2014) Los extractos de algas contienen multitud de componentes activos difícilmente determinables e identificables en su totalidad, debido al gran número de moléculas presentes. Si bien es cierto que como principales principios activos se consideran a alginatos, manitol, fucanos, laminaranos y polifenoles, así como otras sustancias que actúan con efecto hormonal, aminoácidos y nutrientes. (Aguilar, 2015)

Extractos de algas marinas, su aplicación e importancia

Los extractos de algas marinas contienen polisacáridos complejos que no están presentes en las plantas terrestres, y estos pueden inducir la producción de auxinas y citoquininas naturales en las plantas sobre las que se aplican. Esas sustancias permiten que los extractos de algas sean unos de los mejores bioestimulantes del mercado, cuya función en las plantas es que mejoran el desarrollo del cultivo, su vigor, el rendimiento y/o de la calidad, normalmente mediante la estimulación de los procesos naturales que benefician el crecimiento y las respuestas al estrés abiótico. También se incrementa la absorción de los elementos minerales ya que las raíces adquieren mayor longitud y ramificación. (Feliu Sendra, 2017)

Efecto de las algas marinas sobre las plantas

El beneficio de la aplicación de los extractos de algas se entiende como un efecto sinérgico de todos los componentes, no pudiendo aislar el efecto por sí sólo de cada uno de los principios activos. Algunos de sus efectos son comparables a la acción que las hormonas vegetales aplicadas exógenamente tienen sobre los cultivos. Este hecho es correlacionable al contenido en sustancias con efecto hormonal y no al propio contenido en hormonas de las propias algas, que es relativamente bajo. (Aguilar, 2015)

Se ha encontrado que tras aplicaciones de extracto del alga marina se refuerza el número de antioxidantes, con lo cual se mejora el metabolismo de la planta. En los bioestimulantes orgánicos, los componentes más activos son las vitaminas de estrés. (Saborio, 2002) El efecto favorable de la aplicación de extractos de algas marinas es resultado de varios componentes que actúan de forma sinérgica en diferentes concentraciones (Farnes, et al., 2005) En los últimos años se ha observado un incremento en el uso de extractos de algas marinas debido a su potencial de ser utilizado en la agricultura orgánica y sostenible como un medio para evitar una excesiva aplicación de fertilizantes químicos y mejorar la absorción de minerales. Los extractos derivados de algas marinas son biodegradables, no tóxicos, no contaminantes y no peligrosos para las personas y animales. (Dhargalkar & Pereira, 2005)

En estudios previos se reporta que con la aplicación por pulverización foliar de extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*, *laminaria spp.* y *sargassum spp.*) se incrementó el contenido de clorofila en las hojas de ajo a una dosis de 1 y 2 %. Lo cual repercute en una mayor producción. (Shehata, et al., 2011) Así mismo se encontró que la aplicación por pulverización foliar de extractos líquidos de algas marinas rojas (*Hypnea musciformis*, *wulfen*) a una concentración del 2% incremento el contenido de clorofila de las hojas de un cultivo de cacahuete, que resulto en plantas de mayor vigor con mayor producción de vainas. (Selvam, et al., 2014)

Una investigación en el cultivo de fresa demuestra que la aplicación del extracto de alga marina (*Ascophyllum nodosum*) a una concentración del 2 % aumento el crecimiento vegetativo en un 10% y la producción de frutas en (27%) (Spinelli, et al., 2010) También se encontró que al aplicar el extracto líquido de la alga marina (*Sargassum polycystum*) a una concentración de 1.5 % en el cultivo de frijol se incrementó el contenido de clorofila en las hojas 13% (Erulan , et al., 2009) Otro estudio indica que la aplicación de extracto de alga marina (*Ascophyllum nodosum*) incremento el contenido de clorofila en las hojas de vid resultando en un mayor rendimiento y calidad de frutos (Sabir, et al., 2014)

III. MATERIALES Y METODOS

Localización del área experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Invernadero del centro comunitario de la colonia Pueblo Insurgente en la calle Lázaro Cárdenas s/n en Saltillo, con coordenadas de 25°26'39" Latitud Norte y 101°00'49" Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich; La zona cuenta con temperatura media anual de 19.8 °C, con una precipitación media anual de 443.5 mm, el tipo de clima es Bwhw (x') (e), es muy seco, semicálido con invierno fresco extremo, presencia de lluvia en verano superior al 10% del total anual, con una altitud aproximada de 1785 msnm. Este trabajo se inició en el mes Septiembre y culminó en noviembre del 2015.

Metodología

Material vegetal

El material vegetal utilizado en este trabajo, consistió en plantas de lechuga tipo orejona de la variedad Parris Island.

Sistema de producción

Se estableció un sistema de producción hidropónica de balsas flotantes el cual consistía en contenedores de madera cuyas dimensiones eran de 2.70 X 1.20 m con una profundidad de 0.25 m. Los cajones de madera se forraron con un plástico negro, posteriormente fueron rellenos con la solución nutritiva, cada uno con 200 litros (Figura 1.1). Las plantas fueron sostenidas por placas de unigel perforadas y para proporcionar oxígeno a la raíz, se utilizaron bombas de acuario.



Figura 1.1 Cama de cultivo forrada con plástico negro.

Manejo del cultivo

La plántula se obtuvo de una casa semillera y el trasplante se realizó cuando las plántulas tenían una altura promedio de 15 cm y 4 hojas verdaderas el día 26 de septiembre de 2015. Las plántulas fueron colocadas en canastillas para hidroponía de plástico, sujetando la planta con una esponja para trasplante y una tira de tela para ayudarle a la planta a absorber la solución nutritiva.

Después de esto las plántulas se colocaron sobre las bandejas de Poliestireno expandido perforadas en los contenedores de madera, sumergiéndolas en la solución nutritiva. (Figura 1.2 y 1.3). Sólo se le puso agua hasta llegar a los 200 litros. Los tratamientos fueron: aplicación de extractos de algas marinas y aminoácidos y combinación de estos, la aplicación de ellos fue a los 10 días después del trasplante.



Figura 1.2 Plántulas de lechuga recién trasplantadas.

La solución nutritiva se reponía cada 7 días, de ahí en adelante y hasta llegar a cosecha se repuso el agua cada 3 días; Esto ocasionaba modificaciones en el pH y conductividad eléctrica, por lo que se monitoreaban mediante un potenciómetro y un conductivímetro y se ajustaba el pH a 5.8 y C.E de 1.5 ds/m.

Fertilización

Para los cuatro tratamientos, se utilizó la solución nutritiva, indicada en el **Cuadro 1.3**.

Macro elementos en Meq/L						CE 1.5 ds/m pH 5.8-6				
Aniones						Cationes				
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Na ⁺
SN	6.0	0.75	1.79	-	-	0.5	3.5	-	-	-
Agua	-	-	1.46	5.45	-	-	-	5.2	2.25	-
Aporte	6.0	0.75	0.33	5.45	-	0.5	3.5	-	-	-

Micro elementos en ppm					
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
0.04	0.0015	-	0.00061	0.057	0.00184



Figura 1.3 Sistema de producción hidropónica en balsas flotantes.

Diseño y unidad experimental

El experimento se estableció con un arreglo factorial de bloques completos al azar con 5 repeticiones para cada tratamiento. La unidad experimental fue de 25 plantas, mismas que fueron establecidas en un marco de plantación con una distancia entre hileras y entre plantas de 16 cm (32 plantas por m²). El análisis estadístico se efectuó usando el software Statistical Analysis System (SAS), versión 9.0. Se hizo un análisis de varianza y comparaciones de medias de Tukey a un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).



Figura 1.4 Establecimiento del experimento

Cuadro 1.4. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Producto	Cantidad
T1	Aminoácidos	20g/200L
T2	Extractos de Algas Marinas	20g/200L
T3	Aminoácidos + Extractos de Algas Marinas	10g/200L + 10g/200L
T4	Testigo	0

Variables evaluadas

Entre las variables que se evaluaron en esta investigación fueron el peso fresco de la planta, el cual se determinó al momento de la cosecha con el apoyo de una balanza digital con sensibilidad de 0.1 g y capacidad de 5 kg.

El largo de la raíz y longitud de hojas se determinaron mediante una regla graduada en cm. El número de hojas también se evaluó contando manualmente, y el diámetro del tallo se determinó utilizando un vernier, estos datos se tomaron al momento de cosechar la planta. El peso seco de la planta se determinó después de la cosecha, primero se colocaron las plantas individualmente en bolsas de papel estraza, después fueron llevadas al laboratorio del departamento de horticultura, donde se colocaron dentro de una estufa de secado, a una temperatura constante de 70° C.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso fresco

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontraron diferencias significativas en el peso fresco, teniendo mejor respuesta el tratamiento tres (T3), superando al testigo (T4) (SN Steiner al 100%) con el 25.96 por ciento. Mientras que en las plantas que se les aplicó solamente aminoácidos (T1) y extractos de algas marinas (T2) con una dosis de (20 g/200L) están por debajo del testigo. Posiblemente el decremento se deba a la alta dosis que se aplicó ya que con la aplicación menos concentrada se encontró beneficios favorables (Figura 2.1).

Estos resultados coinciden con lo establecido por (Baldoquin Hernandez, et al., 2015) Donde se evaluaron aplicaciones de un bioestimulante a base de aminoácidos, que se aplicó a los siete días después del trasplante, en las primeras horas de la mañana. Las dosis empleadas fueron 0,5 mL/ha, 1 mL/ha y 1,5 mL/ha. Donde se pudo evidenciar que las tres dosis empleadas mostraron un efecto positivo sobre la masa de fresca del cultivo. Siendo la dosis 1,5 mL/ha. más efectiva.

De la misma forma los resultados obtenidos coinciden con (Jiménez Arteaga, et al., 2013) que al evaluar tres bioestimulantes adicionados con aminoácidos bajo condiciones de organopónicos obtuvieron incrementos significativos de materia fresca en las plantas tratadas con los diferentes productos, superando al tratamiento control en todos los casos.

(Vásquez & Torres, 1995) Refieren que uno de los efectos que producen los biestimulantes es el incremento de la intensidad fotosintética. A través de su modo de acción, este producto puede producir la activación de muchas enzimas antioxidantes. Esto evidencia el incremento de ganancia de materia fresca en los cultivos hortícolas de hojas, similar en nuestro trabajo.

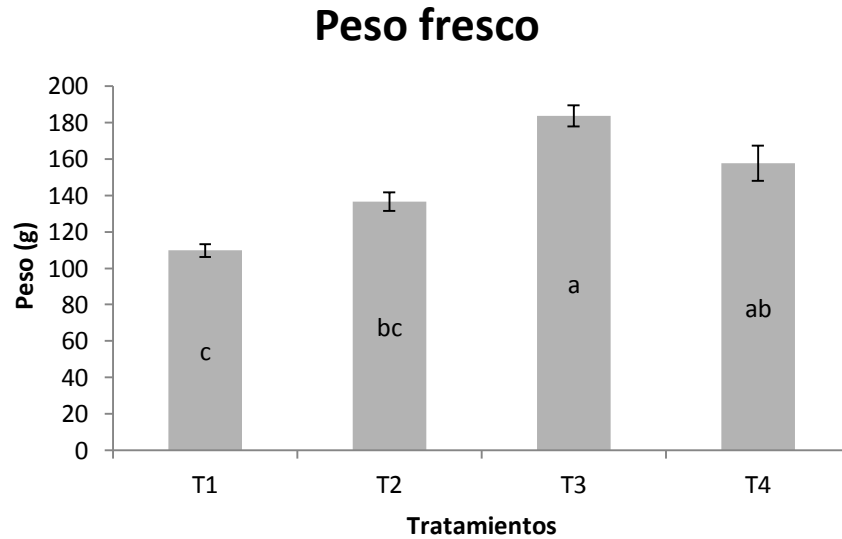


Figura 2.1. Peso fresco de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos, T1= Aminoácidos 0.10gr/L, T2= Algas Marinas 0.10gr/L, T3= 0.05 de Aminoácidos + 0.05 gr/L de Algas Marinas T4=Testigo. Las letras en el interior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba Tukey al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

La siguiente grafica nos indica que entre mayor sea el número de hojas, el peso fresco será menor. Lo que se debe posiblemente a que el tamaño de la hoja fue menor, particularmente en las dosis altas de 0.10 gr/L de Aminoácidos y 0.10 gr/L Algas marinas.

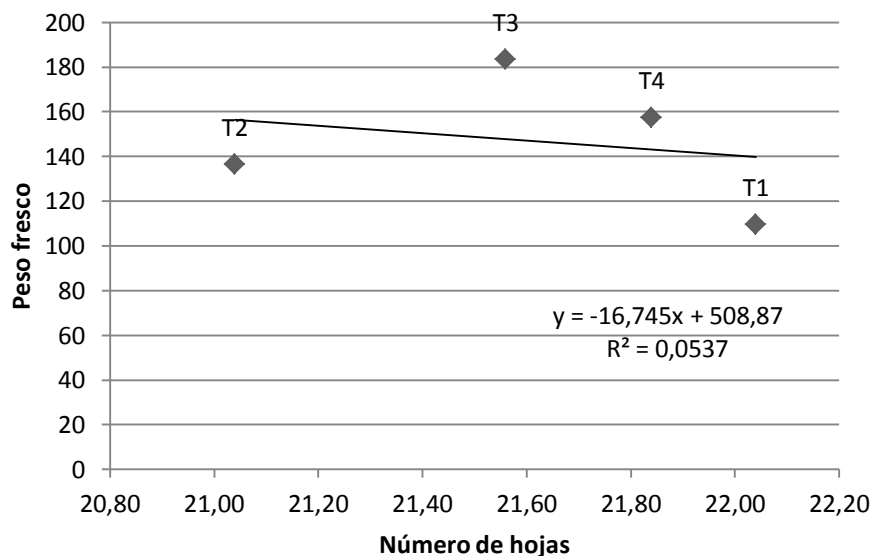


Figura 2.2. Relación entre el número de hojas y el peso fresco.

Longitud de la raíz

De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento (T1) mostro efecto significativo en la variable longitud de raíz con la dosis 20g/200L, que se aplicó una sola vez a los 10 ddt, superando al testigo con el 2.14 %. En el tratamiento dos (T2) se obtuvo un resultado inferior a comparación con el testigo con una diferencia numérica del 2.2 por ciento menos. (Figura 2.3).

Estos resultados coinciden con (Contreras Quintero , 2007) donde se realizó un estudio en sandia y melón evaluando diferentes dosis de un bioestimulante adicionado con el 40 % de aminoácidos, aplicado a los 15 días después del trasplante, menciona que el crecimiento de la raíz, se vio afectado positivamente con la aplicación de 6 ml/L de agua. Ya que los aminoácidos promueven el crecimiento y la formación de raíces, debido a la elongación celular.

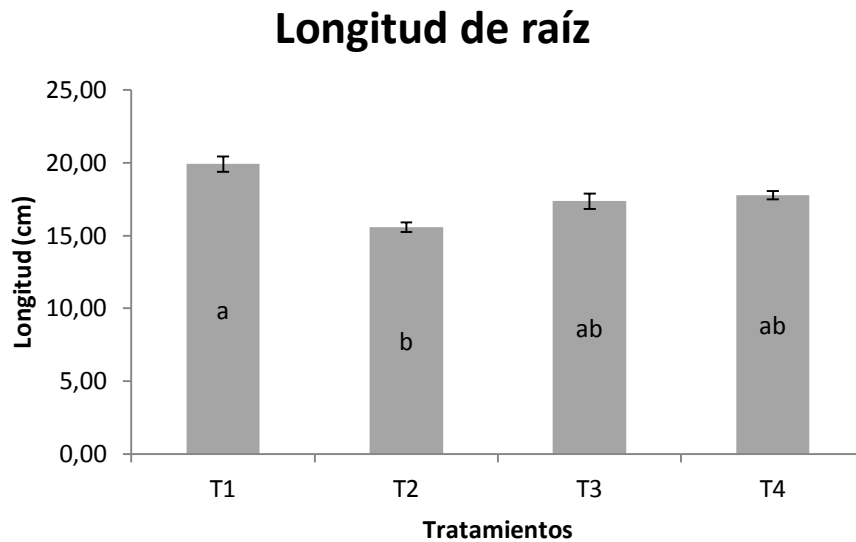


Figura 2.3. Longitud radicular de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos. T1= Aminoácidos 0.10gr/L, T2= Algas Marinas 0.10gr/L, T3= 0.05 de Aminoácidos + 0.05 gr/L de Algas Marinas T4=Testigo. Las letras en el interior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba Tukey al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

Diámetro del tallo

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no mostraron efecto significativo en la variable diámetro del tallo. Los tratamientos obtuvieron resultados numéricamente mayores en comparación con el testigo (T4) con una diferencia del 0.18% con respecto al tratamiento dos (T2) que fue el que mayor resultado arrojó con un promedio de 1.4 cm de diámetro del pedúnculo a comparación con el testigo (T4) que obtuvo 1.22 cm. (Figura 2.4).

(Jiménez Arteaga, et al., 2013) Mencionaron que la aplicación de algunos bioestimulantes a diferentes dosis optimiza la asimilación de macro y micro

nutrientes, intensifica los procesos de desarrollo vegetativo mediante el incremento del área foliar, aumenta la intensidad fotosintética, por lo que se obtienen cultivos más sanos con mayor altura y grosor de los tallos. Sin embargo, en este experimento no se obtuvieron los resultados esperados, posiblemente por las altas dosis empleadas.

Un estudio realizado en maíz, demuestra que la utilización de fertilización biológica a base de extractos de algas marinas, incrementa el diámetro del tallo hasta en un 10.5% en comparación del tratamiento de control. (Zermeño Gonzalez, et al., 2015) Lo que difiere de los resultados obtenidos en este estudio con lechugas var. Parris Island.

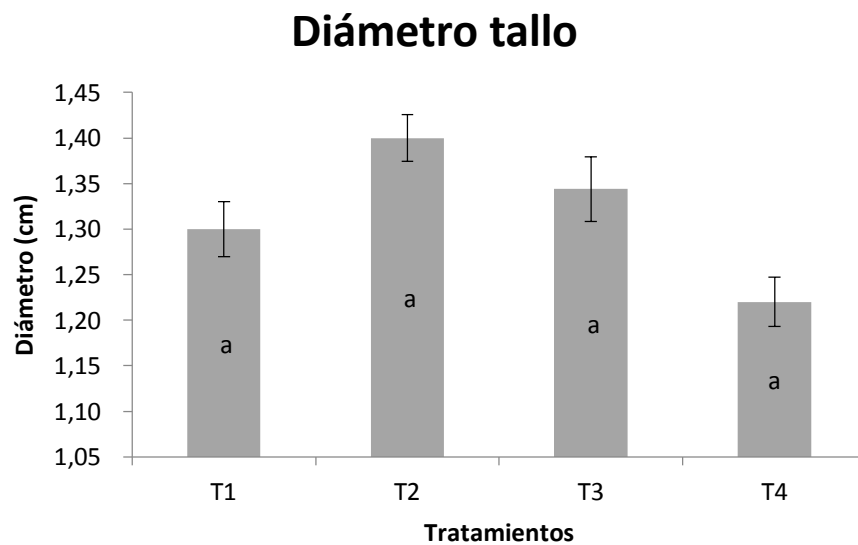


Figura 2.4. Diámetro del tallo de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos. T1= Aminoácidos 0.10gr/L, T2= Algas Marinas 0.10gr/L, T3= 0.05 de Aminoácidos + 0.05 gr/L de Algas Marinas T4=Testigo. Las letras en el interior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba Tukey al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

La siguiente grafica nos muestra la relación entre el diámetro del tallo y la longitud de raíz, la cual indica que entre mayor sea el diámetro, la longitud es menor.

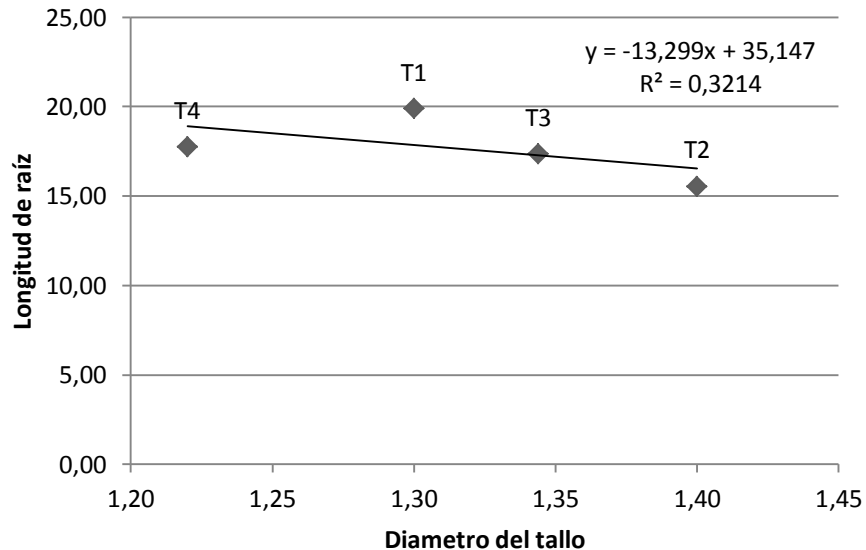


Figura 3.1. Relación entre el diámetro del tallo y la longitud de la raíz.

Numero de hojas

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no afectaron significativamente la variable Número de hojas. El tratamiento uno tuvo una ligera diferencia numérica del 0.2 por ciento más que el testigo (T4) y los demás tratamientos obtuvieron resultados inferiores al testigo. (Figura 3.2)

Los productos de algas marinas presentan actividades estimuladoras del crecimiento, y el uso de formulaciones de algas como bioestimulantes en la producción de cultivos está bien establecida. Los bioestimulantes son definidos como "materiales, distintos de los fertilizantes, que promueven crecimiento de las plantas cuando se aplican en pequeñas cantidades y denominados "potenciadores metabólicos" (Zhang & Schmidt, 1997) Esto explica, los efectos que tuvo la aplicación de algas marinas sobre esta variable.

Número de hojas

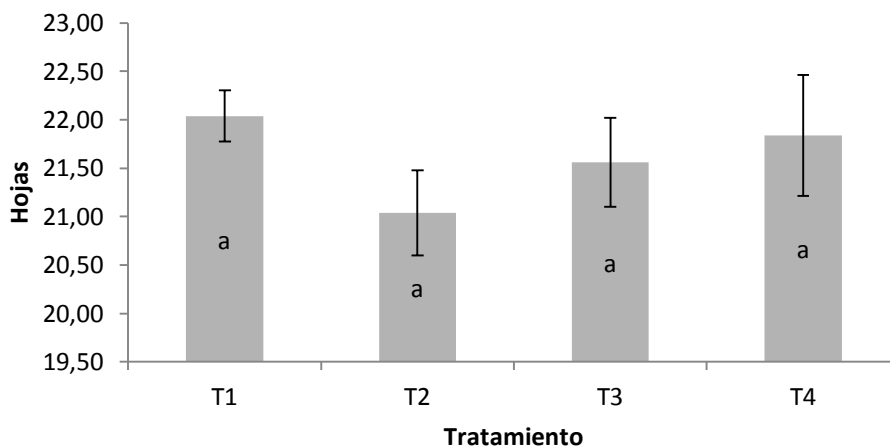


Figura 3.2 Número de hojas de lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos. T1= Aminoácidos 0.10gr/L, T2= Algas Marinas 0.10gr/L, T3= 0.05 de Aminoácidos + 0.05 gr/L de Algas Marinas T4=Testigo. Las letras en el interior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba Tukey al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

La siguiente grafica nos muestra la relación entre el diámetro del tallo y el número de hojas nos muestra que entre mayor sea diámetro, el número de hojas será menor.

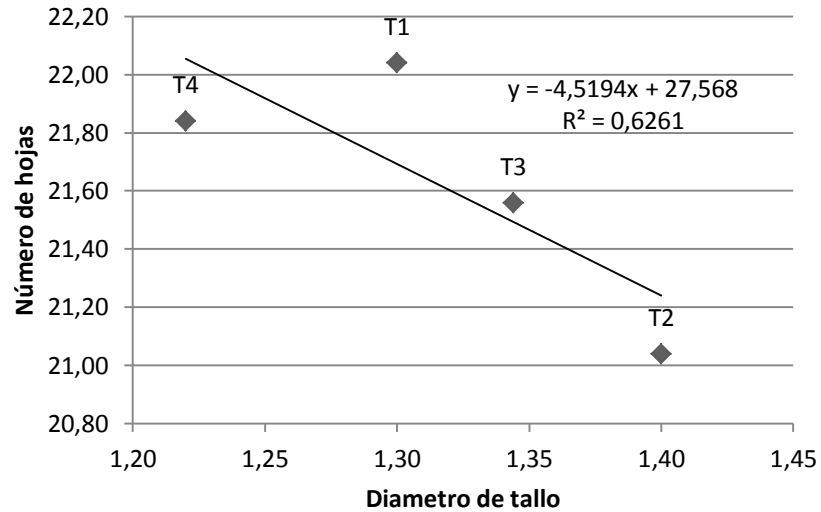


Figura 3.3. La relación entre el diámetro del tallo y el número de hojas

Longitud de hojas

De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados afectaron de manera significativa la variable longitud de hojas. El tratamiento cuatro (Testigo) obtuvo valores superiores a los demás tratamientos. El tratamiento uno (T1) tuvo a diferencia del 3.84 por ciento en comparación con el testigo. (Figura 3.4)

El efecto de la aplicación de extracto de algas marinas es el resultado de muchos componentes que pueden funcionar sinérgicamente a diferentes concentraciones y con otros componentes. (Farnes, et al., 2005)

(Abdel Mawgoud, et al., 2010) mencionan que la aplicación de extracto de algas marinas a concentraciones de 1, 2 y 3 g / L aumentó la respuesta de todos los parámetros de crecimiento y rendimiento de sandía.

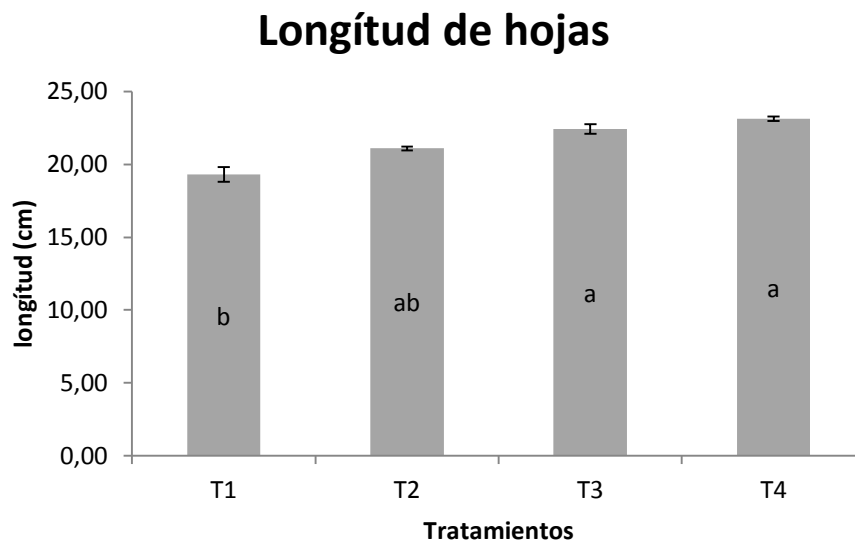


Figura 3.4. Longitud de hojas de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos. T1= Aminoácidos 0.10gr/L, T2= Algas Marinas 0.10gr/L, T3= 0.05 de Aminoácidos + 0.05 gr/L de Algas Marinas T4=Testigo. Las letras en el interior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba Tukey al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

Peso seco

De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento tres mostros un efecto significativo en la variable Peso Seco, superando al testigo con una diferencia numérica del 1.32%. Los demás tratamientos obtuvieron resultados iguales estadísticamente al testigo. (Figura 4.1).

(Zermeño Gonzalez, et al., 2015) Menciona que la aplicación de biofertilizantes derivados de algas marinas Algaenzims^{MR} y AlZincB^{MR} incrementó significativamente el peso seco de las plantas de maíz. Esto se puede atribuir a que los extractos de algas marinas aportan a las plantas contenidos de elementos mayores y menores, además de enzimas y reguladores de crecimiento (Canales López, 2001) Otros estudios reportan que los extractos de

algas marinas son fuente de macro y micro nutrientes, aminoácidos, vitaminas, citoquininas, auxinas y ácido abscísico (ABA), los cuales afectan el metabolismo celular en las plantas que conducen a un mayor crecimiento y rendimiento de los cultivos (Durand, et al., 2003)

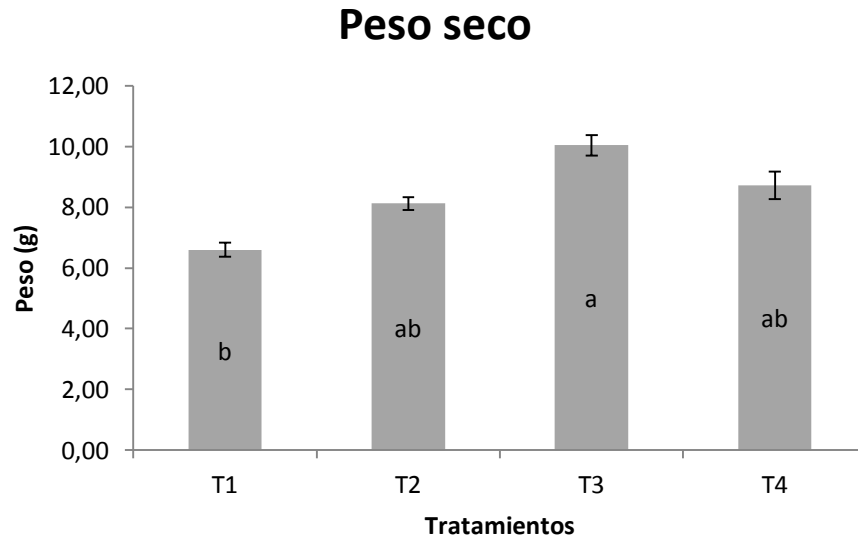


Figura 4.1. Peso seco de la lechuga var. Parris Island, en respuesta a diferentes cantidades de extractos de algas marinas y aminoácidos. T1= Aminoácidos 0.10gr/L, T2= Algas Marinas 0.10gr/L, T3= 0.05 de Aminoácidos + 0.05 gr/L de Algas Marinas T4=Testigo. Las letras en el interior de las barras representan el grupo de significancia al que pertenecen para lo cual se usó la prueba Tukey al 0.05 para separación de medias. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

La siguiente grafica nos muestra la relación entre el peso fresco y el peso seco, la cual nos indica que entre mayor sea el peso fresco, el peso seco será mayor.

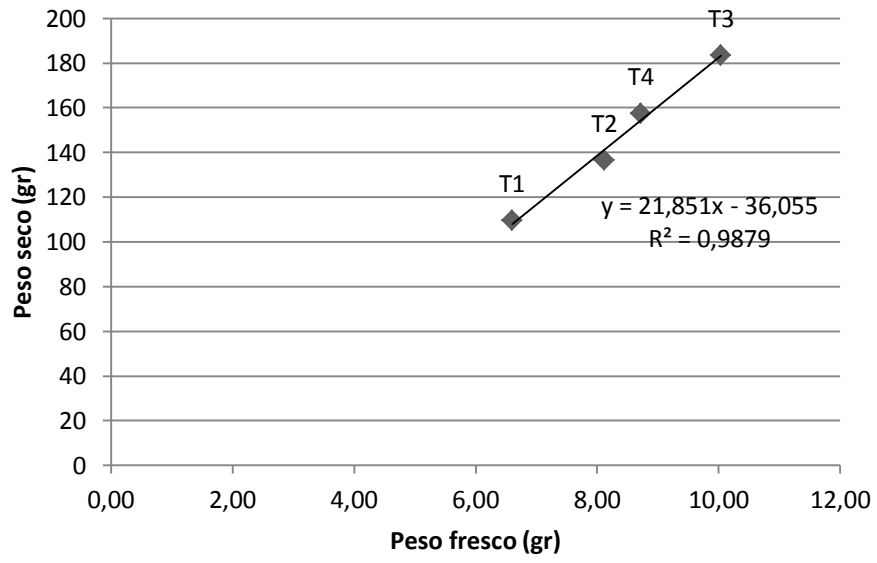


Figura 4.2 Relación entre el peso fresco y el peso seco de la planta.

V. CONCLUSION

De acuerdo al objetivo que se planteó en este trabajo de investigación, y a los resultados obtenidos, se puede concluir que la aplicación combinada de extractos de algas marinas con la dosis de 0.05 g/L y aminoácidos con la dosis de 0.05 g/L, produce efecto positivo en las variables de longitud de hojas, Peso fresco y seco de la planta.

VI. LITERATURA CITADA

- Abdel Mawgoud, A.M.R. , A.S. Tantaway, M Magda , Hafez , y Hoda A.M. Habib. «Seaweed Extract Improves Growth, Yield and Quality of Different Watermelon Hybrids.» *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6, nº 2 (2010): 161-168.
- Agrocom. *Tecnología Agrícola Aplicada al Cultivo Protegido* . 28 de Septiembre de <https://tecnologiaagricola.wordpress.com/2012/09/28/cultivoshidroponicos/> (último acceso: 17 de Diciembre de 2016).
- Aguilar, Jorge. «Tradecorp.» 4 de Mayo de 2015. <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/136576-Algas-marinas-para-la-agricultura-de-alto-rendimiento.html> (último acceso: 15 de Abril de 2017).
- Alpi, A, y Franco Yognoni. *Cultivo en Invernadero*. 3. Madrid, España: Mundi-Presna, 1999.
- Alpizar Antillón, Laura. *Hidroponía. Cultivo sin tierra*. 1. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica, 2008.
- Alzate, J, y L Loaiza. *Monografía del cultivo de la lechuga*. Primera. Bogotá, Colombia: Colinagro, 2010.
- Arcos, Benjamín, Orlando Benavides, y Mariano Rodríguez. «Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactuca sativa* L.» *Revista de Ciencias Agrícolas* 28, nº 2 (2011): 98.
- ASERCA. «Lechuga y Trigo .» *Claridades Agropecuarias No. 69*, 1999: 4.
- Baldoquin Hernandez, Michel, Megalis Alonso Garcia, Yarisbel Gomez Masjuan, y Idalberto Julio Bertot. «Respuesta agronómica del cultivo de la lechuga

(*Lactuca sativa* L.) variedad Black Seed Simpson ante la aplicación de bioestimulante Enerplant.» *Centro Agrícola* 42, nº 3 (2015): 55-59.

Barbado, Jose Luis . *Hidroponía*. Argentina : Albatros , 2005.

Barrios Arreaga, Nidia Esperanza. «Evaluacion del cultivo de la lechuga, *lactuca sativa* L. Bajo condiciones hidroponicos en pachali, San Juan Sacatepequez, Guatemala.» Guatemala: Tesis Ing. Agrónomo, 2004.

Campo Costa , Alexander, Adolfo Alvarez Rodríguez, Eddie Bautista Ricardo, y Alcibíades Morales Miranda. «Evaluación del bioestimulante Fitomas-E en el Cultivo de *Solanum lycopersicum* L.» *Instituto cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar* 49, nº 2 (2015): 41.

Canales López, Benito. *Las algas en la agricultura orgánica*. México, D. F: Consejo Editorial Trillas S. A. de C. V. , 2001.

Chang, M, M Hoyos Rojas , y A Rodriguez Delfin. *Manual Práctico de hidroponía: sistema de raíz flotante y sistema de sustrato sólido*. 4. Lima, Perú: Mekanobooks, 2004.

Contreras Quintero , Amilkar Cervando. «Tesis presentada como requisito parcial para obtener el titulo de Ingeniero Agronomo en Horticultura.» En *EFFECTIVIDAD DE DOS ENRAIZADORES ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO DE RAIZ DE PLÁNTULA DE SANDIA Y MELON*, 53. Saltillo, Coahuila, 2007.

Cosme Guerrero, José. «Agriculturers.» *la aplicación de las algas marinas para la fertilización*. 25 de Octubre de 2016. <http://agriculturers.com/la-aplicacion-de-las-algas-marinas-para-la-fertilizacion/> (último acceso: 16 de Enero de 2017).

Cuenca, Fernando . «Floresyplantas.net.» 26 de Abril de 2014. <https://www.floresyplantas.net/extractos-de-algas-en-la-agricultura/> (último acceso: 25 de Enero de 2017).

- Davis, Michael, Krishna V Subbarao, R Raid, y E Kurtz. «Plagas y Enfermedades de la Lechuga.» 11. Madrid, España: Mundi Prensa, 2002.
- Dhargalkar, V K, y Neelam Pereira. «PROMISING PLANT OF THE MILLENNIUM.» *Science and Culture* 71, nº 3-4 (2005): 60-66.
- DICTA. «Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Innovación Tecnológica. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Guía de producción de lechuga: sistema de raíz flotante.» 2000. <http://www.dicta.hn/frutas-y-hortalizas.html> (último acceso: 19 de Febrero de 2017).
- Durand, N, X Briand, y Meyer. «The effect of marine bioactive substances (NPRO) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in *Arabidopsis thaliana*.» 489-493. *Physiologia Plantarum*, 2003.
- Erulan , V G, P Thirumaran, y G Ananthan. «. Studies on the effect of *Sargassum polycystum* extra on the growth and biochemical composition of *Phaseolus radiate* L.» *American-eurasian J. Agri & environ.* , 2009.
- Espinoza Ramos, Samuel. «Tesis presentada como requisito para obtener título de Ingeniero agrícola y ambiental.» En *Aplicacion de fertilizantes foliares mejorados con aminoacidos en plantas de chile pimiento morron, (capsicum annuum var. California Wonder 300),bajo condiciones de invernadero*, 103. Saltillo, Mexico, 2003.
- Facio E, Mario. «Efecto de Aminoácidos y Ácido salicílico en Plántulas de Chile y Tomate Bajo Estrés Hídrico.» En *Tesis presentada como requisito para titulación de Ingeniero Agronomo en Produccion* . Saltillo, Coahuila, 2003.
- FAOSTAT. *Food and Agriculture Arganization of the United Nations*. 2014. <http://www.fao.org/faostat> (último acceso: 14 de Enero de 2017).
- Farnes, F, Perales M Sanchez , y J L Guardiola. «Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' Clementine Mandarin and Navelina Orange.» *Botanica Marina* 45, nº 5 (2005): 486-489.

- Feliu Sendra, Fernando. *Asociación Española de Fabricantes de Agonutrientes*. 2017. <https://aefa-agronutrientes.org/extractos-de-algas-en-la-agricultura> (último acceso: 18 de Abril de 2017).
- FINANCIERA RURAL. *La producción de hortalizas en México*. México: Dirección general adjunta de fomento y promoción de negocios, 2008.
- Hernandez Hernandez, Pericles . «tesis presentada para obtener el título de Ingeniero Agronomo en administracion .» En *Aplicacion de un aminoacido experimental en la germinación de plantulas de tomate bajo invernadero* , 57. Saltillo, México, 2006.
- Jaques Hernández , Cuauhtémoc, y José Luis Hernández M. «Valoración productiva de lechuga hidropónica con.» *Centro de Biotecnología Genómica del IPN* 3, nº 1 (2005): 12.
- Jiménez Arteaga, M, A González Gómez, S Falcón Rodríguez, y Montero Espinosa. «Evaluación de tres bioestimulantes en lechuga en condiciones de organopónico.» *Centro Agrícola* 40, nº 1 (2013): 79-82.
- Ladrón de Guevara, Verónica Rozano. «Hortalizas, las llaves de la energía.» *Revista Digital Universitaria*, nº 1067- 6079 (2010): 13.
- Mallar, A. «La Lechuga. 1 ed.» 1,5. Buenos Aires: Hemisferio Sur,S.A, 1978.
- Maroto Borrego, Jose Vicente . *La lechuga y la escarola. Botánica. (Taxonomía y fisiología) y Adaptabilidad*. 1ª. Madrid, España: Mundi Prensa S.A, 2000.
- Melendez, Gloria, y Eloy Molina. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Costa Rica : Centro de Investigaciones Agronómicas, 2002.
- Metting, B, WJ Zimmerman, I J Crouch, y J Staden. «Agronomic uses of seaweed and microalgae. In: Akatsuka I(ed) Introduction to applied phycology.» *SPB Academic Publish-ing, The Hague, Netherlands*, 1990: 269-627.

- Noreña Jaramillo , Jorge, Pablo Julian Tamayo Molano, y Paula Andrea Aguilar Aguilar . *Modelo tecnológico para el cultivo de Lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño*. ISBN: 978-958-8955-10-0. Medellín, Colombia: Fotomontajes S.A.S, 2016.
- Perez Cruz, Victor Manuel . «Tesis presentada para obtener el título de Ingeniero Agrícola y Ambiental .» En *Estudio sobre el efecto de enraizadores y aminoácidos en la brotación de zarzamora (Rubus, Fruticosus L.)*, 60. Saltillo, Coahuila, 2009.
- Priya Chemicals. 2017. <http://priyachem.com/effect.htm> (último acceso: 26 de Enero de 2017).
- Redagrícola. 2007. <http://www.redagricola.com> (último acceso: 17 de Diciembre de 2016).
- Reyes Tigse, Colon Alfredo . «Evaluación de híbridos de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) En hidroponía aplicando bioestimulante jisamar en el canton la libertad.» En *Tesis de Grado; Ing. Agropecuario. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Escuela de Ingeniería Agronómica*, 28,31. La libertad, Ecuador, 2009.
- Sabir, Ali, kevser Yazar, Ferhan Sabir, Zeki Kara, M Atilla Yazici, y Ninal Goksu. «Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (Ascophyllum nodosum) and nanosize fertilizer pulverizations.» *Sientia Horticulturae* 175 (2014): 1-8.
- Saborio, Francisco. *Fertilización foliar: Principios y aplicaciones* . Costa Rica, febrero de 2002.
- SAGARPA. «Manual técnico para la producción de hortalizas, huevo de gallina y carne de conejo en unidades de producción familiar.» 2015. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/hidalgo/Documents/Agricultura%20Familiar/ManualTecnologicoFinalWeb2015.pdf> (último acceso: 19 de Enero de 2017).

- SAGARPA-SIAP. *Secretaria de agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion y Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario.* México, 2016.
- SAGARPA-SIAP. . *Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).* México: Secretaria de agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion y Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera., 2010.
- Santillan Macias, Gerardo . «Uso de un Aminoácido en la Producción de Pimiento Morrón bajo Condiciones de “Cielo Abierto”.» En *Tesis Presentada como requisito parcial para Obtención del titulo de: INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA*, 47. Saltillo, Mexico , 2006.
- Selvam, G G, T Thinakaran, y kathiresan Sivakumar. «Influence of seaweed extract as ad organic fertilizer on the growth and yield of arachis hypogea L. and their elemental composition using SEM-Energy Dispersive spectroscopic analysis.» *Asian pacific journal of reproduction*, 2014: 18-22.
- Servicio Insular Agrario. *Agrolanzarote*. 2012. <http://www.agrolanzarote.com/> (último acceso: 12 de Enero de 2017).
- Shehata, Sam, S Heba, Azem Abdel, A Abou Yazied, y A M Gizawy. «Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extrat on growth chemical constitutes yield and its quality of celeriac plant.» *Revista Europea de Investigación Científica* 58, nº 2 (2011): 257-265.
- SIAP. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. 2015. <http://www.gob.mx/siap/> (último acceso: 16 de Enero de 2017).
- Spinelli, F, F Giovanni, N Massimo, y C Guglielmo. «novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of irochelates in strawberry production.» *Scientia Hortiulturae.*, 2010: 263-269.

- Stocking, M. «Erosion and soil productivity.» *a review. Consultants' working Paper N° 1 AGLS, FAO.* Roma, 1984. 102.
- USDA, United States Department of Agriculture. *Natural Resources Conservation Service.* 2010.
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=LASA3> (último acceso: 14 de diciembre de 2016).
- Vallejo Cabrera, Franco Alirio, y Edgar Ivan Estrada Salazar. *Producción de hortalizas de clima cálido.* 958-8095-28. Colombia: Imagenes Graficas S.A Cali, 2004.
- Vásquez , E, y S Torres. *Fisiología Vegetal.* La Habana, cuba: Pueblo y Educación, 1995.
- Zermeño Gonzalez, Alejandro, José Omar Cárdenas Palomo, Homero Ramírez Rodríguez, Adalberto Benavides Mendoza, Martín Cadena Zapata , y Santos Gabriel Campos Magaña. «Fertilización biológica del cultivo de maíz.» 2015. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263143809012>>.
- Zhang, X, y RE Schmidt. «The impact of growth regulators on the α -tocopherol status in water-stressed *Poa pratensis*.» *Int Turfgrass* 8 (1997): 1364-1373.