

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Bioestimulantes foliares en la producción y calidad de tres variedades de lechuga en sistema hidropónico

Por:

Rebeca Arce Reynoso

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Febrero 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Bioestimulantes foliares en la producción y calidad de tres variedades de lechuga en sistema hidropónico

Por:

Rebeca Arce Reynoso

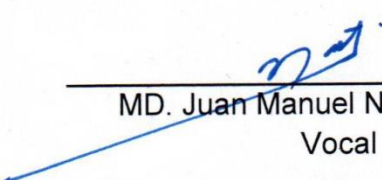
TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

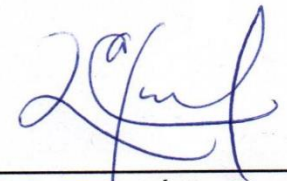
Aprobada por:

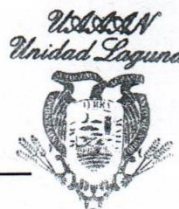

Dr. José Rafael Paredes Jácome
Presidente


MD. Juan Manuel Nava Santos
Vocal


Dr. Alain Buendía García
Vocal


Dr. Luis Abraham Chaparro Encinas
Vocal Suplente


M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Febrero 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Bioestimulantes foliares en la producción y calidad de tres variedades de lechuga en sistema hidropónico

Por:

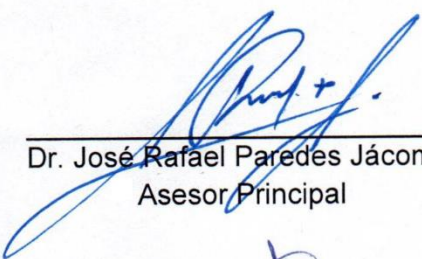
Rebeca Arce Reynoso

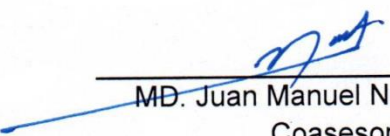
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

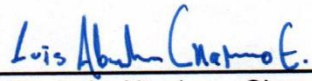
INGENIERO AGRÓNOMO

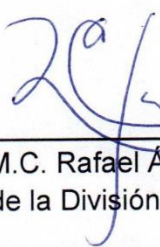
Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Rafael Paredes Jácome
Asesor Principal


MD. Juan Manuel Nava Santos
Coasesor


Dr. Alain Buendía García
Coasesor


Dr. Luis Abraham Chaparro Encinas
Coasesor


M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Febrero 2026

DEDICATORIAS

Esta tesis va dirigida a mis padres José Luis Arce Jaimes y Yolanda Reynoso Florín quienes son y serán mi mayor motivación en cada meta y logro que alcance, una fuente de inspiración para mi crecimiento personal y profesional a lo largo de mi vida. Su apoyo incondicional ha sido pieza clave para convertir mi sueño realidad.

Dedico este trabajo a las personas tanto maestros, consejeros y compañeros que compartieron y aportaron de su conocimiento y expectativas para construir mi formación profesional dentro y fuera de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna que me valida como Ingeniero Agrónomo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios doy gracias por permitirme lograr una meta más en mi vida. A continuación, expongo mi profundo agradecimiento a las personas que fueron parte de este momento en mi vida, gracias por brindar el apoyo, dedicación, tiempo y motivación para la realización de esta tesis, requisito para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

El principal agradecimiento es para mis padres José Luis Arce Jaimes y Yolanda Reynoso Florín las personas más importantes en mi vida ya que sin ellos y sin su sacrificio no pudiera haber llegado a este momento. Con su apoyo y esfuerzo me brindaron esta oportunidad de alcanzar este tema que anhelaba y hoy finalmente se ve cumplida por la pasión y respeto a la agronomía. Mi padre y mi madre son las personas más amadas para mí, quienes me han brindado la vida, su sacrificio y su atención con una sonrisa en el rostro para darme lo más valioso de esta vida, el cariño, el amor, el calor de un hogar, el alimento, la educación, la orientación y los consejos para tener una vida plena.

A mi hermano José Luis Arce Reynoso por su infinito apoyo en momentos buenos y malos con una gran muestra de cariño.

Agradecer a mi asesor José Rafael paredes Jácome quien me apoyo desde el inicio hasta el final de esta tesis, agradecer la participación en el desarrollo de este proyecto, el tiempo invertido para este trabajo, la dedicación puesta para este trabajo y la disponibilidad en todo momento.

A mi institución la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que abrió sus puertas para realizar diversas actividades y los conocimientos para esta formación profesional

ÍNDICE

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE	iii
INDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen e historia del cultivo lechuga	3
2.2 Importancia del cultivo de la lechuga	3
2.2.1 Producción Nacional	3
2.2.2 Producción mundial	4
2.3 Características botánicas del cultivo de lechuga	4
2.3.1 Sistema radical	4
2.3.2 Tallo	4
2.3.3 Hoja	4
2.3.4 Flor	5
2.3.5 Semilla	5
2.4 Calidad nutraceutica del cultivo de la lechuga	5
2.5 Clasificación taxonómica de la lechuga	6
2.6 Sistemas de producción del cultivo lechuga	6
2.6.1 Suelo	6
2.6.2 Hidroponía	7
2.6.3 Sistema NFT	7
2.7 Principales plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga	8
2.7.1 Plagas	8
2.7.2 Enfermedades	8

2.8 Bioestimulantes	10
2.8.1 Tipos de bioestimulantes	10
2.8.2 Bioestimulantes foliares	10
3. MATERIALES Y METODOS	11
3.1 Ubicación del experimento	11
3.2 Material vegetal y siembra	11
3.3 Sistema de producción	12
3.4 Sistema de riego	12
3.5 Manejo del cultivo	13
3.6 Descripción de los tratamientos	16
3.7 Variables agronómicas evaluadas	16
3.7.1 Número de hojas	17
3.7.2 Largo de hojas	17
3.7.3 Largo de raíz	17
3.7.4 Diámetro del tallo	17
3.7.5 Peso fresco de planta	17
3.7.6 Peso fresco de hojas	18
3.7.7 Peso seco de raíz	18
3.7.8 Materia seca	18
2.10 Análisis estadístico	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
5. CONCLUSIONES	30
6. REVISION BIBLIOGRAFICA	31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación taxonómica del cultivo de la lechuga.....	6
Tabla 2	Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades	13
Tabla 3	Descripción de los tratamientos aplicados	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 localización del lote donde se realizó la investigación.	11
Figura 2 sistema de riego hidropónico NFT.....	13
Figura 3 Número de hojas en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.	19
Figura 4 Largo de hojas en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde. .	21
Figura 5 Largo de raíz en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde. ...	22
Figura 6 Diámetro de tallo en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.	24
Figura 7 Peso fresco de planta en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.....	25
Figura 8 Peso fresco de hojas en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.....	27
Figura 9 Peso seco de raíz en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.	28
Figura 10 Materia seca en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde. ..	29

RESUMEN

El presente estudio se centra en el cultivo de lechuga, una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial por su alto consumo y valor nutricional. Se evaluaron tres variedades: italiana verde, italiana roja y romana verde, con el objetivo de determinar el efecto de distintos bioestimulantes foliares en su producción y calidad. Se introduce el concepto de bioestimulante, destacando su papel como insumos biológicos que mejoran el crecimiento vegetal, la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés. En este trabajo se utilizaron tres tipos principales: aminoácidos, guano y extractos de algas marinas, cada uno con propiedades específicas que influyen en el desarrollo de las plantas. La investigación se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, durante el mes de abril. Las semillas de las tres variedades se germinaron en espuma fenólica durante 23 días, utilizando solución Steiner para favorecer el crecimiento inicial. Posteriormente, las plántulas fueron trasplantadas a un sistema hidropónico elaborado con tubos de PVC, por los cuales circulaba agua nutritiva con los elementos minerales necesarios. Este sistema permitió prescindir del suelo, reducir el consumo de agua, prevenir plagas y enfermedades, y mantener un ambiente controlado. El riego se implementó mediante bombas sumergibles que impulsaban la solución nutritiva hacia las camas experimentales, aplicando diferentes tratamientos según el bioestimulante. Los resultados obtenidos mostraron efectos diferenciados según el tipo de bioestimulante y la variedad de lechuga. El guano favoreció el desarrollo foliar en la italiana roja, reflejando incrementos significativos en el largo de las hojas. Las algas marinas promovieron un mayor contenido de materia seca en la italiana verde, gracias a la presencia de fitohormonas y compuestos bioactivos que mejoran la absorción de nutrientes. Por su parte, los aminoácidos potenciaron de manera sobresaliente el crecimiento y rendimiento de la romana verde, con incrementos superiores al 60% en variables como diámetro de tallo, peso fresco de planta y hojas. Estos resultados confirman que los bioestimulantes, al ser absorbidos y aprovechados por la planta, optimizan procesos fisiológicos como la síntesis de proteínas y el metabolismo energético, lo que se traduce en mejoras sustanciales en la producción y calidad del cultivo.

Palabras clave: Guano, Aminoácidos, Algas marinas

1. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), de la familia de las Asteráceas, es una hortaliza de gran importancia en la alimentación y la agricultura. Su origen es incierto, aunque se sabe que en la antigüedad crecía de forma silvestre. Algunos autores la ubican en la India, mientras que registros históricos muestran que los egipcios ya la cultivaban hacia el 4500 a.C. para obtener aceites y forraje. Más tarde, los romanos perfeccionaron su manejo y difundieron su cultivo en distintas regiones del mundo (Muñoz, 2015).

En México, la lechuga se divide en dos grupos principales: “romanas” y “arrepolladas”. En 2023 la producción nacional fue de 553 mil toneladas, lo que representó un aumento respecto al promedio de la última década, aunque con una ligera disminución frente a 2022. Guanajuato, Zacatecas y Aguascalientes concentraron la mayor producción, destacando Guanajuato con un incremento significativo en su valor, que generó ingresos adicionales para los productores (SIAP, 2024).

A nivel mundial, la lechuga se cultiva en la mayoría de los países gracias a tecnologías de producción controlada. Asia, América y Europa son los principales continentes productores, con China como líder absoluto al aportar el 67% del total global. En contraste, países como Colombia apenas representan el 0.4% de la producción mundial (FAO, 2023).

En el contexto de la creciente demanda agrícola, los bioestimulantes se han convertido en herramientas clave para mejorar la productividad y calidad de la lechuga. Los aminoácidos y péptidos favorecen la absorción de nutrientes y aumentan la tolerancia al estrés, mientras que microorganismos benéficos como micorrizas y bacterias fortalecen el crecimiento y la resistencia frente a enfermedades (Arteaga, 2022; Carrillo, 2022). Entre los bioestimulantes foliares, los extractos de algas destacan por su contenido de fitohormonas y compuestos bioactivos que promueven el desarrollo vegetal. Asimismo, los ácidos húmicos y fúlvicos mejoran la estructura del suelo, incrementan la disponibilidad de nutrientes y estimulan el crecimiento radicular (Certis, 2024; Linares, 2024).

La lechuga, por su relevancia histórica y productiva, puede potenciarse mediante bioestimulantes que mejoran su rendimiento y calidad. Este estudio evalúa su efecto en variedades de lechuga para promover prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto en producción y calidad de tres variedades de lechuga con la aplicación de bioestimulantes foliares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto en las variables agronómicas de tres variedades de lechuga con la aplicación de bioestimulantes foliares.
- Determinar que bioestimulante incrementa la calidad de las tres variedades de lechuga a evaluar.

HIPÓTESIS

.

Al menos un bioestimulante tiene efecto en la producción y calidad de alguna (s) de las tres variedades de lechuga.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e historia del cultivo lechuga

La lechuga, una planta anual herbácea perteneciente a la familia de las Asteráceas, cuenta con diversas teorías sobre su origen. En la antigüedad crecía de manera silvestre y con facilidad, aunque su procedencia exacta es incierta. Algunos autores sostienen que proviene de la India. Se sabe que los egipcios ya la cultivaban hacia el año 4500 a.C., utilizándola principalmente para la obtención de aceites y como forraje. Posteriormente, los romanos la trabajaron y fueron quienes contribuyeron a su difusión por todo el mundo (Muñoz, 2015).

De acuerdo con los datos recopilados en esta investigación, la lechuga tiene su origen en las costas del sur y sureste del mar Mediterráneo. Se sabe que los egipcios comenzaron a cultivarla siglos antes de la era cristiana, utilizándola principalmente para extraer aceite de sus semillas y como forraje. Además, en diversas pinturas halladas en tumbas egipcias aparecen representaciones de plantas que guardan gran semejanza con la lechuga (Gaviola y Granval, 2018).

2.2 Importancia del cultivo de la lechuga

2.2.1 Producción Nacional

La lechuga, se clasifica en dos grandes grupos: “romanas” y “arrepolladas”; en 2023 la producción alcanzó 553 mil toneladas, lo que representó un incremento del 11.9% respecto al promedio de la última década, aunque significó una disminución del 3.0% en comparación con 2022; en cuanto al valor de la producción por entidad federativa, Guanajuato aportó el 25.6%, Zacatecas el 17.4% y Aguascalientes el 12.7%, destacando que los municipios de San Miguel de Allende, Santa Cruz de Juventino Rosas y Nacional, ubicados en el centro de Guanajuato, lograron un aumento del 16.9% en su valor de producción frente al año anterior, lo que se tradujo en ingresos adicionales de 37 millones de pesos para los productores (SIAP, 2024).

2.2.2 Producción mundial

En la actualidad, gracias a las tecnologías que permiten crear microambientes de producción, la lechuga se cultiva en casi todos los países del mundo (LaPlante et al., 2021). Los principales continentes productores son Asia, América y Europa, destacando China como líder mundial con una producción de 18,1 millones de toneladas anuales, equivalente al 67% del total global. En contraste, Colombia produce alrededor de 122 mil toneladas al año, lo que representa apenas el 0.4% de la producción mundial (FAO, 2023).

2.3 Características botánicas del cultivo de lechuga

2.3.1 Sistema radical

La raíz principal es de tipo pivotante y relativamente corta, alcanzando hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones que contienen abundante látex, lo que favorece un crecimiento rápido. Por su parte, las raíces laterales se desarrollan en las capas superficiales del suelo, entre los 5 y 30 cm de profundidad (Chiroque & Castaño, 2019).

2.3.2 Tallo

Durante la fase vegetativa, el tallo desempeña un papel esencial al brindar soporte para que la lechuga crezca de manera vertical y facilitar el transporte de agua. Se caracteriza por ser corto y cilíndrico, sin ramificaciones en el momento de la cosecha; sin embargo, al superar esta etapa puede alargarse hasta alcanzar 1,2 metros de longitud, desarrollando ramas en sus extremos donde aparecen las inflorescencias terminales (Pucuna, 2020).

2.3.3 Hoja

Las hojas de la lechuga son sésiles, es decir, no presentan peciolo. Se caracterizan por ser lisas, alternas y de forma ovalada, generalmente de textura gruesa con bordes rizados. Se disponen en forma de roseta y, aunque comúnmente son de color verde, algunas variedades muestran tonalidades que van desde el verde amarillento hasta el morado rojizo (Cunache, 2023).

2.3.4 Flor

Las flores se agrupan en capítulos organizados en racimos o corimbos, cada uno integrado por entre 10 y 25 floretes con receptáculo plano rodeado de brácteas imbricadas. Los floretes poseen pétalos periféricos de tonalidad amarilla o blanca y, en su interior, una corola tubular con bordes dentados. El androceo está conformado por cinco estambres unidos a la corola, con igual número de anteras que forman un tubo polínico. Al madurar la semilla, se desarrolla un vilano que facilita su dispersión (Pucuna, 2020).

2.3.5 Semilla

La semilla es exalbuminosa, de forma plana y puntiaguda en sus extremos, con un diámetro que oscila entre 4 y 5 mm. Su color puede variar según la variedad, presentándose en tonos blancos, marrones o granates (Pucuna, 2020).

2.4 Calidad nutracéutica del cultivo de la lechuga

Los cultivos de lechuga poseen hasta un 95% de agua y destacan por su riqueza en vitaminas, especialmente A, B1 y B9, además de potasio; también aportan minerales como calcio y fósforo, junto con aminoácidos. Gracias a estas propiedades, la lechuga contribuye a la prevención de enfermedades relevantes como el cáncer y la aterosclerosis (Mamani, 2014).

En cuanto al balance nutricional y la fertilización en los cultivos de lechuga, es importante señalar que una adecuada nutrición resulta esencial para sostener la producción y mejorar el rendimiento. El desarrollo de la planta depende directamente de la cantidad de nutrientes que reciba, por lo que la planificación debe contemplar diversos factores, entre ellos la variedad cultivada, las condiciones climáticas, la región de siembra y los recursos disponibles para llevar a cabo el cultivo (Roisen, 2019).

2.5 Clasificación taxonómica de la lechuga

Según Sánchez, J. (2019), la lechuga presenta la siguiente clasificación:

Tabla. 1 Clasificación taxonómica del cultivo de la lechuga

Reino		Plantae	
División		Magnoliophyta	
Clase		Magnoliopsida	
Orden		Asterales	
Familia		Asteraceae	
Subfamilia		Cichorioideae	
Tribu		Lactucaceae	
Género		<i>Lactuca</i>	
Especie		<i>Lactuca sativa</i> L.	

2.6 Sistemas de producción del cultivo lechuga

2.6.1 Suelo

Los cultivos de lechuga requieren suelos de textura arenoso-limosa, con buen drenaje y un pH ideal entre 6.7 y 7.4. Aunque la planta puede desarrollarse en suelos arcillosos, si estos presentan una acidez elevada es necesario aplicar encalado. La lechuga no tolera la sequía, aunque se recomienda que la superficie del suelo permanezca seca para evitar problemas de podredumbre en el cuello. En ciertos casos, los suelos arenosos son preferidos porque se calientan con mayor rapidez y permiten cosechas más tempranas, mientras que los suelos francos resultan ventajosos al enfriarse más lentamente. Además, los suelos ricos en materia orgánica son los más adecuados, ya que favorecen la retención de humedad y aceleran el crecimiento de las plantas (Infoagro, 2017).

2.6.2 Hidroponía.

La hidroponía proviene del griego hidros (agua) y bonos (trabajo), lo que significa “trabajo en el agua”. Este sistema de producción se caracteriza porque las raíces de las plantas no crecen directamente en el suelo, sino que se desarrollan en sustratos o soluciones nutritivas, dentro de las cuales se encuentran disueltos macronutrientes que favorecen su crecimiento y desarrollo (Mabela, 2018).

La hidroponía es un sistema de cultivo en el que las plantas se desarrollan en soluciones acuosas sin necesidad de suelo. Aunque hoy en día es un método ampliamente utilizado, existen registros de que los aztecas lo practicaban en algunas de sus culturas desde tiempos antiguos, y también hay evidencias de que los romanos lo emplearon para producir diversos alimentos. En la actualidad, los sistemas hidropónicos tecnológicos suelen incorporar materiales de bajo costo e incluso reciclados, lo que los hace especialmente útiles en comunidades con recursos limitados y más comunes en países en vías de desarrollo (Andrade, 2020).

La hidroponía es una metodología moderna aplicada en la agricultura que permite regular tanto las condiciones ambientales como los factores necesarios para el desarrollo de los cultivos, optimizando su producción de manera continua. Una de sus principales ventajas es que garantiza una adecuada higiene, manteniendo las plantas libres de bacterias, hongos y parásitos que podrían deteriorarlas o enfermarlas, riesgos que suelen estar presentes en los sistemas de cultivo tradicionales (Andrade, 2020).

2.6.3 Sistema NFT

Este sistema consiste en la circulación constante de una solución nutritiva que es bombeada hacia las bandejas o tuberías donde se encuentran las plantas, entrando en contacto directo con sus raíces y regresando posteriormente al depósito. Se trata de una de las técnicas más empleadas en la hidroponía, ya que permite que las plantas crezcan en espacios específicos mientras reciben nutrientes disueltos de manera equilibrada para cubrir sus necesidades. Su principal objetivo es lograr una alta producción durante todo el ciclo de crecimiento, reduciendo al mínimo las pérdidas de fertilizantes y agua gracias al mecanismo de recirculación (Chassouant, 2020).

2.7 Principales plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga

2.7.1 Plagas

Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

La mosca blanca es un insecto polífago que afecta diversos cultivos en sus estados ninfal y adulto. Las ninfas permanecen en el envés de las hojas y los adultos, pequeñas mosquitas blancas, ovipositan pocos días después de aparecer. Sus daños pueden ser directos, debilitando la planta por succión de savia, o indirectos, al favorecer la fumagina y transmitir virus como el Crinivirus (Giraldo Núñez, 2024).

Pulgón de la lechuga (*Hyperomyzus lactucae*)

El pulgón de la lechuga se alimenta de diversos hospedantes y causa daños en estado ninfal y adulto. Su ciclo biológico depende de la temperatura: con más calor aumenta la reproducción, aunque disminuye la duración del ciclo y la fecundidad. Los daños pueden ser directos, debilitando hojas y tejidos jóvenes, o indirectos, al favorecer hongos como la fumagina y transmitir múltiples virus que afectan gravemente a los cultivos (Aguilar-Anccota et al., 2024).

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Este insecto polífago se alimenta de múltiples hospedantes y causa daños en estado ninfal y adulto. Los efectos directos incluyen manchas plateadas en las hojas, deformaciones en órganos vegetales y lesiones por oviposición. Los daños indirectos son más graves, ya que transmite virus como el Tospovirus, afectando el crecimiento, coloración y valor comercial de los cultivos (Giraldo Núñez, 2024).

2.7.2 Enfermedades

Botrytis (*Botrytis cinerea*)

El moho gris es una enfermedad frecuente en lechuga hidropónica, caracterizada por manchas acuosas en hojas y cogollos, acompañadas de un micelio gris algodonoso. Se desarrolla en condiciones de alta humedad y baja ventilación, afectando la calidad

comercial del producto. Además, puede provocar pudrición en tejidos blandos y pérdidas significativas en invernaderos (Giraldo Núñez, 2024).

Mildiu vellosa (*Bremia lactucae*)

El mildiu vellosa se manifiesta con manchas verde amarillentas en el haz de las hojas que luego se tornan marrones. En el envés aparece una eflorescencia blanca característica del patógeno, que reduce la calidad comercial y el rendimiento. Su desarrollo se favorece en ambientes frescos y húmedos, especialmente en sistemas hidropónicos con ventilación limitada (Giraldo Núñez, 2024).

Pythium (*Pythium spp.*)

Las especies de *Pythium* provocan pudrición radicular y marchitez en plántulas de lechuga hidropónica. Los síntomas incluyen raíces blandas, acuosas y decoloradas, que impiden la absorción de nutrientes. Esta enfermedad se favorece por exceso de humedad y mala oxigenación en la solución nutritiva, siendo una de las más comunes en hidroponía (Giraldo Núñez, 2024).

Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*)

La enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* se caracteriza por pudrición en el cuello y raíces de la lechuga. Los síntomas incluyen marchitez, necrosis en la base del tallo y colapso de la planta. Se favorece en condiciones de estrés hídrico, exceso de humedad y baja oxigenación en la solución nutritiva, siendo un problema recurrente en hidroponía (Leiva-Mora et al., 2020).

Phytophthora (*Phytophthora spp.*)

Las especies de *Phytophthora* ocasionan pudriciones en raíces y cuello, con síntomas de marchitez y necrosis en tejidos. En lechuga hidropónica, su presencia se asocia a soluciones nutritivas contaminadas y exceso de humedad. Esta enfermedad puede provocar pérdidas severas si no se controla mediante desinfección y manejo preventivo (Giraldo Núñez, 2024).

2.8 Bioestimulantes

2.8.1 Tipos de bioestimulantes

Aminoácidos y Péptidos

Los aminoácidos y péptidos funcionan como precursores de fitohormonas y agentes quelantes, lo que favorece una mejor absorción de nutrientes y aumenta la capacidad de las plantas para resistir situaciones de estrés (Arteaga, 2022).

Microorganismos Benéficos

Microorganismos como las micorrizas y las bacterias que estimulan el crecimiento de las plantas contribuyen a optimizar la absorción de nutrientes y a fortalecer su resistencia frente a diversas enfermedades (Carrillo, 2022).

2.8.2 Bioestimulantes foliares

Extractos de Algas

Los extractos de algas contienen abundantes fitohormonas, polisacáridos y diversos compuestos bioactivos que favorecen tanto la resistencia de las plantas frente al estrés como su desarrollo y crecimiento (Certis, 2024).

Ácidos Húmicos y Fúlvicos

Los ácidos húmicos y fúlvicos son sustancias presentes de manera natural en el suelo, capaces de optimizar su estructura, favorecer la disponibilidad de nutrientes y estimular el desarrollo de las raíces (Linares, 2024).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el invernadero del departamento de Horticultura el cual se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ubicado a $25^{\circ}33'23''$ de longitud norte y $103^{\circ}22'32''$ de longitud oeste durante el mes de abril del año 2025.



Figura. 1 Localización del lote donde se realizó la investigación.

3.2 Material vegetal y siembra

Como material vegetal se utilizaron tres variedades distintas de lechuga: italiana verde (Starfighter RZ), italiana roja (Ruby Sky RZ) y romana verde (Maximus RZ), colocadas en espuma fenólica durante 23 días. Durante este periodo se regaron con solución Steiner al 15% para optimizar las condiciones de crecimiento y desarrollo de las plántulas, que posteriormente fueron trasplantadas al sistema hidropónico. Una vez realizado el trasplante, se aplicó la primera solución al 60% para las tres camas, seguida de una segunda al 80% y finalmente una tercera al 100%.

3.4 Nutrición del cultivo.

Una vez realizado el trasplante, se aplicó la primera solución al 60% para las tres camas, seguida de una segunda al 80% y finalmente una tercera al 100% como se describe en la (tabla 2).

Tabla. 2 tratamientos evaluados

Tratamiento Fertilizantes	T1 (100-0) 15-mayo-2025	T2 (80-20) 9-mayo-2025	T3 (60-40) 3-mayo-2025
CaNO ₃	645 ppm	409 ppm	291 ppm
KNO ₃	394 ppm	293 ppm	372 ppm
MgNO ₃	440 ppm	376 ppm	71 ppm
K ₂ SO ₄	261 ppm	174 ppm	97 ppm
MgSO ₄	16 ppm	264 ppm	124 ppm
NH ₂ SO ₄	-----	264 ppm	462 ppm
HNO ₃	66 ppm	28 ppm	-----
H ₃ P0 ₄	60 ppm	91 ppm	114 ppm

3.5 Sistema de producción

Se utilizó un sistema NFT (Nutrient Film Technique o Técnica de Película de Nutrientes) el cual es un método hidropónico de recirculación donde una fina capa de solución nutritiva (1-5 mm) fluye continuamente sobre las raíces de las plantas a través de canales con una pendiente del 2%, se utilizaron bombas, tuberías de PVC y un depósito para oxigenar las raíces y suministrar los nutrientes.

3.6 Sistema de riego

Se emplearon contenedores con capacidad de 100 ml, en los cuales se instalaron bombas sumergibles, encargadas de impulsar la solución nutritiva hacia las plántulas. A cada cama del sistema hidropónico se le aplicó la solución Steiner, con el propósito de garantizar un suministro adecuado de nutrientes durante el desarrollo del cultivo. De manera complementaria, se realizó la toma semanal de muestras de pH y conductividad eléctrica (C.E.), con el fin de monitorear las condiciones de la solución nutritiva y mantener un ambiente controlado para el crecimiento de las plantas.



Figura. 2 Sistema de riego hidropónico NFT.

3.7 Manejo del cultivo

Tabla. 3 Se emplearon productos fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga. Las aplicaciones se realizaron de manera foliar utilizando una bomba de aspersión, con el fin de asegurar una distribución uniforme del producto sobre las plantas. Cabe señalar que únicamente se efectuó una aplicación, debido a la detección de trips durante el desarrollo del cultivo.

Función	Ingrediente Activo	Nombre comercial	Dosis
Insecticida/acaricida	Dimetoato	DELTAPYR	1.5 mL/L
Insecticida/acaricida	Abamectina	ABAMECTINA DELTA	1 mL/L

3.8 Croquis del diseño experimental.

Figura. 3 Tratamientos aplicados

COLOR	TRATAMIENTO	SIGNIFICADO
	T1	TESTIGO SIN APLICACIÓN
	T2	AMINOACIDOS
	T3	ALGAS MARINAS
	T4	GUANO MURCIELAGO
ABREVIATURA		VARIEDAD
	IR	ITALIANA ROJA
	RV	ROMANA VERDE
	IV	ITALIANA VERDE

Figura.4 Cama 1

3.9 Descripción de los tratamientos

Las aplicaciones se realizaron mediante bomba de aspersión, con una frecuencia de una vez por semana durante tres semanas consecutivas, con el propósito de evaluar el efecto de cada tratamiento en el desarrollo del cultivo (Tabla 4).

Tabla. 4 Tratamientos aplicados.

Tratamiento	Producto	Dosis	Aplicación foliar
T1	Testigo sin aplicación	0	-----
T2	Aminoácidos	5 mL/L	15,22 y 29 de mayo 2025
T3	Algas marinas	2.5 g/L	15,22 y 29 de mayo 2025
T4	Guano murciélago	5 mL/L	15,22 y 29 de mayo 2025

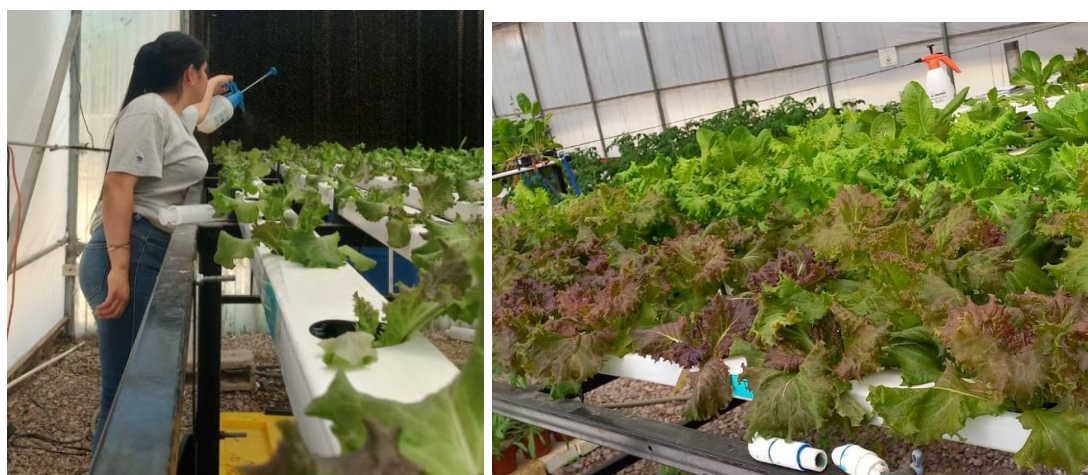


Figura.3 Aplicación foliar

3.10 Variables agronómicas evaluadas

3.10.1 Número de hojas

El número de hojas se registró en el momento de la cosecha. Para ello, se seleccionaron plantas representativas y se realizó el conteo individual de las hojas presentes en cada ejemplar, con el fin de obtener un dato preciso sobre el desarrollo foliar de las variedades evaluadas.

3.10.2 Largo de hojas

La longitud de las hojas se midió al momento de la cosecha. Se utilizaron plantas seleccionadas y una cinta métrica, registrando la medida en centímetros (cm) para obtener información exacta sobre el crecimiento foliar alcanzado en cada tratamiento.

3.10.3 Largo de raíz

La medición del largo de la raíz se efectuó en la cosecha. Se empleó una cinta métrica para registrar la longitud en centímetros (cm), asegurando precisión en los datos obtenidos y permitiendo evaluar el desarrollo del sistema radicular.

3.10.4 Diámetro del tallo

Se determinó en el momento de la cosecha. Para ello, se seleccionaron plantas representativas y se utilizó un calibrador Vernier, registrando la dimensión en centímetros (cm) con el propósito de obtener datos precisos sobre la robustez estructural de cada ejemplar.

3.10.5 Peso fresco de planta

La determinación del peso fresco total de la planta se realizó en la cosecha. Se seleccionaron ejemplares representativos y se utilizó una báscula con capacidad de 30 kg, lo que permitió obtener registros exactos de la biomasa acumulada en cada tratamiento.

3.10.6 Peso fresco de hojas

El peso fresco de las hojas se obtuvo separando el follaje de cada planta en el momento de la cosecha. Posteriormente, se registró su peso en una báscula con capacidad de 30 kg, lo que permitió cuantificar de manera precisa la biomasa foliar generada.

3.10.7 Peso seco de raíz

La determinación del peso seco de la raíz se realizó tras someter las raíces a un proceso de secado en estufa a temperatura constante hasta alcanzar un peso estable. Una vez logrado este punto, se registró el valor utilizando una balanza analítica con capacidad de 200 g, lo que permitió cuantificar la biomasa radicular acumulada.

3.10.8 Materia seca

La materia seca se obtuvo mediante el secado de las muestras vegetales (hojas, tallos y raíces) en estufa a temperatura controlada hasta lograr un peso constante. Posteriormente, se procedió a la pesada en una balanza analítica con capacidad de 200 g, con el fin de determinar el contenido de materia seca y evaluar la eficiencia en la acumulación de biomasa de cada tratamiento.

3.11 Análisis estadístico

Se empleó un diseño experimental con bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. El programa estadístico utilizado para realizar el análisis de varianza (ANVA) fue SAS 9.1 y se realizó la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Numero de hojas por variedad de lechuga

Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos dejan como respuesta que las variedades respondieron de manera distinta a los bioestimulantes en cuanto al número de hojas. La italiana verde fue la más productiva con los tratamientos evaluados, ya que presento diferencia estadística significativa entre variedades evaluadas. La italiana roja presentó valores moderados y menor sensibilidad a los insumos, mientras que la romana verde registró los valores más bajos, sin diferencias claras entre tratamientos, lo que evidencia una respuesta limitada a la bioestimulación en este genotipo. En la variedad italiana verde, el tratamiento que mejor rendimiento presento fue en donde se aplicaron aminoácidos y el menor rendimiento lo presento el testigo, no encontrando diferencia estadística entre los tratamientos en esta variedad (Fig. 4)

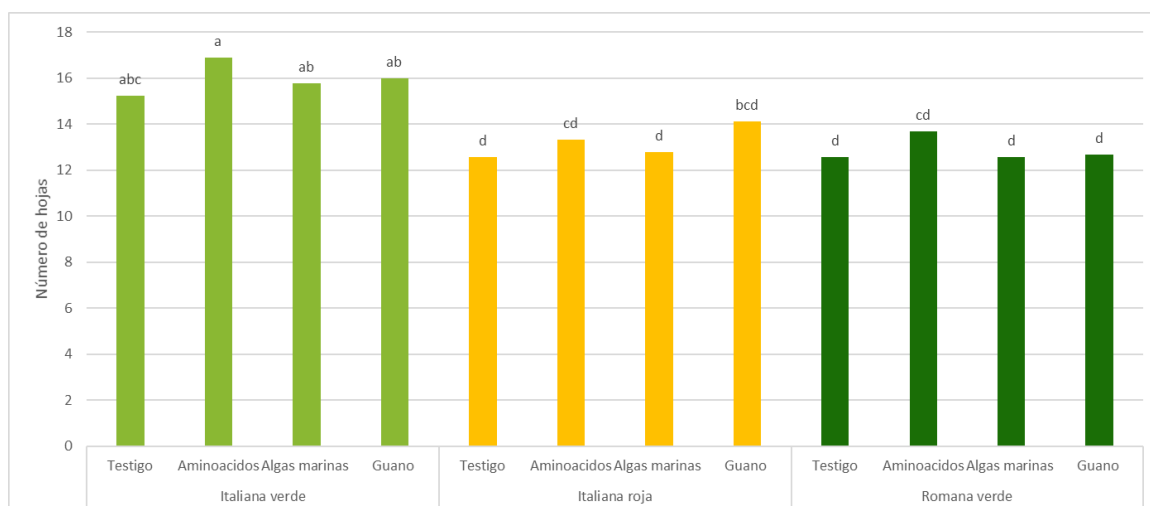


Figura. 4 Número de hojas en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

Lo anterior es similar con los resultados de Alfonso et al., (2011) donde coincidimos que el uso de aminoácidos da como respuesta a un mayor número de hojas al final de la producción del cultivo de lechuga.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran concordancia con lo reportado por Reyna et al., (2025) quienes también aplicaron productos foliares en el cultivo de lechuga, específicamente ácido piroleñoso y Quitomax. En su investigación se

observó un incremento del 2% en comparación con el testigo. Sin embargo, al contrastar ambos trabajos, nuestros resultados destacan por alcanzar un mayor número de hojas en el cultivo. Esta diferencia evidencia la efectividad de los tratamientos empleados en nuestro caso.

Estos resultados sugieren una posible interacción variedad por tratamiento, donde la respuesta a los aminoácidos depende del potencial genético del material vegetal. El efecto positivo observado en italiana verde podría estar relacionado con la función de los aminoácidos como precursores hormonales y estimuladores del metabolismo nitrogenado, favoreciendo la división y expansión celular, lo que se traduce en mayor emisión foliar. Sin embargo, la ausencia de respuesta significativa en otras variedades indica que el efecto bioestimulante no es universal, si no dependiendo del genotipo.

4.2. Longitud de hojas por variedad de lechuga

El análisis estadístico de los resultados permitió determinar que no existieron diferencias significativas entre las tres variedades evaluadas en términos generales. No obstante, al examinar de manera particular las variedades italianas roja y romana verde, se identificaron variaciones relevantes entre los tratamientos aplicados. En ambas variedades, el tratamiento con guano se destacó como el más eficiente, ya que promovió un incremento significativo en la longitud foliar, evidenciando un efecto positivo de este insumo sobre el desarrollo vegetativo. Por el contrario, los tratamientos basados en aminoácidos y extractos de algas marinas no mostraron ventajas estadísticas frente al testigo, lo que sugiere que su influencia sobre esta variable fue limitada (Fig. 5)

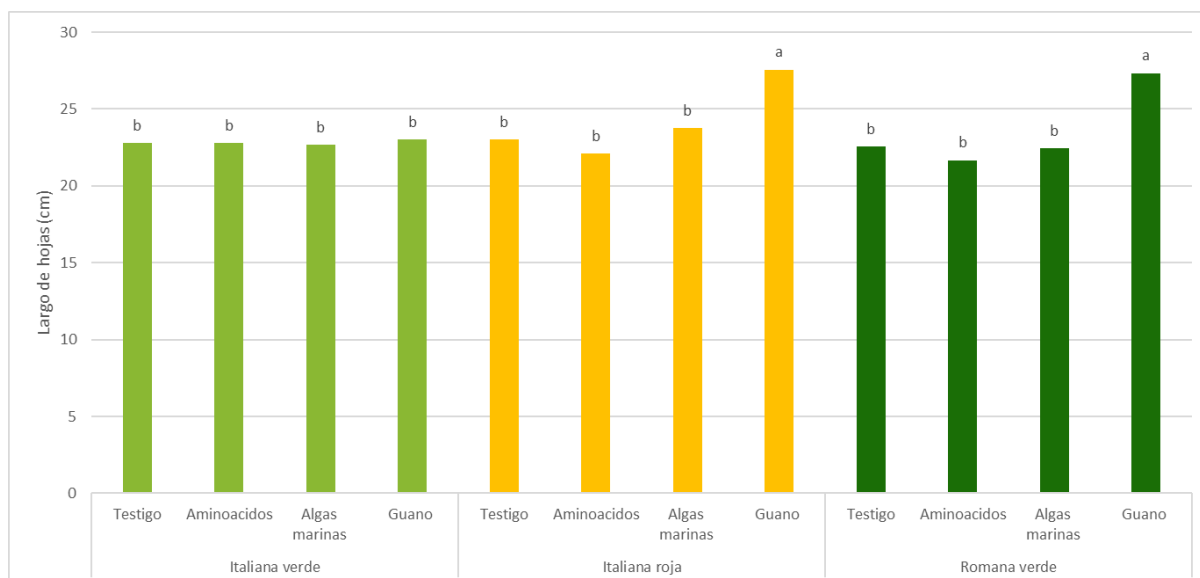


Figura. 5 Largo de hojas en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

El presente estudio confirma que la longitud de las hojas obtenidas guarda relación con lo descrito por Ricardo Morales et al., (2019) quien, en su investigación, aplicaron tres soluciones nutritivas diferentes junto con bioestimulantes como humus líquidos, fitohormonas y solución Steiner. Los resultados mostraron un incremento significativo en el largo de las hojas de lechuga. Dicho rendimiento fue superior al observado en nuestras muestras experimentales.

Nuestros resultados coinciden con lo señalado por Gómez et al., (2025) quienes demostraron la respuesta positiva de la planta en cuanto a la longitud de las hojas en los distintos momentos evaluados, destacando la mayor efectividad en los tratamientos aplicados. Esto confirma que la lechuga responde favorablemente a la incorporación de bioproductos. Además, se reporta que la aplicación de bioestimulantes y el uso de lombricompost generaron un incremento significativo en la longitud foliar.

El largo de hojas fue influenciado por los tratamientos de manera dependiente de la variedad. En italiana verde no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que en la italiana roja y romana verde el guano promovió el mayor crecimiento foliar en longitud. Estos resultados indican que el uso de guano puede ser una estrategia eficiente para estimular la elongación de hojas en ciertas variedades, resaltando la necesidad de considerar la respuesta varietal al definir prácticas de manejo nutricional.

4.3. Longitud de raíz por variedad de lechuga

Los hallazgos de este estudio mostraron respuesta diferenciadas entre las tres variedades en cuanto al largo de raíz. Para la variedad italiana roja, el testigo y el tratamiento con aminoácidos fueron los que alcanzaron mayores resultados. Sin embargo, para la variedad italiana verde el tratamiento que mejor rendimiento presento fue en donde se aplicaron algas marinas y el menor rendimiento lo presento el testigo. En la variedad romana el que obtuvo mayor resultado fue la aplicación de aminoácidos y el de menor rendimiento fue el testigo. En general, los resultados indican que los bioestimulantes presentan efectos específicos según la variedad y el órgano evaluado, siendo el largo de raíz una variable altamente dependiente del genotipo (Fig. 6)

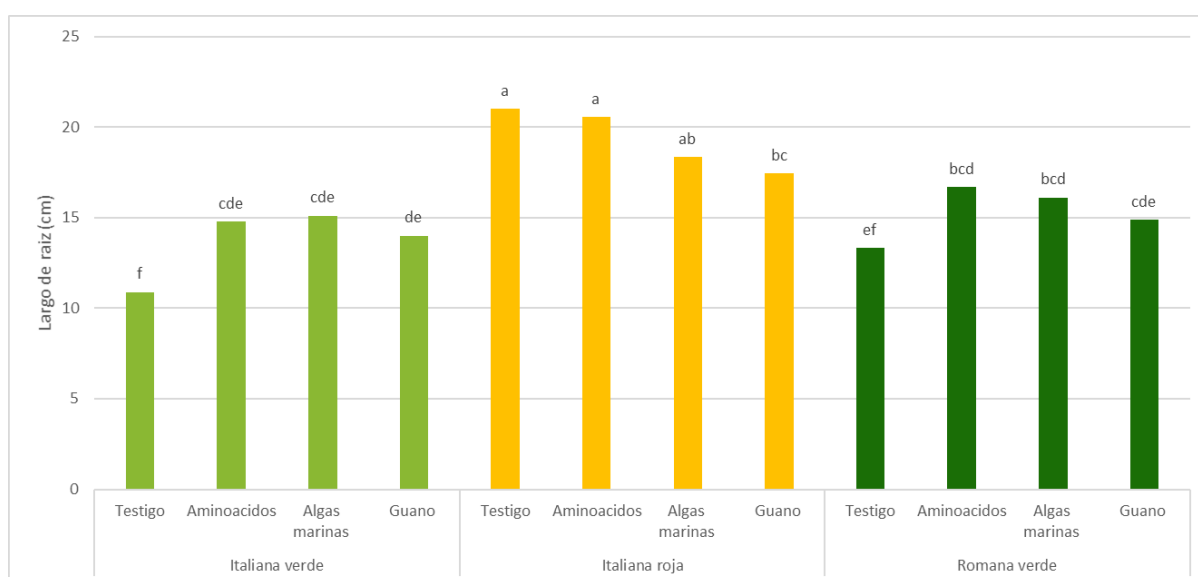


Figura. 6 Largo de raíz en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

El presente estudio confirma que la longitud de raíz obtenida guarda relación con lo descrito por Maldonado Lino & S.M (2023) ya que en su investigación emplearon una solución nutritiva complementada con una dosis de humus de lombriz como fertilizante. Los resultados mostraron un desarrollo radicular más extenso en comparación con el observado en nuestras muestras. Esta diferencia evidencia la eficacia de dicho tratamiento para mejorar la longitud de raíz en el cultivo de lechuga.

Considerando lo señalado por Cruz Valle et al., (2025) y nuestro estudio guarda relación, ya que en su investigación también se emplearon aminoácidos y algas marinas. Sin embargo, ellos no reportaron diferencias significativas entre los bioestimulantes utilizados. En contraste, nuestros resultados evidenciaron una mayor longitud radicular al aplicar los mismos bioestimulantes, lo que resalta la efectividad observada en nuestro trabajo.

El largo de raíz fue influenciado de manera significativa por los tratamientos en función de la variedad. En italiana verde, los aminoácidos y las algas marinas promovieron un mayor desarrollo radicular; en italiana roja, se observó un alto crecimiento de raíz independientemente del tratamiento; mientras que, en Romana verde, los aminoácidos mostraron el mayor efecto positivo. Estos resultados confirman que la respuesta radicular depende tanto del tratamiento aplicado como de la variedad, resaltando la importancia de considerar esta interacción para optimizar el manejo nutricional y el establecimiento del cultivo.

4.4. Diámetro de tallo por variedad de lechuga

Los resultados muestran que el diámetro de tallo no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados de las tres variedades con la aplicación de los bioestimulantes, lo que evidencia una baja sensibilidad de esta variable frente a la bioestimulación. En la variedad italiana verde no se observó diferencia entre el testigo, aminoácidos, algas marinas y guano ya que presentaron valores similares lo que indica que ninguno del tratamiento aplicado influyó en el diámetro de tallo. En cuanto a la italiana roja, aunque el testigo fue el que obtuvo mejor resultado, tampoco se encontraron diferencias en cuanto a los bioestimulantes aplicados. Sin embargo, en la variedad romana verde se registraron valores más altos en el tratamiento con aminoácidos no obstante este valor no presentó diferencia estadística entre los demás tratamientos. En conjunto, estos hallazgos permiten concluir que el diámetro de tallo no constituye un parámetro sensible a la aplicación de bioestimulantes en las variedades estudiadas (Fig. 7)

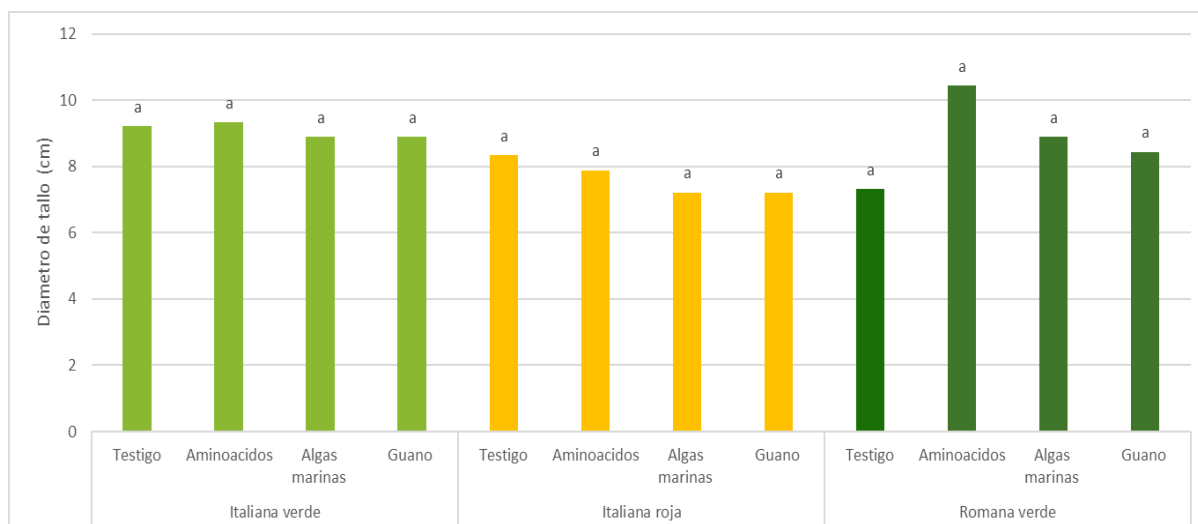


Figura. 7 Diámetro de tallo en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

Nuestros hallazgos se corresponden a lo descrito por Cruz Valle et al., (2025), quien también empleó bioestimulantes en sus ensayos y al igual que en su investigación, tampoco se registraron diferencias estadísticamente significativas en el diámetro del tallo, lo que refuerza la evidencia de que este parámetro no se ve afectado por la aplicación de dichos tratamientos.

Según lo reportado por Pérez Fernández et al., (2022) el uso de VIUSID Agro no generó diferencias en el diámetro del tallo, aunque se atribuye su efecto a una mejor absorción de nutrientes gracias a los aminoácidos libres que contiene. Dichos compuestos, de bajo peso molecular, son rápidamente transportados y aprovechados en la síntesis de proteínas, favoreciendo la producción. Al comparar ambos estudios, nuestros resultados fueron superiores, lo que evidencia la efectividad de los tratamientos aplicados.

El diámetro de tallo no mostro diferencias estadísticas con la aplicación de aminoácidos, algas marinas o guano en ninguna de las tres variedades evaluadas. Las variaciones observadas se relacionan principalmente con la variabilidad genética, destacando la romana verde por presentar los valores más altos. Estos resultados Confirman que el diámetro de tallo es una variable estable y poco sensible a los tratamientos, por lo que su análisis debe complementarse con otros parámetros de crecimiento para una evaluación integral del cultivo.

4.5. Peso fresco de planta por variedad de lechuga

Los resultados nos muestran que si hubo diferencia estadística entre las tres variedades y tratamientos que se aplicaron. En cuanto a la variedad italiana verde no hubo mucha diferencia en cuanto a la aplicación de los tratamientos, sin embargo, el tratamiento con aminoácidos presento mayor resultado en cuanto al peso fresco de planta, en cuanto al testigo sin aplicación y el tratamiento de algas marinas presentó valores menores. En la variedad italiana roja se observaron valores más bajos en comparación con las otras variedades, sin embargo, en esta variedad el tratamiento que obtuvo mejor resultado fue el guano. Romana verde fue la que alcanzo mayores incrementos con aminoácidos y el menor rendimiento lo presento el testigo. Estos resultados confirman que la eficacia de los bioestimulantes depende del potencial genético de cada cultivar y que su aplicación adecuada (Fig. 8)

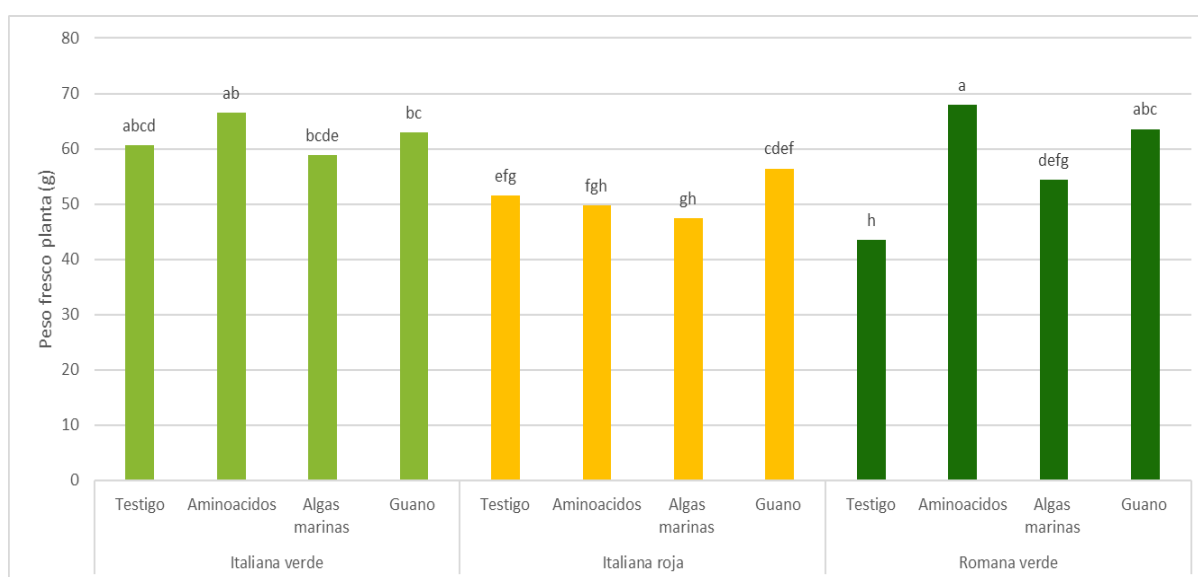


Figura. 8 Peso fresco de planta en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

Los pesos obtenidos en nuestras muestras coinciden con lo reportado por Condor Navarro, D. R., & Romero Ubaldo, F. J. (2023), quienes emplearon tres diferentes soluciones nutritivas en sus ensayos, en su investigación, el peso de las plantas resultó superior al registrado en nuestro trabajo. Esta comparación evidencia la influencia positiva de las soluciones nutritivas en el desarrollo de la lechuga, los resultados refuerzan la importancia de su aplicación para optimizar el rendimiento del cultivo.

Nuestros resultados coinciden con lo señalado por Reyna et al. (2025), quienes aplicaron bioestimulantes en lechuga y reportaron mejoras en el peso fresco de planta, ya que dichos productos favorecen la fotosíntesis y el estado nutricional de las hojas, incrementando el rendimiento del cultivo. Sin embargo, al comparar ambos trabajos, el peso fresco obtenido en nuestro estudio fue menor.

El peso fresco de planta fue significativamente influenciado por los tratamientos aplicados, con respuestas diferenciadas según la variedad. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar estrategias de manejo nutricional específicas para cada variedad con el fin de optimizar el crecimiento vegetativo y el rendimiento potencial del cultivo.

4.6. Peso fresco de hojas por variedad de lechuga

La evidencia obtenida nos confirma que hubo diferencias estadísticas entre las 3 variedades sin embargo en la variedad italiana verde se observaron pequeñas diferencias entre los tratamientos aplicados ya que los aminoácidos obtuvieron mejores resultados sin embargo entre el testigo sin aplicación y el tratamiento con algas marinas presentaron menores resultados. En la variedad italiana roja el tratamiento que resalto en cuanto al peso fresco de hojas fue el guano mientras que el bioestimulante de algas marinas presento menores resultados. en cuanto romana verde fue la variedad que obtuvo mejores resultados con la aplicación de aminoácidos y el guano sin embargo el testigo fue el que obtuvo menores resultados tanto en esta variedad como en las demás. Desde el punto de vista, podemos observar el incremento en el peso fresco de hojas refleja un mayor desarrollo foliar y capacidad fotosintética (Fig. 9)

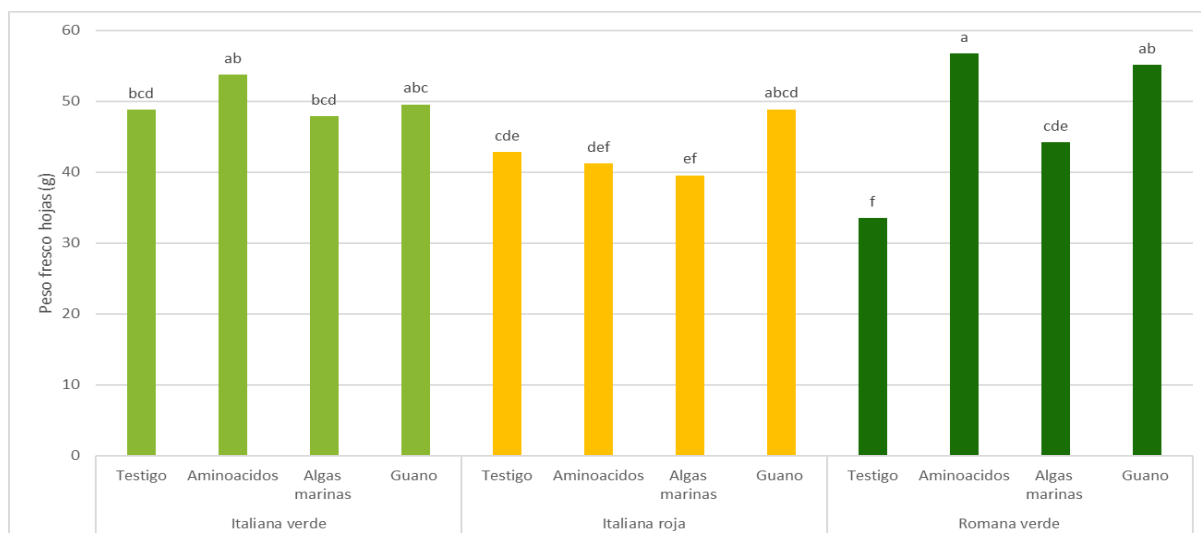


Figura. 9 Peso fresco de hojas en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

Los pesos obtenidos de las muestras de nuestro trabajo coinciden con lo reportado por Herrera A. et al., (2023) quienes también obtuvieron un mayor peso de lechuga en la cual utilizaron solución Steiner y bioestimulantes.

El peso fresco de hojas fue significativamente influenciado por los bioestimulantes, con resultados diferentes según la variedad. Los aminoácidos promovieron la mayor acumulación de biomasa foliar en la italiana verde y romana verde, mientras que en la italiana roja el guano fue el tratamiento más eficiente. Estos resultados destacan la importancia de seleccionar prácticas de manejo nutricional específicas para cada variedad con el fin de optimizar el crecimiento vegetativo del cultivo.

4.7. Peso seco de raíz por variedad de lechuga

En el presente trabajo se pudo observar que si hubo diferencias estadísticas entre las tres variedades evaluadas. En la italiana verde no se encontraron diferencias entre los tratamientos aplicados, sin embargo, el testigo sin aplicación registro el menor peso seco de raíz. La variedad italiana roja fue la que presentó los valores más bajos en todos los tratamientos en cuanto a las demás variedades y en la romana verde el tratamiento con aminoácidos fue el que presentó mejores resultados mientras que el testigo mostró el menor valor en esta variedad. Esto confirma que la eficacia de los bioestimulantes depende del genotipo y que, en ciertos cultivares, su aplicación puede favorecer la absorción de agua y nutrientes, impactando de manera indirecta el rendimiento del cultivo (Fig. 10)

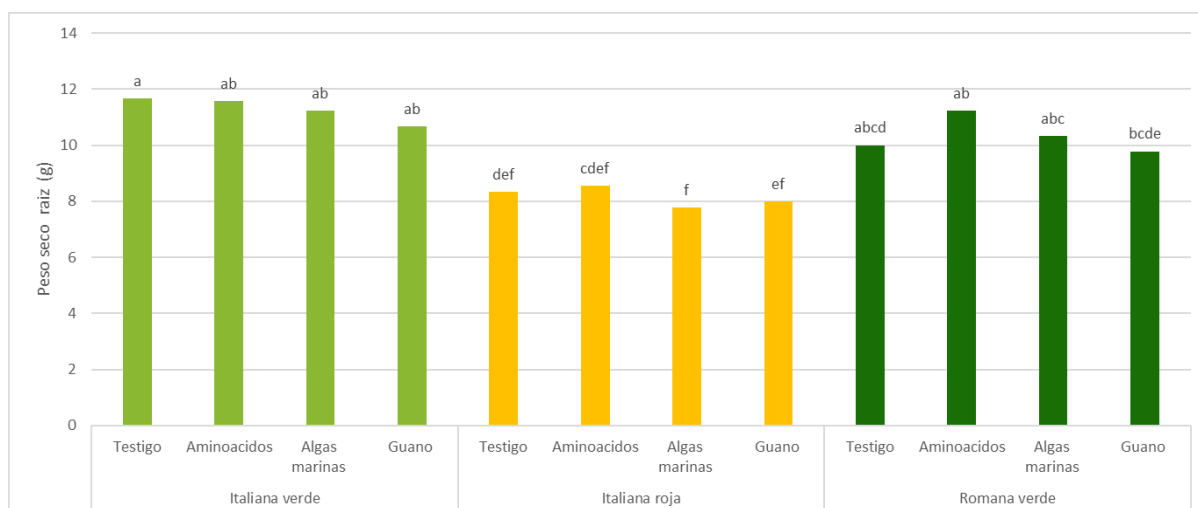


Figura. 10 Peso seco de raíz en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

El uso de bioestimulantes como aminoácidos y algas marinas en el cultivo de lechuga no generó diferencias significativas en el peso seco de raíz. En contraste, nuestros resultados mostraron valores superiores en esta variable. Esto confirma la efectividad de los tratamientos aplicados en nuestro estudio para potenciar el desarrollo radicular.

Según lo reportado por Azcárraga & D. J. (2022), la aplicación de *Trichoderma* como bioestimulante en la producción de lechuga muestra un efecto promisorio sobre el peso seco de raíz. Al comparar ambos estudios, nuestros resultados fueron más altos en esta variable. Esto confirma la efectividad de los tratamientos empleados en nuestro caso.

El peso seco de raíz mostro variaciones significativas según la variedad y el tratamiento aplicado. En la italiana verde, los tratamientos no superaron al testigo en acumulación de biomasa radicular; mientras que, en la italiana roja y romana verde, la aplicación de aminoácidos favoreció un mayor desarrollo radicular. En conjunto, esto confirma que la eficacia de los bioestimulantes está condicionada por el genotipo y que, en ciertos cultivares, su aplicación puede favorecer la absorción de agua y nutrientes, impactando indirectamente el rendimiento del cultivo.

4.8. Materia seca por variedad de lechuga

En los resultados obtenidos podemos observar que no hubo diferencias estadísticas entre las tres variedades sin embargo en la variedad italiana verde se puede observar que en la aplicación de los bioestimulantes el que resalto fue el de algas marinas y el que obtuvo menores resultados entre los demás tratamientos fue el guano a comparación del testigo sin aplicación que también obtuvo mejores resultados. Con la italiana roja el tratamiento con guano fue el que presento el valor más alto, mientras que algas marinas registró el menor resultado. La romana verde no presentó diferencia entre los tratamientos, sin embargo, el bioestimulante que obtuvo mayor rendimiento fue el de aminoácidos. Desde el punto de vista fisiológico, la materia seca representa la acumulación real de compuestos estructurales de la planta. La estabilidad observada sugiere que, bajo las condiciones del experimento, los tratamientos influyeron más en variables de crecimiento fresco que en la síntesis neta de biomasa seca (Fig. 11)

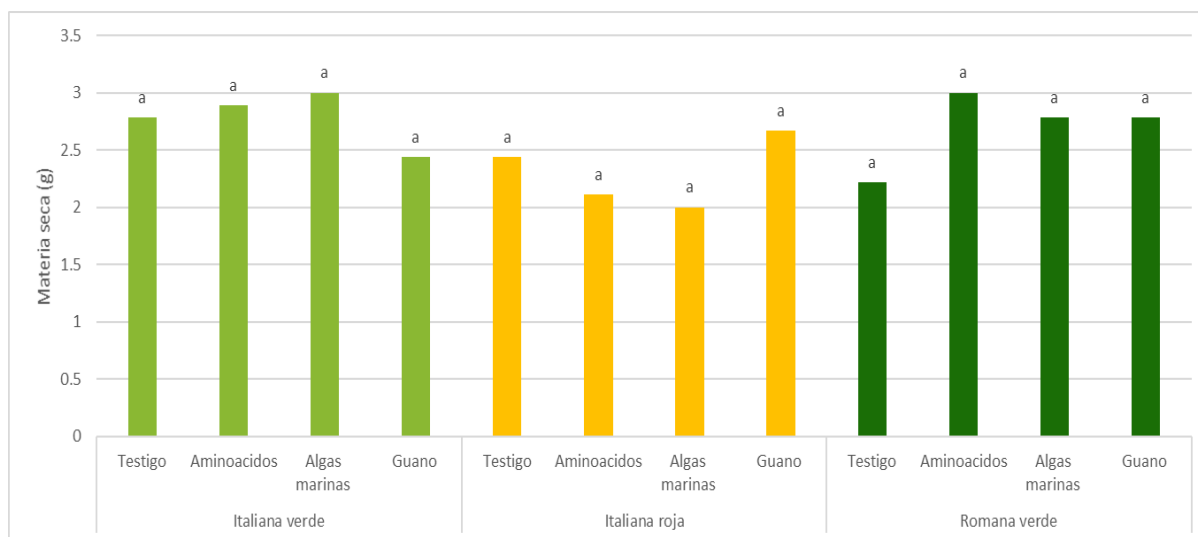


Figura. 11 Materia seca en lechugas italiana verde, italiana roja y romana verde.

Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Fortis-Hernández et al., (2024), respecto al uso de bioestimulantes; sin embargo, en su estudio se obtuvieron mayores valores de materia seca mediante aplicación foliar de NPs-ZnO mientras que nuestros resultados fueron inferiores. Estos hallazgos evidencian que los bioestimulantes favorecen el rendimiento productivo, mejoran la calidad nutricional de la lechuga y fortalecen su capacidad de adaptación frente al estrés.

Nuestros resultados muestran concordancia con lo reportado por González José & W. I. (2021), en relación con la aplicación de bioestimulantes. Sin embargo, al comparar ambos estudios, se observa que él obtuvo mayores valores de materia seca mediante el uso de extractos de algas marinas, donde se registraron diferencias significativas. En contraste, nuestros resultados fueron menores, lo que evidencia que la respuesta del cultivo puede variar según el tipo de bioestimulante empleado.

La materia seca no fue influenciada significativamente por los tratamientos aplicados en ninguna de las variedades evaluadas. Las diferencias observadas fueron únicamente numéricas y estuvieron más asociadas a la variabilidad genética entre variedades que al efecto de los insumos. Estos resultados sugieren que los tratamientos evaluados influyeron principalmente en variables de crecimiento fresco, sin modificar de manera significativa la acumulación de biomasa estructural del cultivo.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo obtenido en el experimento podemos concluir que los resultados demuestran que las variedades de la lechuga responden de manera diferenciada a los tratamientos foliares aplicados. En la variedad italiana verde, los tratamientos no superaron al testigo en la acumulación de biomasa radicular seca; mientras que, en la italiana roja y romana verde, la aplicación de aminoácidos promovió un mayor desarrollo radicular. Estos hallazgos confirman que la respuesta varietal es determinante en la eficacia de los bioestimulantes y que su elección adecuada constituye una estrategia eficaz para mejorar el crecimiento y desempeño del cultivo. Los resultados evidencian que cada bioestimulante tuvo efectos específicos: en italiana verde no se observaron mejoras frente al testigo, mientras que en la italiana roja y romana verde los aminoácidos potenciaron el desarrollo radicular. En conjunto, esto confirma que la eficacia de los bioestimulantes está condicionada por el genotipo y que, en ciertos cultivares, su aplicación puede favorecer la absorción de agua y nutrientes, impactando indirectamente el rendimiento del cultivo.

6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Aguilar-Anccota, R., Guillen-Juárez, A. C., Maldonado-Duque, E., Rafael-Rutte, R., Silupú-Masías, J. A., Calle-Cheje, Y. H., & Morales-Pizarro, A. (2024). Enfermedades fungosas asociadas al cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y alternativas de control químico in vitro y en condiciones hidropónicas. *Manglar*, 21(4), 517-527.

Alfonso, Elein Terry, et al. "Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos." *Cultivos Tropicales* 32.1 (2011): 77-82.

Alfonso, Elein Terry, et al. "Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos." *Cultivos Tropicales* 32.1 (2011): 77-82.

Andrade, M. 2020. Definición de Hidroponia (en línea, sitio web). Consultado 2 mar. 2025. Disponible en <https://www.definicionabc.com/ciencia/hidroponia.php>.

Arteaga, A. 2022. Rol de los bioestimulantes en el mecanismo de defensa de las plantas: Revisión de literatura (en línea). Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 41 p. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8f806b1d-62a9-4afc-87aa-2dadf02f9bbf/content>.

Azcárraga, D. J. (2022). Evaluación del efecto de dos cepas de trichoderma sobre el aumento de la producción de biomasa y precocidad en lechuga cv. Sagess, producida bajo invernadero.

Bilbao, M. L., & Frezza, D. (2022). *Lechuga*. Buenos Aires: Ediciones INTA.

Carrillo, SM. 2022. Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica (en línea). (129). Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018771512022000100508.

Certis. 2024. ¿Qué es un Bioestimulante? (en línea, sitio web). Disponible en <https://certisbelchim.es/que-es-un-bioestimulante-como-puede-mejorar-la-calidad-de-tu-cosecha/>.

Chassouant, C. 2020. Introducción a la hidroponía: lechuga en sistema NFT bajo invernaderos (en línea, sitio web). Consultado 29 mar. 2023. Disponible en [https://horti-generation.com/es/introduccion-a-la-hidroponia-lechuga-en-sistema-nft-bajo invernaderos/](https://horti-generation.com/es/introduccion-a-la-hidroponia-lechuga-en-sistema-nft-bajo-invernaderos/).

Chiroque, J., & Castaño, R. (2019, October 28). Caracterizacion de la Lechuga (Lactuca sativa.L.) en la unidad Guayabal. Engormix. https://www.engormix.com/agricultura/miscellaneous/caracterizacion-lechuga-lactuca-sativa_a44527/

Condor Navarro, D. R., & Romero Ubaldo, F. J. (2023). Desarrollo de la lechuga (Lactuca sativa L.) por hidroponía con diferentes soluciones nutritivas.

Condor Navarro, D. R., & Romero Ubaldo, F. J. (2023). Desarrollo de la lechuga (Lactuca sativa L.) por hidroponía con diferentes soluciones nutritivas.

Cruz Valle, R. E., & Flores Guillen, F. M. (2025). Optimización del rendimiento y rentabilidad del cultivo de lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía mediante el uso de bioestimulantes y soluciones nutritivas.

Cruz Valle, R. E., & Flores Guillen, F. M. (2025). Optimización del rendimiento y rentabilidad del cultivo de lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía mediante el uso de bioestimulantes y soluciones nutritivas.

Cunache, E. (2023). “Evaluación tres biopreparados en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa).” [UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37608/1/Tesis351%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20%20Cunache%20Lasluisa%20Evelyn%20Andrea.pdf>

FAO. (2023, March 24). Crops and Livestock Products. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>.

Fortis-Hernández, M., Pivaral-Chávez, A. G., Galindo-Guzmán, A. P., Preciado-Rangel, P., Ruiz-Ortega, F. J., & Trejo-Valencia, R. (2024). Nanopartículas de óxido de zinc para incrementar rendimiento, compuestos bioactivos y actividad enzimática en lechuga. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(1).

Gaviola, J; Granval, N. 2018. Manual de producción de semillas hortícolas (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp.4_origen_e_historia_botanica.pdf.

Giraldo Núñez, D. M. (2024). Estrategias biológicas para el manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* (Hidropónico).

Gómez, L. G. G., Arteaga, M. C. J., Cisneros, E. I. R., Reyna, M. V., Sopalo, W. I. L., Soler, J. C. T., & Rodríguez, A. B. F. (2025). Evaluación de Quitomax® y Rendplus en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.) variedad Fomento 95. *Chone, Ciencia y Tecnología*, 3(2).

Gómez, L. G. G., Arteaga, M. C. J., Cisneros, E. I. R., Reyna, M. V., Sopalo, W. I. L., Soler, J. C. T., & Rodríguez, A. B. F. (2025). Evaluación de Quitomax® y Rendplus en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.) variedad Fomento 95. *Chone, Ciencia y Tecnología*, 3(2).

González José, W. I. (2021). Producción de lechuga hidropónica *Lactuca sativa* L., en sistema de raíz flotante bajo el efecto de 3 bioestimulantes.

Herrera, A. L., de la Rosa Rodríguez, R., & Téllez, L. I. T. (2023). Producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva. *Bioagro*, 35(2), 113-122.

Herrera, A. L., de la Rosa Rodríguez, R., & Téllez, L. I. T. (2023). Producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva. *Bioagro*, 35(2), 113-122.

- InfoAgro. (2017) (s.f). Control climático en invernaderos. http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm.
- LaPlante, G., Andrekovic, S., Young, R. G., Kelly, J. M., Bennett, N., Currie, E. J., & Hanner, R. H. (2021). Canadian Greenhouse Operations and Their Potential to Enhance Domestic Food Security. *Agronomy* 2021, Vol. 11, Page 1229, 11(6), 1229. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11061229>.
- Leiva-Mora, M., Páez Martínez, P. P., Bernal Cabrera, A., Pérez Salinas, M. O., Muñoz Espinoza, M., Vasquez Freytez, C. L., & León Gordón, O. A. (2020). El complejo de especies de *Sclerotinia* y su importancia fitopatológica en cultivos tropicales. *Centro Agrícola*, 47, 29-32.
- Linares, C. 2024. Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos: Origen y Uso (en línea, sitio web). Disponible en <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/fertilidad/acidoss-humicos-y-acidos-fulvicos-origen-y-uso/>.
- Mabela, G. 2018. La Hidroponía: Cultivos sin Suelo | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Consultado 10 mar. 2023. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/horticulturaprotegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>.
- Maldonado Lino, S. M. (2023). Efecto de la aplicación de una dosis de humus líquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en solución nutritiva en Pucallpa–Ucayali 2023.
- Maldonado Lino, S. M. (2023). Efecto de la aplicación de una dosis de humus líquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en solución nutritiva en Pucallpa–Ucayali 2023.
- Mamani Mamani, V., Loza Murguía, M., Coronel Quispe, L., Sainz Mendoza, H., Paye Huaranca, V., & Coronel, F. (2014). Uso de la orina humana como fertilizante en la producción de lechuga. 24–38. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v3n1/v3n1_a04.pdf.

- Muñoz C., J. M., Muñoz P., J. A., & Montes R., C. 2015. Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en popayan, cauca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n1/v13n1a09.pdf>.
- Pérez-Fernández, N., Gutiérrez-Gevara, O., & Fonseca-Pérez, M. (2022). Efecto de VIUSID® Agro en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*, L.) en condiciones de organoponía. *Cultivos Tropicales*, 43(4), 1-6.
- Pucuna, J. (2020). Evaluación del efecto de extractos hidroalcohólicos para el manejo de hongos fitopatógenos en lechuga (*Lactuca sativa* L.), Chimborazo - Ecuador [Universidad Agraria Del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PUCUNA%20CHUMA%20JENNIFFERN%20GISSELA.pdf>
- Reyna, M. V., Gómez, L. G. G., Lahera, A. O., Arteaga, M. C. J., Sopalo, W. I. L., Soler, J. C. T., & Rodríguez, A. B. F. (2025). Evaluación de bioproductos en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.) variedad Fomento 95. *Chone, Ciencia y Tecnología*, 3(2).
- Reyna, M. V., Gómez, L. G. G., Lahera, A. O., Arteaga, M. C. J., Sopalo, W. I. L., Soler, J. C. T., & Rodríguez, A. B. F. (2025). Evaluación de bioproductos en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L.) variedad Fomento 95. *Chone, Ciencia y Tecnología*, 3(2).
- Ricardo Morales, J. J. (2019). Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica *Lactuca sativa* L. en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.).
- Ricardo Morales, J. J. (2019). Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica *Lactuca sativa* L. en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.).

Roislen, C. 2019. Caracterizacion de la Lechuga (*Lactuca sativa*.L.) en la unidad Guayabal (en línea, sitio web). Consultado 10 mar. 2023. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/caracterizacion-lechuga-lactuca-sativa-t44527.htm>.

Sánchez, J. (2019). Producción de lechuga. Consultado el 12 de abril del 2022 en: <https://produccionlechugajulian.blogspot.com/2019/06/taxonomia-de-la-lechuga.html>.

SIAP (2024) <https://online.pubhtml5.com/rsarc/ywrn/>.