

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA



Evaluación del Rendimiento y Calidad de Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en Respuesta
a la Aplicación de Bioestimulantes Foliares

Por:

MADAI MENDIOLA HERNANDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Evaluación del Rendimiento y Calidad de Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en Respuesta
a la Aplicación de Bioestimulantes Foliares

Por:

MADAI MENDIOLA HERNANDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

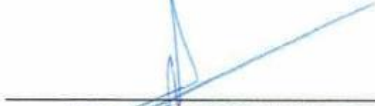
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité Asesor:


DRA LAURA RAQUEL LUNA GARCIA
Asesor Principal


MC MARTIN ALEJANDRO TUCUCH PEREZ
Asesor Principal Externo


DR. ARMANDO HERNANDEZ PEREZ
Coasesor


DR. VICTOR MANUEL REYES SALAS
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir la verdad que no incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (cortar y pegar); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar las ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos ilustraciones, gráficas, mapas, o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

MADAI Mendiola

Madai Mendiola Hernández

PASANTE

DEDICATORIAS

En primer lugar, es dedicada a **DIOS** por ser mi guía, mi fortaleza en cada paso de este camino. Por brindarme su orientación, sabiduría y fuerzas suficientes para obtener cada una de mis logros, superar cada uno de mis obstáculos y miedos durante todo este proceso, por ello con todo mi amor le dedico mi tesis y mi carrera profesional plenamente a él.

A mis padres

Quienes han sido mi mayor fuente de amor, fortaleza e inspiración a lo largo de la vida. Esta tesis es fruto de sus enseñanzas, su ejemplo y su fe constante. A mi mamá **Eva Hernández Castro** quien me enseñó a luchar con el corazón en alto y los pies firmes en la tierra. A mi papá **Miguel Mendiola Castro**, por ser mi ejemplo de esfuerzo, constancia y dignidad. Este logro también es de ustedes, “LOS AMO MUCHO”

A mis hermanos

Santiago, Miguel Ángel y Mario, que han sido un gran pilar importante para poder lograr este logro ya que me apoyaron en cada uno de los momentos de este proceso y no me dejaron sola en ningún momento.

A mis hermanas

Eva Sarahí, Laura, luz, Yulisa, Karina quienes me demostraron su apoyo incondicional hacia a mí en cada momento.

A mis sobrinos y sobrinas

Que este logro sea un ejemplo que con esfuerzos y dedicación pueden lograr todo lo que se propongan. “Los quiero mucho”.

A mis amigos y compañeros de la Universidad

Que se convirtieron en familia durante este camino por estar conmigo en las buenas y malas en cada momento, por ser mi soporte emocional y por hacer de este camino una experiencia inolvidable los llevo en mi corazón para siempre.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a **DIOS**, quien me acompaño en cada paso de mi vida, me dio salud e ilumino mi camino en todo el momento. Gracias dios, por permitirme llegar a este logro tan importante en mi vida, gracias por poner a mis padres y seres queridos, quienes han sido mi apoyo incondicional.

A mis padres

Con todo mi cariño, gratitud gracias por su ejemplo de vida los cuales han sido fundamentales en mi formación profesional, por brindarme siempre las herramientas necesarias para seguir adelante sus consejos y valores han sido la base fundamental para alcanzar este logro no solo me pretense, sino que también es reflejo de su esfuerzo. Gracias por su amor, sus sacrificios y crear en mi incluso cuando dudaba. Este triunfo no es solo mío sino también suyo.

A mi hermana

Eva Sarahi, por su perseverancia por impulsarme a continuar con mi formación académica que con su apoyo incondicional y sus palabras de aliento que me han impulsado a salir a delante. Gracias por creer en mí y empujarme a seguir adelante.

A mis hermanos

Santiago, Miguel Ángel Y Mario Israel, Gracias por cada palabra de aliento, por su apoyo constante y por ser fuente invaluable de motivación a lo largo de este proceso tan importante en mi vida. Agradezco sinceramente sus respaldos no solo en lo emocional, sino también en lo económico, el cual fue fundamental para continuar y culminar mis estudios.

Este logro también es parte de ustedes, ya que su apoyo ha sido clave en cada paso de este camino.

A mis amigos

Gerardo, Josué, Mario, Jaime, Rodrigo, Esteban, Rosa, Citlalli, Karen Michel, Estefanía, Dulce, Yazmin, agradezco de todo corazón su amistad, apoyo de cada uno de ustedes y hacer más amena mi etapa universitaria, las desveladas estudiando, las risas en clases, los proyectos en equipo,

los logros y desafíos superados. Esos momentos son lo que hacen que la experiencia universitaria sea inolvidable me llevo cada uno de sus recuerdos para siempre.

Gracias Gerardo Ángel Rivera y Rasa Isela por los momentos que hemos compartido juntos y por apoyarme en mis momentos más venerables.

Gracias Josué Ortiz López, por asesorarme en este proyecto tan importante.

A la Dra. Laura Raquel luna García

Agradezco por su paciencia, disponibilidad y apoyo hacia a mí que fueron fundamentales para llevar a cabo este trabajo de tesis.

Al M.C. Martin Alejandro Tucuch Pérez

Por la oportunidad que me brindo al proporcionarnos los medios adecuados para el arranque y culminación de este proyecto.

A mis Profesores del Departamento de Horticultura

Dra. Laura Raquel, Ing. Víctor, Ing Galindo, Dra. Rosalinda, Dr. Leobardo Bañuelos, Dra. Fabiola, Dr. Jose Antonio, y Dr. Armando, Fueron fundamentales para el desarrollo de mi formación académica y de cada uno de ustedes me llevo un aprendizaje que me servirá durante mi vida profesional.

Dr. José Antonio Hernández

Agradezco sus palabras de motivación y por asesorarme en el trayecto de mi etapa universitaria.

A Mi Alma Terra Mater

Ala universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, estoy agradecida por pertenecer a esta institución que me abrió sus puertas, que fue como mi segunda casa, que permitió conocer a mi nueva familia que a pesar de la distancia los llevo en mi corazón y formarme no solo como profesional, sino como persona. **“Porque una vez buitre, siempre buitre”**

INDICE

DEDICATORIAS	IV
INDICE.....	VII
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE CUADROS	XI
RESUMEN	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen del cultivo.....	3
2.2 Importancia del cultivo	3
2.3 Clasificación taxonómica del cultivo	4
2.4 Producción nacional e internacional	4
2.4.1 <i>Producción mundial de lechuga</i>	4
2.4.2 <i>Producción nacional de lechuga</i>	5
2.5 Morfología del cultivo.....	6
2.5.1 <i>Sistema radical</i>	6
2.5.2 <i>Tallo</i>	6
2.5.3 <i>Hojas</i>	6
2.5.4 <i>Flor</i>	7
2.5.5 <i>Semillas</i>	7
2.6 Etapas fenológicas de la lechuga.....	7
2.7 Principales variedades de lechugas en México	8
2.7.1 <i>Lechuga (Lactuca, sativa L.) var. Longifolia</i>	8
2.7.2 <i>Lechuga (Lactuca sativa L.) var. Capitata</i>	9
2.7.3 <i>Lechuga (Lactuca sativa L.) var. acephala Dill.</i>	9

2.7.4 <i>Lechuga (Lactuca sativa L.) var. Augustana.</i>	9
2.8 Requerimientos edafoclimáticos y nutricionales.	9
2.8.1 <i>Requerimientos Climáticos</i>	10
2.8.2 <i>Requerimientos hídricos</i>	10
2.9 Suelo y pH.	10
2.10 Nutrición	11
2.12 Bioestimulantes y reguladores de crecimiento	14
2.12.1 <i>Bioestimulantes vegetales</i>	14
2.12.2 <i>Reguladores del crecimiento</i>	14
2.12.3 <i>Clasificación de reguladores de crecimiento.</i>	14
2.12.4 <i>Stoller International LLC</i>	15
2.13 Fitohormonas	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.	19
3.1 Ubicación del experimento	19
3.2 Material vegetal.	19
3.3 Preparación del terreno.	19
3.4 Trasplante.	19
3.5 Condiciones climáticas	20
3.6 Fertirriego.	20
3.7 Control de plagas y enfermedades	21
3.8 Control de malezas.	21
3.9 Cosecha	21
3.10 Descripción de los tratamientos	22
3.10.1 <i>Tratamientos a evaluar</i>	22
3.11 Diseño experimental	22
3.12 Variables a evaluar	23

3.12.1	<i>Altura de la planta (AP)</i>	23
3.12.2	<i>Rendimiento total por m²</i>	23
3.12.3	<i>Hojas de desecho</i>	23
3.12.4	<i>Clorofila</i>	23
3.12.5	<i>Peso promedio de la cabeza (fresco y seco)</i>	23
3.12.6	<i>Firmeza</i>	23
3.12.7	<i>Diámetro polar y ecuatorial de la cabeza</i>	23
3.12.8	<i>Densidad</i>	24
3.12.9	<i>Análisis estadístico</i>	24
4.	Resultados y Discusión	25
4.1	Altura de planta (AP)	26
4.2	Rendimiento GENERAL (RTOG)	27
4.3	Hoja de desecho (HDD)	28
		30
4.4	Clorofila (CLO)	30
4.5	Peso fresco (PF)	32
		33
4.6.	Peso seco (PS)	33
4.7	Firmeza (FIR)	35
4.10	Densidad (DEN)	38
4.11	Análisis costo beneficio	39
5.	CONCLUSIONES	42
6.	RECOMENDACIONES	44
7.	LITERATURA CITADA	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ficha técnica del producto Stimulate de la empresa Stoller.	16
Figura 2. Ficha técnica del producto X-cyte de la empresa Stoller.....	17
Figura 3. Efecto del uso de diferentes dosis y bioestimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre la altura de planta del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L). ...	27
Figure 4. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre el rendimiento general del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L).	28
Figure 5. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre la hoja de desecho del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L)....	30
Figura 6. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre la clorofila del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	31
Figura 7. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre el peso fresco del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L)	33
Figura 8. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre el peso seco del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	34
Figura 9. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre la firmeza del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	36
Figura 10. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre el diámetro polar del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.). ..	37
Figura 11. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre el diámetro ecuatorial del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L)..	38
Figura 12. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L ⁻¹ sobre la dencidad del cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de lechuga 2022.	4
Cuadro 2. Principales estados productores nacionales del cultivo de lechuga (<i>Latuca sativa</i> L) durante el año 2023.....	5
Cuadro 3. Ciclo de producción y/o etapas fenológicas del cultivo de lechuga (<i>Latuca Sativa</i> L). 7	
Cuadro 4. Soluciones nutritivas en ppm propuestas por diferentes autores para el cultivo de lechuga (<i>Latuca sativa</i> L).	11
Cuadro 5. Principales reguladores de crecimiento para cultivos hortícolas.....	14
Cuadro 6. Fechas de aplicación de solución nutritiva en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L).	20
Cuadro 7. Solución nutritiva y fertilizantes que se aplicaron en el cultivo de lechuga durante el experimento.	21
Cuadro 8. Dosis de aplicación de cada tratamiento en el cultivo de lechuga (<i>Latuca sativa</i> L)... ..	22
Cuadro 9. <i>Análisis de Varianza (ANOVA) para las variables agronómicas del experimento.</i>	25
Cuadro 10. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables sobre la calidad del experimento.	25
Cuadro 11. Análisis económico de los costos de aplicación de los tratamientos evaluados en el cultivo de lechuga.	40
Cuadro 12 Análisis de costo-beneficio de los tratamientos evaluados en el cultivo de lechuga. 41	
Cuadro 13 Interpretación de la relación beneficio-coste de los tratamientos con bioestimulantes en el cultivo de lechuga.	41

RESUMEN

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica y consumo a nivel mundial. En este contexto, el uso de bioestimulantes foliares representa una alternativa para mejorar el crecimiento, la calidad y la productividad de los cultivos, debido a su capacidad para estimular procesos fisiológicos asociados al desarrollo vegetal y la eficiencia en el uso de nutrientes. No obstante, la respuesta de los cultivos a estos productos puede variar según la dosis, la frecuencia de aplicación y las condiciones de manejo, por lo que resulta necesario evaluar su efectividad en condiciones locales de producción. El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de dos bioestimulantes foliares a base de hormonas vegetales, Stimulate® (auxinas, giberelinas y citoquininas) y X-Cyte® (citoquininas), sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de lechuga. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los productos se aplicaron de forma foliar en dosis de 250 y 500 mL ha⁻¹ con una frecuencia semanal, realizando nueve aplicaciones durante el ciclo del cultivo. Se evaluaron variables de crecimiento, calidad y rendimiento. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas únicamente en las variables altura de planta y diámetro ecuatorial. El tratamiento T2 (Stimulate® 500 mL ha⁻¹) presentó los mayores valores promedio en estas variables. Aunque el rendimiento no mostró diferencias estadísticas significativas, T2 registró un incremento estimado de 5.12 t ha⁻¹ respecto al testigo. En conclusión, la aplicación semanal de Stimulate® a 500 mL ha⁻¹ favoreció el crecimiento vegetativo del cultivo y mostró el mejor desempeño general entre los tratamientos evaluados.

Palabras clave: Fitohormonas, Estimulación del crecimiento, Reguladores vegetales, Manejo agronómico, Producción hortícola.

1. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas de hoja de mayor importancia a nivel mundial por su alta demanda en fresco y su valor nutrimental (Fonnegra y Jiménez 2007), caracterizado por bajo contenido calórico y aporte de vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes (García- Terrazas *et al.*, 2022). Aunque su origen es aún motivo de debate (Carrasco y Sandoval, 2016), existen evidencias que sitúan su domesticación en regiones del Cercano Oriente y Asia meridional, con registros tempranos de cultivo en el antiguo Egipto (Velásquez, 2019).

En el contexto productivo, China lidera la producción mundial produciendo el 55.2% del total (SIAP 2024)., mientras que México se posiciona entre los primeros países productores, posicionando el 9no lugar con una producción de 552,940 toneladas (t) anuales, destacando estados como Guanajuato, Zacatecas y Puebla (SIAP 2024). Sin embargo, el rendimiento del cultivo se ve limitado por factores ambientales (FAO, 2023), fitosanitarios y de manejo agronómico que afectan el crecimiento, la calidad comercial y la rentabilidad. La lechuga presenta alta sensibilidad a temperaturas elevadas y a deficiencias hídricas, condiciones que favorecen el espigado prematuro y reducen la calidad del producto. Estas problemáticas se intensifican ante la variabilidad climática, que incrementa la incidencia de estrés abiótico y pérdidas productivas (EOS Data analytics, 2024).

Frente a este panorama, la aplicación de bioestimulantes foliares, específicamente reguladores de crecimiento, representan una alternativa para optimizar los procesos fisiológicos del cultivo y mitigar los efectos del estrés (Ortega y López, 2024). Los compuestos con acción hormonal pueden favorecer la actividad fotosintética, el desarrollo radicular y la uniformidad del crecimiento, con potencial impacto en el rendimiento y la calidad (Villafuerte, *et al.*, 2025).

Los bioestimulantes foliares son productos aplicados directamente a las hojas que estimulan procesos fisiológicos de las plantas. Su uso mejora la absorción de nutrientes, fortalece la tolerancia al estrés ambiental y favorece un crecimiento más equilibrado. Además, reforzar las defensas naturales frente a plagas y enfermedades, disminuye la necesidad de fertilizantes y pesticidas químicos. Gracias a estos beneficios, ayudan a mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos, promoviendo prácticas agrícolas (econatur, 2024).

En este contexto, la presente investigación evalúa el rendimiento y la calidad de la lechuga en respuesta a la aplicación foliar de reguladores de crecimiento formulados a base de giberelinas, auxinas y citoquininas, en diferentes dosis y bajo condiciones de campo abierto, con el propósito de generar sustento técnico para su uso en la producción comercial. Para ello, se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes dosis de Stimulate® y X-Cyte® sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L*) bajo condiciones de campo abierto.

Objetivos Específicos

- Identificar el regulador de crecimiento foliar que mejore el rendimiento del cultivo de lechuga.
- Definir la dosis correcta de producto o productos que mejoren la calidad de la lechuga.
- Determinar el regulador de crecimiento que promueva el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Hipótesis

La aplicación foliar de Stimulate® y X-Cyte® incrementa el crecimiento, rendimiento y calidad de la lechuga respecto al testigo sin aplicación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del cultivo

En la antigüedad la lechuga (*Lactuca sativa* L.) crecía de forma silvestre, siendo *Lactuca serriola* L. el ancestro directo de la lechuga domesticada (Cabrera, 2021). El origen de la lechuga es polifilico y aún incierto, se cree que su área de origen se localiza entre los ríos Tigris y Éufrates en Mesopotamia, sin embargo, hay estudios que señalan que la lechuga es originaria de la India (Carrasco y Sandoval, 2016). Las primeras observaciones de la lechuga como especie cultivada son provenientes de Egipto y se señala que hay existencia de jeroglíficos en iglesias y tumbas que datan de 2500 A.C. las cuales nos muestran a una lechuga de hojas largas siendo cultivada en esa época (Velásquez, 2019).

2.2 Importancia del cultivo

De acuerdo con García-Terrazas, *et al.*, (2022) la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las principales hortalizas de hoja con gran importancia económica a nivel mundial. Tiene un bajo porcentaje calórico y es una fuente primordial de vitaminas, compuestos fenólicos, clorofilas, carotenoides y minerales. La lechuga es una hortaliza muy valorada por lo que su consumo se debe a que tiene múltiples propiedades que favorece la salud de las personas, entre las cuales se puede mencionar su bajo contenido en grasas, rica en Potasio, Calcio y Fósforo, además posee vitaminas A, C, D y E (Riquelme, *et al.*, 2022).

Se emplea como narcótico, calmante, sedente del sistema nervioso, tónico general, laxante, mineralizador, desintoxicante del organismo, antiespasmódico, béquico y diurético (Fonnegra y Jiménez, 2007). Las propiedades medicinales de la lechuga pueden obtenerse mediante su consumo en fresco, cocido, a través del látex atraído de la planta, extractos fluidos o lactucario. El consumo de hojas frescas se utiliza para aliviar el estreñimiento, la debilidad estomacal, la dispepsia y la acumulación mucosidad de la garganta y pecho. Así mismo, su decocción y consumo, no sólo otorga los beneficios antes mencionados, sino que también constituyen un remedio eficaz para tratar la acidez, el insomnio, debilitamiento nervioso, dolor de muelas, inflamación de encías, inflamaciones internas, dolores reumáticos, resfriados y ronquera (Fonnegra y Jiménez, 2007).

2.3 Clasificación taxonómica del cultivo

Salinas (2013), enfatiza que la clasificación de la lechuga es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Clase: Dicotiledónea

Orden: Sinandrales

Familia: Compositaceae

Género: Lactucae

Especie: Sativa

Nombre científico: *Lactuca sativa* L.

Nombre vulgar: Lechuga

2.4 Producción nacional e internacional

2.4.1 Producción mundial de lechuga

En los recientes tres años, la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) ha escalado tres posiciones en la producción mundial. En el 2022, china destacó como el mayor productor, seguido por Estados Unidos, India, España, Italia, Bélgica, Japón, Turquía, México e Irán. México se encuentra en el 9° lugar como productor mundial, los datos se muestran en el cuadro 1 (FAO, 2023).

Cuadro 1. Principales países productores de lechuga 2022.

	PAÍS	PRODUCCIÓN (T)
1	China	29,961,190.4
2	Estados Unidos	32,989,33
3	India	11,612,51.37
4	España	969,190
5	Italia	638,180
6	Bélgica	600,640
7	Japón	563,330.82
8	Turquía	561,990
9	México	558,032.88
10	Irán	451,946.6
	Resto del mundo	3,367,574.54
	TOTAL	42,132,259.8

Elaboración propia. Fuente: (FAO, 2023). T=toneladas

De acuerdo con el SIAP (2023) el comercio exterior 2021 en el último quinquenio, México ha tenido un comercio exterior favorable de esta hortaliza. El volumen exportado fue de 6.4 veces más al importado, no obstante, se registró una disminución de venta en comparación con años previos, atribuible a una menor disponibilidad de cosecha a consecuencia de menores hectáreas disponibles para la siembra. Del continente americano seis naciones realizaron compras de lechugas mexicanas, de las cuales 98.6% las adquirió Estados Unidos, el resto Canadá, Belice, Costa Rica, Guatemala y Emiratos Árabes Unidos.

2.4.2 Producción nacional de lechuga

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) se encuentra disponible todo el año gracias a los invernaderos, se clasifica en dos grandes grupos romanas y arrepollas. En 2023 la producción registro 553 mil toneladas, con un 11.9 % de aumento en relación a los últimos 10 años, aunque con una caída de 3.0% respecto al 2022 (SIAP ,2024).

Guanajuato destaco como productor de lechuga con un volumen anual de 151,245 mil toneladas (Cuadro 2), en conjunto con los municipios de San Miguel de Allende, Santa Cruz, Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, los cuales se encuentran en el centro de Guanajuato, incrementaron 16.9% de su valor de producción a comparación del 2022, lo que refiere que los productores recibieron 37 millones de pesos más (SIAP, 2024).

Cuadro 2. Principales estados productores nacionales del cultivo de lechuga (*Latuca sativa* L) durante el año 2023.

Rank	Entidad federativa	Volumen en toneladas
1	Guanajuato	151,245
2	Zacatecas	100,410
3	Puebla	75,052
4	Aguascalientes	66,572
5	Sonora	34,641
6	Baja california	33,312
7	Querétaro	21,422
8	Michoacán	16,263
9	Tlaxcala	12,878
10	San Luis potosí	12,784

Resto	27,360
--------------	--------

Elaboración propia. Fuente:(SIAP, 2023).

2.5 Morfología del cultivo

La lechuga es una planta herbácea de ciclo anual, cuyo órgano de consumo son las hojas, las cuales pueden presentar coloración de color verde o rojo y una superficie brillante. Es una hortaliza que generalmente la preferencia de los consumidores es de consumo en fresco ya sea completa o en parte, presenta diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas. Además, puede cultivarse distintas regiones y adaptarse a diferentes condiciones climáticas (Paucar, 2022).

2.5.1 Sistema radical

Presenta un sistema radical de tipo columnar y pivotante con abundantes ramificaciones secundarias que se desarrollan bajo la superficie del suelo. La raíz principal es pivotante, y puede alcanzar una longitud hasta de 30 cm. Esta hortaliza cuenta con un sistema radicular bien desarrollado, cuya ramificación está influenciada por el grado de compactación del suelo; de esta manera en suelos sueltos las plantas desarrollan raíces más densas y profundas en comparación con aquellas establecidas en suelos compactados (Gutiérrez, 2011). Finalmente, la raíz actúa como un inhibidor del crecimiento en la lechuga cuando la planta se encuentra bajo condiciones de estrés o en presencia de agentes externos o elementos químicos tóxicos (Tang, *et al.*, 2023).

2.5.2 Tallo

Es corto durante el crecimiento vegetativo, durante la floración puede alcanzar hasta un metro de longitud. Produce inflorescencias formadas por pequeños capítulos de 15 a 25 con flores amarillas agrupadas en cimas corimbosas y con numerosas bractéolas. En todas las especies de lechuga se encuentra un látex lechoso al interior del tallo característico de las especies del género *Lactuca* al cual pertenece la lechuga (Martínez, 2019).

2.5.3 Hojas

Las hojas son lisas y carecen de peciolos, emergen en forma alterna formando una roseta sobre un tallo corto y no ramificado, sus bordes pueden ser de forma redondeada, rizada o aserrado,

dependiendo de la variedad, en etapas vegetativas avanzadas forman un cogollo con diferentes grados de compactación (López, 2019). De acuerdo a Paucar (2022) las hojas se disponen en forma de roseta y, al inicio de su desarrollo permanecen extendidas en algunos casos continúan de esta manera durante todo su crecimiento (variedades romanas) y en algunos casos las hojas otros se desarrollan el cogollo de manera tardía y los márgenes de los limbos foliares pueden ser liso, ondulado o dentados.

2.5.4 Flor

Las flores de la lechuga son hermafroditas las cuales presentan una coloración blanco-amarillenta. Su reproducción ocurre principalmente por autofecundación, sin embargo, al aire libre su fecundación cruzada es del 1 al 2%. Las flores se encuentran agrupadas en inflorescencias compuestas constituyendo florales amarillos dispuestos en racimos. El androceo está contruido por cinco estambres unidos a la base de la corola, presenta cinco anteras unidas que forman un tubo polínico, que rodea al estilo. El cáliz es de tipo filamentoso y al alcanzar la madurez, la semilla desarrolla el papus o vilano, el cual actúa como órgano de diseminación anemófila (Martínez, 2019).

2.5.5 Semillas

Salina (2013) menciona que las semillas se caracterizan por poseer un vilano plumoso. Son alargadas y su color normalmente es blanco cremoso, aunque también tienen coloración parda y castaña dependiendo de la variedad. Las semillas se encuentran dentro del fruto, que es un aquenio que contiene una sola semilla. Estas pueden ser de tonalidad blanca, amarilla o grisáceo (Kew, 2025).

2.6 Etapas fenológicas de la lechuga

Cuadro 3. Ciclo de producción y/o etapas fenológicas del cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa* L).

Plántula.

La plántula continúa su desarrollo mediante la formación de hojas verdaderas, observándose que cada hoja nueva presenta un mayor ancho a comparación que la anterior.



Roseta.

Durante esta etapa de desarrollo las hojas emergen de un tallo corto y se disponen formando una roseta de forma plana. La planta sigue generando hojas de manera continua, sin embargo su estructura varía según la variedad de lechuga.



Encabezamiento.

En lechuga tipo costina, las hojas que presentan un tamaño similar se concentran generalmente en el centro de la cabeza y las puntas de las hojas se doblan levemente hacia adentro.



Reproductivo.

Durante esta etapa, el alargamiento del tallo floral suele ser inducido en respuesta a la longitud del día y las altas temperaturas.



Fuente: (Saavedra, *et al.*, 2017).

2.7 Principales variedades de lechugas en México

2.7.1 Lechuga (*Lactuca, sativa L.*) var. *Longifolia*

Son lechugas cuyo aprovechamiento principal corresponde a las hojas ya que no desarrollan verdaderos cogollos. Entre ellas son correspondientes las variedades como son las Romanas, romanitas, cos, italiana, orejona o escarola. La planta desarrolla hojas grandes, erguidas, oblongas y obovadas, de 20 a 30 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho, con nervadura prominente, superficie ligeramente ondulada y borde irregularmente denticulado. El tallo se presenta de mayor longitud en comparación a las demás variedades y permanece protegido por el conjunto de hojas, las que forman una cabeza cónica o cilíndrica por su inclinación específica del tallo, pudiendo alcanzar un gran peso, de hasta 2 kg (Saavedra, *et al.*, 2017).

2.7.2 Lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. *Capitata*

De acuerdo a Buen dia (2018) denominada también lechuga Batavia, mantecosa e iceberg una de las variedades más producidas y consumidas en el mundo, forman un cogollo bien definido, presenta hojas de gran tamaño, e forma redondeada y textura crujiente, de forma agrupadas en una estructura compacta y aspecto circular, sus hojas son de color verde claro y poseen un sabor muy suave. Su denominación se atribuye a la que tiene esta variedad para tolerar bajas temperatura.

2.7.3 Lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. *acephala* Dill.

Se distingue por presentar hojas sueltas y dispersas, corresponden a las llamadas Lollo Rossa, Lollo Bionda, Hoja de Roble, etc. A este grupo se le conoce lechugas de corte o de hojas sueltas (loose leaf), ya que este tipo no forma cogollo, sino que sus hojas son sueltas, no envolventes. Aunque generalmente se comercializan completas, su principal virtud se aprecia en los huertos familiares, ya que sus hojas se pueden ir cosechando individualmente. Son ampliamente utilizadas en sistema hidropónico, aunque también se cultivan directamente en el suelo. Estas plantas se caracterizan por una roseta de crecimiento bajo y muy extendido, las hojas pueden variar en contenido de antocianinas, dando muy interesantes combinaciones de colores, además los bordes de las hojas son muy variados en formas (Saavedra, *et al.*, 2017).

2.7.4 Lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. *Augustana*.

Lechuga espárrago son especies que obtienen beneficio de sus tallos, poseen hojas puntiagudas y lanceoladas (González y Zepeda, 2013).

2.8 Requerimientos edafoclimáticos y nutricionales.

El buen manejo de los factores climáticos en conjunto con los del suelo, son muy importantes para que las plantas tengan un buen funcionamiento ya que, todos estos factores en unión tienen una actuación y en seguida un efecto que nos lleva al éxito del cultivo. Para ello, es necesario contar con los conocimientos previos de las condiciones Óptimas en los cuales el cultivo de lechuga se desarrolla adecuadamente expresando su máximo rendimiento.

2.8.1 Requerimientos Climáticos

Es un cultivo que se desarrolla mejor en climas frescos. Su temperatura óptima en la etapa de germinación se encuentra entre los 18 y 20°C, en etapa de crecimiento necesita temperaturas entre 14 y 18°C por el día y por las noches de 5 a 8°C, necesita de una variación térmica entre el día y la noche que favorecen su crecimiento (SIAP, 2021). En la etapa del acogollado se necesitan temperaturas aproximadas a los 12°C por el día y 3 a 5°C por la noche, como temperatura máxima puede tolerar hasta los 30°C y una disminución de -6°C (SIAP, 2021). La humedad relativa requerida oscila entre del 60 al 80%, en condiciones de invernadero no se recomienda una humedad relativa tan alta (González, 2013).

2.8.2 Requerimientos hídricos

El cultivo de lechuga al igual que la mayoría de las hortalizas requieren un elevado consumo de agua, la frecuencia y duración del riego depende del estado de crecimiento del cultivo (Liscano, 2017). Desde el trasplante la zona radicular debe estar en un nivel de humedad adecuado, cercano a la capacidad de campo (la cual corresponde a la máxima cantidad de agua que el suelo puede llegar a retener sin llegar a la saturación y sin que se produzcan pérdidas hacia el subsuelo). Como criterio general se deben aplicar riegos frecuentes y de corta duración durante las primeras semanas de cultivo, con el paso del tiempo la frecuencia del riego puede bajar en la medida que sube la duración del riego para conservar una buena humedad. El sistema de riego más recomendado es por goteo (Liscano, 2017).

2.9 Suelo y pH

La lechuga puede establecerse en diversos tipos de suelos, desde aquellos con texturas ligeras hasta con los más compactos, no obstante, presenta un mejor desarrollo en suelos fértiles y sueltos con 50 cm de profundidad, que presenten un porcentaje de pedregosidad <15% y cuya pendiente no sobre pase el 6% con el fin evitar limitaciones en el crecimiento del cultivo. Muestra sensibilidad a la salinidad del suelo, el rango adecuado se encuentra entre 1.0 y 1.4 dS/m, a medida que se sobrepasa este rango, el rendimiento sufre una disminución del 6.2 – 8 % por cada dS/m. El cultivo se desarrolla mejor cuando el pH se encuentra en un rango de 6 a 6.8, valores de pH menores de 5.5 ocasionan un pobre desarrollo y valores por encima de 7.3 son el límite para el buen desarrollo adecuado (Velásquez, 2019).

2.10 Nutrición

Una solución nutritiva consiste en una mezcla de sales minerales disueltas en agua, que aporta los macros y micro esenciales en forma iónica, los cuales son absorbidos por el sistema radicular de las plantas para favorecer su adecuado crecimiento y desarrollo (Brenes y Jiménez, 2016).

Steiner (1984) introdujo el concepto de “Solución Nutritiva Universal”, basado en que los cultivos pueden alcanzar un crecimiento y desarrollo óptimo cuando existe un equilibrio adecuado entre cationes y aniones. La formulación propuesta por este autor considera factores como la conductividad eléctrica, el pH y la relación iónicas estableciendo una solución nutritiva universal compuesta de 60% NO_3^- , 5% H_2PO_4^- , 35% SO_4^{2-} , 35% K^+ , 45% Ca^{+2} y 20% Mg^{+2} , en cuanto a los micronutrientes se recomienda una composición con concentraciones de 1.3, 0.6, 0.13, 0.02, 0.05 y 0.44 ppm de Fe, Mn, Zn, Cu, Mo y B respectivamente (Castellanos, 2019).

En base a Lizano (2020) los requerimientos nutricionales dan origen a distintas soluciones nutritivas cuya composición varían según la etapa fenología del cultivo y las condiciones ambientales predominantes. Para el cultivo de lechuga se han propuesto diversas formulaciones nutritivas las cuales difieren en función del autor consultado y de la variedad cultivada, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 4. Soluciones nutritivas en ppm propuestas por diferentes autores para el cultivo de lechuga (*Latuca sativa* L).

Autor	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Furiana (1998)	198	39	183	142	38	52	2	0,4	0,02	0,06	0,3	0,06
La molina (2001)	154	36	260	150	45	70	1	0,5	0,15	0,15	0,5	0,01
Morgan(1999)	141	25	96	0	151	25	33	2,5	0,06	0,45	1	0,05
Resh(1997)	200	50	210	200	50	113	5	0,5	0,1	0,1	0,5	0,05
Resh (2001)	190	50	210	200	40	113	2,5	0,5	0,1	0,1	0,5	0,05

Fuente: (Lizano, 2020)

2.11 Fitosanidad del cultivo

2.11.1 Principales Plagas

2.11.1.1 Pulgones o áfidos (*Nasonovia ribisnigri*). En general los pulgones suelen establecerse principalmente en las hojas de la lechuga. Esta plaga tiene dos estados de acuerdo con la presencia (alados) o ausencia de alas (ápteros) dependiendo de su desarrollo. Además de causar daños directos al cultivo transmiten virus y adquieren rápida resistencia a insecticidas por su capacidad de no solo reproducirse en forma sexual como por partenogénesis. Así mismo, poseen ciclos de vida cortos, lo que les favorecen tener muchas generaciones durante una misma temporada de cultivo (Saavedra, et al., 2017).

2.11.1.2 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*). De acuerdo con Velázquez (2019) señala que la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) las larvas como adultos se alimentan de los jugos de la planta provocando un debilitamiento progresivo de esta. Además, esta plaga puede transmitir enfermedades causadas por virus.

2.11.1.3 Gusano de alambre (*Agrotis lineatus*). Es una plaga que ataca en estado de larva, después de hacer plantación se produce el ataque por debajo de la tierra, afecta a raíces y tallos en plantas recién trasplantadas produciendo muerte de las mismas. Como preventivo realizar labores de campo en los meses que se genera la ovoposición para dejar al descubierto los huevos y larvas recién nacidas, conservando limpio la parcela o igual hacer rotación de cultivos en especial con el trigo por su efecto reductivo en el ataque de gusano de alambre para el siguiente cultivo (Gil et al., 2017).

2.11.1.4 Trips de la Lechuga (*Frankliniella occidentalis*). Trips de california (*Frankliniella occidentalis*). es una plaga polífaga, capaz de atacar más de 200 especies vegetales como hortalizas en ella la lechuga; los daños directos en la lechuga es el pardamiento de las hojas conocido como oxidación el cual ocurre en la interna de las hojas exterior e internas. Este trips transmite el virus del bronciado (TSWV) y el virus de la mancha necrótica del imponente (INSV), los daños directos que se presentan en la lechuga se manifiesta en amarillos y clorosis con manchas necróticas y amarillo que se concentran en el borde de la hoja la cual puede producir la muerte de las plantas (Estay, 2018).

De acuerdo con Velázquez (2019) uno de los daños directos menos evidentes ocasionados por los trips es el pardeamiento de las hojas de la lechuga tipo española y escarola, fenómeno conocido también como oxidación, este daño ocurre principalmente en la cara interna de las hojas exteriores y en las hojas más jóvenes, donde aparecen manchas irregulares, generalmente con presencia de trips los cuales soportan bajas temperaturas. Se inicia primero con zonas pequeñas

plateadas acompañadas de excretas oscuras. Conforme avanza la infestación el daño se extiende hasta cubrir casi toda la hoja, generando aspecto oxidado, pero se diferencia de problemas fisiológico por el pardeamiento con virus plateados y pústulas negras en las caras internas de la hoja. Además, tanto las ninfas como los adultos suelen refugiarse entre las hojas internas, afectando la presentación del producto.

2.11.2 Principales Enfermedades

2.11.2.1 Podredumbre gris (*Botrytis cinérea* Persoon). Es un hongo fitopatógeno que se encuentra fácilmente en los cultivos hortícolas de hoja, pudiendo ocasionar una disminución de un gran valor económico. El hongo deteriora las paredes celulares facilitándose la entrada y generando nutrientes para su desarrollo. En una vez estando la infección, esta se presenta mediante la putrefacción del huésped. Es caracterizada por su coloración grisácea como consecuencia de la formación de conidióforos. Los conidios se distribuyen por el viento y la lluvia lo cual provocan nuevas infecciones (Gil *et al.*, 2017).

2.11.2.2 Mildiu (*Peronospora parasítica*). El mildiu causado por el hongo *Bremia lactucae* es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de la lechuga, se presenta con más frecuencia en cultivos de otoño-invierno, cuando la humedad y la temperatura son más favorables para el desarrollo del patógeno. La infección se puede presentarse desde la etapa de plántula en semillero hasta fases avanzadas del cultivo. Se caracterizan por presentar manchas cloróticas delimitadas por nervaduras de las hojas que luego avanzan a café y secan el follaje. En correspondencia con las manchas (24 a 48 h) se desarrolla, en la cara inferior de las hojas, el signo del patógeno, que corresponde a un micelio de color blanco grisáceo con abundante esporulación (Saavedra, *et al.*, 2017).

2.11.2.3 Podredumbre blanda (*Sclerotinia sclerotiorum*). Como expresa Gil *et al.*, (2017) esta enfermedad representa uno de los principales problemas fitosanitarios de la lechuga. Ocasionado por el hongo del suelo *Sclerotinia sclerotiorum*, el cual puede provocar pérdidas importantes de plantas en los cultivos de lechuga. Su desarrollo se favorece en condiciones de alta humedad en el suelo (suelo arcilloso) y temperaturas entre 18-20°C. la incidencia observa frecuente la sintomatología en cultivos cosechados entre junio y agosto. El hongo puede afectar a las plantas en cualquier estado de desarrollo y sus síntomas se caracterizan por pudriciones acuosas que se inician en la zona basal que posterior mente avanza desde las raíces hacia las hojas.

2.11.2.4 Oidio (*Erysiphe cichoreacearum*). Las hojas se cubren de un micelio blanquecino de aspecto pulverulento. Causa problemas en la lámina foliar afectando la fotosíntesis (Velásquez, 2019).

2.12 Bioestimulantes y reguladores de crecimiento

2.12.1 Bioestimulantes vegetales

Los biostimulantes Son productos que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de optimizar sus procesos metabólicos permitiéndole tolerar mejores condiciones desfavorables, como sequías o el ataque de plagas (INTRAGRI, 2017). Los bioestimulantes independientemente de su aporte nutricional, pueden contener sustancias, compuestos o microorganismos, que al aplicarse sobre el follaje o en la rizosfera, contribuyendo mejorar el desarrollo del cultivo e incrementar el rendimiento (INTAGRI, 2017). Los bioestimulantes pueden estar formulados a base a partir de fito hormonas vegetales, o bien, de extractos de algas marinas, aminoácidos, enzimas o vitaminas como la tiamina, ácidos húmicos, entre otros (INTAGRI, 2017).

2.12.2 Reguladores del crecimiento

Como afirma Orellana (2022) los reguladores de crecimiento son compuestos orgánicos, naturales reproducidos por la misma planta o sintéticos que modifiquen o inhiban en cierta cantidad el crecimiento o desarrollo de las plantas, siempre que lo hagan de manera similar a como actúan las hormonas vegetales, actuando por tanto como inhibidores o estimulantes.

Los reguladores de crecimiento son reproducidos por el hombre, aplicados en las plantas, no se producen de forma endógena, también pueden ser extraídos de las plantas, pero al momento de ser aplicados por el hombre reciben el nombre de reguladores de crecimiento. Existen varias sustancias clasificadas como: auxinas, citoquininas, etileno, giberelinas, poliaminas, ácido abscísico, ácido salicílico, brasinoesteroides, jasmonatos (INTAGRI,2017,).

2.12.3 Clasificación de reguladores de crecimiento.

En el cuadro 5 se muestra la clasificación de los reguladores de crecimiento.

Cuadro 5. Principales reguladores de crecimiento para cultivos hortícolas

Regulador	Efecto en las plantas	Tipos
Auxinas	Respuestas trópicas, estimula el enraizamiento, activa el crecimiento de	AIA, AIB, 2,4-D Ácido, (NAA) (sintético)

	frutos, abscisión de hojas y frutos, estimula la división del cambium, mantenimiento de la dominancia apical.	
Citoquininas	Estimula la división celular y el crecimiento de yemas laterales, origina la iniciación y elongación de raíces, promueve la senescencia de las hojas.	Kinetina Zeatina Benciladenina
Etileno	Regula los procesos de maduración y envejecimiento vegetal. También es involucrado en la Maduración de hojas, inicio de floración y frutos. Además del Desarrollo de órganos sexuales.	El etileno se encuentra como elefón (ácido 2-cloroetilfosforico).
Giberelinas	Provocan efectos sorprendentes en el alargamiento de las plantas intactas, estimulan la división celular.	Hay más de 90 giberelinas. La más conocida del grupo es la3 (ácido giberélico).
Ácido abscísico	Es producido principalmente en los tejidos jóvenes como el endodermo de las plantas madre y algunos tejidos de las semillas vegetales como la testa, para ajustar la maduración.	Isopentil Pirofosfato Carotenoides
Ácido salicílico	Amplitud el crecimiento de la floración. Aumenta la longevidad floral, control y protección de procesos de estrés, ayuda a la tolerancia de la germinación a bajas temperaturas, incrementa resistencia en ambientes de alta salinidad o sequía.	Fenilalanina

Elaboración propia. Fuente: (Alcántara, 2019).

2.12.4 Stoller International LLC

Es una empresa multinacional de origen estadounidense enfocada en el desarrollo de soluciones para la nutrición vegetal. Fue establecida en 1970 por Jerry Stoller en Houston, Texas (Estados Unidos). La empresa se especializa en la producción y comercialización de fertilizantes líquidos de aplicación foliar, los cuales están formulados por micro y macronutrientes, además de biorreguladores vegetales, inoculantes, coadyuvantes y fosfitos, utilizados para mejorar el crecimiento y desempeño de los cultivos. Conesa, T. (2017).

2.12.4.1 Stimulate.

Es un regulador de crecimiento vegetal a base de citoquininas (90ppm), auxinas (50 ppm) y ácido Giberelico (50 ppm), las cuales están patentadas por Stoller Enterprises, Inc. al igual cuenta con hormonas vegetales producidas por las plantas. Nos ayuda a estimular la división, diferenciación y crecimiento de las células, El producto puede ser aplicado a cualquier cultivo, sobre todo cuando tenemos temperaturas bajo 20° o mayor a 30°. La dosis a aplicar es de 0.5 a 1L Ha⁻¹.

REGISTRO

Boletín Técnico	VERSIÓN	CLAVE	PÁGINAS
	AG	2070-4.1-PO-0009	1 de 4

Stimulate®
Citoquininas – Auxinas – Ácido Giberélico
Regulador de Crecimiento Vegetal

Stimulate es un Regulador de Crecimiento Vegetal a base de Citoquininas, Auxinas y Ácido Giberélico, hormonas vegetales naturalmente producidas por las plantas.

Estimula la división, diferenciación y crecimiento de las células, especialmente cuando la planta es afectada por condiciones de estrés abiótico, esto es, cuando las temperaturas están por debajo de los 20°C o por encima de los 30°C por tiempo prolongado.

El control del estrés abiótico es clave para asegurar la completa expresión del potencial genético de la producción contenida en cada semilla sembrada.

INGREDIENTES	% p/p
Citoquinina (gibberelina)	0.009 %
Ácido Indol-3-Butírico	0.005 %
Ácido Giberélico	0.005 %

Ventajas de usar Stimulate

- Promueve la germinación uniforme y vigorosa de la semilla
- Promueve el rápido enraizamiento de esquejes y tubérculos
- Promueve el rápido establecimiento de los trasplantes
- Favorece el desarrollo de abundante sistema radicular de las plantas
- Incrementa el vigor de crecimiento de las plantas
- Activa un mayor número de primordios reproductivos en la planta
- Promueve la formación de más flores femeninas
- Promueve una mayor retención de flores asegurando mayor número de frutos a cosechar
- Favorece una mejor polinización aumentando el cuajado
- Favorece un mayor tamaño y calidad de los frutos
- Promueve una mayor retención de frutos para cosechar
- Promueve un mejor control de la maduración de los frutos
- Estimula la resistencia a condiciones de estrés por diferentes factores adversos
- Promueve mejores rendimientos y mayor rentabilidad de los cultivos

En tratamiento de semilla, **Stimulate** promueve un mayor desarrollo de raíces y el mayor crecimiento aéreo, permitiendo el rápido establecimiento de la planta en el campo, independientemente de las condiciones ambientales.

Stimulate promueve el brotamiento temprano y una mayor y más uniforme floración, así como también incrementa el cuajado y la precocidad de los frutos.

Dosis y recomendaciones de uso

Stimulate debe ser aplicado en cualquier cultivo, particularmente cuando las temperaturas están por debajo de 20°C o por encima de 30°C, períodos de baja luminosidad y condiciones de deficiencias hídricas (sequía). Aplicar de 0.5 a 1 L/ha cada 14 días durante los períodos en que la temperatura está fuera del rango apropiado para el crecimiento de los cultivos.

Stoller México www.stollermexico.com **Stimulate®**



Figura 1. Ficha técnica del producto Stimulate de la empresa Stoller.

De acuerdo con Rivas Giraldo, (2020). quien trabajo en el cultivo de arveja” *Pisum sativum* L. variedad INIA-Usui, bajo condiciones climatológicas de Costa central, realizo aplicaciones de productos hormonales completamente al azar; los tratamientos que evaluo T1: Biozyme TF, T2: Stimulate, T3: Gib-bex, T4: Promalina, T5: Triggrr foliar y el T0: testigo sin aplicación de regulador hormonales, cada producto lo aplico de acuerdo a la recomendación establecida en la información técnica, momento y dosis de aplicación recomendada en la etiqueta. Los resultados mostraron que el producto hormonal “Stimulate” presento el mayor promedio en las siguientes variables: número de vainas por planta (29.10 vainas. planta⁻¹), el rendimiento por hectárea (19.49 t. ha⁻¹), el número de bayas por vaina (7.80 bayas vaina⁻¹), “I. B/C” (2.05) y “I.U.T.” (203.24 %). Con base en análisis de los datos obtenido, se concluye que el producto hormonal “Stimulate” ejerció un efecto significativo sobre el rendimiento en el cultivo de arveja.

2.12.4. 2 X-cytle.

Es un regulador de crecimiento a base de citoquininas naturales 4 veces concentrado, este promueve la división celular en tejido nuevo (hojas y fruto), con el propósito de aumentar tamaño de hoja y calibre de dicho producto, al igual ayuda al estrés de la planta. Su concentración es de citoquininas (quinetina) 0.04 % para tener una mejor eficiencia del producto se debe aplicar cuando tenemos temperaturas mayores a los 20° y menores a los 30°, se debe aplicar de manera foliar a una concentración de 0.5 a 1L por hectárea.

REGISTRO		
VERSION	CLAVE	PAGINAS
01	0001-100000	1 de 3

Boletín Técnico

X-Cyte®
Promueve mayor división celular de toda la estructura de la planta

X-Cyte es el Regulador del Crecimiento Vegetal a base de Citoquininas Naturales 4 veces más concentrado, registrado en EPA (EPA Reg. N° 57538-15; EPA Est. N° 57538-TX-1).

Promueve la división celular en todo tejido nuevo (hojas y frutos) con la finalidad de incrementar el tamaño de las hojas y el calibre de los frutos, aumentar la calidad de los frutos, eliminar los desórdenes fisiológicos y aliviar a la planta del estrés.

INGREDIENTES	% p/p
Citoquinina (quetina)	0.04%

Ventajas de usar X-Cyte

- Incrementa el crecimiento de raíces durante periodos de excesiva humedad
- Promueve la regeneración de nuevas raíces cuando han sido afectadas por patógenos
- Promueve la división y el crecimiento de las células de todos los órganos de la planta
- Mejora la absorción y el uso del agua y de los nutrientes
- Mantiene controlado los niveles de Etileno previniendo la caída de flores y frutos
- Promueve la división celular en el fruto cuajado previniendo los desórdenes fisiológicos
- Incrementa la producción de pigmentos de color (antocianinas) en los frutos, causando una coloración más temprana de los frutos a cosechar
- Retarda la maduración prematura aumentando la vida post cosecha de los frutos
- Promueve la expansión radial de tallos previniendo el acame de las plantas y aumentando el flujo de agua, nutrientes y fotosintatos a todos sus órganos
- Aumenta la resistencia a condiciones de estrés
- Retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales aumentando la vida productiva de los cultivos

X-Cyte logra frutos de mayor uniformidad y tamaño, así como también incrementa homogéneamente el color.

Promueve la división celular e incrementa las características de calidad de los frutos logrando mayores calibres, mayor peso y mejor color.

Dosis y Recomendaciones de Uso

Para una mayor eficacia y beneficio, aplicar cuando las temperaturas son mayores de 30°C durante periodos prolongados.

Recuperando del estrés a los cultivos

Aplicar una dosis de 1.0 - 1.5 L/ha en el momento en que la planta muestre síntomas de muerte regresiva prematura (pérdida de color) debido al estrés causado por cualquier condición abiótica (clima, sequía, excesiva humedad) o biótica (infestación de plagas, enfermedades).

Stoller México www.stollermexico.com **X-Cyte®**



Figura 2. Ficha técnica del producto X-cyte de la empresa Stoller.

Olivera (2023) quien trabajo con pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L) en condiciones del valle de Huaura, nos indica que las aplicaciones de 500 y 600 mL de citoquininas, favorecieron la obtención de mayores valores en el conjunto de variables evaluadas, superando significativamente a los demás tratamientos.

2.13 Fitohormonas

Las fitohormonas también conocidas como hormonas vegetales, sustancias producidas naturalmente por las plantas, son compuestos que funcionan como mensajeros químicos capaces de regular diversos procesos relacionados con el crecimiento, desarrollo, defensa y adaptación de las plantas ante factores bióticos y abióticos (Avalos, 2025). Los primeros estudios se originaron a partir de las observaciones realizadas por Charles y Francis Darwin sobre el fototropismo. Posteriormente, los experimentos desarrollados por Boysen-Jensen y Paal permitieron demostrar,

la existencia de compuestos móviles responsables de la curvatura de los órganos vegetal (Avalos, 2025).

Las hormonas vegetales son uno de los principales compuestos que regulan los procesos metabólicos de la planta. actualmente se reconocen diez: auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscisico, etileno, ácido salicílico, poliaminas, ácido jasmónico, brasinoesteroides y estrigolactonas, de ellas, las cinco primeras son consideradas las “hormonas clásicas” debido a su importante participación en el desarrollo de las plantas. La Auxinas intervienen con la división y elongación celular. Las Giberelinas en la maduración del polen y desarrollo de flor, fruto y semilla. El etileno en la expansión y división celular, el ácido abscisico (ABA) regula la apertura y cierre de estomas, las citoquininas están envueltas en la división celular y la morfogénesis de los tejidos (Borjas-Ventura, *et al.*, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en el periodo de octubre, 2023 a enero del 2024 en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el área de invernaderos en el Departamento de Horticultura, bajo las siguientes coordenadas 25°21'23.55" latitud N, 101°25'16" longitud O y 1763 msnm.

3.2 Material vegetal

Como material vegetal se utilizaron plántulas de lechuga iceberg variedad Great Lakes 118 las cuales presentaban un tamaño de 10 a 15cm y contaban con 3 a 4 hojas verdaderas.

3.3 Preparación del terreno

Para la preparación del terreno, inicialmente se eliminaron las malezas presentes en el predio. Posteriormente, se realizó el aireado y mullido del suelo hasta una profundidad aproximadamente a 30 cm. Una vez acondicionado el terreno, se procedió a la formación nivelación de las camas del cultivo. A continuación, se estableció el sistema de riego por goteo, utilizando cintilla de calibre de 5000 con el objetivo de humedecer los surcos. Este sistema presurizado permite la conducción y distribución del agua a través de conductos que requieren presión, y se clasifica como riego localizado, ya que humedece únicamente un volumen de suelo suficiente para el adecuado desarrollo del cultivo. A sí mismo, se colocó acolchado plástico de color negro para mejorar el control de malezas, reducir la evaporación el agua causada por la radiación solar y convertir a la temperatura suelo.

3.4 Trasplante

El trasplante se realizó el 24 de octubre del 2023, utilizando plántulas con de 3 a 4 hojas verdaderas. Previamente, se verificó que el suelo se encontrara en capacidad de campo para asegurar un adecuado establecimiento de plantas. El trasplante se llevó a cabo de forma manual y se establecieron un total de 103 plantas. El marco de plantación a tresbolillo en dos hileras, con una distancia de 25 cm entre hileras y 25 cm entre plantas.

3.5 Condiciones climáticas

Durante el periodo experimental, se registraron condiciones climáticas características de la temporada otoño-invierno. En octubre de 2023, las temperaturas máximas promedio oscilaron entre 23 y 25 °C, mientras que las mínimas se mantuvieron alrededor de 12 °C. Para noviembre, se observó una disminución gradual de la temperatura, con máximas promedio de 21 a 23 °C y mínimas que descendieron hasta 8 °C. Durante diciembre, el enfriamiento fue más pronunciado, registrándose temperaturas máximas diurnas entre 18 y 21 °C y mínimas de 5 a 7 °C. Finalmente, en enero de 2024 se presentaron las condiciones más frías del periodo de estudio, con temperaturas máximas promedio cercanas a 19 °C y mínimas que fluctuaron entre 4 y 5 °C. Esta tendencia descendente de la temperatura a lo largo del experimento refleja la transición estacional propia de la región, condición que pudo influir en el crecimiento, desarrollo y respuesta fisiológica de las plantas evaluadas (comisión nacional de agua, 2023).

3.6 Fertirriego

La aplicación de la solución nutritiva fue en base a Steiner y su desglose se muestra en el Cuadro 7. Se realizó de forma manual y se llevó a cabo una vez por semana (Cuadro 6), utilizando una solución con un pH de 6.3.

Cuadro 6. Fechas de aplicación de solución nutritiva en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L).

Fecha de aplicación	Porcentaje de solución nutritiva
1 de noviembre del 2023	50%
16 de noviembre del 2023	100%
24 de noviembre del 2023	100%
1 de diciembre del 2023	100%
8 de diciembre del 2023	100%
15 de diciembre del 2023	100%
22 de diciembre del 2023	100%
29 de diciembre del 2023	100%
5 de enero del 2024	100%
12 de enero del 2024	100%

Cuadro 7. Solución nutritiva y fertilizantes que se aplicaron en el cultivo de lechuga durante el experimento.

Solución nutritiva	Fertilizante					Ácidos		
	Ca(NO ₃) ²	KNO ₃	Mg(NO ₃) ²	NH ₄ NO ₃	K ₂ SO ₄	HNO ₃	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄
	-----gramos/20 L ⁻¹ -----							
50%	7.6	7.4	1.2	1	3	2	0.5	1.3
100%	15.2	14.8	2.4	2	6	4	1	2.6

3.7 Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo de cultivo en campo abierto se realizaron tres aplicaciones de insecticidas para el control de plagas. El 3 de noviembre del 2023 se aplicó un producto a base de extracto de ajo, canela y chile (Gama Extracto®) a una dosis de 5 mL L⁻¹. Posteriormente, el 12 de noviembre de 2023 se utilizó diclorvos (DDVP®) a razón de 1 mL L⁻¹, y el 22 de noviembre de 2023 se aplicó imidacloprid (Confidel®) en dosis de 1 mL L⁻¹. Estas aplicaciones formaron parte del manejo fitosanitario implementado durante el desarrollo del cultivo. De igual manera se realizaron aplicaciones de control y prevención de enfermedades por hongos. Utilizando captan a una dosis de 1g L⁻¹. y posterior mente amistar (azoxistrobin) a una dosis de 1g L⁻¹.

3.8 Control de malezas

El control se realizó de forma manual, con la finalidad de no contar competencia de nutrientes agua y luz solar, de igual manera para evitar la presencia de plagas ya que la maleza sirve como principal hospedero de plagas.

3.9 Cosecha

Se realizó de forma manual, marcando cada roseta cosechada para su posterior información y la toma de los datos correspondientes. Se llevaron a cabo tres cosechas: la primera el 2 de enero del 2024, la segunda el 13 de enero del 2024 y la ultima 20 de enero del 2024. Para determinar la madurez fisiológica se tomaron como referencia las siguientes características: tejidos tiernos y cogollo apretado de color blanco, altura comprendida entre 20 y 30 cm,

3.10 Descripción de los tratamientos

3.10.1 Tratamientos a evaluar

Se evaluaron dos bioestimulantes comerciales a base de fitohormonas, Stimulate® y X-Cyte®, ambos de la empresa Stoller (ahora Corteva) bajo un diseño de cinco tratamientos. El tratamiento 1 correspondido al testigo sin aplicación. Los tratamientos 2 y 3 consideraron en la aplicación foliar de Stimulate® a dosis de 500 mL ha⁻¹ 250 mL ha⁻¹, respectivamente; mientras que los tratamientos 4 y 5 incluyeron X-Cyte® a las mismas concentraciones 500 y 250 mL ha⁻¹.

La primera aplicación se realizó a los 24 días después del trasplante y posteriormente se efectuaron aplicaciones semanales, con un total de nueve durante el ciclo del cultivo, comprendidas entre 1 de noviembre de 2023 y 12 de enero del 2024.

Cuadro 8. Dosis de aplicación de cada tratamiento en el cultivo de lechiga (*Latuca sativa* L).

Tratamiento	Producto	Dosis/ha	Volume de agua	Dosis/exp	Frecuencia	Aplicaciones totales
1	Testigo	S/N	-	-	-	-
2	Stimulate	500mL	500L	1 mL L ⁻¹	1x6	9 aplicaciones
3	Stimulate	250Ml	250L	0.5 mL L ⁻¹	1x6	9 aplicaciones
4	X_cyte	500mL	500L	1 mL L ⁻¹	1x6	9 aplicaciones
5	X-cyte	250mL	250L	0.5 mL L ⁻¹	1x6	9 aplicaciones

3.11 Diseño experimental

El experimento se estableció un total de 90 plantas, distribuidas en tres bloques de 30 plantas cada uno. Se evaluaron cuatro tratamientos y un testigo bajo un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento; cada unidad experimental estuvo conformada por seis plantas.

El ensayo se condujo en tres camas de 5.60 m de longitud por 0.60 m de ancho, con pasillos de 0.60 m entre ellas, donde se realizó la distribución aleatoria de los tratamientos dentro de cada bloque.

3.12 Variables a evaluar

3.12.1 Altura de la planta (AP)

La medición se realizó en el momento de la cosecha, tomando como referencia la distancia desde la parte basal hasta la parte apical de la hoja, utilizando un flexómetro marca X. Las medidas se expresaron en centímetros (cm).

3.12.2 Rendimiento total por m²

Se contabilizó el peso de todas las cabezas por unidad experimental más las hojas de desecho y se obtuvo un rendimiento general.

3.12.3 Hojas de desecho

Para esta variable se realizó con la ayuda de una báscula de precisión con la cual se pesaron los restos de hojas que quedaron en el predio después de realizar la cosecha.

3.12.4 Clorofila

Con la ayuda de medidor de clorofila portátil manual de alta presión atLEAF CHL PLUS, el cual se empleó para llevar a cabo la medición, se determinaron las unidades Spad midiendo tres hojas por lechuga al momento de la cosecha.

3.12.5 Peso promedio de la cabeza (fresco y seco)

Se pesó cada cabeza recién cosechada utilizando una balanza de precisión marca x, reportando los resultados en gramos (g).

3.12.6 Firmeza

La firmeza se midió en cabezas recién cosechadas con un penetrometro análogo marca Wagner los datos se reportan en kg/cm².

3.12.7 Diámetro polar y ecuatorial de la cabeza

El diámetro ecuatorial regularmente varía entre 15 y 30 cm. El diámetro regularmente suele ser menor que el ecuatorial y oscila entre los 10 y 30 cm. Para ambos casos, se midió dependiendo

el tipo de lechuga. El diámetro se tomó una vez que las cabezas fueron cosechadas, se realizó con la ayuda de un hilo de rafia para cubrir adecuadamente toda su circunferencia y una vez tomada pasamos a medir el listón en un flexómetro, los datos fueron reportados en cm.

El peso seco de la cabeza se obtuvo mediante el proceso de deshidratación de las cabezas anteriores, en una estufa de secado modelo MAPSA HDP 334, a una temperatura de 65°C durante 48 horas. Las muestras se pesaron nuevamente y los resultados se reportaron en g.

3.12.8 Densidad

La densidad, una propiedad física intensiva que mide cuánta materia está compactada en un espacio determinado. Indica qué tan pesado es un material respecto al volumen que ocupa. Para realizar esta variable se realizó en el laboratorio después de la cosecha para esto utilizamos una parte de la lechuga la pesamos en una báscula de precisión, y en una probeta colocamos 500 mL de agua en el cual sumergimos nuestra muestra de lechuga para checar el volumen de agua que ocupaba y se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$\text{Fórmula: Densidad}(\rho) = \frac{\text{Masa}(m)}{\text{Volumen}(V)}.$$

3.12.9 Análisis estadístico

El análisis que se realizó fue un análisis de varianza (ANOVA), este método sirve para comparar las medidas de dos o más grupos de independientes para checar si hay diferencia significativa entre ellos. Y en los tratamientos con diferencias significativas se utilizó una prueba post hoc comparación de medias de DUNCAN. Los datos se analizaron en el programa estadístico SAS versión 9.0

4. Resultados y Discusión

En los siguientes cuadros se muestran los análisis de varianza ANOVA de las variables evaluadas en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 9. *Análisis de Varianza (ANOVA) para las variables agronómicas del experimento.*

Fuente/variable	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque Altura de planta	2	2.11969333	1.05984667	0.91	0.4395
Tratamiento altura de planta	4	31.82737333	7.95684333	6.85	0.0107*
Bloque Rto general	2	5070.66300	2535.33150	0.38	0.6976
Tratamiento Rto general	4	81655.98943	20413.99736	3.03	0.0850
Bloque hoja de desecho	2	20280.67237	10140.33619	2.31	0.1615
Tratamiento hoja de desecho	4	41931.17476	10482.79369	2.39	0.1372
Bloque Clorofila	2	50.84688000	25.42344000	5.69	0.0290*
Tratamiento clorofila	4	57.94996000	14.48749000	3.24	0.0736

Cuadro 10. *Análisis de varianza (ANOVA) para las variables sobre la calidad del experimento.*

Fuente/variable	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque Peso fresco	2	7509.97525	3754.98763	1.66	0.2487
Tratamiento Peso Fresco	4	15179.30171	3794.82543	1.68	0.2462
Bloque Peso Seco	2	1.46609333	0.73304667	0.17	0.8437
Tratamiento Peso Seco	4	14.4157733	3.60394333	0.85	0.5301
Bloque Firmeza	2	0.71857333	0.35928667	0.50	0.6270
Tratamiento Firmeza	4	2.93626667	0.73406667	1.01	0.4559
Bloque Diametro Polar	2	0.53116000	0.26558000	0.07	0.9369
Tratamiento Diametro Polar	4	52.90033333	13.22508333	3.27	0.0720
Bloque Diametro Ecuatorial	2	0.66508000	0.33254000	0.14	0.8746
Tratamiento Diametro Ecuatorial	4	50.37404000	12.59351000	5.16	0.0236*
Bloque Dencidad	2	0.06544000	0.03272000	1.18	0.3558
Tratamiento Dencidad	4	0.11664000	0.02916000	1.05	0.4391

4.1 Altura de planta (AP)

El análisis de varianza (Cuadro 9) mostró que el efecto de bloque no fue significativo ($P \leq 0.05$), indicando homogeneidad en las condiciones experimentales. En contraste, el factor tratamiento sí afectó significativamente la altura de planta ($P = 0.0107$). La prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha \leq 0.05$) indicó que T2 (Stimulate® 500 mL Ha⁻¹) presentó la mayor altura promedio, superando significativamente al testigo (T1) en 15%. No obstante, T2 no difirió estadísticamente de T3 (Stimulate® 250 mL Ha⁻¹), T4 (X-Cyte® 500 mL Ha⁻¹) y T5 (X-Cyte® 250 mL Ha⁻¹), los cuales mostraron comportamiento estadísticamente similar (Figura 3).

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable altura, se sugiere que la aplicación de Stimulate tiene un impacto positivo en el crecimiento de las plantas, particularmente en procesos asociados a la elongación del tallo y la división celular (Stoller, 2025). En la dosis de 500 mL ha⁻¹ aplicada una vez por semana (T2) mostró un incremento significativo en la altura de las plantas (31.60 cm), lo cual puede atribuirse a la acción combinada de auxinas, giberelinas y citoquininas presentes en el producto. Resultados similares fueron reportados por Navarro Cerhuayo (2024), quien observó un aumento significativo en la altura de plantas de apio al aplicar una solución hidropónica común + citoquininas + auxinas + giberelinas a una dosis de 1 L ha⁻¹, alcanzando una altura de 58.3 cm, mientras que el testigo presentó el menor valor con 43.3 cm. Estos resultados confirman el efecto positivo de la aplicación exógena de reguladores de crecimiento vegetal sobre la altura de las plantas. De manera concordante, Caveró y Machahuay (2019) reportaron que, en el cultivo de cebolla dulce, la combinación de bioestimulantes con ácido fúlvico promovió un mayor crecimiento de planta en comparación con el testigo. Los tratamientos que mostraron la mayor altura fueron T9 (Stimulate 4.5 L ha⁻¹ + Lignnus 30.5% a 6.0 L ha⁻¹) con 70.38 cm, T8 (Stimulate 4.5 L ha⁻¹ + Lignnus 30.5% a 4.5 L ha⁻¹) con 68.31 cm y T6 (Stimulate 3.75 L ha⁻¹ + Lignnus 30.5% a 6.0 L ha⁻¹) con 67.36 cm, superando al testigo que alcanzó 63.77 cm. Los autores concluyen que la combinación de ambos factores en distintos niveles favorece el incremento en la altura de las plantas. Asimismo, De la Torre Oyola y Jayo Navarro (2018) encontraron diferencias significativas en la variable altura en el cultivo de maíz morado, donde el tratamiento T2 (Stimulate 2.0 L ha⁻¹) presentó el mayor valor promedio con 2.59 m, superando al testigo sin aplicación foliar (T5), que registró 2.29 m de altura. En conjunto, estos resultados respaldan que la aplicación de bioestimulantes a base de hormonas vegetales, bajo dosis y condiciones adecuadas, favorece el

desarrollo vegetativo de las plantas, particularmente el incremento en la altura, en concordancia con lo observado en el presente estudio.

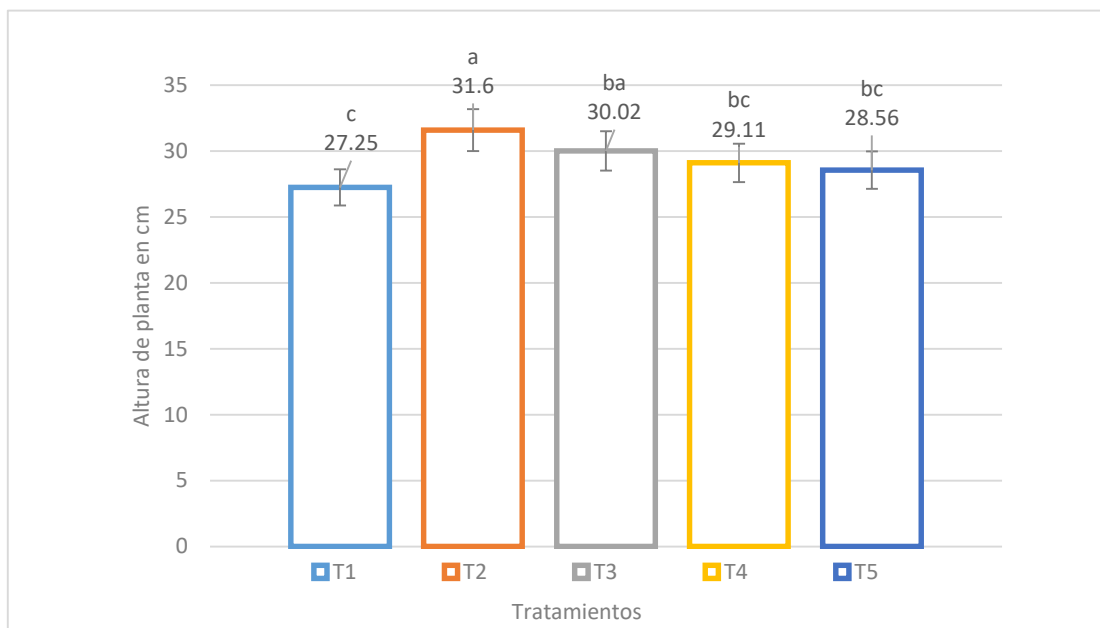


Figura 3. Efecto del uso de diferentes dosis y bioestimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre la altura de planta del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹): Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

4.2 Rendimiento GENERAL (RTOG)

El análisis de varianza (cuadro 9) para la variable rendimiento (RTOG) no mostró efecto significativo de los tratamientos ($p = 0.0850$) ni del bloque ($p = 0.6976$), lo que indica uniformidad en las condiciones experimentales y ausencia de respuesta estadística a los bioestimulantes evaluados. El tratamiento T4 (X-Cyte® 1 mL L⁻¹) presentó el mayor promedio (927.40 g planta⁻¹), mientras que el testigo (T1) registró el menor valor (735.39 g planta⁻¹); sin embargo, estas diferencias fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$) (figura 12). En consecuencia, bajo las condiciones del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en el rendimiento del cultivo de lechuga.

En contraste, Velazco Hurtado (2010) reportó en sandía un incremento del rendimiento por planta con la aplicación de X-Cyte a 450 mL ha⁻¹ (21.31 kg planta⁻¹), observando un comportamiento cuadrático en el cual dosis superiores tendieron a reducir la producción. De

manera similar, Cerna Hague y Ochoa Villanueva (2025), en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), encontraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando el efecto positivo de Stimulate con rendimientos de 3239.57 kg ha⁻¹. Estos antecedentes indican que los bioestimulantes pueden favorecer el rendimiento en diversos cultivos; sin embargo, su respuesta depende del manejo agronómico, la especie cultivada, las dosis aplicadas y las condiciones ambientales. En el presente estudio, aunque el tratamiento T4 mostró un incremento numérico respecto al testigo, dicho efecto no fue suficiente para evidenciar diferencias estadísticas significativas bajo las condiciones experimentales evaluadas.

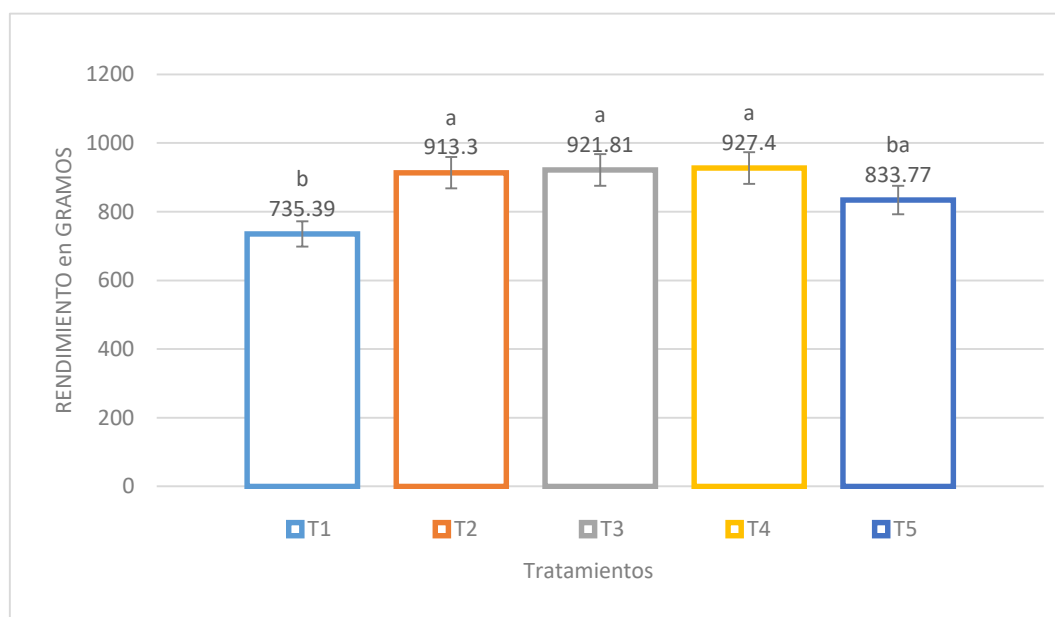


Figure 4. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre el rendimiento general del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4.=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹): Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.3 Hoja de desecho (HDD)

El análisis de varianza (cuadro 9) para la variable hojas de desecho (HDD) no mostró efecto significativo de los tratamientos ($p = 0.1372$) ni del bloque ($p = 0.6270$), lo que indica uniformidad en las condiciones experimentales y ausencia de respuesta estadística a los bioestimulantes evaluados. Aunque el tratamiento T3 (Stimulate® 0.5 mL L⁻¹) registró el mayor promedio (502.45 g) y el testigo el menor (342.11 g), las diferencias observadas fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$). Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones

del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en la cantidad de hojas descartadas durante la cosecha de lechuga (Figura 7).

La cuantificación de esta variable resulta relevante, ya que permite estimar el volumen de residuos vegetales generados en el sistema productivo, los cuales pueden ser aprovechados en diferentes procesos de valorización agrícola o agroindustrial, como compostaje, alimentación animal o elaboración de productos con valor agregado. En este sentido, diversos estudios han explorado alternativas para el aprovechamiento de residuos de lechuga. Por ejemplo, el investigador Eli Terán Cabanillas de la Universidad Autónoma de Sinaloa desarrolló un polvo obtenido a partir de residuos de lechuga romana con alto contenido de antioxidantes, vitamina C y minerales, el cual mostró potencial para prevenir alteraciones metabólicas en estudios experimentales. Realizó pruebas con ratones con obesidad, el producto evitó la aparición de diabetes y alteraciones metabólicas. Terán Cabanillas nos comenta que espera respuestas sobre qué le concluyan el proyecto para consumo humano y su posible uso en alimentos o como suplemento nutricional alguna propuesta para su uso sería en galletas, tortillas entre otras. (Universidad Autónoma de Sinaloa, 2022) De manera similar, proyectos desarrollados por **AGROSAVIA** y la Corporación Universitaria Lasallista han evaluado la transformación de residuos de hortalizas como brócoli y lechuga en polvos con alto valor nutricional destinados a suplementos y alimentos funcionales, aprovechando hasta el 75 % de la biomasa producida y contribuyendo a la reducción del desperdicio agrícola (Oriente Se Periodismo de Opinión, 2022). Asimismo, Pujiwati *et al.*, (2024) reportaron el uso de residuos fermentados de lechuga para la elaboración de fertilizantes orgánicos líquidos, los cuales, aplicados en sistemas hidropónicos, incrementaron variables de crecimiento como peso fresco, altura de planta y actividad fotosintética. En conjunto, estos antecedentes evidencian el potencial de los residuos de lechuga como recurso aprovechable dentro de esquemas de economía circular en la producción agrícola.

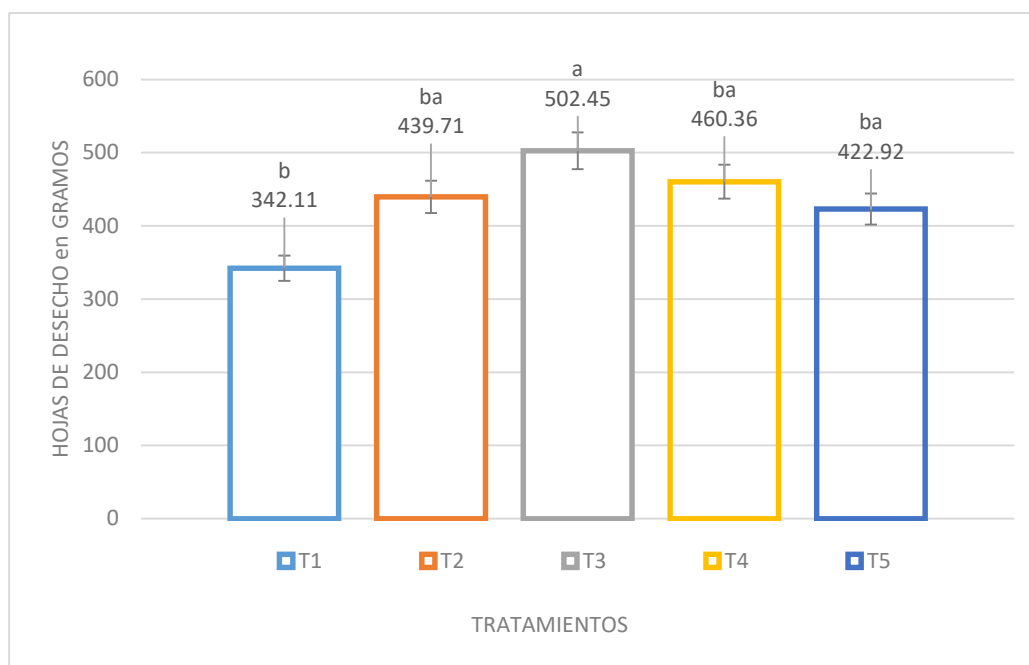


Figure 5. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre la hoja de desecho del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹): Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.4 Clorofila (CLO)

El análisis de varianza (cuadro 9) para la variable clorofila (CLO) no mostró efecto significativo de los tratamientos ($p = 0.4559$); sin embargo, se detectó un efecto significativo del bloque ($p = 0.0290$), lo que indica la presencia de variabilidad espacial en el experimento. Aunque el tratamiento testigo (T1) presentó el mayor promedio (46.37 unidades SPAD) y el tratamiento T2 el menor (40.37 unidades SPAD), las diferencias observadas fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$). Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en el contenido de clorofila de la lechuga (Figura 8).

Resultados similares han sido reportados en otros estudios donde la respuesta al ácido giberélico (GA₃) depende de factores como la dosis y la etapa fenológica del cultivo. Por ejemplo, Bonilla y Gómez (2020) observaron que la aplicación de GA₃ en diferentes etapas de desarrollo permitió mantener altos contenidos de clorofila durante prefloración y floración, aunque estos disminuyeron en etapas posteriores del ciclo. De manera comparable, Alia-Tejacal *et al.*, (2011)

reportaron que la aplicación de GA₃ no afectó significativamente el contenido de clorofila en plantas de nochebuena, lo que coincide con la ausencia de diferencias estadísticas observada en el presente estudio. En contraste, otros trabajos han documentado efectos diferentes. Khandaker *et al.*, (2013) reportaron una disminución del contenido de clorofila en frutos de manzana tratados con GA₃ durante la maduración, mientras que Shoaib *et al.*, (2025) encontraron incrementos significativos en clorofila a, clorofila b y clorofila total en plantas de tomate tras la aplicación de esta fitohormona. Estas respuestas contrastantes sugieren que el efecto de las giberelinas puede variar según la especie, la dosis aplicada y las condiciones ambientales. Asimismo, se ha propuesto que las giberelinas pueden ejercer un efecto antagonista sobre la biosíntesis de clorofila al reducir la expresión de genes asociados con este proceso, lo que podría influir en la actividad fotosintética (Chai *et al.*, 2023). En conjunto, los resultados del presente estudio indican que la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte®, en las dosis evaluadas, no produjo cambios estadísticamente significativos en el contenido de clorofila del cultivo de lechuga, aunque el tratamiento testigo presentó el mayor valor promedio de manera numérica.

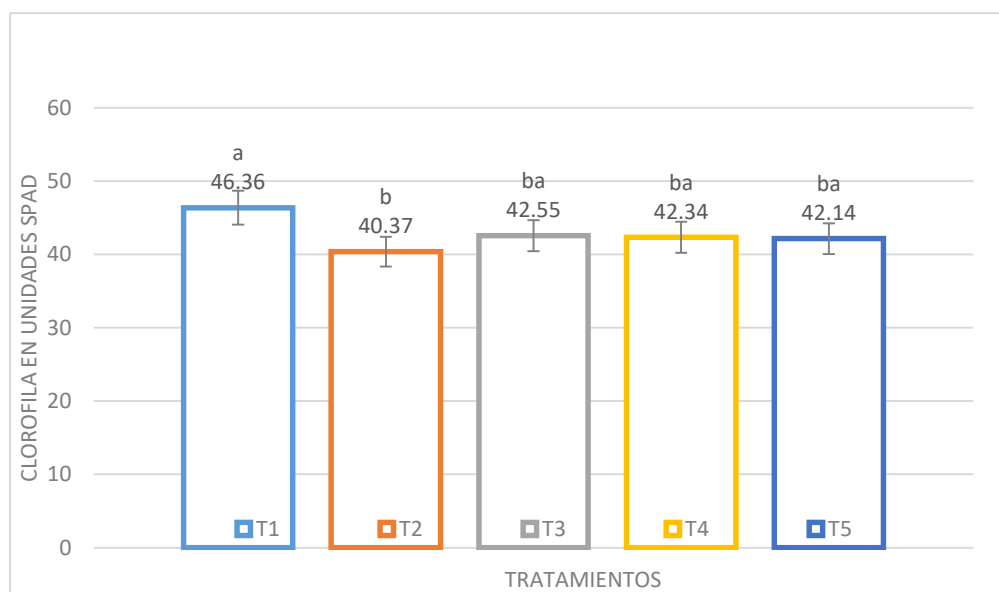


Figura 6. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre la clorofila del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹); Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.5 Peso fresco (PF)

El análisis de varianza (cuadro 10) para el peso fresco (PF) no mostró efecto significativo de los tratamientos ($P=0.2462$) ni del bloque ($P=0.2487$), lo que indica uniformidad experimental y ausencia de respuesta estadística a los bioestimulantes evaluados. Aunque el tratamiento T2 (Stimulate® 1 mL L⁻¹) presentó el mayor promedio (473.58 g) y el testigo el menor (393.28 g), las diferencias observadas fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$). Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en el peso fresco de la lechuga (figura 4).

Estos resultados difieren de lo reportado por Caballero y Muylema (2023), quienes en el cultivo de lechuga observaron diferencias estadísticas entre tratamientos con reguladores de crecimiento, destacando a los brasinoesteroides como los que alcanzaron el mayor peso fresco (203 g), seguidos por las giberelinas (170 g). De manera similar, Olivera (2023), en el cultivo de pimiento piquillo, reportó que la aplicación de X-Cyte en dosis de 500 y 600 mL ha⁻¹ incrementó significativamente el peso del fruto (47.14 g), mientras que dosis menores no mostraron diferencias con respecto al testigo. Por su parte, Velazco (2010), en el cultivo de sandía, con diferentes concentraciones de X-Cyte y encontró que el mayor efecto sobre el peso del fruto se obtuvo con la dosis de 450 mL ha⁻¹. Sin embargo, al incrementar la dosis a 550 mL ha⁻¹, el peso del fruto disminuyó, lo que sugiere que dosis elevadas del bioestimulante pueden resultar contraproducentes. En conjunto, estos resultados contrastan con investigaciones previas que reportan incrementos en el peso fresco tras la aplicación de reguladores de crecimiento en lechuga y otros cultivos hortícolas. Las discrepancias entre estudios podrían atribuirse a factores como la especie cultivada, la dosis aplicada, las condiciones ambientales, el manejo agronómico y la variedad utilizada. En el presente estudio, los tratamientos evaluados no demostraron diferencias en la mejora del peso fresco del cultivo, lo que sugiere que, bajo las condiciones del ensayo, la respuesta de esta variable fue limitada a la aplicación de bioestimulantes.

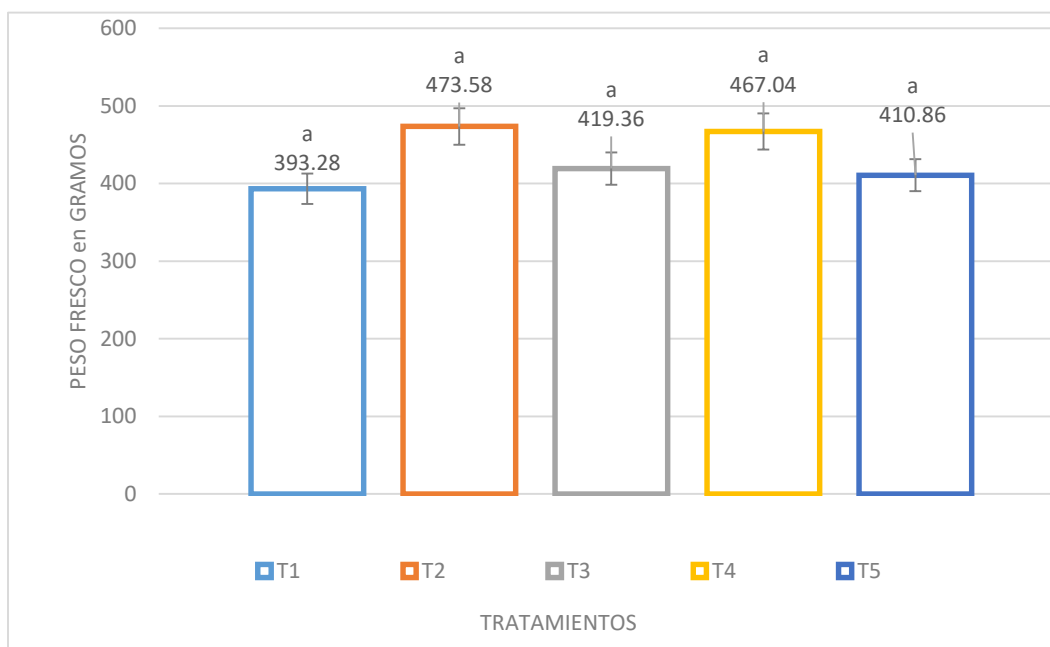


Figura 7. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre el peso fresco del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹); Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.6. Peso seco (PS)

El análisis de varianza (cuadro 10) para el peso seco (PS) no mostró efecto significativo de los tratamientos ($p=0.5301$) ni del bloque ($p=0.8437$), lo que indica uniformidad en las condiciones experimentales y ausencia de respuesta estadística a los bioestimulantes evaluados. Aunque el tratamiento T4 (X-Cyte® 1 mL L⁻¹) registró el mayor promedio (19.05 g) y el testigo el menor (16.62 g), las diferencias observadas fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$). Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en el peso seco de la lechuga (Figura 5).

La acumulación de peso seco constituye un indicador fundamental para evaluar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, ya que refleja directamente la cantidad de biomasa producida y la eficiencia en la conversión de energía luminosa en compuestos orgánicos (Buenrostro-Curiel *et al.*, 2025). En el presente estudio, la ausencia de diferencias estadísticas entre tratamientos sugiere que los bioestimulantes evaluados no modificaron de manera sustancial los

procesos fisiológicos asociados a la producción de biomasa en el cultivo de lechuga. En contraste, Palma *et al.*, (2025) reportaron en lechuga diferencias significativas en la acumulación de materia seca tras la aplicación de fitohormonas, destacando un incremento de 12.07 % en el tratamiento con una aplicación, en comparación con el control (9.62 %). Estos resultados indican que el uso de reguladores de crecimiento vegetal puede favorecer los procesos fisiológicos relacionados con la producción de biomasa; sin embargo, en el presente experimento no se detectaron diferencias estadísticas, aunque sí se observaron variaciones numéricas entre tratamientos. De acuerdo con Palma *et al.*, (2025), el incremento en la materia seca puede estar asociado con una mayor eficiencia fotosintética y con la activación del metabolismo primario, procesos fundamentales para la síntesis y acumulación de compuestos estructurales y de reserva. En particular, las auxinas y los brassinoesteroides desempeñan un papel relevante en la regulación del crecimiento vegetal, al estimular la expansión y elongación celular, favorecer la división celular y mejorar la absorción y asimilación de nutrientes, lo que contribuye a una mayor producción de carbohidratos y a una mejor redistribución de fotoasimilados dentro de la planta.

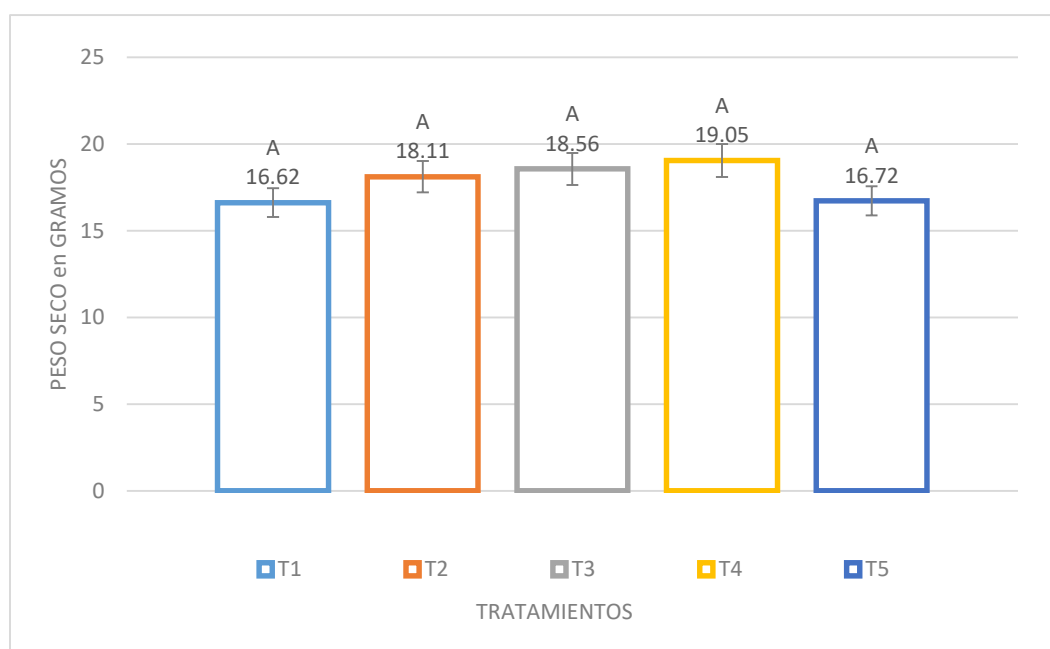


Figura 8. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre el peso seco del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹): Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.7 Firmeza (FIR)

El análisis de varianza (cuadro10) para la variable firmeza (FIR) no mostró efecto significativo de los tratamientos ($p = 0.4559$) ni del bloque ($p = 0.6270$), lo que indica uniformidad en las condiciones experimentales y ausencia de respuesta estadística a los bioestimulantes evaluados. Aunque el tratamiento T3 (Stimulate® 0.5 mL L⁻¹) presentó el mayor promedio (4.39 kg·cm⁻²) y el tratamiento T2 el menor (3.23 kg·cm⁻²), las diferencias observadas fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$). Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en la firmeza de la lechuga (Figura 6). En estudios relacionados, Singh *et al.*, (2024) evaluaron el efecto del ácido giberélico (GA₃) en la firmeza de mango durante postcosecha, reportando que la aplicación de 100 ppm permitió conservar mayor firmeza (1.12 kg·cm⁻²) en comparación con el control (1.35 kg·cm⁻²) al final del periodo de evaluación. De acuerdo con estos autores, el GA₃ puede retrasar el proceso de ablandamiento al disminuir la acción del etileno y ralentizar mecanismos asociados al envejecimiento del tejido vegetal. En el presente estudio, aunque el tratamiento T3 registró el mayor valor promedio de firmeza, no se observaron diferencias estadísticas respecto al testigo (3.31 kg·cm⁻²). Si bien algunos tratamientos mostraron una ligera tendencia al incremento, este comportamiento no fue suficiente para evidenciar un efecto significativo bajo las condiciones experimentales evaluadas.

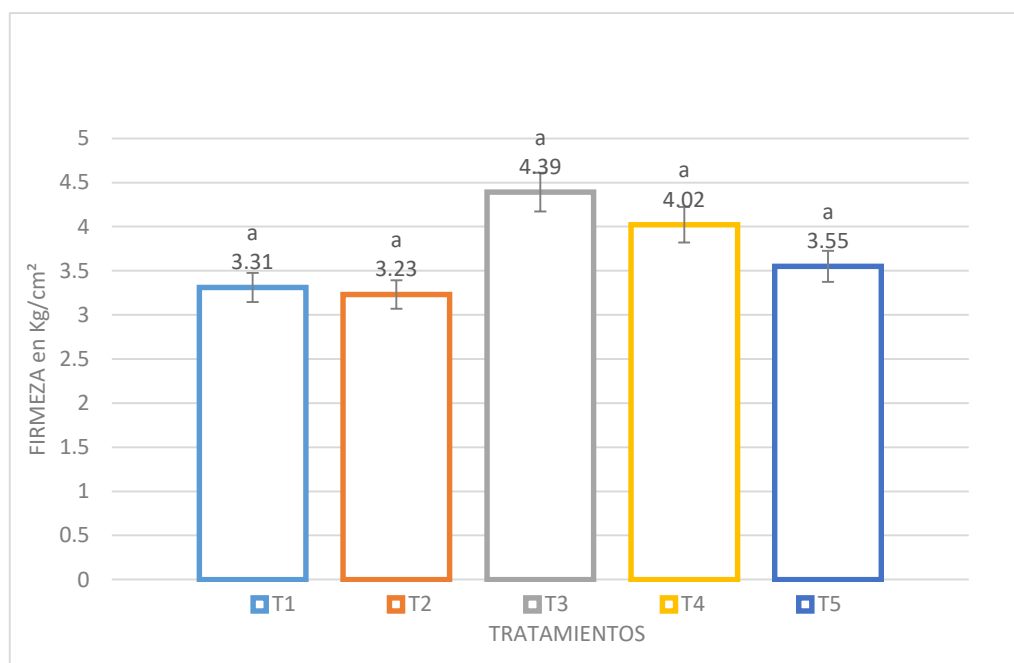


Figura 9. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre la firmeza del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹): Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.8 Diámetro polar (DP)

El análisis de varianza (cuadro 10) para la variable diámetro polar (DP) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0.0720$). No obstante, el valor de probabilidad cercano al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) sugiere una posible tendencia de respuesta asociada a los tratamientos. El tratamiento T2 (Stimulate® 1 mL L⁻¹) presentó el mayor promedio (50.50 cm), mientras que el testigo registró el menor valor (45.37 cm); sin embargo, estas diferencias fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística. Estos resultados indican que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en el diámetro polar de la lechuga (Figura 9).

Desde el punto de vista fisiológico, se ha señalado que las giberelinas regulan el crecimiento vegetal al estimular procesos de división y elongación celular, lo que favorece el desarrollo estructural de los órganos vegetales (Caballero y Muylema, 2023). Bajo este enfoque, sería esperable una respuesta positiva en variables relacionadas con el tamaño del cultivo; sin embargo, dicho efecto no se evidenció estadísticamente en el presente estudio. En otros cultivos hortícolas se han reportado respuestas distintas. Por ejemplo, Hurtado (2010) encontró que la aplicación de 450 mL ha⁻¹ de X-Cyte incrementó el diámetro polar en sandía, mientras que dosis superiores (550 mL ha⁻¹) redujeron este parámetro, evidenciando un comportamiento cuadrático. De manera similar, Olivera (2023) reportó incrementos significativos en el diámetro polar de pimiento piquillo con aplicaciones de X-Cyte entre 300 y 600 mL ha⁻¹ en comparación con el testigo. Aunque diversos estudios documentan efectos positivos de las giberelinas y del X-Cyte sobre variables de tamaño en cultivos hortícolas, en el presente trabajo no se observaron diferencias significativas en el diámetro polar. Esta discrepancia podría atribuirse a factores como la especie evaluada, la dosis aplicada, la frecuencia de aplicación, el estado fenológico del cultivo o las condiciones ambientales durante el ensayo. En términos generales, el tratamiento T2 registró el mayor valor promedio de manera numérica, sin diferir estadísticamente del testigo.

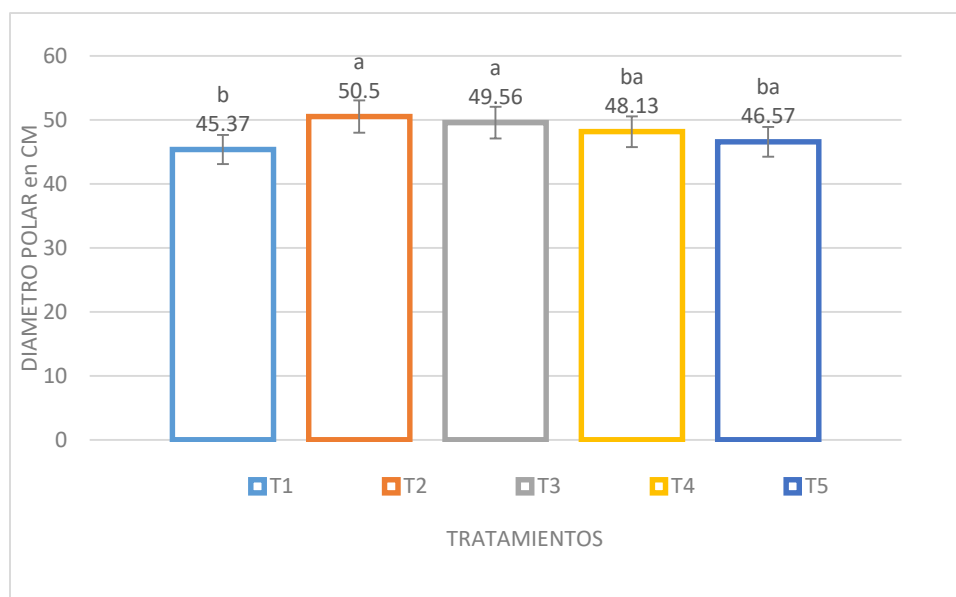


Figura 10. Efecto del uso de diferentes dosis y biostimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre el diámetro polar del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.).

T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹): Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.9 Diámetro ecuatorial (DE)

El análisis de varianza (cuadro 10) para la variable diámetro ecuatorial (DE) indicó que el efecto de bloque no fue significativo ($F = 0.14$; $p = 0.8746$), lo que confirma homogeneidad en las condiciones experimentales. En contraste, el factor tratamiento presentó efecto significativo ($F = 5.16$; $p = 0.0236$), evidenciando diferencias entre medias. La prueba de comparación múltiple de

Duncan ($\alpha \leq 0.05$) mostró que el tratamiento T2 (Stimulate® 1 mL L⁻¹) registró el mayor valor promedio (50.22 cm), superando aproximadamente en 12 % al testigo (44.49 cm). No obstante, T2 no difirió estadísticamente de T3 (Stimulate® 0.5 mL L⁻¹), T4 (X-Cyte® 1 mL L⁻¹) ni T5 (X-Cyte® 0.5 mL L⁻¹), los cuales presentaron comportamiento estadísticamente similar entre sí (Figura 10).

Resultados comparables han sido reportados por Caballero y Muylema (2023), quienes observaron incrementos en el diámetro ecuatorial de lechuga asociados a la aplicación de brasinoesteroides y giberelinas, fitohormonas que promueven la división y elongación celular. De manera similar, Hurtado (2010) reportó en sandía una respuesta positiva del diámetro ecuatorial con el incremento en la dosis de X-Cyte, mientras que Olivera (2023) encontró aumentos significativos en pimiento piquillo con aplicaciones de 500 y 600 mL ha⁻¹ de este bioestimulante.

El incremento en el diámetro ecuatorial refleja una mayor expansión celular y acumulación de biomasa, procesos asociados con una adecuada actividad fotosintética y estado nutricional del cultivo. Además, esta variable posee relevancia comercial, ya que influye en la uniformidad, clasificación y calidad visual del producto. En este contexto, los resultados del presente estudio indican que la aplicación semanal de Stimulate® a una dosis de 1 mL L⁻¹ favoreció el diámetro ecuatorial de la lechuga en comparación con el testigo, probablemente debido al efecto sinérgico de las fitohormonas presentes en el bioestimulante.

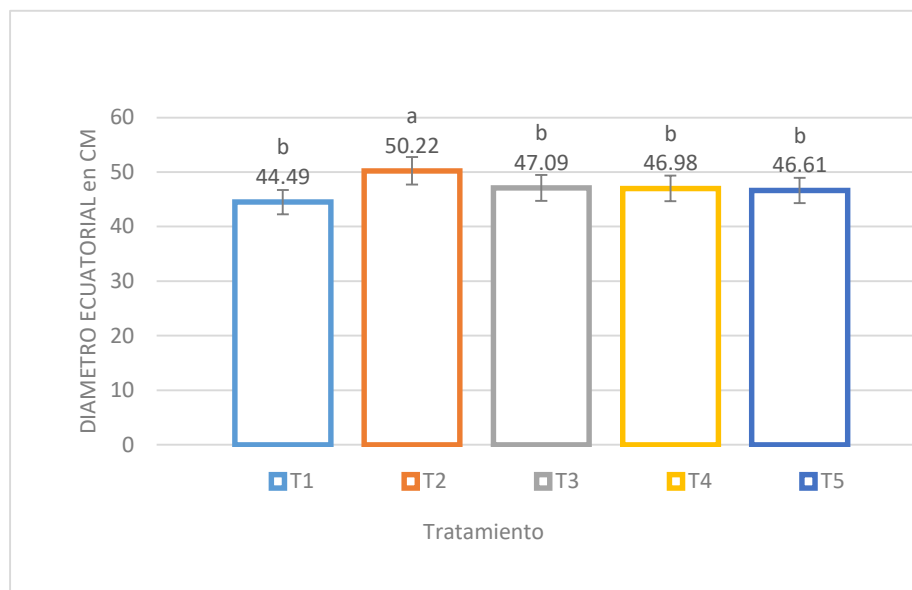


Figura 11. Efecto del uso de diferentes dosis y bioestimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre el diámetro ecuatorial del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L).

T1= Testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹); Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.10 Densidad (DEN)

El análisis de varianza (cuadro 10) para la variable densidad (DEN) no mostró efecto significativo de los tratamientos ($p = 0.4391$) ni del bloque ($p = 0.3558$), lo que indica uniformidad en las condiciones experimentales y ausencia de respuesta estadística a los bioestimulantes evaluados. El tratamiento T3 (Stimulate® 0.5 mL L⁻¹) presentó el mayor promedio (1.17), mientras que el testigo (T1) registró el menor valor (0.93); sin embargo, estas diferencias fueron únicamente numéricas y no alcanzaron significancia estadística ($\alpha \leq 0.05$) (figura11). En consecuencia, los resultados sugieren que, bajo las condiciones del estudio, la aplicación semanal de Stimulate® y X-Cyte® no influyó significativamente en la densidad de las plantas de lechuga.

Desde el punto de vista físico, la densidad representa la relación entre la masa y el volumen de un material Raviolo, *et al.*, (2022); por lo que constituye un indicador de la compactación o consistencia del tejido vegetal. Considerando que la lechuga presenta aproximadamente 95 % de agua en su composición, valores cercanos o superiores a 1 sugieren tejidos más compactos y con mayor acumulación de biomasa, mientras que valores menores pueden indicar mayor presencia de espacios intercelulares o estructuras menos densas. En este estudio, aunque el tratamiento T3 mostró el valor promedio más alto, la ausencia de diferencias estadísticas indica que los bioestimulantes evaluados no modificaron de manera significativa esta característica bajo las condiciones experimentales establecidas.

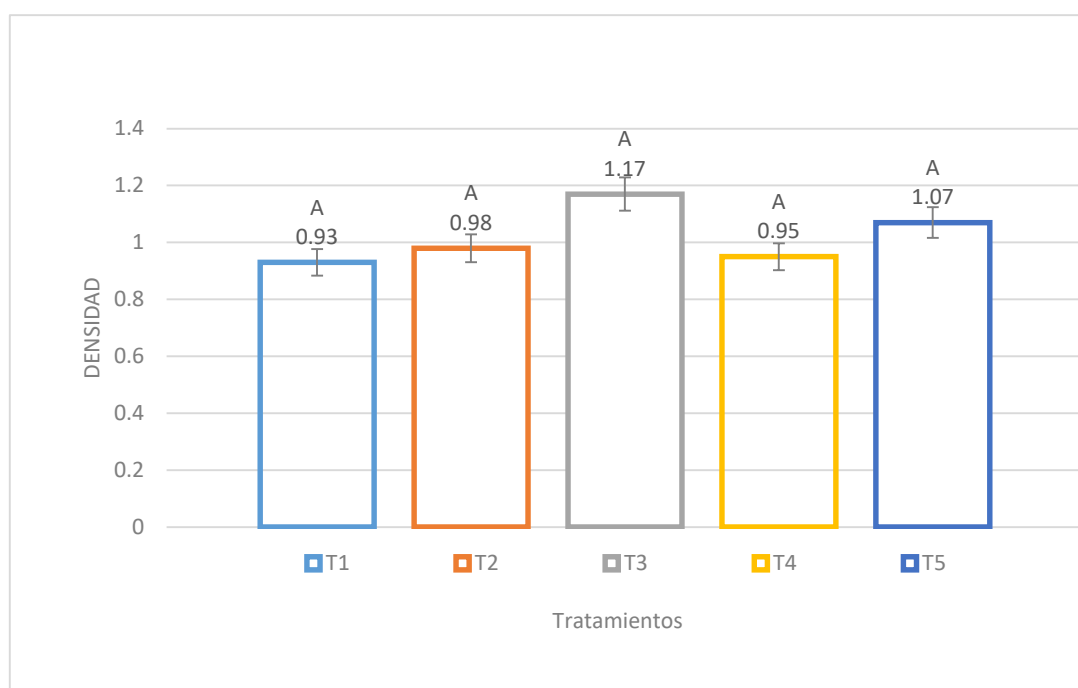


Figura 12. Efecto del uso de diferentes dosis y bioestimulantes aplicados de manera foliar semanalmente en mL L⁻¹ sobre la densidad del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa*). T1= testigo sin aplicación, T2=Stimulate® (500 mL Ha⁻¹); T3=Stimulate® (250mL Ha⁻¹); T4=X-Cyte® (500 mL Ha⁻¹) y T5=X-Cyte® (250 mL Ha⁻¹): Los valores representan la media y la barra del error estándar. Las distintas letras sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

4.11 Análisis costo beneficio

El análisis económico de los tratamientos evaluados evidencia que la aplicación de bioestimulantes puede constituir una práctica agronómica rentable en la producción de lechuga,

debido a que el incremento en el rendimiento compensa ampliamente la inversión requerida para su adquisición y aplicación. Al extrapolar los resultados obtenidos a una hectárea, los tratamientos T2 y T4 alcanzaron rendimientos estimados de 31.82 y 31.38 t ha⁻¹ respectivamente (cuadro 11), superando al testigo (26.4 t ha⁻¹) en 5.12 y 4.98 t ha⁻¹. Considerando el precio medio rural de la lechuga reportado por el SIAP para 2023 (\$5,395 t⁻¹), estos incrementos representarían ingresos adicionales de \$27,622.40 y \$26,435.50 por hectárea para T2 y T4, respectivamente. Aunque la inversión en bioestimulantes difirió entre tratamientos, con costos estimados de \$4,228.88 ha⁻¹ para Stimulate® y \$2,882.25 ha⁻¹ para X-Cyte® (cuadro 12), ambos generaron ganancias netas superiores a los \$23,000 ha⁻¹. Particularmente, el tratamiento T4 mostró una relación costo-beneficio ligeramente más favorable (cuadro 13), ya que alcanzó una ganancia neta similar a la obtenida con T2, pero con una menor inversión inicial. En conjunto, estos resultados demuestran que el uso de bioestimulantes no solo contribuye a incrementar la productividad del cultivo, sino que también mejora la rentabilidad del sistema de producción, convirtiéndose en una herramienta tecnológica con potencial para maximizar los beneficios económicos del productor bajo condiciones similares a las evaluadas en este estudio

Cuadro 11. Análisis económico de los costos de aplicación de los tratamientos evaluados en el cultivo de lechuga.

Tratamiento	RTO (T Ha ⁻¹)	Precio de Venta (\$ Ton)	Ingreso Bruto (\$ Ha ⁻¹)	Costo Tratamiento (\$ Ha ⁻¹)	Ingreso Neto (\$ Ha ⁻¹)	Beneficio Adicional (\$ Ha ⁻¹)	Relación B/C
T1 Testigo	26.4	\$ 5,395	\$ 142,428	\$ -	\$142,428.00	\$ -	N/A
T2 Stimulate 500	31.82	\$ 5,395	\$ 171,669	\$ 4,228.88	\$167,440.03	\$25,012.03	5.9
T3 Stimulate 250	28.18	\$ 5,395	\$ 152,031	\$ 2,114.44	\$ 149,916.66	\$ 7,488.66	3.5
T4 X-Cyte 500	31.28	\$ 5,395	\$ 168,756	\$ 2,882.25	\$ 165,873.35	\$23,445.35	8.1
T5 X-Cyte 250	27.6	\$ 5,395	\$ 148,902	\$ 1,441.13	\$ 147,460.88	\$ 5,032.88	3.5
Formulas	RTO	PDV	IB RTO*PDV	CT CP*D*A	IN IB-CT	BA TRAT – TST	RBC BA/CT

Formulas: Ingreso bruto=Rendimiento*Precio de ventas.

Costo de tratamiento= Costo de producto*Dosis*Aplicaciones.

Ingreso neto=ingreso bruto-costo tratamiento.

Beneficio adicional= ingreso neto testigo- ingreso neto de tratamiento.

Relación beneficio /costo=beneficio adicional/costo tratamiento.

Cuadro 12 Análisis de costo-beneficio de los tratamientos evaluados en el cultivo de lechuga.

Tratamiento/ producto	Precio del producto	Dosis (L Ha)	Aplicaciones (#)	Costo Tratamiento (\$ Ha ⁻¹)
Testigo	\$ -	0	0	0
T2 stimulate	\$ 939.75	0.5	9	4228.875
T3 stimulate	\$ 939.75	0.25	9	2114.4375
T4 X-Cyte	\$ 640.50	0.5	9	2882.25
T5 X-Cyte	\$ 640.50	0.25	9	1441.125

Formula: Costo tratamiento=precio del producto*dosis*aplicaciones

Cuadro 13 Interpretación de la relación beneficio-costo de los tratamientos con bioestimulantes en el cultivo de lechuga.

Guanacias por lo invertido	
T1 testigo	----
T2 Stimulate	Por cada \$1 invertido, se generaron \$5.9
T3 stimulate	Por cada \$1 invertido, se generaron \$3.5
T4 X-Cyte	Por cada \$1 invertido, se generaron \$8.1
T5 X-Cyte	Por cada \$1 invertido, se generaron \$3.5

5. CONCLUSIONES

Se concluye que las aplicaciones foliares de reguladores de crecimiento vegetal compuestos por auxinas, giberelinas y citocininas favorecieron el desarrollo vegetativo de las plantas de lechuga, al promover procesos fisiológicos fundamentales como la división y elongación celular, la formación y crecimiento del sistema radical, así como la reducción de los efectos asociados al etileno. Estos mecanismos se reflejaron en un incremento significativo de variables agronómicas de importancia comercial (particularmente en la altura de planta y el diámetro de cabeza), características directamente relacionadas con el vigor, la calidad y el rendimiento del cultivo. Por lo tanto, el uso de estos reguladores de crecimiento representa una estrategia agronómica eficaz para potenciar el crecimiento y mejorar el potencial productivo de la lechuga.

1. La aplicación foliar de los bioestimulantes Stimulate® y X-Cyte® influyó positivamente en el crecimiento de la lechuga, observándose diferencias significativas en las variables altura de planta y diámetro ecuatorial respecto al testigo.
2. El tratamiento T2 (Stimulate® a 500 mL ha⁻¹) promovió el mayor crecimiento vegetativo del cultivo, registrando los valores más altos en altura de planta y diámetro ecuatorial, por lo que se identifica como el regulador de crecimiento con mejor desempeño agronómico entre los tratamientos evaluados.
3. La dosis de 500 mL ha⁻¹ mostró mejores resultados que la dosis de 250 mL ha⁻¹ para ambos productos, lo que indica que esta concentración favorece en mayor medida el desarrollo y la calidad comercial de las plantas de lechuga.
4. Aunque las variables de rendimiento no presentaron diferencias estadísticas significativas, el tratamiento T2 alcanzó el mayor rendimiento numérico, con un incremento estimado de 5.12 t ha⁻¹ respecto al testigo, lo que representa una mejora potencial en la productividad del cultivo.
5. Desde el punto de vista económico, los tratamientos T2 y T4 presentaron las mayores ganancias netas y relaciones beneficio-costos, demostrando que la aplicación de bioestimulantes puede constituir una alternativa rentable para la producción comercial de lechuga.
6. La hipótesis planteada se acepta parcialmente, ya que la aplicación de Stimulate® y X-Cyte® incrementó variables relacionadas con el crecimiento y algunos atributos de calidad del cultivo; sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticas significativas en todas las variables evaluadas, particularmente en el rendimiento.

7. Bajo las condiciones de campo abierto en las que se desarrolló el estudio, Stimulate® aplicado a una dosis de 500 mL ha⁻¹ destacó como el tratamiento más recomendable para promover el crecimiento, mejorar características de calidad comercial y aumentar el potencial productivo y económico del cultivo de lechuga.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la aplicación foliar del bioestimulante **Stimulate® a una dosis de 500 mL ha⁻¹**, con frecuencia semanal durante el ciclo del cultivo, ya que mostró los mejores resultados en variables de crecimiento como **altura de planta y diámetro ecuatorial**, además de presentar incrementos numéricos en rendimiento.
2. Para futuras investigaciones, se sugiere **evaluar diferentes dosis y frecuencias de aplicación** de los bioestimulantes Stimulate® y X-Cyte®, con el fin de determinar con mayor precisión la dosis óptima que maximice el rendimiento y la calidad del cultivo de lechuga.
3. Realizar estudios similares **en diferentes épocas del año, condiciones ambientales y tipos de suelo**, debido a que la respuesta a los bioestimulantes puede variar según el manejo agronómico y las condiciones climáticas.
4. Incluir en futuros trabajos **otras variables fisiológicas y productivas**, como área foliar, tasa fotosintética, contenido nutricional o vida de anaquel, que permitan comprender mejor el efecto de los bioestimulantes sobre el desarrollo y la calidad del cultivo.
5. Evaluar el **análisis económico del uso de bioestimulantes a escala comercial**, considerando costos de aplicación, precios de mercado y rendimiento por hectárea, con el fin de determinar su rentabilidad en sistemas productivos de lechuga.
6. Promover el uso de bioestimulantes dentro de **programas integrales de manejo agronómico**, combinándolos con prácticas adecuadas de fertilización, riego y manejo fitosanitario para optimizar el crecimiento y productividad del cultivo.

7. LITERATURA CITADA

- Alcántara C, J. S., Acero G, J., Alcántara C, J. D., y Sánchez M, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Semillero de investigación Biotecnología y Genética, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. *NOVA*, 17 (32), 109-129
- Alia-Tejacal, I., Valdez-Aguilar, L. A., Campos-Bravo, E., Sainz-Aispuro, M. D. J., Pérez-Arias, G. A., Colinas-León, M. T., ... & Alvear-García, A. (2011). Efecto de la aspersión de ácido giberélico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(SPE3), 577-589.
- Alvarado Herrera, E., & Huarcaya Rojas, L. J. (2019). Respuesta a la aplicación foliar de tres bioestimulantes trihormonales y tres dosis de aplicación en el cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* L.), en la provincia de Chincha.
- Avalos, A. (2025). Fitohormonas. *PLANTA*, (31), 36–39. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
- BASTÍAS, J. I. A. (2012). *APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO PARA RETRASAR LA MADURACIÓN DE CEREZAS (Prunus avium L.) EN EL SUR DE CHILE* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE CHILE).
- Blog Agricultura. (s. f.). *Lechuga, un cultivo agrícola de mucha importancia*. <https://blogagricultura.com/lechuga-cultivo-importante/>
- Bonilla Andrade, E. J., & Gómez Cabezas, M. A. (2020). Evaluación de la eficiencia de giberelinas en la producción de fréjol arbustivo (*phaseolus vulgaris* l.) var. iniap 430 portilla, en la granja experimental “LaPradera” <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10291/2/03%20AGP%20260%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>
- Borjas-Ventura, R., Julca-Otiniano, A., & Alvarado-Huamán, L. (2020). Las fitohormonas: una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150–164. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150>
- Buendia C, A. R. (2018). Enteroparásitos de importancia clínica en lechugas de los mercados Caqueta y Huamantanga, 2018. *Tesis de licenciatura. Universidad Privada Norbert Wiener*. Facultad de Ciencias de la Salud. 95 p.

- Buenrostro-Curiel, J., Montazar, A., Avilés-Marín, S. M., Escobosa-García, M. I., Brígido-Morales, J. G., & Soto-Ortiz, R. (2025). Rendimiento de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bajo Diferentes Láminas de Riego y Dosis de Nitrógeno en el Valle Imperial, California. *Terra Latinoamericana*, 43.
- Caballero Tapia, K. R., & Muylema León, L. F. (2023). “Efecto de biorreguladores sobre el crecimiento y rendimiento de lechuga crespa (*Lactuca sativa*)”.
- Caballero Tapia, K. R., & Muylema León, L. F. (2023). “Efecto de biorreguladores sobre el crecimiento y rendimiento de lechuga crespa (*Lactuca sativa*)”.
- Cabrera D, I. (2021). Evaluación de cuatro cultivares de lechuga en parámetros agronómicos similares en la granja Santa Inés. *Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Machala*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 51 p.
- Calzado Cusma, J. A. (2024). Efecto fitohormonal en calidad de fruto, del cultivo de Arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.) bajo condiciones ambientales de Irrigación Santa Rosa.
- Carrasco S, D., y Sandoval B, C. (2016). Manual práctico del cultivo de la lechuga. *Mundi-prensa México*. 148 p.
- Castellanos, J. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. *Ocma soluciones impresas*. 458p.
- Castro Cotaquispe, P. S. (2024). Efecto de la aplicación exógena de productos trihormonales en el comportamiento morfológico y productivo en el cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus*) en Ica.
- Cavero Tucno, K., & Machahuay Huarcaya, J. D. (2019). Respuesta de la aplicación foliar de tres dosis de bioestimulantes y tres dosis de ácido fúlvico en el cultivo de cebolla amarilla dulce (*Allium cepa* L.), cultivar Century, bajo riego por goteo en Villacuri.
- Cerna Hague, G. B., & Ochoa Villanueva, J. A. (2025). Efecto de cuatro reguladores de crecimiento en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Canario 2000 en Barranca, Lima.
- Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional. (2023). *Reporte del clima en México: Octubre 2023* (Año 13, núm. 10). Gobierno de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>

- Conesa, T. (2017). *Plan de marketing estratégico para el posicionamiento de la línea de biorreguladores de la empresa Stoller Argentina*. Universidad Católica de Córdoba (Argentina).
- De la Torre Oyola, M., & Jayo Navarro, L. A. (2018). Interacción de cuatro productos trihormonales estimulantes del desarrollo en la productividad del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad Canteño en la zona baja del valle de Ica.
- Econtatur. 15 de diciembre 2024. *Bioestimulantes foliares*. consultado el 8 de marzo de 2026, de <https://econatur.net/servicios/bioestimulantes-agricolas/bioestimulantes-foliares/>
- EOS Data Analytics. (2024, abril 26). *Growing lettuce: How to plant, care, and harvest*. EOSDA. <https://eos.com/blog/how-to-grow-lettuce/>
- Fancelli, A. L. (2023). Aplicaciones y perspectivas del uso de Bioestimulantes y Biorreguladores en agricultura. In *Simposio de fertilidad*.
- Fonnegra R, G., y Jiménez R, S. L. (2007). Plantas medicinales aprobadas en Colombia. 2.^a edición. Editorial Universidad de Antioquía. 315 p.
- García-Terrazas, M. I., Santillán-Carrillo, I. E., Holguín-Lina, R., y Sariñana-Aldaco, O. (2022). Impacto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la biomasa, pigmentos fotosintéticos y compuestos nitrogenados en lechuga. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 24(3), 115-122.
- Gil A. M., Sorribas R, R., y Agudo M, A. (2017). Guía de gestión integrada de plagas hortícolas de hoja: espinaca, lechuga, acelga, escarola y borraja. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 154 p.
- González P, L. A. (2013). Rendimiento de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) tipo gourmet ciclo primavera-verano. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria. 45 p.
- Gutiérrez T, J. (2011). Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Instituto de Horticultura. 77 p.
- INTAGRI. (2017). Biestimulantes en nutrición, fisiología y estrés vegetal. Serie Nutrición Vegetal Núm. 43. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Julca Olivera, T. E. (2023). Respuesta del pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L) a la aplicación de citoquininas en condiciones del valle de Huaura.

- Kew. (2025). *Lactuca sativa*.
<https://web.archive.org/web/20121102090341/http://www.kew.org/science-research-data/kew-in-depth/difficult-seeds/species-profiles/lactuca-sativa/index.htm> (Consultado el 8 de mayo de 2025)
- Khandaker, M. M., Boyce, A. N., Osman, N., Golam, F., Rahman, M. M., & Sofian-Azirun, M. (2013). Fruit development, pigmentation and biochemical properties of wax apple as affected by localized Application of GA3 under field conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(1), 11-20.
- Liscano M, L. P. (2017). Estimación de la huella hídrica en cultivo de lechuga Batavia (*Lactuca sativa capitata*) “CJR” en la sabana de Bogotá (Colombia). Trabajo de grado en modalidad monografía. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos. 75 p.
- Lizano A, D. R. (2020). Cultivo hidropónico NFT de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con diferentes cultivares, soluciones nutritivas y microorganismos benéficos en ambiente protegido en Santa Clara, San Carlos. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica Campus Tecnológico Local San Carlos. 84 p.
- López S, B. Y. C. (2019). Efecto de las dosis de bioestimulante y variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sobre las características morfológicas y rendimiento cultivadas en dos zonas de la provincia de Chincheros – Apurímac. Tesis de licenciatura. Universidad José Carlos Mariátegui. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 123 p.
- Martínez B, B. A. (2019). Evaluación del biosol generado en la producción de biogás, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 63 p.
- Navarro Ccerhuayo, O. H. (2024). Efecto de biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*) bajo condiciones de invernadero, Huacho.
- Orellana M, F. J. (2022). Reguladores de crecimiento vegetal son claves para aumentar la productividad agrícola. Tesis de licenciatura. Universidad de Jaén. Facultad de Ciencias Experimentales. 48 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). FAOSTAT (2023). <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Fecha de consulta: 02 de abril del 2024.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023, diciembre 1). *El sector agroalimentario hace frente a una creciente amenaza a causa de las pérdidas y daños provocados por el cambio climático*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-agrifood-sector-faces-growing-threat-from-climate-change-induced-loss-and-damage/es>
- Oriente Se Periodismo de Opinión. (2022). *Ahora el brócoli y la lechuga se podrán transformar y consumir en polvo como estrategia de aprovechamiento de los residuos agrícolas*. Recuperado de <https://orienteseperiodismodeopinion.com/ahora-el-brocoli-y-la-lechuga-se-podran-transformar-y-consumir-en-polvo-como-estrategia-de-aprovechamiento-de-los-residuos-agricolas/>
- Ortega, Y. B. S., & López, O. M. C. (2024). Efecto de bioestimulantes foliares en la tolerancia al estrés abiótico en cultivos de *Raphanus sativus*. *Reincisol.*, 3(6), 4420-4442.
- Paucar C, M. L. (2022). Evaluación agronómica y morfológica de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con cuatro niveles de fertilización en sector de granja Totorillas, Cantón Guamote, provincia Chimborazo. Tesis de licenciatura. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. 87 p.
- Pujiwati, I., Agisimanto, D., Saputra, R. B., Rosyidah, A., & Yulianti, F. (2024). Fermented lettuce waste as an organic nutritional supplement of synthetic fertilizer in hydroponic production of Archivel lettuce. *Ciência e Agrotecnologia*, 48, e019924. <https://www.scielo.br/j/cagro/a/s5vLwHrDtwcYzjR4RgPf87v/?lang=en>
- Riquelme, R., Mendoza, E., Ramírez, A., Escobar, L., Amarilla, L., y Fleitas, J. (2023). Importancia de calibraciones del fertilizante orgánico líquido para la productividad de la lechuga en Carapeguá. Universidad Nacional de Villarrica del Espíritu Santo Revista Científica, 7(1), 1-10.
- Rivas Giraldo, A. Y. (2020). Efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad INIA-Usui, bajo condiciones de Costa central.
- Saavedra R, G., Corradini S, F., Antúnez B, S., Estay P, P., y Sepúlveda R, P. (2017). Manual de producción de lechuga. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)*. N° 374. Santiago, Chile. 153 p.

- Salinas T, C. D. (2013). Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativus* L.) en el barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el Cantón Ambato. *Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Ambato*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 74 p.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. f.). *Panorama agroalimentario: Productos*. Gobierno de México. <https://panorama.agricultura.gob.mx/vista/productos.php>
- Shoaib, S., Iqbal, R. K., Ashraf, H., Younis, U., Rasool, M. A., Ansari, M. J., Alarfaj, A. A., & Alharbi, S. A. (2025). Mitigating effect of γ -aminobutyric acid and gibberellic acid on tomato plant cultivated in Pb-polluted soil. *Scientific Reports*, 15, 12469. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96450-4>
- Singh, A., Paudel, S., Pradhan, A., Chaulagain, S., Keshari, S. K., & Shrestha, B. (2024). Effect of different concentrations of gibberellic acid as post-harvest treatment on physiochemical properties and shelf life of mango (*Mangifera indica* L. Cv. Bombay Green). *Sustainability in Food and Agriculture*, 5(2), 64–69. <https://doi.org/10.26480/sfna.02.2024.64.69>
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). (2021). Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-y-exportacion-de-lechuga-mexicana?idiom=es>. Fecha de consulta: 09 de abril del 2024.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). (2023). Panorama Agroalimentario.gob.mx. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y>. Fecha de consulta: 02 de abril del 2024.
- Steiner, A. (1984). A. 1984. The universal nutrient solution. *Proc. 6th Int. Cong. On Soilless Culture. ISOSC. Lunteren, Holanda*, 633-646.
- Stoller, (2025). *Stoller Argentina*. <https://www.stoller.com.ar/>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., y Murphy, A. (2017). Fisiología y desarrollo vegetal (6.^a ed.). *Sunderland, MA: Sinauer Associates*.
- Tang, W., Liang, L., Xie, Y., Li, X., Lin, L., Huang, Z., ... & Tang, Y. (2023). Foliar application of salicylic acid inhibits the cadmium uptake and accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 14, 1200106.
- Universidad Autónoma de Sinaloa. (2022, noviembre 10). *Aprovechan los desechos de lechuga para la elaboración de polvo que contribuye a la salud*. Dirección General de Comunicación Social.

<https://dcs.uas.edu.mx/noticias/5622/aprovechan-los-desechos-de-lechuga-para-la-elaboracion-de-polvo-que-contribuye-a-la-salud>

- Velazco Hurtado, E. C. (2010). Efecto de aplicación con la fitohormona x-Cyte y cuatro distanciamientos de siembra sobre rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) Los Palos–Tacna.
- Velázquez M, S. (2019). Densidad de siembra en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Cv. Angelina bajo condiciones de la Molina. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Agronomía. 76 p.
- Villafuerte-Barreto, A., Zambrano-Gavilanes, F. E., Peñarrieta-Bravo, S., & León-Aguilar, R. (2025). Rol de los bioestimulantes en el desarrollo, crecimiento y producción del cultivo de algodón. *BIOTEMPO*, 22(2), 279-289.