



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

Optimización del rendimiento y rentabilidad del cultivo de lechuga 'Isabela' en condiciones de hidroponía mediante el uso de bioestimulantes y soluciones nutritivas

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autores

Royer Edson Cruz Valle
Fernando Manuel Flores Guillen

Asesora

Dra. Dori Udulia Felles Leandro

Huacho - Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

METADATOS


DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Cruz Valle, Royer Edson	71347288	13/02/2025
Flores Guillen, Fernando Manuel	76593187	13/02/2025
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Dra. Felles Leandro, Dori Udulia	15729545	0000-0002-1210-5489
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Dra. Utia Pinedo, María del Rosario	07922793	0000-0002-2396-3382
Dr. Tirado Malaver, Roberto Hugo	44565193	0000-0002-4615-5310
Mg. Azabache Cubas, Elvia Elizabeth	16785502	0000-0002-0027-4349

Flores Guillen Fernando Man Cruz Valle Royer Edson

Optimización del rendimiento y rentabilidad del cultivo de lechuga 'Isabela' en condiciones de hidroponía mediante el us...

 Quick Submit

 Quick Submit

 Facultad de Ingeniería Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3136460672

Fecha de entrega

24 ene 2025, 9:17 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

24 ene 2025, 9:47 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS_FLORES_Y_CRUZ.pdf

Tamaño de archivo

4.3 MB

107 Páginas

23,590 Palabras

133,747 Caracteres

20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 19%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

"Dedicamos este trabajo de investigación a nuestros padres y familiares, por su constante apoyo, paciencia y amor incondicional. Gracias por habernos brindado la motivación y la inspiración necesarias para alcanzar esta meta. Este logro también es suyo, y esperamos que sientan el mismo orgullo que nosotros al ver los resultados de este esfuerzo conjunto. ¡Gracias por estar siempre a nuestro lado y creer en nosotros!"

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Dios, quien nos ha guiado y fortalecido a lo largo de este proceso.

Manifestamos nuestra profunda gratitud a nuestra asesora, Dra. Dori Udulia Felles Leandro, por su orientación, paciencia y valiosos consejos a lo largo de todo el proceso de investigación. Gracias a su experiencia y conocimiento, pudimos enfrentar los desafíos que surgieron durante la ejecución de este trabajo y mejorar continuamente en nuestro camino hacia la excelencia académica.

Agradecemos a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y al Vicerrectorado de Investigación por el financiamiento brindado, así como por el seguimiento y apoyo durante la ejecución del proyecto en campo.

Reconocemos y valoramos el compromiso de los miembros del jurado, por la revisión de esta tesis, contribuyendo con sus observaciones y sugerencias a enriquecer nuestro trabajo.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a los profesores de la Escuela de Ingeniería Agronómica por compartir su conocimiento y ser pilares en nuestra formación como futuros profesionales.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1 Descripción de la realidad problemática..... 2

1.2 Formulación del problema..... 3

1.2.1 Problema general 3

1.2.2 Problemas específicos 3

1.3 Objetivos de la investigación..... 3

1.3.1 Objetivo general..... 3

1.3.2 Objetivos específicos 3

1.4 Justificación de la investigación 4

1.5 Delimitación del estudio..... 5

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 6

2.1 Antecedentes de la investigación..... 6

2.1.1 Antecedentes internacionales 6

2.1.2 Antecedentes nacionales 7

2.2 Bases teóricas 9

2.2.1 Origen de la lechuga 9

2.2.2 Taxonomía 9

2.2.3 El cultivo de lechuga y su significado económico y social..... 10

2.2.4 Morfología 10

2.2.5 Requerimientos edafoclimáticos 11

2.2.6 Requerimiento nutricional del cultivo..... 11

2.2.7 Variedad “Isabela” y sus características..... 12

2.2.8 La Hidroponía 12

2.2.9 Importancia de la hidroponía para la seguridad alimentaria 12

2.2.10 Sistema de hidroponía (NFT) 13

2.2.11 Solución nutritiva..... 14

2.2.12 Calidad del agua de riego en hidroponía..... 15

2.2.13 Bioestimulantes	16
2.4 Definición de términos básicos	18
2.5 Hipótesis de investigación	19
2.3.1 Hipótesis General	19
2.3.2 Hipótesis Específicas	19
2.6 Operacionalización de las variables	19
CAPITULO III. METODOLOGÍA	21
3.1 Diseño metodológico	21
3.1.1 Ubicación	21
3.1.2 Características del área experimental	21
3.1.3 Materiales e insumos	23
3.1.4 Tratamientos	23
3.1.5 Diseño experimental	25
3.1.7 Variables evaluadas	26
3.1.8 Conducción del experimento	28
3.2 Población y muestra	31
3.2.1 Población	31
3.2.2 Muestra	31
3.3 Técnicas para el procesamiento de la información	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	33
4.1 Número de hojas	33
4.2 Diámetro del tallo	34
4.3 Longitud radicular	35
4.4 Volumen radicular	37
4.6 Altura de planta	38
4.7 Contenido foliar de elementos	40
4.7.1 Contenido de nitrógeno foliar (%)	40
4.7.2 Contenido de fósforo foliar	41
4.7.3 Contenido de potasio foliar	43
4.7.4 Contenido de calcio foliar	44
4.7.5 Contenido de magnesio foliar	46
4.7.6 Contenido de azufre foliar	47
4.7.7 Contenido de hierro foliar	49
4.5 Peso fresco foliar (g/planta)	50

4.6 Peso seco foliar (g/planta)	52
4.7 Porcentaje de materia seca (%)	54
4.8 Rendimiento (t/ha).....	55
4.9 Peso fresco radicular	56
4.10 Peso seco radicular	58
4.11 Rentabilidad	60
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....	62
5.1 Características de crecimiento	62
5.2 Rendimiento	63
5.3 Contenido foliar de macronutrientes N, P y K.....	63
5.4 Rentabilidad	64
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
6.1 Conclusiones	66
6.2 Recomendaciones.....	67
CAPITULO VII. REFERENCIAS	68
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de fertilizantes para hidroponía	15
Tabla 2. Operacionalización de las variables	19
Tabla 3. Composición de la solución nutritiva al 100%	24
Tabla 4. Composición de la solución nutritiva al 75%	24
Tabla 5. Tratamientos en estudio	25
Tabla 6. Resultados del análisis de agua de riego utilizado en el experimento.....	28
Tabla 7. Resultados de análisis de soluciones nutritivas	29
Tabla 8. Análisis de varianza para el número de hojas por planta	33
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas entre niveles de solución nutritiva	33
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas entre bioestimulantes	34
Tabla 11. Análisis de varianza para el diámetro del tallo	34
Tabla 12. Prueba de Tukey para el diámetro del tallo entre niveles de solución nutritiva	35
Tabla 13. Prueba de Tukey para el diámetro del tallo entre bioestimulantes.....	35
Tabla 14. Análisis de varianza para la longitud radicular	36
Tabla 15. Prueba de Tukey para la longitud radicular entre niveles de solución nutritiva.	36
Tabla 16. Prueba de Tukey para la longitud radicular entre bioestimulantes.....	37
Tabla 17. Análisis de varianza para el volumen radicular	37
Tabla 18. Prueba de Tukey para el volumen radicular entre los niveles de solución nutritiva	38
Tabla 19. Prueba de Tukey para el volumen radicular entre tipos de bioestimulantes	38
Tabla 20. Análisis de varianza para la altura de planta	39
Tabla 21. Prueba de Tukey para la altura de planta entre niveles de solución nutritiva	39
Tabla 22. Prueba de Tukey para la altura de planta entre tipos de bioestimulantes	40
Tabla 23. Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno foliar	40
Tabla 24. Prueba de Tukey para el nitrógeno foliar entre niveles de solución nutritiva.....	41
Tabla 25. Prueba de Tukey para el nitrógeno foliar entre tipos de bioestimulantes.....	41
Tabla 26. Análisis de varianza para el contenido de fósforo foliar.....	42
Tabla 27. Prueba de Tukey para el fósforo foliar entre niveles de solución nutritiva.....	42
Tabla 28. Prueba de Tukey para el fósforo foliar entre tipos de bioestimulantes	43
Tabla 29. Análisis de varianza para el contenido de potasio foliar	43

Tabla 30. Prueba de Tukey para el potasio foliar entre niveles de solución nutritiva.....	44
Tabla 31. Prueba de Tukey para el potasio foliar entre tipos de bioestimulantes	44
Tabla 32. Análisis de varianza para el contenido de calcio foliar.....	45
Tabla 33. Prueba de Tukey para el calcio foliar entre niveles de solución nutritiva.....	45
Tabla 34. Prueba de Tukey para el calcio foliar entre tipos de bioestimulantes	46
Tabla 35. Análisis de varianza para el contenido de magnesio foliar	46
Tabla 36. Prueba de Tukey para el magnesio foliar entre niveles de solución nutritiva.....	47
Tabla 37. Prueba de Tukey para el magnesio foliar entre bioestimulantes	47
Tabla 38. Análisis de varianza para el contenido de azufre foliar	48
Tabla 39. Prueba de Tukey para el azufre foliar entre niveles de solución nutritiva	48
Tabla 40. Prueba de Tukey para el azufre foliar entre bioestimulantes	49
Tabla 41. Análisis de varianza para el contenido de hierro foliar.....	49
Tabla 42. Prueba de Tukey para el hierro foliar entre niveles de solución nutritiva.....	50
Tabla 43. Prueba de Tukey para el hierro foliar entre bioestimulantes.....	50
Tabla 44. Análisis de varianza para el peso fresco foliar.....	51
Tabla 45. Prueba de Tukey para el peso fresco foliar entre niveles de solución nutritiva	51
Tabla 46. Prueba de Tukey para el peso fresco foliar entre bioestimulantes	52
Tabla 47. Análisis de varianza para el peso seco foliar	52
Tabla 48. Análisis de varianza para el peso seco foliar entre niveles de solución nutritiva	53
Tabla 49. Prueba de Tukey para el peso seco foliar entre bioestimulantes.....	53
Tabla 50. Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca	54
Tabla 51. Prueba de Tukey para materia seca entre niveles de solución nutritiva.....	54
Tabla 52. Prueba de Tukey para materia seca entre bioestimulantes	55
Tabla 53. Análisis de varianza para el rendimiento	55
Tabla 54. Prueba de Tukey para el rendimiento entre los niveles de solución nutritiva.....	56
Tabla 55. Prueba de Tukey para el rendimiento entre los bioestimulantes.....	56
Tabla 56. Análisis de varianza para el peso fresco radicular	57
Tabla 57. Prueba de Tukey para el peso fresco radicular entre niveles de fertilización.....	57
Tabla 58. Prueba de Tukey para el peso fresco radicular entre bioestimulantes.....	58
Tabla 59. Análisis de varianza para el peso seco radicular	58
Tabla 60. Prueba de Tukey para el peso seco radicular entre niveles de solución nutritiva	59
Tabla 61. Prueba de Tukey para el peso seco radicular entre tipos de bioestimulantes.....	59
Tabla 62. Análisis de varianza para la rentabilidad.....	60
Tabla 63. Prueba de Tukey para la rentabilidad entre niveles de solución nutritiva.....	61

Tabla 64. Prueba de Tukey para la rentabilidad entre bioestimulantes	61
Tabla 65. Subtotal de costos por campaña de producción del proyecto 96 m ²	88
Tabla 66. Total de costos de producción para la campaña según el tratamiento por hectárea	89
Tabla 67. Análisis económico por tratamientos	89
Tabla 68. Valores de temperatura, HR y precipitación del mes de mayo en la estación Camay	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar donde se ejecutó la investigación	21
Figura 2. Croquis del área experimental	22
Figura 3. Resultados del análisis de agua	81
Figura 4. Resultados del análisis de solución nutritiva al 100% y 75%	82
Figura 5. Resultados del análisis foliar de N, P, K y Ca.....	83
Figura 6. Resultados del análisis foliar de Mg, S y Fe.....	84
Figura 7. Instalación del sistema NFT	85
Figura 8. Siembra de semillas en almácigo.....	85
Figura 9. Medición en campo de pH y conductividad	85
Figura 10. Plántulas de 1 semana en almácigo	85
Figura 11. Módulos hidropónicos previos a cosecha	86
Figura 12. Aplicación de Nimbiol y evaluación	86
Figura 13. Lechuga en sistema NFT a las 4 semanas	86
Figura 14. Pesaje de las cabezas de lechuga	87
Figura 15. Hojas de lechugas en la estufa para determinar el peso seco.....	87
Figura 16. Determinación de volumen radicular en probeta graduada	87
Figura 17. Muestras en laboratorio	87
Figura 18. Ficha técnica de Sustento 80	90
Figura 19. Ficha técnica de Eco VigorStim.....	91
Figura 20. Ficha técnica del cultivo	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis de laboratorio.....	81
Anexo 2. Fotografías del experimento	85
Anexo 3. Costos de producción	88
Anexo 4. Fichas técnicas de productos	90
Anexo 5. Clima de la localidad.....	93

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes y concentraciones de soluciones nutritivas en la productividad, contenido foliar de nutrientes y rentabilidad de la lechuga 'Isabela' cultivada en sistema hidropónico. **Metodología:** Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2x3 (dos niveles de solución nutritiva: 100% y 75%, combinados con dos tipos de bioestimulantes más un control sin bioestimulante), con un total de seis tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas incluyeron número de hojas, diámetro del tallo, longitud radicular, altura de planta, contenido foliar de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S y Fe), peso fresco y seco foliar y radicular, rendimiento y rentabilidad. Los datos fueron sometidos a pruebas preliminares y luego a los análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5%. **Resultados:** No se encontró interacción significativa entre los factores en estudio. La solución nutritiva al 75% incrementó significativamente el número de hojas y la altura de la planta en comparación con la fertilización al 100%. El extracto de algas marinas mejoró la altura, longitud radicular y rendimiento (32.35 t ha⁻¹). Los tratamientos con solución nutritiva al 100% mostraron mayores concentraciones de macronutrientes primarios (N, P y K) en el contenido foliar. En el análisis económico, el extracto de algas marinas presentó el mayor índice de rentabilidad, alcanzando el 73.68%. **Conclusión:** La aplicación de extracto de algas marinas tuvo un impacto significativo en el rendimiento y las características de crecimiento, independientemente de los niveles de solución nutritiva. La combinación de fertilización al 75% con extracto de algas marinas mostró una rentabilidad superior, incrementándose en un 40.68% en comparación con el control.

Palabras clave: hidroponía, bioestimulantes, solución nutritiva, *Lactuca sativa* L., rendimiento, rentabilidad.

Abstract

Objective: To evaluate the effect of different biostimulants and nutrient solution concentrations on the productivity, nutrient foliar content, and profitability of 'Isabela' lettuce grown in a hydroponic system. **Methodology:** A completely randomized block design with a 2x3 factorial arrangement was employed (two levels of nutrient solution: 100% and 75%, combined with two types of biostimulants and a control without biostimulant), totaling six treatments with three replications. The variables evaluated included the number of leaves, stem diameter, root length, plant height, foliar nutrient content (N, P, K, Ca, Mg, S, and Fe), fresh and dry leaf and root weight, yield, and profitability. Data were subjected to preliminary tests, analysis of variance, and mean comparisons using Tukey's test at 5%. **Results:** No significant interaction was found between the factors under study. The 75% nutrient solution significantly increased the number of leaves and plant height compared to the 100% fertilization. Seaweed extracts improved height, root length, and yield (32.35 t ha⁻¹). Treatments with a 100% nutrient solution showed higher concentrations of primary macronutrients (N, P, and K) in the foliar content. In the economic analysis, the seaweed extract presented the highest profitability index, reaching 73.68%. **Conclusion:** The application of seaweed extract had a significant impact on yield and growth characteristics, regardless of nutrient solution levels. The combination of 75% fertilization with seaweed extract showed superior profitability, increasing by 40.68% compared to the control.

Keywords: hydroponics, biostimulants, nutrient solution, *Lactuca sativa* L., yield, profitability.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas de hojas que goza de mayor popularidad y consumo en diversas partes del mundo (Battle, et al., 2024). En 2022, la producción global de lechuga fue de 27,149.45 millones de kilos, lo cual representó una disminución de 686.63 millones de kilos en comparación con el año 2020, cuando se alcanzó un récord histórico de 27,836.08 millones de kilos (Agraria.pe, 2024). En el mismo año, a nivel regional, Lima destinó 2,796 hectáreas al cultivo de lechuga, logrando una producción de 21,818 toneladas con un rendimiento promedio de 7.8 t. ha⁻¹ y un precio de 2.05 soles por kg en chacra (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2024).

El aumento de la población exige incorporar tecnologías en la agricultura que respondan a la necesidad de alimentos seguros y sostenibles (González, 2020). En el Perú, la lechuga es un cultivo básico, aunque enfrenta desafíos en la producción en suelo, como la inocuidad y sostenibilidad (Floríndez y Siura, 2012). Ante estos problemas, la hidroponía ofrece una alternativa eficaz para optimizar el uso del agua y reducir agentes contaminantes, esta permite maximizar la producción en espacios reducidos y mejorar la seguridad alimentaria (Gavidia, 2017; Ramírez, 2017; Goh et al., 2023). Asimismo, los bioestimulantes han demostrado mejorar el crecimiento y nutrición de las plantas (Al-Karaki y Othman, 2023).

Este estudio analizó los efectos de distintas concentraciones de solución nutritiva y bioestimulantes en el rendimiento de la lechuga en hidroponía, con el objetivo de mejorar tanto el rendimiento como la rentabilidad del cultivo, contribuyendo a la sostenibilidad de la agricultura.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El crecimiento sostenido de la población global ha intensificado la necesidad de aumentar la producción de alimentos, lo que exige la implementación de tecnologías innovadoras que beneficien tanto a los productores como a los consumidores (González, 2020). En el caso del Perú, un ejemplo relevante es el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), una hortaliza de gran importancia a nivel nacional e internacional (Floríndez y Siura, 2012). En particular, su consumo está asociado principalmente a ensaladas y comidas rápidas, siendo una fuente significativa de vitaminas y minerales (Yaseen y Takacs-Hajos, 2022).

Durante el año 2022, en la región Lima, se cultivaron 2,796 hectáreas de lechuga, lo que resultó en una producción de 21,818 toneladas, con un rendimiento promedio de 7.8 t ha⁻¹. El precio promedio mensual en la chacra alcanzó los 2.05 soles por kilogramo (MIDAGRI, 2024). Sin embargo, la producción agrícola enfrenta desafíos importantes relacionados con la inocuidad, ya que la exposición de los cultivos a suelos contaminados, el uso de agua no tratada para riego y la aplicación indiscriminada de plaguicidas incrementan los riesgos para la salud. Según SENASA, hasta un 89% de las muestras de lechuga analizadas presentaron niveles no conformes de inocuidad (Arce, 2024), lo que puede impactar negativamente en la salud de los consumidores (Gavidía, 2017).

Otro factor crítico es la escasez de fertilizantes, una problemática global que también afecta al Perú. En 2023, se reportó un déficit de 180,000 toneladas de urea, lo que incrementó significativamente los costos de producción y obligó a muchos pequeños agricultores a reducir la superficie cultivada debido a restricciones económicas (ComexPerú, 2023). En este contexto, el cultivo hidropónico se perfila como una alternativa viable para abordar problemas asociados con la inocuidad y la inseguridad alimentaria a nivel mundial (Goh et al., 2023).

El uso de bioestimulantes en la producción agrícola ha mostrado beneficios significativos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Estos productos, compuestos por algas, aminoácidos y minerales, mejoran la tolerancia al estrés y aumentan el valor nutritivo de los alimentos (Al-Karaki y Othman, 2023). No obstante, los estudios relacionados con la aplicación de bioestimulantes en sistemas hidropónicos para la producción de lechuga bajo

diferentes concentraciones de solución nutritiva son aún limitados. Por lo tanto, esta investigación evaluó el efecto de diferentes concentraciones de solución nutritiva y bioestimulantes, utilizando técnicas de hidroponía y observar si existe influencia en el rendimiento, calidad y rentabilidad del cultivo de lechuga.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuáles son los efectos de los diferentes bioestimulantes y soluciones nutritivas en la productividad, contenido foliar de nutrientes y la rentabilidad del cultivo de lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de cultivo hidropónico?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en las características de crecimiento de la lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía?
- ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en las características de rendimiento de la lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía?
- ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en el contenido foliar de nutrientes de la lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía?
- ¿Cuál es el impacto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en la rentabilidad de la lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Analizar y determinar el efecto de los diferentes bioestimulantes y soluciones nutritivas en la productividad, contenido foliar de nutrientes y la rentabilidad de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de cultivo hidropónico.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el impacto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en las características de crecimiento de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de hidroponía.

- Investigar el efecto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en las características de rendimiento de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de hidroponía.
- Analizar el impacto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en el contenido foliar de nutrientes de la lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía.
- Determinar el efecto de los bioestimulantes y soluciones nutritivas en la rentabilidad de la lechuga ‘Isabela’ en condiciones de hidroponía.

1.4 Justificación de la investigación

La lechuga es un cultivo de alta relevancia, especialmente para pequeños productores involucrados en la agricultura familiar, debido a su demanda constante y su importancia como alimento básico en la dieta diaria de la población. En el Perú, la mayor parte de la producción de lechuga se realiza mediante métodos convencionales basados en el cultivo en suelo, lo que enfrenta múltiples desafíos como la baja eficiencia en el uso de recursos y la vulnerabilidad ante plagas y enfermedades. Este contexto resalta la necesidad de explorar alternativas más sostenibles y eficientes, entre las cuales el cultivo hidropónico emerge como una opción prometedora para mejorar la productividad agrícola.

El sistema hidropónico ofrece soluciones integrales a problemas críticos en la producción agrícola. Entre sus ventajas destacan la optimización del uso de agua, la mejora en la eficiencia de la fertilización, la protección contra plagas, la continuidad en la disponibilidad de cultivos y la reducción del impacto ambiental. Además, permite maximizar la producción en espacios reducidos, reducir la contaminación ambiental y garantizar productos más seguros para los consumidores (Ramírez, 2017). También se ha señalado que este sistema ofrece beneficios económicos significativos, como un retorno rápido de la inversión, y contribuye al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles (Auxprotec, 2017).

En el contexto peruano, durante el año 2022 se observó una disminución en las áreas cultivadas de hortalizas de hoja, lo que evidencia los desafíos que enfrenta el sector agrícola (ComexPerú, 2022). Este panorama refuerza la importancia de investigar y promover sistemas de producción innovadores que no solo optimicen el rendimiento y la calidad de los cultivos, sino que también reduzcan las pérdidas económicas que afectan a los agricultores. La implementación de sistemas hidropónicos podría representar una estrategia eficaz para enfrentar estos retos.

La presente investigación tiene una justificación sólida al generar información valiosa para incrementar la producción agrícola, mejorar la sostenibilidad ambiental y aumentar la rentabilidad de los pequeños agricultores, contribuyendo, a su vez, a la seguridad alimentaria del país. Los resultados serán útiles no solo para los productores de lechuga en la zona de estudio, sino también para aquellos ubicados en otras regiones. Además, se espera que estos hallazgos sean relevantes para la comunidad académica y para los consumidores, promoviendo el avance del conocimiento científico y facilitando decisiones informadas en el ámbito agrícola.

1.5 Delimitación del estudio

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo en el distrito de Supe Puerto, provincia de Barranca, durante los meses de febrero y mayo de 2024

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Al-Karaki y Othman (2023) en su investigación acerca del uso foliar de bioestimulantes en la lechuga para determinar el crecimiento y macronutrientes, con el objetivo de evaluar el rendimiento y calidad de hojas del cultivo de lechuga mediante la aplicación de diferentes concentraciones de Perfectose (2 y 4 ml. L⁻¹) en dos momentos distintos. los resultados mostraron que la dosis de 4 ml. L⁻¹ obtuvo resultó en el mejor rendimiento, con un aumento significativo del 25,7% y 39% en el peso fresco, 28,6% y 55,3% en peso seco y 18,8% y 22,8% en número de hojas para los cultivares iceberg y romana, respectivamente. Además, se observó un incremento del 20,5% en el contenido de nitrógeno foliar en ambos cultivares. Estos resultados permiten concluir que el uso de aminoácidos mejora de manera eficaz el rendimiento y valor nutricional de la lechuga cultivada en sistema hidropónico.

Cedeño y Sarango (2024), realizaron una investigación referida al cultivo de *Lactuca sativa* L. en condiciones de Cotopaxi, Ecuador, con el objetivo de evaluar las características morfológicas, rendimiento y rentabilidad con ácidos húmicos y extracto de algas marinas, esta última a concentración de 5 ml. L⁻¹. Los resultados de la indagación indicaron que el T5 (algas marinas) fue superior a los demás tratamientos en términos de rendimiento con 84270,83 kg/ha, al igual que en rentabilidad con un índice del 84%. El autor concluye que el uso de bioestimulantes es una gran alternativa para la producción de vegetales.

González (2020) en su trabajo sobre lechuga hidropónica de raíz flotante utilizando tres tipos de bioestimulantes, con el objetivo de evaluar las característica morfológicas y de rendimiento, empleó algas marinas y aminoácidos en diferentes concentraciones, algunas mezcladas en la solución nutritiva y también vía foliar, obteniendo como resultado que el testigo mostró mejor rendimiento en altura (14.75 cm), peso fresco de hojas (122.09 g) y peso fresco radicular (12.35 g); sin embargo, el tratamiento con Hoangland + Aminoácidos obtuvo la mayor cantidad de hojas con promedio de 26 hojas. Como conclusión, el autor menciona que se debe seguir investigando las diferentes dosis de aminoácidos ya que afectan de manera positiva a la producción y probar con otras dosis de soluciones nutritivas.

Pérez-Fernández et. al. (2022), realizaron una investigación referida al cultivo de lechuga en condiciones de organoponía en Cuba con aminoácidos (Viusid) a concentraciones de 0,15; 0,20 y 0,25 ml L⁻¹, con el objetivo de evaluar las características morfológicas (altura, diámetro del tallo, número de hojas, largo de raíz), rendimiento y rentabilidad. Los resultados indicaron que el tratamiento con la dosis de 0,15 ml L⁻¹ fue superior para las variables morfológicas, de rendimiento y rentabilidad, atribuyendo un mejor margen de ganancia con respecto a los costos de producción.

Semakaleng et. al. (2022), llevaron a cabo una investigación para evaluar el efecto de la aplicación foliar de aminoácidos a diferentes concentraciones (1%, 3% y 6 %) en las características de crecimiento y rendimiento de dos cultivares de lechuga ‘Lara’ y ‘Elisa’. Los resultados mostraron que la aplicación al 3% tuvo impacto positivo en los parámetros de crecimiento y rendimiento, mientras que la concentración del 6% inhibió el crecimiento. Los autores concluyeron que estos hallazgos respaldan la aplicación de bioestimulantes como beneficiosos para el cultivo de lechuga y los cultivares estudiados.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Lopez (2019), en su investigación en el cultivo de lechuga, realizó un estudio para evaluar morfología y rendimiento. Se implementó un DBCA, con arreglo factorial 3x5 con cuatro repeticiones en total. Se evaluó un bioestimulante a base de extracto de cultivos microbianos y aminoácidos a concentraciones de 1 L. ha⁻¹ y 2 L. ha⁻¹ en cinco variedades de lechuga. Los resultados mostraron que la concentración de 1 L. ha⁻¹ demostró mayor rendimiento en las variables relacionadas con la planta, como diámetro polar y ecuatorial, altura, peso fresco y rendimiento, así como en variables relacionadas con la hoja, como el color, largo, ancho, perímetro, área foliar. Estas evaluaciones se llevaron a cabo en dos zonas del Perú, Chúparo y La Victoria en Chincheros, Apurímac.

Mundaca (2020), en su investigación acerca de la producción de lechuga empleando fuentes granuladas a base de algas marinas y aminoácidos en condiciones de Lamas, con el objetivo de evaluar características morfológicas y rendimiento, empleó los bioestimulantes a diferentes concentraciones (50, 80 y 110 kg/ha), obteniendo como resultado que el tratamiento con 110 kg/ha fue superior a los demás tratamientos en número de hojas (23,1), altura de planta (27,3 cm) y rendimiento (40,12 t/ha). Se concluye que las algas marinas y aminoácidos en conjunto influyen positivamente en el cultivo de lechuga.

Otiniano (2022), en su trabajo referido a la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el distrito de Guadalupe, Chimbote, con el propósito de evaluar la calidad (altura, diámetro ecuatorial) y el rendimiento empleando bioestimulantes a base de algas marinas, aminoácidos y extractos vegetales, obtuvo como resultado que el tratamiento a base de algas marinas fue superior en rendimiento, teniendo un peso promedio de 392,7 g por planta y una clasificación comercial de primera y, de igual manera, en las variables de altura y diámetro ecuatorial, el tratamiento con algas marinas fue superior con medias de 13.71 cm y 13.87 cm.

Salazar (2019), en su investigación referida al cultivo de lechuga hidropónica en la Universidad Nacional Federico Villarreal, con el objetivo de evaluar las características de rendimiento y calidad con solución extracto de algas (*Macrocystis pyrifera*) a formulaciones de 10%, 12.5%, 25% y 30%. El autor encontró que el tratamiento F2 a base de 10% de algas marinas demostró mejores resultados con respecto al rendimiento y calidad en el cultivo obteniendo un peso de 64,38 g/planta en promedio y clorofilas totales de 1,948 ug/g. Como conclusión el autor refiere que la aplicación de algas marinas contiene nutrientes necesarios para mejorar y aumentar la productividad en el cultivo de lechugas en condiciones de hidroponía en nuestro país.

Sicha (2023), en su investigación sobre el impacto de bioestimulantes y soluciones nutritivas en lechuga en condiciones de fitotoldo en Cusco, con el objetivo de evaluar el rendimiento (Peso de cogollo y peso fresco radicular), las características de crecimiento (altura de planta, diámetro y longitud radicular) y económicas en suelo, empleó 3 niveles de soluciones nutritivas (100%, 50% y 0%) y 2 bioestimulantes (Greenzit y Humega). La autora concluyó que el tratamiento con 100% de S.N y Greenzit (nutrimentos + algas + aminoácidos) fue superior a los demás tratamientos en peso de cabeza (123.76 g) y peso fresco radicular (15.16 g), para la altura total de planta (19.64 cm) el mejor tratamiento fue a base de Greenzit y 0% de SN y para diámetro de cogollo (24.61 cm) el tratamiento superior fue a base de Greenzit y 50% de SN. Para el factor económico, se menciona que el tratamiento con 0% de SN y Greenzit se obtiene una utilidad de S/ 13,500 por hectárea, siendo superior a los demás tratamientos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen de la lechuga

Según Velásquez (2019) en el cultivo de lechuga existen tres teorías al respecto de su origen, la primera nos indica que surgió por medio de un ancestro de *L. Sativa*, siendo estas formas rústicas de la lechuga actual, la segunda refiere que se originó directamente de *Lactuca serriola*, por último, la tercera teoría nos indica que el cultivo sufrió hibridaciones de diversos tipos de *Lactuca* hasta llegar a su forma actual. Se realizaron diversos estudios para determinar el origen, pero no se encontraron resultados que demostraran el verdadero origen de este cultivo.

En un principio, la lechuga fue una hortaliza trabajada por la civilización egipcia alrededor de los 4500 A.C., teniendo como principal uso el forraje y la extracción de aceites. Adicional a todo ello, el imperio romano fue el que se encargó en la distribución y comercialización, ocasionando así su difusión a nivel mundial desde ese entonces (Cabrera, 2021).

2.2.2 Taxonomía

Según Integrated Taxonomic Information System [ITIS] (2010), la lechuga se divide taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophyta

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Asteranae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Lactuca* L.

Especie: *Lactuca sativa* L. (p.1)

2.2.3 El cultivo de lechuga y su significado económico y social

La *Lactuca sativa* L. es considerada hortaliza de hoja muy popular en todo el mundo, reconocida por su valor nutricional, ya que ofrece una variedad de nutrientes y compuestos fitoquímicos como fibra dietética, vitamina C, fenoles y flavonoides. Además, presenta características importantes como su ciclo de crecimiento rápido, alto valor económico, impacto ecológico positivo y capacidad de adaptarse a distintos sistemas de cultivo (Yaseen y Takacs-Hajos, 2022; Zhang et al., 2020; Aksakal et al., 2017; Floríndez y Siura, 2012).

En el Perú, según datos proporcionados por el MIDAGRI se registró una superficie sembrada que abarcó aproximadamente 5703 hectáreas, de las cuales la región Lima destacó como la principal región productora, contribuyendo significativamente al 49% de la superficie total dedicada al cultivo de lechuga a nivel nacional (MIDAGRI, 2024). Estas cifras reflejan la relevancia de Lima como una región líder en la producción de lechuga. En este sentido, el cultivo de lechuga tiene una importancia significativa en la economía agrícola del Perú, ya que genera empleo en áreas rurales y fortalece la seguridad alimentaria de la población.

2.2.4 Morfología

Las raíces de la lechuga son altamente ramificadas y no se extienden más allá de los 35 cm de profundidad. En cuanto a las hojas, presentan una superficie lisa y carecen de peciolo, estas nacen sucesivamente con forma de roseta desde el tallo corto, el cual no se ramifica, sus bordes son ondulados y/o cilíndricos, formando un cogollo apretado dependiendo de los factores de variedad y fase vegetativa (González et al., 2013)

Respecto a las flores están compuestas de 10 a 20 floretes de color amarillo, el receptáculo es plano con cáliz filamentosos, interior gamosepálico con corona tubular de borde dentado; El gineceo es unicarpelar con ovario ínfero y presenta un estigma dividido en dos partes. En cuanto al fruto, presenta semilla exalbuminosa, plana y picuda, estas maduran a las 2 semanas posteriores a la fertilización (Doria, 2020).

2.2.5 Requerimientos edafoclimáticos

2.2.6.1 Temperatura

La lechuga prospera en climas templados y frescos. Su cultivo es viable durante todo el año si las temperaturas promedio al mes se mantienen entre 13°C y 18°C, con valores permitidos de 7°C a 24°C. Las temperaturas que superan los 30°C son el principal obstáculo para la germinación y el crecimiento del cultivo de lechuga, limitando su desarrollo. Para mitigar estos efectos, es crucial implementar estrategias como sombreado, riego adecuado y seleccionar variedades resistentes al calor (Tejada, 2022).

2.2.6.2 Humedad relativa

Según InfoAgro (2024), la lechuga se desarrolla mejor cuando la humedad relativa está entre un 60% y 80%, aunque en algunos casos puede desarrollarse favorablemente con menos del 60%. Un desafío frecuente en el cultivo en invernadero es el incremento de la humedad ambiental. Por ello, se recomienda realizar el cultivo en ambientes no controlados, siempre que las condiciones climáticas sean favorables.

2.2.6.4 Suelo

Medrano (2017) afirma que “los suelos en el que se puede desarrollar el cultivo son variados y adaptables, siendo los mejores los que poseen buen contenido de materia orgánica y con un pH entre 5.8 a 6.5” (p.5). Además, “el sistema radicular de la lechuga no es muy extenso, los suelos que retienen humedad y que a la vez presentan buen drenaje son los mejores, las mejores texturas son las francas – arcillosas y franco – arenosas” (Medrano, 2017, p. 5).

2.2.6 Requerimiento nutricional del cultivo

La lechuga presenta requerimientos nutricionales específicos, destacando que necesita un 15% más de potasio que otros cultivos, y sus necesidades se clasifican en nitrógeno, calcio, potasio, magnesio, fósforo y azufre (Muñoz et al., 2015). Por ello, el promedio de nutrientes son 100 kg de N/ha, 50 kg de P₂O₅, 250 kg de K₂O, 51 kg de CaO y 22 kg de MgO, con esto se asegura un rendimiento y calidad óptimos, es clave que la planta desarrolle una estructura sólida en los primeros treinta días, lo cual depende de una fertilización adecuada; de lo contrario, se reduce el potencial productivo (Proain, 2020).

2.2.7 Variedad “Isabela” y sus características

Esta variedad se distingue por presentar hojas crespas, gran volumen foliar, crecimiento rápido y una alta resistencia a floración precoz. Dentro de las ventajas que ofrece esta variedad están la adaptación a condiciones tropicales, gran calidad visual para el mercado fresco, mayor seguridad en zonas calientes y subtropicales como es el caso de la costa peruana, continuidad en el suministro y una gran versatilidad, ya que puede ser cultivado tanto en campo abierto como para hidroponía (SemillasAbe, 2024).

2.2.8 La Hidroponía

La hidroponía, una técnica innovadora que ha ganado relevancia en las últimas cinco décadas, se ha consolidado como un pilar fundamental en la agricultura comercial moderna. Aunque se considera una tecnología relativamente reciente, ha demostrado ser altamente adaptable a diversas condiciones de cultivo, desde sistemas avanzados como la aeroponía, donde las plantas crecen suspendidas en el aire, hasta complejos invernaderos equipados con tecnología avanzada. En estos sistemas, el agua potable enriquecida con nutrientes esenciales es el único recurso utilizado para nutrir a las plantas (Medrano, 2017).

Según Beltrano et al. (2015), el uso de la hidroponía no solo permite obtener alimentos más saludables y de mejor calidad, sino que también maximiza el rendimiento, gracias a la posibilidad de aumentar la densidad de siembra por unidad de área. Además, esta técnica maximiza el aprovechamiento esencial de recursos esenciales como la luz, el agua y los nutrientes, contribuyendo así a una producción agrícola más sostenible y productiva.

2.2.9 Importancia de la hidroponía para la seguridad alimentaria

Se prevé que la productividad agrícola enfrentará grandes desafíos para satisfacer la creciente demanda alimentaria, relacionada con el aumento proyectado de la población del mundo, que se calcula alcanzará los 9,500 millones de habitantes para el año 2050 (Langelaan y Silva, 2013). Para hacer frente a esta situación, se espera que los altos rendimientos obtenidos a través de los sistemas de cultivo hidropónico impulsen un crecimiento anual compuesto del 20.7% entre 2021 y 2028, como indica el informe del mercado de la hidroponía (Hydroponics Market, 2021).

La hidroponía, un sistema de cultivo sin suelo, se presenta como una solución prometedora para responder a la creciente demanda global de alimentos, mejorar la sostenibilidad en la producción alimentaria y garantizar una forma eficiente de producción con bajo requerimiento de mantenimiento (Goh et al., 2023).

El sistema hidropónico proporciona un entorno controlado para el crecimiento de las plantas, permite a los productores cultivar de manera continua durante ciclos de crecimiento más cortos, utilizando menos espacio y aumentando la productividad de los cultivos, sin depender de las condiciones climáticas, la calidad del suelo o la disponibilidad de tierras agrícolas (Sharma et al., 2018; Khan et al., 2020). En este sentido, la hidroponía emerge como una solución viable para la producción de alimentos frescos y de alta calidad, especialmente en áreas afectadas por sequías o suelos deficientes, donde el acceso a productos frescos suele ser limitado.

2.2.10 Sistema de hidroponía (NFT)

Este tipo de sistema se denomina Nutrient Film Technique, el Dr. Allan Cooper, su creador, en un inicio diseñó un sistema compuesto por un sistema complejo de canales de concreto, en el cual el flujo de la solución nutritiva se mantenía mediante dos bombas. Posteriormente, este sistema se simplificó al emplear solo una bomba impulsora, sin embargo, los canales de cemento se siguieron utilizando durante mucho tiempo (Bedoya y Suarez, 2020).

Este sistema maneja los elementos esenciales para la nutrición de los cultivos a través de una película de agua más nutrientes llevadas por medio de tuberías en flujo permanente. Los costos de implementación son elevados, gastándose energía en el bombeo para suministrar el agua necesaria. De manera general, el sistema está compuesto por un tanque para almacenar la solución nutritiva, tanques de formulación, tuberías de distribución y una bomba de agua, todo dependiente de la densidad y tamaño de producción (Inca, 2013).

2.2.9.2 Sistema Raíz flotante

Este sistema fue pionero en la hidroponía, tanto en experimentos como en producción comercial, al optimizar el uso del espacio de cultivo (Morocho, 2014) y, es que, Según Palomino (2021), es un sistema que consiste en la producción hidropónica sobre base de plumavit (Tecnopor) y/o similares; además del agua con soluciones nutritivas, esta última consiste en sales solubles que brindan los nutrientes necesarios de forma balanceada para el correcto desarrollo y crecimiento de los cultivos instalados.

Es crucial señalar que, para garantizar una producción óptima con este sistema, es necesario oxigenar la solución nutritiva, ya sea utilizando un inyector de aire o de forma manual vertiendo la solución, al menos dos veces al día. Si las raíces se oscurecen, es una señal de que la oxigenación no se ha realizado correctamente, lo que impide la absorción eficiente del agua y nutrientes (González, 2020).

2.2.11 Solución nutritiva

Uno de los aspectos más importantes de la hidroponía son los nutrientes, por lo tanto, la solución nutritiva se refiere a una mezcla homogénea de agua y nutrientes esenciales para el crecimiento del cultivo, estos se suministran de manera disuelta en el agua donde en su forma iónica son más fáciles de ser absorbidos por las raíces (Lema, 2017). Por ello, su correcta formulación y supervisión, además de la elección de los fertilizantes compatibles y solubles serán los cimientos para el logro del cultivo que queremos realizar (López, 2018).

Es esencial mantener las soluciones nutritivas entre 13 y 15°C y el pH entre 5.5 y 7, con ajustes según las necesidades del cultivo. Controlar la electroconductividad es vital para evitar deshidratación o mala absorción de nutrientes, manteniéndola por debajo de 1.5 para lechugas recién establecidas y no mayor a 2.5 en tubos de cultivo, utilizando medidores adecuados (Alveal y Campos, 2014).

2.2.10.1 Formulación de solución nutritiva para el cultivo de lechuga

La formulación hidropónica debe estar basada en una combinación que cumpla con las necesidades específicas de nutrientes y fisiología del cultivo en cuestión. La Tabla 1 muestra la solución nutritiva propuesta por Morán (2021).

Tabla 1.*Cantidad de fertilizantes para hidroponía*

Tipo	Nombre	Mg/l
Macronutrientes	Nitrato de calcio	94
	Nitrato de Potasio	484
	Fosfato monoamónico	62
	Sulfato de magnesio	394
Micronutrientes	Hierro quelatado	20
	Ácido Bórico	1,2
	Cloruro de magnesio	0,72
	Sulfato de zinc	0,09
	Sulfato de cobre	0,04
	Molibdato disódico	0,01

Fuente: Morán (2021)

Según Lema (2017), en un contexto comercial es fundamental implementar programas de monitoreo para evaluar el estado nutricional de los cultivos. Esto debe complementarse con análisis foliares periódicos, lo que permite detectar posibles deficiencias y corregirlas de manera oportuna mediante ajustes en la solución.

2.2.12 Calidad del agua de riego en hidroponía

Los parámetros de calidad del agua para cultivos hidropónicos de lechuga, subrayando que el pH ideal se sitúa entre 5,5 y 6,5, con una electroconductividad recomendada inferior a 1.0 mS/cm en sistemas abiertos y menos de 0,25 mS/cm en sistemas cerrados. La dureza total, definida por la cantidad de calcio y magnesio disueltos, debe mantenerse entre 50 y 100 mg/L para evitar obstrucciones en los sistemas de riego y permitir una adecuada absorción de nutrimentos. El contenido de bicarbonato, que ayuda a estabilizar el pH, se recomienda en niveles de 30 a 50 mg/L, mientras que un exceso superior a 150 mg/L puede provocar la precipitación de carbonatos y afectar la eficiencia de los nutrientes (Langenhoven, 2018).

2.2.13 Bioestimulantes

Engloba a las sustancias de origen orgánico que al ser aplicadas en cantidades pequeñas ayudan al crecimiento y desarrollo de los cultivos. Las fitohormonas, como auxinas, citoquininas, ácido giberélico, etileno y ácido abscísico, pueden incluirse en estos bioestimulantes. (Lozada, 2017). Estas sustancias juegan un papel crucial en la optimización del potencial genético de las plantas, lo que resulta en un aumento considerable de su rendimiento. Según Aktsoglou et al. (2021), la aplicación de biorreguladores permite una expresión más eficiente de las capacidades inherentes de las plantas, mejorando así su productividad y adaptabilidad en diversos entornos agroecológicos.

Los bioestimulantes se pueden administrar tanto foliar como edáficamente, logrando con esto una tolerancia al estrés abiótico (Rodríguez et. al, 2023). Además, Samudio (2020) afirma que estos aceleran la síntesis de hormonas en las plantas, aumentan la capacidad de absorción de nutrientes, ayudan a mejorar la productividad y calidad de los cultivos. En resumen, estas sustancias tienen grandes beneficios al aumentar la resistencia de las plantas en condiciones que le son desfavorables (sequía, contaminación del ambiente, suelos mal nutridos).

El uso de estos productos en la agricultura moderna es favorable para llegar a tener una agricultura amigable, respetuosa y, sobre todo, sustentable con planeta y los recursos naturales (Armandans et al., 2022). Los bioestimulantes pueden ser de origen microbiano y no microbiano, dentro de este último encontramos a las sustancias húmicas y fúlvicas, los extractos de algas, hidrolizados de proteínas, entre otros (Maldonado, 2023).

2.2.13.1 Beneficios del uso de bioestimulantes en la agricultura moderna

En años recientes, los bioestimulantes vegetales han captado considerable atención a nivel mundial como una alternativa ecológica viable para la agricultura sostenible. Se están utilizando cada vez más para incrementar la producción agrícola y reducir el uso de fertilizantes y agroquímicos, mostrando resultando en efectos beneficiosos tanto para las plantas como para el suelo. (Mandal et al., 2023).

A diferencia de los fertilizantes químicos, los bioestimulantes inducen respuestas celulares y adaptativas sin depender de la presencia de elementos minerales en sus formulaciones (Baltazar et al., 2021). Por consiguiente, estos compuestos pueden complementar a los

fertilizantes y productos fitosanitarios, fortaleciendo el sistema inmunológico de las plantas y aumentando su tolerancia a desafíos abióticos, lo que los hace económicamente viables al tiempo que disminuyen el impacto ambiental (Nephali et al., 2020; Del Buono et al., 2023).

2.2.10.1 Extracto de Algas marinas

Son fórmulas acuosas variadas en color, estas pueden pasar desde el tono incoloro hasta el marrón intenso, así también, el amplio abanico está presente en los olores, contenido de compuestos y viscosidad (Moreno, 2017)

Existen varias especies de algas marinas, entre las cuales están *Ascophyllum*, *Sargassum* y *Macrystis* gigante, en todas ellas, biólogos marinos encontraron niveles elevados de sustancias bioestimulantes que acarrear efectos positivos en la germinación, crecimiento, desarrollo, resistencia a fitopatógenos en las plantas (Samudio, 2020).

- *Ascophyllum Nodosum*

Encontramos este tipo de alga en las costas de los países al norte de Europa y Canadá, dentro de la estructura de estas algas encontramos fitorreguladores (citoquininas, auxinas, giberelinas), carbohidratos, aminoácidos y los 17 elementos. Además, contienen vitaminas A, B2, B3, B12, C, D, E, F, K. (Del Solar et al., 2012).

Las algas pardas de *Ascophyllum Nodosum* son excelentes coadyuvantes en el mejoramiento de tolerancia al estrés abiótico (hídrico, salino, nutricional, mecánico) y biótico, además de estimular el crecimiento vegetal y mayor rendimiento en la producción. Por ello, actualmente existen diversas presentaciones en productos comerciales de esta especie aplicándose por vía foliar o por sistema y se puede emplear desde la semilla ayudando en la germinación en adelante (Avilés, 2020).

2.2.10.2 Aminoácidos

Los aminoácidos son componentes esenciales que actúan como bloques de construcción de proteínas y péptidos, desempeñando un papel fundamental en los organismos vivos, incluidas las plantas. Estas generan aminoácidos utilizando oxígeno, carbono e hidrógeno. La función principal de estas moléculas en las plantas es promover su crecimiento y

desarrollo, ayudando además a la eficiente absorción de nutrientes (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura [Intagri], 2018).

Las plantas producen aminoácidos naturalmente a partir de nutrientes minerales, lo que consume mucha energía. La aplicación de aminoácidos por vía foliar o radicular ayuda a las plantas a ahorrar energía, distribuyéndola eficientemente por toda su estructura. Dado el constante estrés por factores abióticos o bióticos, es esencial aplicar aminoácidos artificialmente para mejorar el rendimiento y prevenir complicaciones (Ramirez-Cruz et al, 2022)

2.4 Definición de términos básicos

Macronutrientes: Son cruciales en todas las etapas del desarrollo de las plantas, favoreciendo la acumulación de materia seca. Cada uno de estos nutrientes realiza funciones metabólicas específicas dentro de las células, y no pueden ser reemplazados por otros, ya que su papel en el crecimiento es único (Eguez et al., 2022).

Micronutrientes: Se requieren en pequeñas cantidades para diversas funciones metabólicas en las plantas. Su disponibilidad en el suelo se ve influenciada por factores como el pH, la textura y la cantidad de materia orgánica (%MO), que afectan su absorción por las raíces (Lima et al., 2024)

Potencial de hidrógeno (pH): Medida estándar que facilita la representación simplificada de la concentración de iones hidrógeno. (Meza, 2011)

Conductividad eléctrica (CE): Es una medida que indica la capacidad de un material o sustancia para conducir corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades, la conductividad eléctrica (CE) se expresa en siemens por metro (S/m). (Solís-Castro et al., 2017, p. 36).

Dureza del agua: Se determina por la cantidad de magnesio y calcio disueltos presentes, la cual varía según las formaciones geológicas que el agua atraviesa antes de ser captada. (Aqua Fundacion, 2021).

Dosis: Es la cantidad o proporción de una sustancia, ya sea de forma material o inmaterial. (Pérez y Gardey, 2017)

Rendimiento agrícola: Métrica cuantitativa que representa la cantidad de masa de un producto específico en relación con una unidad de superficie. (Chura y Tejada, 2014)

Rentabilidad: Se refiere al rendimiento que genera una variedad de recursos durante un período de tiempo establecido. Es una forma de evaluar la eficacia de los medios utilizados en una operación específica y el beneficio obtenido como resultado de dicha operación (García, 2020).

Contenido foliar de nutrientes: Es la concentración de nutrientes presentes en las hojas sirve como un indicador crucial de su estado nutricional y de la eficacia de la fertilización aplicada (Yang et al., 2011).

2.5 Hipótesis de investigación

2.3.1 Hipótesis General

La aplicación de los diferentes bioestimulantes y soluciones nutritivas influyen significativamente en el rendimiento y rentabilidad de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de hidroponía

2.3.2 Hipótesis Específicas

- La aplicación de los diferentes bioestimulantes y soluciones nutritivas tienen un efecto significativo en las características morfológicas de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de hidroponía.
- La aplicación de los diferentes bioestimulantes y soluciones nutritivas influye en el contenido de nitrato foliar de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de hidroponía.
- Los diferentes bioestimulantes y soluciones nutritivas tienen un efecto significativo en las características productivas y de rendimiento de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de hidroponía.
- La aplicación de los diferentes bioestimulantes y soluciones nutritivas tienen efecto significativo en la rentabilidad de la lechuga ‘Isabela’ cultivada en condiciones de hidroponía.

2.6 Operacionalización de las variables

Tabla 2.

Operacionalización de las variables

VARIABLES	FUNCIÓN	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN O ÍNDICE
X:	Independiente	Continua	Dosis de bioestimulantes	
			- Sin aplicación: 0	
			- Extracto de algas marinas: 2.5	ml. L ⁻¹
			- Aminoácidos: 1.3	g. L ⁻¹
		Continua	Soluciones nutritivas	
			- al 100	%
			- al 75	
Y:	Dependiente			
<u>Y1: Características morfológicas</u>				
Y11: Numero de Hojas		Discreta	Promedio de hojas por planta	unidad
Y12: Diámetro del tallo		Continua	Promedio de diámetro de tallos	mm
Y13: Longitud radicular		Continua	Promedio de longitud de raíz	cm
Y14: Volumen radicular		Continua	Promedio de volumen radicular	cm ³
Y15: Altura de planta		Continua	Promedio semanal de alturas	cm
<u>Y2: Contenido foliar de elementos</u>				
Y21: Contenido foliar de N, P, K, Ca, Mg, Fe		Continua	Contenido foliar en materia seca	% ó ppm
<u>Y3: Características productivas y de rendimiento</u>				
Y31: Peso fresco foliar		Continua	Promedio de peso fresco foliar	g
Y32: peso seco foliar		Continua	Promedio de peso seco foliar	g
Y33: % materia seca		Continua	Promedio de materia seca	%
Y34: Rendimiento		Continua	Promedio de rendimiento	kg. ha ⁻¹
Y35: Peso fresco radicular		Continua	Promedio de peso fresco radicular	g
Y36: Peso seco radicular		Continua	Promedio de peso seco radicular	g
<u>Y4: Rentabilidad</u>				
Y41: Rentabilidad		Continua	Rentabilidad	R = (utilidad/costo) * 100

CAPITULO III. METODOLOGÍA

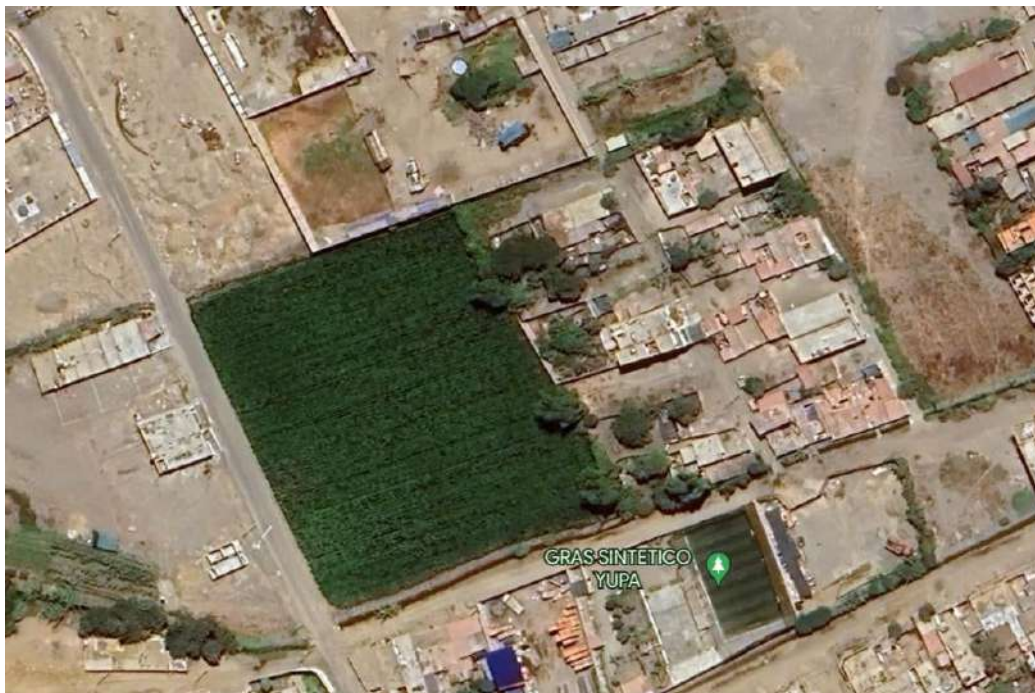
3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Ubicación

La presente investigación se realizó en un predio ubicado en el distrito de Supe Puerto – provincia de Barranca – departamento de Lima. Geográficamente, el predio se encuentra ubicado en las coordenadas UTM de longitud de 77° 44' 41" Oeste y 10° 48' 2" sur, a una altitud de 4 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1.

Ubicación del lugar donde se ejecutó la investigación



3.1.2 Características del área experimental

- Características de la unidad experimental

Ancho	: 1 m
Largo	: 1,2 m
Número de tubos	: 5 tubos

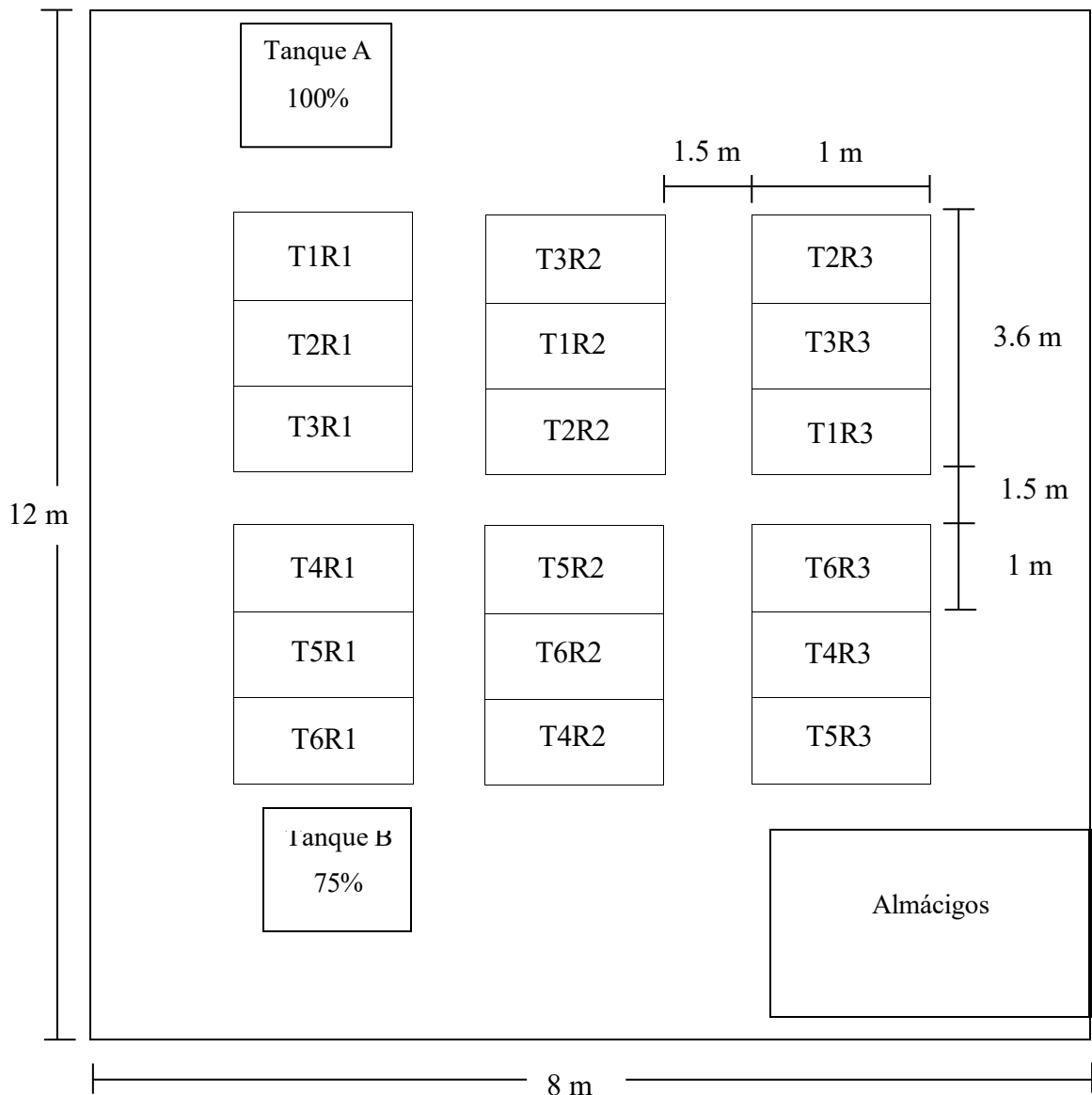
Distancia entre tubos : 0.20 m
 Distancia entre plantas : 0.20 m
 Área : 1,2 m²

- Características del Bloque

Largo : 7,2 m
 Ancho : 1 m
 Área del bloque : 7,2 m²
 Número de bloques : 3 bloques
 Área neta del experimento : 21,6 m²
 Área bruta del experimento : 96 m²

Figura 2.

Croquis del área experimental



3.1.3 Materiales e insumos

Materiales y equipos:

- Libreta de apuntes: 2
- Bolígrafos 2
- Balanza: 2
- Cinta Métrica: 2
- Vernier: 1
- Fumigadora: 1
- Peachimetro: 1
- Conductivímetro: 1
- Tubos de pvc: 40
- Cilindros de 200 L: 2
- Electrobomba 0.5 HP: 2
- Timer digital: 1

Insumos:

- Agua de riego
- Semillas de lechuga: 2g
- Plancha de esponja
- Extracto de algas 100 ml
- Aminoácidos 100 g
- Soluciones nutritivas

3.1.4 Tratamientos

Factores en estudio:

- Factor A: Niveles de solución nutritiva

$$A_1 = 100 \%$$

$$A_2 = 75\%$$

Tabla 3. *Composición de la solución nutritiva al 100%*

Nutriente	Símbolo	mg/L
Nitratos	N-NO ₃	220
Amonio	N-NH ₄ ⁺	10
Fósforo	P	50
Potasio	K	240
Calcio	Ca	200
Magnesio	Mg	45
Azufre	S	70
Hierro	Fe	2
Boro	B	0,8
Manganeso	Mn	0,5
Zinc	Zn	0,15
Cobre	Cu	0,15
Molibdeno	Mo	0,1

Fuente: Cabezas (2023)

Tabla 4. *Composición de la solución nutritiva al 75%*

Nutriente	Símbolo	mg/L
Nitratos	N-NO ₃	165
Amonio	N-NH ₄ ⁺	7,5
Fósforo	P	37,5
Potasio	K	180
Calcio	Ca	150
Magnesio	Mg	33.8
Azufre	S	53
Hierro	Fe	1,5
Boro	B	0,6
Manganeso	Mn	0,38
Zinc	Zn	0,12
Cobre	Cu	0,12
Molibdeno	Mo	0,08

Fuente: Elaboración propia basado en la información de Cabezas (2023)

- Factor B: Bioestimulantes

B₁ = Sin Bioestimulante

B₂ = Extracto de algas marinas

B₃ = Aminoácidos

Considerando los factores A y B, los tratamientos a evaluar fueron los siguientes:

Tabla 5. *Tratamientos en estudio*

Nº Tratamiento	Nivel de solución nutritiva	Bioestimulante
T1	100%	Sin aplicación [Testigo]
T2	100%	Eco Vigor Stim (2,5 ml. L ⁻¹) [algas]
T3	100%	Sustento 80 (1,3 g. L ⁻¹) [aminoácidos]
T4	75%	Sin aplicación
T5	75%	Eco Vigor Stim (2,5 ml. L ⁻¹) [algas]
T6	75%	Sustento 80 (1,3 g. L ⁻¹) [aminoácidos]

Sistema NFT (Nutrient Film Technique). Este fue el sistema utilizado en la investigación. En español significa "Técnica del Película Nutritiva", es un sistema de cultivo hidropónico que se caracteriza por el flujo constante y muy delgado de una película de solución nutritiva sobre las raíces de las plantas. Este sistema proporciona a las plantas un suministro constante de nutrientes y oxígeno, lo que favorece su rápido crecimiento y desarrollo.

El sistema NFT es popular en la hidroponía comercial y doméstica debido a su eficiencia en el uso de agua y espacio, así como su capacidad para cultivar una variedad de plantas de hoja verde de forma eficiente y sencilla.

3.1.5 Diseño experimental

El estudio de investigación se llevó a cabo siguiendo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con un arreglo factorial que involucra dos factores: el tipo de solución nutritiva (dos niveles) y tipo de bioestimulante (dos bioestimulantes). Adicionalmente, se incluyó un tratamiento como control sin aplicación de bioestimulantes. En consecuencia, se establecieron seis tratamientos en total, y cada uno de ellos se replicó tres veces.

3.1.7 Variables evaluadas

Las variables que fueron evaluadas se detallan a continuación:

a) Características morfológicas:

Las características morfológicas fueron evaluadas en el momento de la cosecha. Para obtener un resultado promedio, se tomará una muestra de 10 lechugas por unidad experimental.

Y11: Número de hojas por planta: Esta evaluación se realizó en el momento de la cosecha, y consistirá en un conteo manual de las hojas presentes en cada planta.

Y12: Diámetro del tallo: se midió en la región del cuello de la planta utilizando un vernier digital, y los resultados se expresarán en centímetros (cm).

Y13: Longitud radicular: Utilizando una cinta métrica, se midió desde la base del tallo hasta el final de la raíz principal. El resultado se expresó en centímetros.

Y14: Volumen radicular: Para determinar el volumen radicular, se procedió de la siguiente manera: en primer lugar, se separó el follaje de las raíces. Luego, se añadió agua en una probeta de 1 litro hasta alcanzar una marca de 500 mililitros. Posteriormente, se introdujeron las raíces en la probeta y se registró la diferencia entre el nuevo volumen y los 500 ml de agua iniciales, lo cual correspondió al volumen radicular y se expresó en centímetros cúbicos (cm³)

Y15: Altura de planta: La altura de planta se midió desde el cuello del tallo hasta el ápice de las hojas, utilizando una cinta métrica o una wincha. Estas mediciones se llevaron a cabo en la cosecha, y los resultados se expresaron en centímetros (cm)

b) Contenido foliar de elementos

Y21: Contenido foliar de elementos: Para determinar el contenido de nitrato foliar, se tomó una muestra por cada unidad experimental siguiendo la metodología propuesta por Bazan (2017). Posteriormente, se enviaron las muestras al laboratorio LASPAF para su análisis correspondiente.

c) Características de rendimiento

Todas las variables se realizaron al momento de la cosecha y se tomó una muestra de 2 lechugas por unidad experimental para hallar número promedios:

Y31: Peso fresco foliar: Para medir el peso fresco de las cabezas de lechuga, se llevó a cabo una pesada utilizando una balanza digital en el momento de la cosecha. El resultado de esta medición se expresó en gramos (g)

Y32: Peso seco foliar: En el laboratorio se picaron las hojas de las lechugas y se pusieron en bolsa de papel kraft luego se colocaron las lechugas en una estufa a una temperatura de 70 °C durante 24 horas, pasado de ese tiempo se pesó nuevamente para obtener el dato de peso seco.

Y33: Porcentaje de materia seca: Se calculó el porcentaje según la relación entre el peso seco y el peso fresco por 100. El resultado se expresó en % MS.

$$\%M.S = \frac{PS}{PF} * 100\%$$

Y34: Rendimiento: El rendimiento total de la cosecha se determinó a través de la pesada y se expresó en toneladas por hectárea (t/ha).

Y35: Peso fresco radicular: Se determinó al momento de la cosecha, mediante una balanza digital. Los valores registrados y expresaron en gramos (g)

Y36: Peso seco radicular: En el laboratorio se cortaron las raíces de las lechugas y se colocaron en bolsa de papel kraft. Posteriormente, se colocaron en una estufa a una temperatura de 70 °C durante un periodo de 24 horas. transcurrido ese tiempo se procedió a pesarlas nuevamente para determinar el peso seco.

Y41: Rentabilidad: se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Rentabilidad = \frac{Utilidad}{Costo de producción} \times 100$$

3.1.8 Conducción del experimento

a). Análisis del agua de riego: Se realizó el muestreo de agua siguiendo la metodología propuesta por Bazan (2017). Posteriormente, se envió la muestra al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su análisis correspondiente, teniendo como resultados lo mostrado en la Tabla 6.

Tabla 6.

Resultados del análisis de agua de riego utilizado en el experimento

	Unidad	Resultado
pH		5.76
C.E	dS/m	0.29
Calcio	meq/L	2.12
Magnesio	meq/L	0.37
Potasio	meq/L	0.05
Sodio	meq/L	0.40
Nitratos	meq/L	0.02
Carbonatos	meq/L	0.00
Biocarbonatos	meq/L	1.37
Sulfatos	meq/L	1.12
Cloruros	meq/L	0.44
Sodio	%	13.49
RAS		0.35
Boro	Ppm	0.12
Zinc	ppm	0.016
Cu, Mn, Fe, Pb, Cd,	ppm	N. D
P		

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM

b). Construcción del invernadero: se realizó la construcción colocando palos gruesos con cemento para armar el cuerpo de la estructura y se realizó una construcción de vivero para las semillas, se formó una base y se cubrió con plástico para poner las esponjas y se puso el techo con malla Rachel del 80%, todo siguiendo el dibujo de nuestro croquis, separando las diversas áreas para el proyecto.

c). Siembra: se empezó desinfectando las bandejas en una solución de hipoclorito de sodio, luego se procedió a introducir entre 1 a 2 semillas por orificio de esponja de poliuretano, finalmente se dejó bajo oscuridad hasta su germinación por un periodo de 3 días.

d). Almacigo: se realizó 3 días después de la siembra. Se preparó la solución nutritiva al 50% y se llenó en las bandejas, finalmente se colocaron las esponjas con las plántulas de lechuga. Las plántulas permanecieron en por un periodo de 2 semanas, luego se realizó el trasplante definitivo a los tubos del sistema según los tratamientos establecidos.

e). Preparación de solución nutritiva: conforme a los resultados obtenidos en el análisis de agua (Tabla 6) se procedieron a preparar los dos niveles de soluciones nutritivas (100% y 75%) y posteriormente se enviaron al laboratorio en botellas de 1 litro para su análisis correspondiente (Tabla 7).

Tabla 7.

Resultados de análisis de soluciones nutritivas

	Unidad	Solución nutritiva	
		N° 1	N° 2
pH		5,28	5,34
C.E	dS/m	2,39	1,73
Calcio	mg/L	236	189
Magnesio	mg/L	44,04	29,04
Potasio	mg/L	189,15	168,09
Sodio	mg/L	16,10	12,65
Nitratos	mg/L	947,98	695,02
Carbonatos	mg/L	0	0
Biocarbonatos	mg/L	64,05	48,80
Sulfatos	mg/L	198,24	132,96
Cloruros	mg/L	81,24	31,24
Boro	mg/L	1,69	1,53
Fósforo	mg/L	67,36	61,12
Cobre	mg/L	0,18	0,09
Hierro	mg/L	1,31	0,3
Zinc	mg/L	0,12	0,05
Manganeso	mg/L	0,81	0,36

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM

La preparación de la solución nutritiva tiene una serie de pasos fundamentales, por ello en la investigación se siguió el procedimiento y mediciones necesarias (mediremos el pH del agua, la conductividad eléctrica dureza del agua):

- Medición del pH: Se midió el pH para verificar que el agua estuviera en un rango óptimo (generalmente entre 5,5 y 6,5).
- Medición de la CE (conductividad eléctrica) del agua base.
- Cálculo de la Concentración de Nutrientes: Se determinó la cantidad exacta de fertilizantes para alcanzar la concentración de nutrientes deseada.
- Mezcla de los fertilizantes: Se agregó el fertilizante hidropónico al agua en el contenedor de mezcla. Se mezcló bien con una varilla o agitador hasta que el fertilizante estuvo completamente disuelto.
- Ajuste del pH: Se midió el pH de la solución nutritiva, ajustándolo hasta que estuviera dentro del rango adecuado.
- Medición de la CE Final.
- Verificación de la temperatura de la solución nutritiva a temperatura ambiente.
- Almacenamiento de la solución nutritiva y uso según requerimiento.

f) Trasplante definitivo en el sistema NFT: se colocó cada plántula de lechuga en una canastilla hidropónica para ser instalada en campo definitivo.

g) Aplicación de los bioestimulantes: se procedió a aplicar los productos de acuerdo a la dosis recomendada con una frecuencia de 7 días durante 8 semanas.

h) Labores agronómicas: Las labores agronómicas de campo realizadas de acuerdo al requerimiento del cultivo y las actividades programadas incluida la prevención de plagas con el producto orgánico NimBiol.

i) Muestreo de plantas para análisis foliar (nitratos en hoja): Se llevó a cabo el muestreo del suelo siguiendo la metodología propuesta por Bazan (2017). Luego, se enviaron las muestras al laboratorio LASPAF para su análisis.

j) Cosecha: Fue manual, el momento fue determinado por las características apropiadas de una madurez fisiológica.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de plantas con la que se trabajó fue de 540 plantas. El área total del experimento fue de 96 m² se distribuyeron en 18 unidades experimentales.

3.2.2 Muestra

La muestra se calculó utilizando la fórmula de proporciones, según el cálculo fue de 10 plantas por unidad experimental, luego de manera aleatoria se tomaron 10 plantas de lechuga en cada unidad experimental para evaluar todas las variables del experimento.

Sheaffer et al. (2007) publica esta fórmula en el libro “Elementos de muestreo” una fórmula llamada el método de las proporciones, la cual se utiliza para calcular el tamaño de la muestra

$$n = \frac{\frac{4 PQ}{d^2}}{\frac{4 PQ}{d^2} - 1} + 1$$

N

DONDE:

- n:** tamaño de muestra
- N:** Población Objetivo (Universo)
- P:** Probabilidad de acierto 0.5
(generalmente se asume este valor)
- Q:** Probabilidad de error 0.5
% de error
- d:** (0,05)

3.3 Técnicas para el procesamiento de la información

Los datos obtenidos durante las evaluaciones de campo y laboratorio se organizaron en hojas de cálculo en excel. Luego fueron sometidos a pruebas preliminares de normalidad (Test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para determinar posibles diferencias significativas. Para la comparación de promedios, se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Todo el análisis estadístico se realizó utilizando el software Infostat.

Para el análisis económico basado en las Tablas 66 y 67 de costos de producción, presentadas en el apartado de anexos, los cálculos se realizaron considerando un precio de venta por kg de S/ 2,05 (MIDAGRI, 2024), una proyección de rendimiento en toneladas por hectárea, una reducción del 6% del total de producción no apta para venta y un 5% adicional para gastos imprevistos (S/).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Número de hojas

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 8), se observaron diferencias significativas en los niveles de solución nutritiva ($p < 0,05$), indicando un comportamiento diferenciado. Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas entre los bloques ni en la interacción de los factores. El coeficiente de variación del 8,44%, este valor indica una exactitud experimental en la investigación (Miranda et al., 2011)

Tabla 8.

Análisis de varianza para el número de hojas por planta

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	14,78	2	7,39	0,50	0,6211	ns
Sol. Nutritiva (SN)	88,89	1	88,89	6,01	0,0342	*
Bioestimulantes	8,78	2	4,39	0,30	0,7495	ns
SN*Bioestimulante	2,11	2	1,06	0,07	0,9316	ns
Error	147,89	10	14,79			
Total	262,44	17				
CV %	8,44					

ns= no significativo, * = significativo

Dado que no se observó interacción entre los factores, se llevó a cabo el análisis de los efectos principales. Según la prueba de Tukey, presentada en la Tabla 9, se identificaron diferencias significativas entre los niveles de solución nutritiva. El nivel al 75% mostró el mayor número de hojas, con un promedio de 48, siendo estadísticamente superior al nivel del 100% con un promedio de 43 hojas.

Tabla 9.

Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas entre niveles de solución nutritiva

Solución Nutritiva	Nº hojas
75%	48 a
100%	43 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla 10 muestra el comparativo para los diferentes bioestimulantes, en el cual no se observan diferencias significativas, siendo estadísticamente similares con medias de 46,5, 45,33 y 44,83, respectivamente.

Tabla 10.

Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas entre bioestimulantes

Bioestimulantes	N° hojas
Aminoácidos	46,50 a
Extracto de algas marinas	45,33 a
Sin aplicación	44,83 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2 Diámetro del tallo

El análisis de varianza, presentado en la Tabla 11, indica que no se observaron diferencias significativas en el diámetro del tallo entre los diferentes bloques, niveles de solución nutritiva ni bioestimulantes, lo que sugiere un comportamiento homogéneo en esta variable. El coeficiente de variación del 12,96 % indica una exactitud experimental en el estudio (Miranda et al., 2011)

Tabla 11.

Análisis de varianza para el diámetro del tallo

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,10	2	0,05	0,9	0,4362	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,08	1	0,08	1,42	0,2602	ns
Bioestimulantes	0,07	2	0,03	0,60	0,5658	ns
SN*Bioestimulante	0,09	2	0,05	0,83	0,4646	ns
Error	0,556	10	0,06			
Total	0,9	17				
CV %	12,96					

ns= no significativo

La Tabla 12 presenta el análisis comparativo de Tukey para los niveles de solución nutritiva. Los resultados muestran que ambos niveles son estadísticamente similares entre sí, con medias de 1,90 cm y 1,76 cm de diámetro de tallo, respectivamente.

Tabla 12.

Prueba de Tukey para el diámetro del tallo entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Diámetro del tallo (cm)
100%	1,90 a
75%	1,76 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la tabla 13 se muestra que las fuentes de bioestimulantes a base de aminoácidos, extracto de algas marinas y también sin aplicación fueron estadísticamente similares con medias de 1,91, 1,81 y 1,77 cm por planta.

Tabla 13.

Prueba de Tukey para el diámetro del tallo entre bioestimulantes

Bioestimulantes	Diámetro del tallo (cm)
Aminoácidos	1,91 a
Extracto de algas marinas	1,81 a
Sin aplicación	1,77 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.3 Longitud radicular

El análisis de varianza (Tabla 14), evidenció diferencias significativas entre los bioestimulantes, lo que indicó un comportamiento heterogéneo entre ellos. En cambio, para los bloques, niveles de solución nutritiva y la interacción de los factores no se observaron diferencias significativas, lo que señaló un comportamiento homogéneo. El coeficiente de variabilidad fue de 6.34%, lo cual indicó que la investigación presentó buena precisión experimental (Miranda et al., 2011).

Tabla 14.*Análisis de varianza para la longitud radicular*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	2,03	2	1,02	0.49	0,6249	ns
Sol. Nutritiva (SN)	9,53	1	9,53	4.62	0,0571	ns
Bioestimulantes	22,62	2	11,31	5,48	0,0247	*
SN*Bioestimulante	3,41	2	1,71	0,83	0,4650	ns
Error	20,63	10	2,06			
Total	58,24	17				
CV %	6,34					

ns= no significativo, * = significativo

La tabla 15 muestra el comparativo para la longitud radicular en centímetros, se observa que los niveles de solución nutritiva al 100% y 75% son estadísticamente similares entre sí con medias de 23.40 y 21.94 cm respectivamente.

Tabla 15.*Prueba de Tukey para la longitud radicular entre niveles de solución nutritiva*

Solución nutritiva	Longitud rad
100%	23,40 a
75%	21,94 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla 16 muestra los resultados de la prueba de Tukey al 5% para la longitud radicular en centímetros, observamos que existen diferencias entre los bioestimulantes, siendo el aminoácido (Sustento 80) con 24,17 cm superior estadísticamente a los otros productos, seguido del extracto de algas marinas con 22,38 cm y el testigo sin aplicación con 21,47 cm en promedio.

Tabla 16.*Prueba de Tukey para la longitud radicular entre bioestimulantes*

Bioestimulantes	Longitud rad
Aminoácido	24,17 a
Extracto de algas marinas	22,38 ab
Sin aplicación	21,47 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**4.4 Volumen radicular**

El análisis de varianza realizado (Tabla 17) no mostró diferencias significativas entre los bloques, niveles de solución nutritiva ni bioestimulantes. Tampoco se detectaron diferencias en la interacción de los factores. El coeficiente de variación del 18,47% demuestra una buena precisión en los resultados (Miranda et al., 2011).

Tabla 17.*Análisis de varianza para el volumen radicular*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	267,19	2	133,60	1,97	0,1894	ns
Sol. Nutritiva (SN)	19,01	1	19,01	0,28	0,6076	ns
Bioestimulantes	44,36	2	22,18	0,33	0,7280	ns
SN*Bioestimulante	88,53	2	44,26	0,65	0,5408	ns
Error	676,64	10	67,66			
Total	1095,74	17				
CV %	18,47					

ns= no significativo

La Tabla 18 presenta la prueba de Tukey al 5%, donde se compararon los niveles de solución nutritiva. No se observaron diferencias estadísticas entre ambos niveles (100% y 75%), ya que fueron estadísticamente similares, con medias de 45,56 cm³ y 43,5 cm³, respectivamente.

Tabla 18.*Prueba de Tukey para el volumen radicular entre los niveles de solución nutritiva*

Solución nutritiva	Volumen rad (cm³)
100%	45,56 a
75%	43,50 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la prueba de Tukey para los tipos de bioestimulantes mostrado en la tabla 19, no se observaron diferencias significativas entre los bioestimulantes, siendo algas marinas, aminoácidos y sin aplicación similares entre sí con 45,92 cm³, 45,33 cm³ y 42,33 cm³ respectivamente.

Tabla 19.*Prueba de Tukey para el volumen radicular entre tipos de bioestimulantes*

Bioestimulantes	Volumen rad (cm³)
Extracto de algas marinas	45,92 a
Aminoácidos	45,33 a
Sin aplicación	42,33 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**4.6 Altura de planta**

El análisis de varianza, según lo presentado en la Tabla 18, reveló diferencias significativas ($p < 0,05$) en los niveles de solución nutritiva y en los bioestimulantes. No obstante, no se identificaron diferencias significativas para los bloques. Con un coeficiente de variabilidad del 6,19%.

Tabla 20.*Análisis de varianza para la altura de planta*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	1,20	2	0,60	0,31	0,7403	ns
Sol. Nutritiva (SN)	15,68	1	15,68	8,07	0,0175	*
Bioestimulantes	17,83	2	8,92	4,59	0,0385	*
SN*Bioestimulante	2,41	2	1,21	0,62	0,5573	ns
Error	19,43	10	1,94			
Total	56,56	17				
CV %	6,19					

ns = no significativo, * = significativo

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para la altura de planta mostrada en la Tabla 19, se revela que hay diferencias significativas en los niveles de solución nutritiva, siendo la solución nutritiva al 75% superior estadísticamente con una altura promedio de 23.14 cm, seguido de la solución nutritiva al 100% con una altura promedio de planta de 21.58 cm.

Tabla 21.*Prueba de Tukey para la altura de planta entre niveles de solución nutritiva*

Solución Nutritiva	Altura de planta (cm)
75%	23,14 a
100%	21,58 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La prueba de Tukey para los tipos de bioestimulantes, presentada en la Tabla 22, mostró diferencias significativas en la altura de planta entre ellos. El extracto de algas marinas, con una altura promedio de 23,68 cm, y los aminoácidos, con 22,6 cm, fueron estadísticamente superiores en comparación con el testigo sin aplicación, que alcanzó una altura promedio de 21,25 cm.

Tabla 22.*Prueba de Tukey para la altura de planta entre tipos de bioestimulantes*

Bioestimulantes	Altura de planta (cm)
Extracto de algas marinas	23,68 a
Aminoácidos	22,60 ab
Sin aplicación	21,25 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**4.7 Contenido foliar de elementos****4.7.1 Contenido de nitrógeno foliar (%)**

El análisis de varianza (Tabla 23) revela diferencias altamente significativas entre los niveles de solución nutritiva ($p < 0,01$) y diferencias significativas entre los bloques. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas para los bioestimulantes ni para la interacción entre los factores evaluados. El coeficiente de variación fue de 5,95% este valor indica una adecuada precisión del experimento (Miranda, et. a., 2011).

Tabla 23.*Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,78	2	0,39	5,87	0,0206	*
Sol. Nutritiva (SN)	1,09	1	1,09	16,42	0,0023	**
Bioestimulantes	0,04	2	0,02	0,29	0,7575	ns
SN*Bioestimulante	0,08	2	0,04	0,61	0,5635	ns
Error	0,66	10	0,07			
Total	2,64	17				
CV %	5,95					

ns= no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

El análisis de los factores principales se presenta en la Tabla 24, donde los resultados de la prueba de Tukey para los niveles de solución nutritiva muestran que el nivel al 100% es estadísticamente superior en el porcentaje de nitrógeno foliar (4,56%) en comparación con el nivel al 75% (4,07%).

Tabla 24.

Prueba de Tukey para el nitrógeno foliar entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Nitrógeno (%)
100%	4,56 a
75%	4,07 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla 25 se presentan los resultados de la prueba de Tukey para los diferentes tipos de bioestimulantes. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el testigo sin aplicación, el aminoácido y el extracto de algas marinas mostraron valores estadísticamente similares, con medias de 4.38%, 4.31% y 4.27%, respectivamente.

Tabla 25.

Prueba de Tukey para el nitrógeno foliar entre tipos de bioestimulantes

Bioestimulantes	Nitrógeno (%)
Sin aplicación	4,38 a
Aminoácidos	4,31 a
Extracto de algas marinas	4,27 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.7.2 Contenido de fósforo foliar

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 26 para el porcentaje de fósforo en hojas revela diferencias altamente significativas entre los niveles de solución nutritiva. No obstante, no se encontraron diferencias significativas en los bloques, los bioestimulantes ni en la interacción entre los factores. El coeficiente de variación fue de 9,50% este valor indica una adecuada precisión del experimento (Miranda, et. a., 2011).

Tabla 26.*Análisis de varianza para el contenido de fósforo foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,0019	2	0,00095	1,18	0,3459	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,02	1	0,02	25,73	0,0005	**
Bioestimulantes	0,0007	2	0,00035	0,44	0,6585	ns
SN*Bioestimulante	0,00034	2	0,00017	0,21	0,8107	ns
Error	0,01	10	0,0008			
Total	0,03	17				
CV %	9,50					

ns= no significativo, ** = altamente significativo

La tabla 27 muestra que, de acuerdo a la prueba de Tukey para los niveles de fósforo, se encontraron diferencias altamente significativas entre ambos niveles de fertilización, siendo el nivel del 100% (0,33%) superior estadísticamente con respecto al nivel del 75% (0,26%)

Tabla 27.*Prueba de Tukey para el fósforo foliar entre niveles de solución nutritiva*

Solución nutritiva	Fósforo (%)
100%	0,33 a
75%	0,26 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 28 muestra la comparación de los bioestimulantes evaluados, en la cual no se detectaron diferencias significativas entre los distintos tipos, resultando todos estadísticamente equivalentes.

Tabla 28.*Prueba de Tukey para el fósforo foliar entre tipos de bioestimulantes*

Bioestimulantes	Fósforo (%)
Aminoácidos	0,31 a
Extracto de algas marinas	0,30 a
Sin aplicación	0,29 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**4.7.3 Contenido de potasio foliar**

El análisis de varianza presentado en la Tabla 29 determinó diferencias altamente significativas entre los niveles de solución nutritiva. En contraste, no se detectaron diferencias significativas en los bloques, en los bioestimulantes ni en la interacción de factores. El coeficiente de variación fue de 8,56% este valor indica una adecuada precisión del experimento (Miranda, et. a., 2011).

Tabla 29.*Análisis de varianza para el contenido de potasio foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,16	2	0,08	0,55	0,5953	ns
Sol. Nutritiva (SN)	4,63	1	4,63	32,43	0,0002	**
Bioestimulantes	0,30	2	0,15	1,06	0,3817	ns
SN*Bioestimulante	0,04	2	0,02	0,13	0,8784	ns
Error	1,43	10	0,14			
Total	6,56	17				
CV %	8,56					

ns = no significativo, ** = altamente significativo

La tabla 30 muestra que, de acuerdo a la prueba de Tukey para los niveles de potasio, se encontraron diferencias altamente significativas entre ambos niveles de fertilización, siendo el nivel del 100% (4,92%) estadísticamente superior con respecto al nivel del 75% (3,91%)

Tabla 30.

Prueba de Tukey para el potasio foliar entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Potasio (%)
100%	4,92 a
75%	3,91 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla 31 presentó el análisis comparativo detallado de los bioestimulantes evaluados, en el cual se observó que las diferencias entre los tipos de bioestimulantes no fueron estadísticamente significativas. Esto indicó que todos los bioestimulantes en estudio mostraron una efectividad comparable, sin presentar variaciones relevantes entre sí.

Tabla 31.

Prueba de Tukey para el potasio foliar entre tipos de bioestimulantes

Bioestimulantes	Potasio (%)
Sin aplicación	4,58 a
Extracto de algas marinas	4,40 a
Aminoácidos	4,27 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.7.4 Contenido de calcio foliar

En la tabla 32 se mostró el análisis de varianza, donde se determinó la existencia de diferencias altamente significativas entre los niveles de solución nutritiva. Sin embargo, no se identificaron diferencias relevantes para los bloques, los bioestimulantes ni para la interacción entre los factores. El coeficiente de variabilidad alcanzó un 8.96%.

Tabla 32.*Análisis de varianza para el contenido de calcio foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,17	2	0,09	2,45	0,1358	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,53	1	0,53	14,91	0,0032	**
Bioestimulantes	0,08	2	0,04	1,19	0,3438	ns
SN*Bioestimulante	0,10	2	0,05	1,37	0,2985	ns
Error	0,36	10	0,04			
Total	1,24	17				
CV %	8,96					

ns = no significativo, ** = altamente significativo

La tabla 33 presentó la prueba de Tukey al 5%, en la que se evidenciaron diferencias estadísticas entre los niveles de solución nutritiva. En este análisis, el nivel al 100% resultó ser estadísticamente superior al nivel al 75%, con medias respectivas de 2,28% y 1,93%.

Tabla 33.

Prueba de Tukey para el calcio foliar entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Calcio (%)
100%	2,28 a
75%	1,93 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 34 presenta los resultados de la prueba de Tukey para los bioestimulantes, mostrando que no hay diferencias significativas entre los distintos tipos evaluados: Sin aplicación, extracto de algas y aminoácidos, siendo todos estadísticamente similares con medias de 2,18%, 2,12% y 2,01% respectivamente.

Tabla 34.*Prueba de Tukey para el calcio foliar entre tipos de bioestimulantes*

Bioestimulantes	Calcio (%)
Sin aplicación	2,18 a
Extracto de algas marinas	2,12 a
Aminoácidos	2,01 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.7.5 Contenido de magnesio foliar

En la Tabla 35, el análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas entre los bloques, niveles de solución nutritiva, bioestimulantes ni en la interacción de los factores, lo que indica un comportamiento uniforme en los datos. Además, El coeficiente de variación fue de 7,99% este valor indica una adecuada precisión del experimento (Miranda, et. a., 2011).

Tabla 35.*Análisis de varianza para el contenido de magnesio foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,02	2	0.01	2,70	0,1153	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,0038	1	0,0038	1,26	0,2870	ns
Bioestimulantes	0,0018	2	0,00091	0,31	0,7437	ns
SN*Bioestimulante	0,01	2	0,01	2,09	0,1744	ns
Error	0,03	10	0,003			
Total	0,06	17				
CV %	7,99					

ns = no significativo

La Tabla 36 indica que, según la prueba de Tukey para los niveles de porcentaje de magnesio, no se hallaron diferencias significativas entre los niveles de solución nutritiva. Esto sugiere que los porcentajes de solución nutritiva no tienen un efecto diferencial notable sobre los niveles de magnesio.

Tabla 36.

Prueba de Tukey para el magnesio foliar entre niveles de solución nutritiva.

Solución nutritiva	Magnesio (%)
100%	0,70 a
75%	0,67 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 37 muestra los resultados de la prueba de Tukey que compara el contenido de magnesio en hojas entre distintos bioestimulantes (sin aplicación, extracto de algas marinas y aminoácidos). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), con valores de magnesio foliar que oscilan entre el 0,67% y el 0,69%, lo que sugiere que ninguno de los tratamientos tuvo un impacto significativo en el contenido de magnesio en las hojas.

Tabla 37.

Prueba de Tukey para el magnesio foliar entre bioestimulantes

Bioestimulantes	Magnesio (%)
Sin aplicación	0,69 a
Extracto de algas marinas	0,69 a
Aminoácidos	0,67 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.7.6 Contenido de azufre foliar

La Tabla 38, correspondiente al cuadro de análisis de varianza, mostró que no hubo diferencias significativas entre los bloques, los niveles de solución nutritiva, los bioestimulantes ni en la interacción entre los factores, lo cual indicó un comportamiento uniforme a lo largo del experimento. Adicionalmente, el coeficiente de variabilidad de 4,10% sugirió una precisión experimental excepcional (Miranda et al., 2011).

Tabla 38.*Análisis de varianza para el contenido de azufre foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,00041	2	0,00021	1,48	0,2735	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,00005	1	0,00005	0,36	0,5619	ns
Bioestimulantes	0,00068	2	0,00034	2,44	0,1371	ns
SN*Bioestimulante	0,00023	2	0,00012	0,84	0,4600	ns
Error	0,0014	10	0,00014			
Total	0,0028	17				
CV %	4,10					

ns = no significativo, ** = altamente significativo

La Tabla 39 presenta los resultados de la prueba de Tukey al 5% aplicada a los niveles de solución nutritiva, los cuales no mostraron diferencias significativas entre los niveles evaluados. Esto indicó que ambos niveles, 100% y 75%, fueron estadísticamente equivalentes.

Tabla 39.*Prueba de Tukey para el azufre foliar entre niveles de solución nutritiva*

Solución nutritiva	Azufre (%)
100%	0,29 a
75%	0,28 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 40 muestra la comparación del contenido de azufre foliar entre distintos bioestimulantes (extracto de algas marinas, sin aplicación, y aminoácidos) mediante la prueba de Tukey. Los valores de azufre foliar fluctuaron entre 0,28% y 0,30%, sin diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), lo que sugiere que ninguno de ellos tuvo un impacto significativo en el contenido de azufre en las hojas.

Tabla 40.*Prueba de Tukey para el azufre foliar entre bioestimulantes*

Bioestimulantes	Azufre (%)
Extracto de algas marinas	0,30 a
Sin aplicación	0,29 a
Aminoácidos	0,28 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.7.7 Contenido de hierro foliar

En la tabla 41 se presentó el análisis de varianza, en el cual no se identificaron diferencias significativas entre los bloques, los niveles de solución nutritiva, los bioestimulantes ni en la interacción entre los factores, lo que indicó un comportamiento homogéneo durante el experimento. Asimismo, el coeficiente de variación fue de 17,18% este valor indica una adecuada precisión del experimento (Miranda, et. a., 2011).

Tabla 41.*Análisis de varianza para el contenido de hierro foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	4867,00	2	2433,50	1,02	0,3967	ns
Sol. Nutritiva (SN)	5477,56	1	5477,56	2,29	0,1615	ns
Bioestimulantes	11467,00	2	5733,50	2,39	0,1415	ns
SN*Bioestimulante	1638,78	2	819,39	0,34	0,7184	ns
Error	23963,67	10	2396,37			
Total	47414,00	17				
CV %	17,18					

ns = no significativo

La Tabla 42, correspondiente a la prueba de Tukey al 5%, mostró un análisis comparativo de los niveles de solución nutritiva, en el cual no se identificaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Por tanto, los niveles de 100% y 75% resultaron ser estadísticamente equivalentes.

Tabla 42.

Prueba de Tukey para el hierro foliar entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Hierro (ppm)
75%	302,44 a
100%	267,56 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla 43 se muestra la prueba de Tukey al 5 para los tipos de bioestimulantes, en el cual no se observaron diferencias estadísticas entre estos tratamientos, incluido el testigo sin aplicación (290,33 ppm) que presenta similitud con respecto al extracto de algas marinas y aminoácidos con medias de 274,33 ppm y 260,83 ppm respectivamente

Tabla 43.

Prueba de Tukey para el hierro foliar entre bioestimulantes

Bioestimulantes	Hierro (ppm)
Sin aplicación	319,83 a
Extracto de algas marinas	274,33 a
Aminoácidos	260,83 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.5 Peso fresco foliar (g/planta)

El análisis de varianza mostrado en la tabla 44, reveló la existencia de diferencias significativas entre los bioestimulantes. Sin embargo, no se identificaron diferencias significativas entre los bloques, los niveles de solución nutritiva ni en la interacción entre los factores. El coeficiente de variabilidad alcanzó un 8,79%, lo cual reflejó una buena precisión y confiabilidad en los resultados (Miranda et al., 2011).

Tabla 44.*Análisis de varianza para el peso fresco foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	4524,16	2	2262,08	1,07	0,3794	ns
Sol. Nutritiva (SN)	359,57	1	359,57	0,17	0,6888	ns
Bioestimulantes	24077,25	2	12038,63	5,69	0,0224	*
SN*Bioestimulante	1476,80	2	738,40	0,35	0,7136	ns
Error	21148,54	10	2114,85			
Total	51586,32	17				
CV %	8,79					

ns = no significativo, * = significativo

La Tabla 45 presenta la comparación de medias mediante la prueba de Tukey para el peso fresco entre los dos niveles de solución nutritiva, donde no se encontraron diferencias estadísticas entre ambos tratamientos (100% y 75%) siendo similares entre sí con medias de 527,7 g y 518,76 g, respectivamente.

Tabla 45.*Prueba de Tukey para el peso fresco foliar entre niveles de solución nutritiva*

Solución nutritiva	Peso fresco (g)
100%	527,70 a
75%	518,76 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 46 presenta una comparación de medias para los bioestimulantes, donde se observaron diferencias significativas. El extracto de algas, con una media de 574,91 g, mostró ser estadísticamente superior en comparación con los aminoácidos y el tratamiento control sin aplicación, cuyos valores promedio fueron de 499,23 g y 495,56 g, respectivamente, siendo estos dos últimos estadísticamente similares entre sí.

Tabla 46.*Prueba de Tukey para el peso fresco foliar entre bioestimulantes*

Bioestimulantes	Peso fresco (g)
Extracto de algas marinas	574,91 a
Aminoácidos	499,23 b
Sin aplicación	495,56 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**4.6 Peso seco foliar (g/planta)**

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 47), no se detectan diferencias significativas entre los bloques, niveles de solución nutritiva y la interacción de los factores lo que sugiere que todos ellos registran un comportamiento homogéneo. Caso contrario, se observan diferencias significativas en los bioestimulantes, lo que indica un comportamiento heterogéneo. El coeficiente de variación del 12,39%, indica una exactitud experimental en el estudio (Miranda et al., 2011).

Tabla 47.*Análisis de varianza para el peso seco foliar*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	6,02	2	8,36	0,83	0,4627	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,14	1	0,14	0,01	0,9099	ns
Bioestimulantes	103,46	2	51,73	5,16	0,0289	*
SN*Bioestimulante	16,71	2	8,36	0,83	0,4627	ns
Error	100,28	10	10,03			
Total	226,61	17				
CV %	12,39					

ns = no significativo, * = significativo

La Tabla 48 muestra el análisis de varianza para el peso seco foliar en gramos entre los niveles de solución nutritiva. Según la prueba de Tukey, no se detectaron diferencias significativas, lo que indica que ambos niveles de solución nutritiva (100% y 75%) fueron estadísticamente equivalentes, con valores de 25,65 g y 25,48 g, respectivamente.

Tabla 48.

Análisis de varianza para el peso seco foliar entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Peso seco foliar (g)
100%	25,65 a
75%	25,48 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 49 muestra los resultados de la prueba de Tukey para los tipos de bioestimulantes, en la cual se observaron diferencias significativas entre los dos bioestimulantes y el testigo. El extracto de algas marinas, con un peso promedio de 28,85 g, y el aminoácido, con 24,65 g, resultaron estadísticamente superiores al testigo sin aplicación, cuyo peso promedio fue de 23,20 g.

Tabla 49.

Prueba de Tukey para el peso seco foliar entre bioestimulantes

Bioestimulantes	Peso seco foliar (g)
Extracto de algas marinas	28,85 a
Aminoácidos	24,65 ab
Sin aplicación	23,20 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.7 Porcentaje de materia seca (%)

El análisis de varianza de la Tabla 50 indicó que no hubo diferencias significativas entre los bloques, los niveles de solución nutritiva, los bioestimulantes ni en la interacción de factores, lo que mostró un comportamiento homogéneo. Esto sugiere que las variaciones en el porcentaje de materia seca no se debieron a los tratamientos aplicados. El coeficiente de variación del 6,45%, indica una exactitud experimental en el estudio (Miranda et al., 2011).

Tabla 50.

Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,65	2	0,33	3,3	0,0796	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,05	1	0,05	0,5	0,4973	ns
Bioestimulantes	0,42	2	0,21	2,12	0,1705	ns
SN*Bioestimulante	0,28	2	0,14	1,43	0,2839	ns
Error	0,99	10	0,10			
Total	2,39	17				
CV %	6,45					

ns = no significativo

La tabla 51 muestra que de acuerdo a la prueba de Tukey para los niveles de solución nutritiva no se encontraron diferencias entre ambos niveles de fertilización, es decir, que son estadísticamente similares entre sí.

Tabla 51.

Prueba de Tukey para materia seca entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	% Materia seca
75%	4,93 a
100%	4,82 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 52 presenta la comparación de medias para los diferentes tipos de bioestimulantes, mostrando que no se observaron diferencias significativas entre ellos, siendo el extracto de algas, aminoácidos y el testigo sin aplicación similares estadísticamente con medias de 5,02%, 4,95% y 4,67%, respectivamente.

Tabla 52.

Prueba de Tukey para materia seca entre bioestimulantes

Bioestimulantes	% Materia seca
Extracto de algas marinas	5,02 a
Aminoácidos	4,95 a
Sin aplicación	4,67 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.8 Rendimiento (t/ha)

El análisis de varianza de la Tabla 53 revela diferencias significativas ($p < 0,05$) en el rendimiento total entre los distintos tipos de bioestimulantes. No obstante, no se observaron diferencias significativas entre los bloques, los niveles de solución nutritiva ni en la interacción de factores, indicando una homogeneidad en estas variables. El coeficiente de variación del 8.84% indica una exactitud experimental en el estudio (Miranda et al., 2011).

Tabla 53.

Análisis de varianza para el rendimiento

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	14,09	2	7,05	1,04	0,3888	ns
Sol. Nutritiva (SN)	1,08	1	1,08	0,16	0,6987	ns
Bioestimulantes	76,70	2	38,35	5,66	0,0227	*
SN*Bioestimulante	4,54	2	2,27	0,34	0,7230	ns
Error	67,77	10	6,78			
Total	164,18	17				
CV %	8,84					

ns = no significativo, * = significativo

La Tabla 54 muestra la prueba de Tukey para los niveles de solución nutritiva, aquí no se observaron diferencias significativas entre los niveles de fertilización (100% y 75%), por lo que son estadísticamente similares (29,68 t. ha⁻¹ y 29,19 t. ha⁻¹ respectivamente).

Tabla 54.

Prueba de Tukey para el rendimiento entre los niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Rendimiento (t/ha)
100%	29,68 a
75%	29,19 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla 55 se presenta la comparación de medias para los diferentes tipos de bioestimulantes. Los resultados revelan diferencias significativas entre los tratamientos, destacando el extracto de algas marinas como el más eficaz, con un rendimiento promedio de 32,35 t/ha. Por otro lado, el aminoácido y el testigo sin aplicación mostraron rendimientos estadísticamente similares, con medias de 28,08 t. ha⁻¹ y 27,87 t. ha⁻¹, respectivamente.

Tabla 55.

Prueba de Tukey para el rendimiento entre los bioestimulantes

Bioestimulantes	Rendimiento (t/ha)
Extracto de algas marinas	32,35 a
Aminoácidos	28,08 b
Sin aplicación	27,87 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.9 Peso fresco radicular

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 56), no se detectaron diferencias significativas entre los bloques, niveles de fertilización y tipos de bioestimulantes en estudio, lo que sugiere que los tratamientos muestran un comportamiento homogéneo. Asimismo, no se observó un efecto significativo en los factores en estudio. El coeficiente de variabilidad fue de 17.05%, indicando que la investigación aún presenta una precisión experimental aceptable (Miranda et al., 2011).

Tabla 56.*Análisis de varianza para el peso fresco radicular*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	153,17	2	76,59	1,21	0,3376	ns
Sol. Nutritiva (SN)	95,24	2	47,62	0,75	0,4954	ns
Bioestimulantes	153,17	2	76,59	1,21	0,3376	ns
SN*Bioestimulante	95,24	2	47,62	0,75	0,4954	ns
Error	631,47	10	63,15			
Total	950,70	17				
CV %	17,05					

ns = no significativo

Conforme se ve en la tabla 57, ambos niveles de fertilización tienen efectos similares sobre el peso fresco radicular de las plantas, ya que no se encontraron diferencias significativas. Por lo tanto, ninguno de los tratamientos se destaca sobre los demás en términos de mejorar o disminuir el peso fresco radicular.

Tabla 57.*Prueba de Tukey para el peso fresco radicular entre niveles de fertilización*

Solución nutritiva	Peso fresco rad
75%	48,58 a
100%	44,64 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 58 muestra los resultados de la prueba de Tukey al 5%, comparando los distintos tipos de bioestimulantes. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre estos tratamientos, incluyendo el control sin aplicación (46,37 g), que es similar a los aminoácidos y al extracto de algas marinas, con medias de 46,92 g y 46,56 g respectivamente.

Tabla 58.*Prueba de Tukey para el peso fresco radicular entre bioestimulantes*

Bioestimulantes	Peso fresco rad
Aminoácidos	46,92 a
Extracto de algas marinas	46,56 a
Sin aplicación	46,37 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**4.10 Peso seco radicular**

El análisis de varianza (Tabla 59) para el peso seco radicular no mostró diferencias significativas entre los bloques, los niveles de fertilización, los bioestimulantes ni la interacción de factores. El coeficiente de variabilidad (CV) fue del 15,85%, lo que sugiere que la precisión experimental es aceptable (Miranda et al., 2011). En resumen, el comportamiento del peso seco radicular es homogéneo en todos los bloques y factores estudiados, sin diferencias estadísticas relevantes.

Tabla 59.*Análisis de varianza para el peso seco radicular*

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	0,16	2	0,08	0,31	0,7425	ns
Sol. Nutritiva (SN)	1,67	1	1,67	6,36	0,0303	*
Bioestimulantes	0,42	2	0,21	0,80	0,4769	ns
SN*Bioestimulante	0,26	2	0,13	0,49	0,6258	ns
Error	2,62	10	0,26			
Total	5,13	17				
CV %	15,85					

ns = no significativo

La tabla 60 para la prueba de Tukey al 5% revela que no hay diferencias significativas entre las soluciones nutritivas en cuanto al peso seco radicular, ya que todos los tratamientos comparten la letra "a". Esto indica que, aunque existen diferencias en los valores medios, estos no son lo suficientemente grandes como para ser estadísticamente significativos. Por lo tanto, todos los tratamientos tienen un efecto similar en el peso seco radicular de las plantas.

Tabla 60.

Prueba de Tukey para el peso seco radicular entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Peso seco radicular
75%	3,54 a
100%	2,93 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 61 muestra la comparación de medias para los bioestimulantes (aminoácidos, algas marinas y el testigo), revelando que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Esto indicó que todos los tratamientos tuvieron un efecto similar sobre el cultivo.

Tabla 61.

Prueba de Tukey para el peso seco radicular entre tipos de bioestimulantes

Bioestimulantes	Peso seco radicular
Aminoácidos	3,45 a
Extracto de algas marinas	3,13 a
Sin aplicación	3,12 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.11 Rentabilidad

El análisis de varianza presentado en la Tabla 62 mostró diferencias significativas en la rentabilidad ($p < 0,05$) asociadas a los diferentes tipos de bioestimulantes. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los bloques, los niveles de solución nutritiva ni en la interacción de los factores, lo que sugiere un comportamiento homogéneo en estas variables. Estos resultados indican que el tipo de bioestimulante es el principal factor que influye en la rentabilidad, mientras que las otras variables no afectan de manera significativa el desempeño económico. El coeficiente de variación fue de 23,78%, el estudio demostró una precisión experimental adecuada (Miranda et al., 2011).

Tabla 62.

Análisis de varianza para la rentabilidad

F.V.	SC	GL	CM	F cal	p-valor	Significancia
Bloques	434,10	2	217,05	1,09	0,3744	ns
Sol. Nutritiva (SN)	0,02	1	0,02	0,000081	0,9930	ns
Bioestimulantes	1797,69	2	898,85	4,50	0,0405	*
SN*Bioestimulante	142,01	2	71,01	0,36	0,7095	ns
Error	1999,16	10	199,92			
Total	4372,98	17				
CV %	23,78					

ns = no significativo, * = significativo

La Tabla 63 muestra los resultados de la prueba de Tukey aplicada a los niveles de solución nutritiva, evidenciando la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización al 100% y al 75%. Estos niveles son estadísticamente equivalentes, con porcentajes de 59,42% y 59,48%, respectivamente. Este hallazgo sugiere que la reducción de fertilización al 75% puede mantener una rentabilidad similar a la del 100%, optimizando los recursos sin afectar significativamente el rendimiento.

Tabla 63.

Prueba de Tukey para la rentabilidad entre niveles de solución nutritiva

Solución nutritiva	Rentabilidad %
75%	59.48 a
100%	59,42 a

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La Tabla 64, que muestra la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, muestra que el extracto de algas marinas registró una rentabilidad significativamente superior a la de los demás tratamientos, alcanzando un 73,58%. Le siguió el tratamiento testigo sin aplicación, con un 52,46%, y el tratamiento con aminoácidos, con un 52,30%.

Tabla 64.

Prueba de Tukey para la rentabilidad entre bioestimulantes

Bioestimulantes	Rentabilidad %
Extracto de algas marinas	73,58 a
Sin aplicación	52,46 b
Aminoácidos	52,30 b

Promedios con letras comunes no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1 Características de crecimiento

En relación con el número de hojas, el tratamiento con una solución nutritiva al 75% mostró un incremento del 10.4% en comparación con la fertilización completa al 100%. Aunque los bioestimulantes no generaron diferencias significativas, los niveles de solución nutritiva sí influyeron notablemente en este parámetro. Los resultados obtenidos en este estudio superan los reportados por Gonzales (2020) y Romero (2018), quienes obtuvieron un promedio de 26 hojas por planta. Estos hallazgos destacan la relevancia de ajustar la concentración de la solución nutritiva para mejorar el rendimiento del cultivo.

Armadans et al. (2022) documentaron un promedio de 15 hojas por planta utilizando extracto de algas marinas en sistemas hidropónicos, un valor inferior al observado en este estudio. Esta diferencia puede atribuirse a la variedad de lechuga seleccionada, caracterizada por hojas anchas y gran tamaño, que requiere temperaturas óptimas entre 18 °C y 24 °C (Sakata, 2024). Durante el experimento, la temperatura promedio registrada fue de 23.9 °C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2024), lo que pudo haber favorecido el crecimiento del cultivo. Estos resultados subrayan la importancia de ajustar las condiciones de cultivo, especialmente los niveles de solución nutritiva, para optimizar el rendimiento en sistemas hidropónicos.

Aunque los bioestimulantes no influyeron significativamente en la altura de las plantas, los tratamientos con un 25% menos de la solución nutritiva estándar alcanzaron una altura promedio de 23.14 cm, superando en un 7% a los tratamientos con fertilización completa. Este efecto puede estar relacionado con la acumulación de sales disueltas en la solución nutritiva al 100%, que incrementa la presión osmótica. Según Favela et al. (2006), el aumento de la presión osmótica puede exceder el límite de tolerancia a sales del cultivo, lo que reduce la disponibilidad de agua y eleva la electroconductividad de la solución. Esta condición impone un mayor gasto energético en la absorción de agua y nutrientes, afectando negativamente el desarrollo de la planta (Ricardo, 2019).

En este contexto, resulta crucial optimizar el manejo de las soluciones nutritivas para minimizar el estrés osmótico y fomentar un desarrollo adecuado del cultivo. El conocimiento detallado de estos efectos permite diseñar estrategias de fertilización más eficientes, capaces de maximizar el uso de recursos y mejorar los resultados en futuras campañas agrícolas. Estos ajustes no solo benefician el crecimiento de las plantas, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y eficiencia de la producción hidropónica.

5.2 Rendimiento

Los resultados indican que el uso de extracto de algas marinas aumentó significativamente el rendimiento del cultivo, superando al testigo sin aplicación en un 13.8%. Este resultado coincide con las observaciones de Otiniano (2022), quien reportó la eficacia superior del tratamiento con algas marinas en condiciones de suelo. De manera similar, estudios previos realizados por Armadans (2022), Estudillo (2017), Salazar (2019) y Sicha (2023) confirmaron que el uso de extractos de algas marinas también incrementó el rendimiento en condiciones de hidropónicas.

La eficacia de las algas marinas se debe a su capacidad para estimular el crecimiento inicial de las plantas y potenciar el desarrollo vegetativo cuando se aplican de forma foliar. Este efecto positivo está vinculado a compuestos bioactivos como manitol, ácido algínico, polisacáridos y fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas), además de minerales en bajas concentraciones (potasio, calcio, magnesio, entre otros) (López-Padrón et al., 2020; Ali et al., 2019). Estos compuestos facilitan procesos fisiológicos, mejoran la asimilación de nutrientes y optimizan la respuesta al estrés abiótico, aumentando el rendimiento de los cultivos (González, 2022).

Aunque no se observaron diferencias significativas entre los factores evaluados en los seis tratamientos, el T5 (75% SN + algas marinas) sobresale con un rendimiento de 32.3 t/ha, llevando una ventaja de 3.5 t/ha con respecto al T1 (100% SN sin aplicación) y de 5.37 t/ha respecto del T4 (75% SN sin aplicación), ello resalta el uso del extracto de algas que con una menor concentración de solución nutritiva logra una mejor producción en general.

5.3 Contenido foliar de macronutrientes N, P y K

En cuanto al contenido foliar de los macronutrientes primarios (N, P, K), los tratamientos con una concentración del 100% de la solución nutritiva presentaron una mayor acumulación en las hojas. Este resultado puede atribuirse a la mayor disponibilidad de nutrimentos en la solución nutritiva, lo cual favorece su absorción por las plantas (Instituto de la Potasa y el Fósforo [INPOFOS], 1997). Los porcentajes de absorción en materia seca registrados fueron del 4.56% para nitrógeno, 0.33% para fósforo y 4.92% para potasio.

Estos valores se comparan con las referencias de Jaramillo et al. (2014), quienes establecen que el contenido foliar del cultivo de lechuga óptimo de nitrógeno se encuentra entre 2.10% y 5.60%, el de fósforo entre 0.40% y 0.93%, y el de potasio entre 3.91% y 9.77%. Los niveles de nitrógeno y potasio medidos en este estudio están dentro del rango considerado óptimo, mientras que el contenido de fósforo es ligeramente inferior al umbral recomendado. A pesar de esta deficiencia en fósforo, no se observaron síntomas visuales de carencias nutricionales en las plantas.

Es importante destacar que, en los tratamientos con fertilización al 75% de solución nutritiva, los valores del contenido de nutrientes se encuentran dentro del rango de suficiencia para el nitrógeno (4.07%) y potasio (3.91%) estuvieron dentro del rango de suficiencia, mientras que el fósforo presentó un valor de 0.26%, por debajo del rango recomendado. Sin embargo, esta deficiencia no se tradujo en síntomas visibles de carencia en las hojas.

5.4 Rentabilidad

Los tratamientos que incorporaron extracto de algas marinas mostraron un mayor índice de rentabilidad con un 73.58% en la producción hidropónica, independientemente de la concentración de la solución nutritiva. Los resultados obtenidos evidenciaron que, tanto con una solución al 100% como al 75%, se lograron resultados similares en términos de rentabilidad, lo que destaca la consistencia y efectividad del extracto de algas marinas en diferentes condiciones de suministro de nutrientes. En otras palabras, si inviertes 100 soles en el cultivo, obtendrás una ganancia de 73.58 soles, además de recuperar tu inversión inicial.

Dado el limitado número de estudios recientes que aborden la rentabilidad de cultivos hidropónicos, esta investigación aporta evidencia sólida sobre el impacto positivo del uso de bioestimulantes, específicamente el extracto de algas, en el aumento del rendimiento y la rentabilidad del sistema de cultivo.

Los resultados subrayan la eficacia de las algas marinas como bioestimulantes, resaltando su capacidad de mejorar significativamente la productividad en comparación con otros tratamientos. Pese a no existir diferencias significativas entre los tratamientos, el análisis económico (Tabla 67) muestra que el tratamiento 5 (75% de solución nutritiva + algas marinas) alcanzó un índice de rentabilidad (IR) del 73.95%, lo que se traduce en S/ 26,433.63 de utilidad neta. Esto representa una diferencia de S/ 6,587.32 en comparación con el tratamiento 1 (100% sin aplicación de alga marina). Estos resultados sugieren que la combinación de algas marinas con una 75% de solución nutritiva puede ofrecer mejores ganancias para el productor.

Es fundamental que investigaciones futuras se enfoquen en la optimización de la formulación de soluciones nutritivas para maximizar la absorción de nutrientes y, consecuentemente, mejorar la eficiencia en el cultivo hidropónico. El desarrollo de una composición ajustada podría no solo aumentar la rentabilidad del sistema, sino también promover su sostenibilidad mediante la reducción de costos operativos y el uso más eficiente de los recursos disponibles. Este enfoque permitiría minimizar el impacto ambiental y garantizar una producción agrícola más resiliente y competitiva a largo plazo.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Conclusión general:

El extracto de algas marinas mejora significativamente el rendimiento y desarrollo de la lechuga 'Isabela'. La solución nutritiva al 75% favorece el crecimiento de las hojas, mientras que la solución al 100% incrementa la concentración de nutrientes en estas. La combinación de solución nutritiva con extracto de algas marinas aumenta el rendimiento y la rentabilidad del cultivo.

Conclusiones específicas:

- La aplicación de extracto de algas marinas tuvo un efecto significativo en la altura de la planta y longitud radicular, mientras que la solución nutritiva al 75% mostró un efecto significativo en el número de hojas.
- Los bioestimulantes a base de extracto de algas marinas incrementaron el rendimiento de la lechuga 'Isabela' en un 16.07% en comparación con el control. Sin embargo, bajo condiciones de hidroponía, no se detectaron diferencias significativas entre las soluciones nutritivas al 100% y al 75%.
- El contenido foliar de macronutrientes primarios N, P y K fue significativamente mayor con la aplicación de la solución nutritiva al 100%, destacando su efecto en la calidad nutricional del cultivo.
- La estrategia combinada de fertilización al 75% con extracto de algas marinas demostró una rentabilidad superior a corto plazo, con un incremento del 40.68% respecto al control. Esta estrategia, ofrece mayores beneficios económicos para el productor y contribuye a un manejo sostenible.

6.2 Recomendaciones

- Replicar la investigación evaluando concentraciones de solución nutritiva inferiores al 75%, en combinación con bioestimulantes como extractos de algas marinas, aplicados tanto en la raíz como de forma foliar, con el fin de comparar su efectividad.
- Realizar estudios similares con otras variedades de lechuga que posean alta demanda en los mercados locales e internacionales. Esto permitirá validar la aplicabilidad de los resultados en contextos comerciales mas amplios.
- Enfocar futuros estudios en la optimización de la formulación de la solución nutritiva, orientandose hacia una maximización de la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo, alineada con práctica agrícolas eficientes y respetuosas del medio ambiente.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Ali, O., Ramsubhag, A. y Jayaraman, J. (2019). Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLoS ONE* 14(5). e0216710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216710>
- Al-Karaki, G. N., y Othman, Y. (2023). Effect of foliar application of amino acids biostimulants on growth, macronutrient, total phenols contents and antioxidant activity of soilless grown lettuce cultivars. *South African Journal of Botany*, 154, 225-231. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.034>
- Alveal, M. A. y Campos, K. (2014). *Estudio comparativo de sistemas de riego hidropónico y por goteo* (Trabajo de suficiencia, Universidad del Bío-Bío). Repositorio Digital Sistema de Bibliotecas Universidad del Bío-Bío. http://replib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/797/1/Alveal_Concha_Miguel_Angel.pdf
- Agraria.pe (2024). China lidera la producción mundial de lechuga. <https://agraria.pe/noticias/china-lidera-la-produccion-mundial-de-lechuga-35521>
- Aquae Fundación (2023). ¿Cuál es la dureza del agua? Recuperado: <https://www.fundacionaquae.org/dureza-del-agua/>
- Arce, J. (2024). ¿Tus frutas y verduras son seguras? Senasa identifica los alimentos con contaminantes de Lima y regiones. Infobae. <https://www.infobae.com/peru/2024/11/28/senasa-identifica-las-frutas-y-verduras-con-contaminantes-quimicos-de-lima-y-regiones-esta-la-lista/>
- Armandans, A., Reyes, S., Britos, U., Rojas, M. y Enciso, G. (2022). Efecto del bioestimulante comercial sobre la producción de la lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique). *Horticultura Argentina*, 41(106), 45-52. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/a7hi5f15b>
- Auxprotec (2017). Lechugas hidropónicas y sus ventajas: Auxprotec. España. <https://auxprotec.com/lechugas-hidroponicas-y-sus-ventajas/#:~:text=Ventajas%20de%20las%20lechugas%20hidrop%C3%B3nicas%20>

ara%20su%20cultivo&text=%E2%80%93Su%20inversi%C3%B3n%20se%20amorti
za%20pronto,en%20fertilizantes%20y%20en%20pesticidas

Avilés, D. (2020). *Efecto de la fertilización orgánica y Ascophyllum nodosum sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en tomate (Solanum lycopersicum L.) cv. Clermon en condiciones de invernadero* (tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Repositorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47612/K%2066637%20Avil%c3%a9s%20P%c3%a9rez%2c%20Daniela%20Iridian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Batte, H. D., Enciso-Garay, C. R. y Santacruz, V. R. (2024). Producción de cultivares de lechuga arpeollada con diferentes tipos de cobertura de suelo en invierno – primavera. *Sociedad científica del Paraguay*, 29(1). 1-21.
<https://doi.org/10.32480/rscp.2024.29.1.1> Recibido: 18/08/2022. Aceptado: 29/11/

Bedoya, L. y Suarez, S. (2020). *Automatización de la técnica de hidroponía NFT en invernadero, con monitoreo web* (Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú). Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica del Perú.
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/288ae67f-c6d5-42b1-89c8-acfab465a999/content>

Beltrano, J., y Gimenez, D. (2015). Cultivo en Hidroponía. Editorial de la Universidad de La Plata. Recuperado de:
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cabezas, R. [Rene Cabezas] (12 de septiembre del 2023). Curso completo de hidroponía – Formulación de nutrientes parte: 1 – Rene Cabezas – Hidroponía [Video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=2Lx6C4Q3Zk4>

Cabrera, J. A. (2021). *Evaluación de cuatro cultivares de lechuga en parámetros agronomicos similares en la granja Santa Ines* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala). Repositorio Digital de la UTMACH.

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16544/1/TTUACA-2021-IA-DE00010.pdf>

Calzada, J. (1982). *Métodos Estadísticos para la Investigación*, 4ta. Edición, Editorial Milagros S.A., Lima- Perú.

Cedeño, F. A. y Sarango, M. A. (2024). *Evaluación de tres bioestimulantes en el comportamiento agronómico de dos variedades de lechuga crespa (Lollo rosso y Lollo bionda) en el cantón la maná* (Tesis de pregrado, Universidad de Cotopaxi). Repositorio de la Universidad de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7958f07a-21ac-4220-aa0f-78701927c474/content>

Chillece, J. (2023). *Construcción y evaluación de un sistema aeropónico vertical asistido por la plataforma Arduino en la producción de lechuga, Ayacucho, 2022* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga). Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b4a028b2-6109-4fc6-bccb-f10f63521bdf/content>

Chura, J. y Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz Amarillo duro en la localidad de la Molina, Perú. *IDESIA (Arica), Chile*. 32(1), pag: 113-118. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v32n1/art14.pdf>

ComexPerú (29 de abril del 2022). Escasez de fertilizantes en el Perú: amenaza para nuestra agricultura. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/escasez-de-fertilizantes-en-el-peru-amenaza-para-nuestra-agricultura#:~:text=Seg%C3%BAAn%20datos%20del%20Ministerio%20de,y%20%2D31.5%25%2C%20respectivamente.>

Cortez, R. (2021). *Recirculación de la solución nutritiva y su rendimiento-calidad del cultivo hidropónico de la lechuga (Lactuca sativa L.) Imperial, 2021* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cañete). Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cañete. <https://repositorio.undc.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d1bcfa77-3fce-49b6-b217-430e3fcf7d6d/content>

- De Menezes, F., Martins, S. R. y Fernandes, H. S. (2004). Crescimento e avaliação nutricional da alface cultivada em «NFT» com soluções nutritivas de origem química e orgânica. *Horticultura Brasileira*, 22(3), 632-637. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000300027>
- Del Solar, C., De Juan, E. y Debia, R. (2012). Aplicaciones de *Ascophyllum nodosum*, Boro, y Zinc para estimular la cuaja en el cultivar Cabernet Sauvignon (*Vitis vinífera*) (Folleto INIA Chile). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/55406/NR32637.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Doria, E. Y. (2020). *Dosis de humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L) variedad americana en condiciones agroecológicas de Panao – Huánuco – 2019* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/5842/TAG00846D92.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Eguez, E., León, L, Loor, J. y Pacheco, L. (2022). Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*Capsicum annum* Linneo) cultivadas en solución nutritiva. *Talentos*, 9(1), 69-82. <https://doi.org/10.33789/talentos.9.1.162>
- Estudillo, A. A. (2017). *Efecto de extracto de algas marinas y aminoácidos en el crecimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo un sistema de raíz flotante* (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Repositorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <https://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/42211/K%2064759%20AL EJANDRA%20ANDREA%20ESTUDILLO%20BAHENA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Favela, E., Preciado, P. y Benavides, A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Departamento de horticultura. https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf

- Floríndez, J. y Siura, S. (2012). *Evaluación de cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.) para producción de lechuga miniatura y madura bajo cultivo orgánico* (tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Investigacion/Tesis/Tesis%20Sustentadas/Resumen%20Julissa%20Florindez.pdf>
- García, M. D. (2020). *Análisis financiero y su incidencia en la rentabilidad de la empresa servicios digitales sac, chiclayo 2015 – 2017* (Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán). Repositorio Institucional USS. https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7208/Garc%C3%ADa%20Alb%C3%BAjar%20Mar%C3%ADa%20De%20Los%20%C3%81ngeles_.pdf?sequence=6
- Gavidia, L. (2017). *Efecto de la solución nutritiva la molina en el rendimiento de dos variedades de lechuga (Lactuca sativa l.) con el sistema NFT (Nutrient Film Technique) en condiciones de hidroponía de nuevas flores Culquish - Huamalíes 2016* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/3305/TAG%2000727%20G31.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Goh, Y. S., Hum, Y. C., Lee, Y. L., Lai, K. W., Yap, W. S., & Tee, Y. K. (2023). A meta-analysis: Food production and vegetable crop yields of hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 321, 112339. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112339>.
- González, J. (2020). *Producción de lechuga hidropónica (Lactuca Sativa L.) en sistema de raíz flotante bajo el efecto de 3 bioestimulantes* (Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena). Repositorio Institucional de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5684/1/UPSE-TIA-2021-0005.pdf>
- González, J. J. (2020). *El uso de algas marinas como bioestimulantes* (Trabajo de grado, Universidad de La Laguna). Repositorio de la Universidad de La Laguna.

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/29095/E1%20uso%20de%20algas%20marinas%20como%20bioestimulantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hydroponics Market (2021). Hydroponics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Aggregate Systems, Liquid Systems), By Crops (Tomatoes, Lettuce, Peppers, Cucumbers, Herbs), By Region, And Segment Forecasts, 2021-2028. <https://www.marketresearch.com/Grand-View-Researchv4060/Hydroponics-Size-Share-Trends-Type-30201605/>

Inca, S. A. (2013). *Automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos* (tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma). Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/405/Inca_sa.pdf?sequence=1

InfoAgro (2024). El cultivo de la lechuga. <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

Instituto de la Potasa y el Fósforo [INPOFOS] (1997). *Manual internacional de fertilidad de suelos*. Research Education.

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura [Intagri] (2018). *Aminoácidos para la Bioestimulación de Cultivos Hortofrutícolas. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 112. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.*

Integrated Taxonomic Information System [ITIS] (2010). Checklist dataset *Lactuca sativa* L. IT IS. Recuperado el 29 de julio de 2024 de <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>

Khan, S., Purohit, A., & Vadsaria, N. (2020). Hydroponics: Current and future state of the art in farming. *Journal of Plant Nutrition*, 44(10), 1515-1538. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1860217>.

Langelaan, H. C., Pereira da Silva, F., Thoden van Velzen, U., Broeze, J., Matser, A. M., Vollebregt, M., y Schroën, K. (2013). Technology options for feeding 10 billion people. *Food Engineering*, 1(1), 1-16

- Langenhoven, P. (2018). How to Select the Right Fertilizer for Hydroponics. Purdue Agriculture. <https://www.purdue.edu/hla/sites/cea/wp-content/uploads/sites/15/2018/10/PetrusLangenhoven9-5-18.pdf>
- Lema, D. (2017). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) var. Crispa, en invernadero, departamento de horticultura, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8174/1/13T0853.pdf>
- Lima, C. H., Araújo, R., Pereira, S. C., do Vale, J. F., Carvalho, V. H. y do Nascimento, I. (2024). Soil micronutrients: dynamics, availability, and fertilization management. *Seven editora*, 8(7). 60-79. <https://doi.org/10.56238/sevened2024.008-007>
- López, J. (2018). La producción hidropónica de cultivos. *IDESIA*, 36(2). 139-141. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v36n2/0718-3429-idesia-00801.pdf>
- López, 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 pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui. http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/608/Yvan_tesis_titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vásquez, M. y Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos tropicales*, 41(2). 1-20. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf>
- Lozada, C. P. (2017). *Evaluación de tres bioestimulantes para el incremento de masa radicular y productividad en un cultivo establecido de fresa (Fragaria x ananassa)* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato). Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24873/1/Tesis-145%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20456.pdf>

- Malca, F. (2013). Evaluación de la Actividad Nitrato Reductasa y Crecimiento Hidropónico de Lechuga (*Lactuca sativa* L. ‘Crufia’) en Función de Cuatro Soluciones Nutritivas. *Revista de Investigación Universitaria*, 2(2), 60-68. <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/705>
- Maldonado, T. (2023). *Microalgas como fuente de bioestimulantes agrícolas: una revisión* (Tesis de pregrado, Universidad de Concepción). Repositorio de la Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/11556/1/MALDONADO%20%282023%29%20MICROALGAS%20COMO%20FUENTE%20DE.pdf>
- Márquez-Dávila K. J., Vega, L. y Alvarez, L. M. (2021). Glosario de Términos Agronómicos. <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/03/Libro-GLOSARIO-DE-TERMINOS-AGRONOMICOS.pdf>
- Medrano, P. (2017). *Cultivo de lechuga (Lactuca sativa) en sistema mixto (suelo e hidroponía) bajo diferentes soluciones nutritivas en el centro experimental de cota cota* (tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés). Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15319/T-2474.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meza, M. (2011). Disturbios del estado ácido-básico en el paciente crítico. *Acta Médica Peruana*. 28(1). 46-55. <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v28n1/a08v28n1.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (13 de agosto del 2024). Compendio anual de “Producción agrícola”. Boletín informativo. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2730325-compendio-anual-de-produccion-agricola>
- Morán, E. M (2021). *Efecto de sustancias minerales altamente diluidas (SMADs) en el cultivo hidropónico en plantas de lechuga (Lactuca sativa L)* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo). Repositorio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/89e33843-a298-47a9-bf90-cbbd05d52a6a/content>

- Moreno, S. (2017). *Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de ají escabeche (Capsicum baccatum var. Pendulum) bajo condiciones de Cañete* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/84ee7e0b-4c82-45ea-a22c-e116e20aa266/content>
- Morocho, O. (2014). *Evaluación del cultivo de la lechuga (Lactuca sativa L.) Variedad Boston asociado con Azolla spp más guano de isla en cultivo hidropónico en el distrito de Lircay Angaraes – Huancavelica* (Tesis de pregrado). <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c5eca8b9-a5bf-40ce-a7c2-7816c3525dd9/content>
- Mundaca, J. (2020). *Dosis de fertilizante orgánico granulado en la producción del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Great Lakes, en la provincia de Lamas* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3895/1/AGRONOM%20C3%8DA%20-%20Juli%20Cesar%20Mundaca%20Cruz.pdf>
- Muñoz, J. M., Muñoz, J. A. y Montes, C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73-82. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/375/557>
- Oñate, L. (2022). *Diseño de sistema de riego aeropónico utilizando energía solar fotovoltaica en comunidad mapuche* (Tesis de pregrado, Universidad de Chile). Repositorio académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/186163>
- Otiniano, Y. K. (2022). *Aplicación de bioestimulantes para incrementar rendimiento y calidad de lechuga (Lactuca sativa L.) var. Great Lakes 695, Guadalupito* (Tesis de pregrado, Universidad San Pedro). Repositorio de la Universidad San Pedro.

<https://repositorio.usanpedro.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b52159d8-9185-43af-a72b-e3ae7dcad9f8/content>

Palomino, S. (2021). *Comportamiento agronómico de dos variedades de apio (Apium graveolens L.) en sistema hidropónico de raíces flotantes bajo diferentes dosis de solución nutritiva* (Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés). Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/28571/T-3006.pdf?sequence=5>

Pérez, J. y Gardey, A. (2017). Definición de dosis. Fuente de información “Definición. de”
Página web <https://definicion.de/dosis/>

Pérez-Fernández, N., Gutiérrez-Gevara, O. y Fonseca-Peréz, M. (2022). Efecto de Viusid Agro en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*, L.) en condiciones de organoponía. *Inca ediciones*, 43(4). 1-6. <https://cu-id.com/2050/v43n4e02>

Proain (11 de septiembre 2020). *Como detectar las deficiencias de los nutrientes*. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/como-detectar-las-deficiencias-de-los-nutrientes-en-la-lechuga?srltid=AfmBOorbAQD7iS1Zv-uHQF4INXjh9vgXX-gJinAunOp6QJoIF1upDgKT>

Ramírez, G. A. (2017). *Sistema de producción hidropónica de lechuga (Lactuca sativa L)* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2981/F01-R3554-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramirez-Cruz, M. A., Bautista, A., Báez, A., Aquino, T., Morales, I., y García, E. (2022). La aplicación foliar de ácido glutámico mejora el rendimiento y algunos parámetros físicos y químicos de la calidad del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). *Interciencia* 47(1), 31-38. <https://www.redalyc.org/journal/339/33970072005/html/>

Ricardo, J. J. (2019). *Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica (Lactuca sativa L.) en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas* (Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena). Repositorio de la Universidad Estatal Península de

Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4808/1/UPSE-TIA-2019-0008.pdf>

Rodriguez-Arrobo, T., Cajamarca-Crespo, K., Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, A. y Villaseñor-Ortiz, D. (2023). Efecto de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Revista Manglar*, 20(2), 117-122. <http://doi.org/10.57188/manglar.2023.013>

Romero, A. (2018). *Evaluación de distintos bioestimulantes en plántulas de lechuga orejona cultivar "Crunchita" y su desarrollo en hidroponía* (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Repositorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45651/Romero%20Villanueva%2c%20Agust%2c%20adn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salazar, L. A. (2019). *Efecto en el rendimiento y calidad del cultivo hidropónico de Lactuca sativa L. tratadas con solución de algas marinas* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4113/SALAZAR%20H U A R I % 2 0 L U I S % 2 0 A N G E L % 2 0 - % 2 0 T I T U L O % 2 0 P R O F E S I O N A L % 2 0 . p d f ? s e q u e n c e = 1 & i s A l l o w e d = y>

Samudio, G. R. (2020). *Influencia de bioestimulantes sobre características agronómicas de la soja (Glycine max (L.) Merrill)* (Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Asunción). Repositorio del Conacyt. <https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Tesis-Guido%20Samudio.pdf>

Sakata (2024). Lechuga Isabela. <https://www.sakata.com.br/es/hortalizas/hojas/lechuga/crespa/isabela>

Scheaffer, R., Mendenhall, W. y Ott, L. (1987). *Elementos de muestreo*. Grupo Editorial Iberoamericana

Semakaleng, M., Lerato M., Lerato, R. Peter. M y Ashwell, R. (2022). Untargeted metabolites and chemometric approach to elucidate the response of growth and yield attributes on


- different concentrations of an amino acid based biostimulant in two lettuce cultivars. *Scientia Horticulturae Journal*, 306(1). parr. 1. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111478>
- Semillasabe (2024). Lechugas Crespas & Romana [Folleto]. https://www.semillasabe.cl/documentos/semillas/SAKATA_-_Diptico_Lechugas_-_Isabela_Jade_Scarlet_&_Abarquina.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [Senamhi] (15 de noviembre del 2024). Datos hidrometeorológicos a nivel nacional (Archivo de Excel). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364- 371. Doi:10.5958/2455-7145.2018.00056.5.
- Sicha, D. F (2023). *Efecto de soluciones nutritivas y bioestimulantes en producción vertical de lechuga (Lactuca sativa L. Variedad White Boston) en condiciones de fitotoldo San Jerónimo – Cusco* (Tesis de pregrado, Universidad San Antonio Abad del Cusco). Repositorio Institucional de la Universidad San Antonio Abad del Cusco. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20500.12918/7240/253T20230018_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Solís-Castro, Y; Zúñiga-Zúñiga, L. A. y Mora-Alvarado, D. (2017). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 31(1), 35-46. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>
- Tejada, K. J. (2022). *Producción de lechuga (Lactuca sativa L.) y acelga (Beta vulgaris L. var. Cicla) bajo un sistema de jardines verticales* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20500.12996/5508/tejada-abad-kevin-jhon.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

- Velásquez, S. (2019). *Densidad de siembra en la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) cv. Angelina bajo condiciones de La Molina* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4232/velasquez-medina-silvana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yang, X., Tian, X., Lu, X., Gale, W., & Cao, Y. (2011). La fertilización foliar con zinc mejora el valor nutricional del zinc del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.). *African Journal of Biotechnology*, *10*(66), 14778-14785. <https://doi.org/10.5897/AJB11.780>
- Yaseen, A. A., & Takacs-Hajos, M. (2022). The effect of plant biostimulants on the macronutrient content and ion ratio of several lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars grown in a plastic house. *South African Journal of Botany*, *147*, 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.01.001>


ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis en laboratorio

Figura 3. Resultados del análisis de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

PROCEDENCIA : LIMA/ BARRANCA/ SUPE PUERTO

REFERENCIA : H.R. 82142


FACTURA : 11084

No. Laboratorio	069
No. Campo	Predio Psje. Aldave
pH	5.78
C.E. dS/m	0.29
Calcio meq/L	2.12
Magnesio meq/L	0.37
Potasio meq/L	0.05
Sodio meq/L	0.40
SUMA DE CATIONES	2.93
Nitratos meq/L	0.02
Carbonatos meq/L	0.00
Bicarbonatos meq/L	1.37
Sulfatos meq/L	1.12
Cloruros meq/L	0.44
SUMA DE ANIONES	2.95
Sodio %	13.49
RAS	0.35
Boro ppm	0.12
Clasificación	C2-S1
Cobre ppm	N.D.
Zinc ppm	0.016
Manganeso ppm	N.D.
Hierro ppm	N.D.
Plomo ppm	N.D.
Cadmio ppm	N.D.
Fosfatos ppm	N.D.

L.D. límite de detección.
 L.C. límite de cuantificación.
 N.D. no detectable.

Cobre: LD = 0.00884 ppm / LC = 0.02945 ppm
 Manganeso: LD = 0.00894 ppm / LC = 0.02980 ppm
 Hierro: LD = 0.02995 ppm / LC = 0.09983 ppm
 Plomo: LD = 0.05925 ppm / LC = 0.19750 ppm
 Cadmio: LD = 0.00201 ppm / LC = 0.00671 ppm
 Fosfato: LD = 0.0192 ppm / LC = 0.0641 ppm

La Molina, 12 de Marzo del 2024





Dra. Lily Tello Peramás
 Jefa de Laboratorio

Figura 4. Resultados del análisis de solución nutritiva al 100% y 75%



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION
 PROCEDENCIA : LIMA/ BARRANCA/ SUPE PUERTO
 MUESTRA DE : SOLUCION NUTRITIVA
 REFERENCIA : H.R. 82348
 FACTURA : 11179

No. Laboratorio	1705	1706
No. Campo	Solución Nutritiva N° 1	Solución Nutritiva N° 2
pH	5.28	5.34
C.E. dS/m	2.39	1.73
Calcio mg/L	236.00	189.00
Magnesio mg/L	44.04	29.04
Potasio mg/L	189.15	168.09
Sodio mg/L	18.10	12.65
Nitratos mg/L	947.98	695.02
Carbonatos mg/L	0.00	0.00
Bicarbonatos mg/L	64.05	48.80
Sulfatos mg/L	198.24	132.96
Cloruros mg/L	31.24	31.24
Boro mg/L	1.69	1.53
Fósforo mg/L	67.36	61.12
Cobre mg/L	0.18	0.09
Hierro mg/L	1.31	0.30
Zinc mg/L	0.12	0.05
Manganeso mg/L	0.81	0.36

La Molina, 11 de Abril del 2024

 *Lily Tello*
 Lily Tello Peramás
 Jefa del Laboratorio

Figura 5. Resultados del análisis foliar de N, P, K y Ca



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

PROCEDENCIA : LIMA/ BARRANCA/ SUPE PUERTO

MUESTRA : HOJAS DE LECHUGA

REFERENCIA : H.R. 82814

FACTURA : 11391 - 11423

FECHA : 03/06/2024

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %	P %	K %	Ca %
1897	T1R1	5.04	0.36	4.65	2.20
1898	T2R1	4.48	0.35	4.90	2.52
1899	T3R1	4.37	0.30	4.53	2.28
1900	T4R1	3.61	0.22	4.33	2.53
1901	T5R1	4.09	0.28	3.80	2.13
1902	T6R1	4.17	0.27	3.78	1.75
1903	T1R2	4.34	0.29	5.73	2.21
1904	T2R2	4.42	0.29	4.78	2.00
1905	T3R2	4.28	0.35	5.00	2.26
1906	T4R2	4.00	0.28	3.70	1.90
1907	T5R2	3.81	0.25	3.45	1.85
1908	T6R2	3.61	0.26	3.55	1.76
1909	T1R3	4.76	0.34	4.80	2.33
1910	T2R3	4.56	0.35	5.23	2.49
1911	T3R3	4.82	0.36	4.68	2.20
1912	T4R3	4.51	0.25	4.28	1.90
1913	T5R3	4.23	0.28	4.23	1.75
1914	T6R3	4.62	0.29	4.05	1.83





Dra. Lily Tello Peramás
 Jefa de Laboratorio

Figura 6. Resultados del análisis foliar de Mg, S y Fe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION
 PROCEDENCIA : LIMA/ BARRANCA/ SUPE PUERTO
 MUESTRA : HOJAS DE LECHUGA
 REFERENCIA : H.R. 82814
 FACTURA : 11391 - 11423
 FECHA : 03/06/2024

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Mg %	S %	Fe ppm
1897	T1R1	0.73	0.28	255
1898	T2R1	0.75	0.31	246
1899	T3R1	0.70	0.27	253
1900	T4R1	0.83	0.30	424
1901	T5R1	0.68	0.29	291
1902	T6R1	0.65	0.27	300
1903	T1R2	0.70	0.29	345
1904	T2R2	0.68	0.31	297
1905	T3R2	0.73	0.30	295
1906	T4R2	0.68	0.29	265
1907	T5R2	0.63	0.28	337
1908	T6R2	0.60	0.29	251
1909	T1R3	0.58	0.28	271
1910	T2R3	0.75	0.28	230
1911	T3R3	0.65	0.28	216
1912	T4R3	0.63	0.28	359
1913	T5R3	0.63	0.30	245
1914	T6R3	0.68	0.27	250



Lily Tello
 Dra. Lily Tello Peramás
 Jefa de Laboratorio

Anexo 2. Fotografías del experimento

Figura 7. *Instalación del sistema NFT*



Figura 8. *Siembra de semillas en almácigo*



Figura 9. *Medición en campo de pH y conductividad*



Figura 10. *Plántulas de 1 semana en almácigo*



Figura 11. Módulos hidropónicos previos a cosecha



Figura 12. Aplicación de Nimbiol y **Figura 13.** Lechuga en sistema NFT a las 4 evaluaciones



Figura 14. Pesaje de las cabezas de lechuga



Figura 15. Hojas de lechugas en la estufa para determinar el peso seco



Figura 16. Determinación de volumen radicular en probeta graduada



Figura 17. Muestras en laboratorio



Anexo 3. Costos de producción

Tabla 65.

Subtotal de costos por campaña de producción del proyecto 96 m²

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total
2. Análisis				S/ 145,0
Análisis de agua	1	Unidad	S/ 145	S/ 145,0
3. Labores				S/ 240,0
4. Insumos				S/ 16,5
Control de plagas				S/ 10,5
Semillas				S/ 6,0
5. Costos fijos				S/ 45,0
Luz	1.5	Mensual	S/ 20	S/ 30,0
Agua	1.5	Mensual	S/ 10	S/ 15,00
Sub Total				S/ 446,5

Tabla 66.

Total de costos de producción para la campaña según el tratamiento por hectárea

Desc.	Insumos	Labores	Costos fijos	Fert.	Bioest.	Análisis	5% imprevisto	Total campaña
T1	S/ 1,677.08	S/ 25,000.00	S/ 4,688	S/ 2,479.17	S/ -	S/ 145	S/ 1,699.44	S/ 35,688.19
T2	S/ 1,677.08	S/ 25,000.00	S/ 4,688	S/ 2,479.17	S/ 645.83	S/ 145	S/ 1,731.73	S/ 36,366.31
T3	S/ 1,677.08	S/ 25,000.00	S/ 4,688	S/ 2,479.17	S/ 302.08	S/ 145	S/ 1,714.54	S/ 36,005.38
T4	S/ 1,677.08	S/ 25,000.00	S/ 4,688	S/ 1,885.42	S/ -	S/ 145	S/ 1,669.75	S/ 35,064.75
T5	S/ 1,677.08	S/ 25,000.00	S/ 4,688	S/ 1,885.42	S/ 645.83	S/ 145	S/ 1,702.04	S/ 35,742.88
T6	S/ 1,677.08	S/ 25,000.00	S/ 4,688	S/ 1,885.42	S/ 302.08	S/ 145	S/ 1,684.85	S/ 35,381.94

Tabla 67.

Análisis económico por tratamientos

Detalle	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Ingreso Total	S/ 55,535	S/ 62,443	S/ 53,608	S/ 51,886	S/ 62,177	S/ 54,633
<i>Rendimiento (t. ha)</i>	27.09	30.46	26.15	25.31	30.33	26.65
<i>Precio de venta (S/ Kg)</i>	S/ 2.05	S/ 2.05	S/ 2.05	S/ 2.05	S/ 2.05	S/ 2.05
Egreso total	S/ 35,688.19	S/ 36,366.31	S/ 36,005.38	S/ 35,064.75	S/ 35,742.88	S/ 35,381.94
<i>Costo total (S/)</i>	S/ 35,688.19	S/ 36,366.31	S/ 36,005.38	S/ 35,064.75	S/ 35,742.88	S/ 35,381.94
Utilidad (S/)	S/ 19,846.31	S/ 26,076.69	S/ 17,602.13	S/ 16,820.75	S/ 26,433.63	S/ 19,250.56
IR (%)	55.61	71.71	48.89	47.97	73.95	54.41

Anexo 4. Fichas técnicas de productos

Figura 18.

Ficha técnica de Sustento 80

FICHA TÉCNICA



INFORMACIÓN GENERAL DEL PRODUCTO

SUSTENTO 80 es compatible con la producción agrícola orgánica, según los requerimientos de los reglamentos:

- **SUSTENTO 80 puede ser utilizado en producción orgánica certificada o en el procesamiento y manejo de alimentos de acuerdo con las regulaciones del Programa Orgánico Nacional del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.**

SUSTENTO 80 es un bioestimulante orgánico en polvo soluble con alta concentración de aminoácidos de origen vegetal, fácilmente asimilable por la planta, recomendado para cualquier etapa fenológica del cultivo para mejorar su crecimiento y desarrollo además se debe aplicar en momentos críticos del desarrollo vegetativo en los cuales el cultivo demanda mayor energía, como son: enraizamiento, brotación, floración y también en momentos donde la planta sufre estrés.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS:

Estado: Sólido
Aspecto: Polvo fino
pH: 4 - 5
Densidad: 0.33 g/cm³

PROPIEDADES DE SUSTENTO

SUSTENTO 80 está compuesto de 18 aminoácidos levógiros esenciales necesarios para facilitar y mejorar el desarrollo y funcionamiento de los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, los cuales le permiten desarrollar resistencia a enfermedades, plagas y factores climáticos adversos como sequías y heladas. Dentro de su composición se encuentran:

Aminoácidos: 80%

Aminograma			
Aspartato	6.65%	Isoleucina	1.93%
Treonina	5.50%	Leucina	2.13%
Serina	6.33%	Tirosina	0.93%
Ácido glutámico	9.28%	Fenilalanina	2.24%
Glicina	15.30%	Lisina	6.26%
Alanina	4.08%	Histidina	0.93%
Cisteína	1.25%	Arginina	7.46%
Valina	3.94%	Prolina	5.89%
Metionina	0.6%	Triptófano	0.17%

SUSTENTO 80 tiene un alto contenido de prolina, arginina y ac. Glutámico que logran una rápida recuperación de las plantas frente a cualquier tipo de estrés. Asimismo, aplicado en frutales y cultivos perennes le permite acumular los mayores niveles de reservas para la siguiente campaña.

Fecha de actualización: mayo del 2023

Elaborado por el Área de Registros

Calle Los Tulipanes 147 Of. 701-B
 Santiago de Surco, Lima

www.pointandina.pe

+51 (1) 348-1018
 +51 (1) 348-9609



FICHA TÉCNICA



SUSTENTO 80 es un sólido soluble para aplicaciones por vía foliar o al suelo, es de fácil manejo y dosificación.

SUSTENTO 80 es un producto libre de metales pesados.

SUSTENTO 80 aplicado al suelo favorece las poblaciones de microorganismos beneficios y el crecimiento radicular de las plantas.

COMPATIBILIDAD

SUSTENTO 80 es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios y fertilizantes foliares de uso común, no se recomienda su uso asociado con productos alcalinos.

Para la mezcla con otros foliares se recomienda realizar previamente una prueba de compatibilidad.

INSTRUCCIONES DE USO Y MANEJO

SUSTENTO 80 es un producto 100% seguro; su degradación y metabolismo se produce de una forma totalmente natural a compuestos naturales que no presentan efecto tóxico alguno. Puede ser aplicado en pulverizaciones foliares, al suelo con cualquier equipo convencional terrestre que se encuentre en perfecto estado de funcionamiento y debidamente calibrado.

PRESENTACIONES

Bolsa de 1 kg

RECOMENDACIONES DE USO Y DOSIS

CULTIVO	DOSIS		RECOMENDACIÓN
	Kg/200L	Kg/Ha	
Alcachofa, Cebolla, Pimiento, Tomate.	-	1.0*-2.0**	3-4 aplicaciones después de la emergencia o el trasplante.
Vid	-	1.5*-2.0**	Aplicaciones foliares en prefloración, cuajado y 3 semanas antes de la cosecha.
Palto	-	1.5*-2.5*	1 aplicación en cuajado de fruto, 2 aplicaciones adicionales para lograr amarre y posteriormente una aplicación en llenado de fruto.
Sandía, Melón, Zapallo, Pepino.	0.25	1.0*-2.0**	3-4 aplicaciones después de la emergencia o el trasplante.
Limón, Naranja, Mandarina, Granado, Olivo, Mango.	-	1.5*-2.0**	4 aplicaciones foliares en prefloración, cuajado y 3 semanas antes de la cosecha.
Arándano, Mora, Fresa, Holentao.	-	1.0*-1.5**	En brotamiento y cada dos semanas en floración-fructificación.
Frejol, Pallar, Zanahoria, Camote, Brócoli, Lechuga, Col	0.25	1.0*	3-4 aplicaciones después de la emergencia o el trasplante.
Arroz	-	1.0*	Después del trasplante, macollamiento y llenado de grano.
Papa	-	1.5*	En brotamiento cada dos semanas hasta floración.
Espárrago	-	1 - 1.5* 2 - 2.5**	Aplicar durante el crecimiento vegetativo, presencia de estrés y entre 15-20 días pre-cosecha, para trasladar nutrientes al tallo.

*Aplicación foliar

**Vía sistema de riego

Nota: Para una mayor recuperación del follaje afectado por estrés se recomienda elevar la dosis a 0.50 Kg/cil 200 L o duplicar la dosis por fertirriego.

Fecha de actualización: mayo del 2023

Elaborado por el Área de Registros

Calle Los Tulipanes 147 Of. 701-B
 Santiago de Surco, Lima

www.pointandina.pe

+51 (1) 348-1018
 +51 (1) 348-0009



Figura 19.

Ficha técnica de Eco VigorStim

FICHA TÉCNICA




INFORMACIÓN GENERAL DEL PRODUCTO

Uso: Bioestimulante de componentes naturales botánicos.

ECO VIGOR STIM es compatible con la producción agrícola orgánica para su uso como fertilizante de cultivos, según los requerimientos del reglamento (CE) nº 889/2008, Anexo I (Unión Europea).

ECO VIGOR STIM es un bioestimulante natural de extractos de algas de alta eficacia, macro y micronutrientes, auxinas, aminoácidos y vitaminas. Aplicado al follaje actúa como un activador energético en las plantas, superando las condiciones de estrés fisiológico. Al ser aplicado en las etapas de crecimiento activa y estimula el metabolismo y funciones fisiológicas de la planta, produciendo mejor calidad y aumentando la cosecha.

COMPOSICIÓN			
Extracto de algas	24% p/v	Cobre (Cu)	55 ppm
Ácido fólvico	1.5% p/v	Zinc (Zn)	55 ppm
Magnesio (Mg)	160 ppm	Boro (B)	33 ppm
Manganeso (Mn)	220 ppm	Molibdeno (Mo)	3.3 ppm
Hierro (Fe)	165 ppm	Cobalto (Co)	3.3 ppm

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS:

Estado: Líquido
Color: Marrón oscuro
pH: 8.0 - 9.0
Densidad: 1.145 - 1.175 g/cm³ a 20°C

COMPATIBILIDAD

ECO VIGOR STIM es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios y fertilizantes foliares de uso común, no se recomienda su uso con productos alcalinos. Para la mezcla con varios productos se recomienda realizar previamente una prueba de compatibilidad.

INSTRUCCIONES DE USO Y MANEJO

ECO VIGOR STIM es un producto que no está considerado como peligroso, por lo tanto no procede su clasificación como tal; su degradación y metabolismo se produce de una forma totalmente natural a compuestos naturales que no presentan efecto tóxico alguno. Utilizar equipo de protección básico para su manipulación. Puede ser aplicado en pulverizaciones foliares, al suelo e inmersión con cualquier equipo convencional terrestre que se encuentre en perfecto estado de funcionamiento y debidamente calibrado.

Fecha de actualización: Agosto del 2022
 Elaborado por el Área de Registros

FICHA TÉCNICA



PRESENTACIONES

Botella de 0.25 L
 Botella de 0.5 L
 Botella de 1 L
 Envase de 20 L
 Envase de 200 L

RECOMENDACIONES DE USO Y DOSIS

CULTIVO	DOSIS		RECOMENDACIÓN
	L/cil 200L	L/Ha	
Café	0.5	0.5- 1.0	Aplicar desde los 7 días después del trasplante en botón floral y repetir 20 días después.
Vid	0.5	2.0-3.0	En brotamiento, prefloración, cuajado y crecimiento de bayas.
Naranja, Mandarina, Limón, Tangelo	0.2 - 0.3	2.0 - 3.0	En brotamiento, prefloración y crecimiento de frutos.
Arándanos	0.5	2.0	Aplicación al follaje cada 20 días iniciando en crecimiento vegetativo.
Banano	0.5 - 0.8	1.0 - 2.0	En brotamiento, prefloración y cuajado de frutos.
Paprika, Pimiento, Piquillo y Tomate	0.5	2.0	Después del trasplante y luego 3 aplicaciones posteriores cada 15 días.
Papa, Camote	0.5	1.0 - 2.0	Al 60% de emergencia de plantas y repetir de 2 a 3 aplicaciones cada 15 días.
Algodón	0.5	1.0 - 2.0	Aplicar cuando la planta tiene de 5 a 6 hojas verdaderas, luego al inicio del botoneo, formación de bellotas y después de 30 días de la 3era aplicación.
Col, Lechuga, Brócoli, Coliflor	0.5	1.0	Después del trasplante y luego aplicaciones posteriores cada 15 días.
Quinua	0.5	1.0	Después de la emergencia y luego 2 - 3 aplicaciones cada 15 días.
Maíz, Zapallo, Sandía, Pepinillo	0.5	1.0 - 2.0	Después de la emergencia, prefloración y luego 2 - 3 aplicaciones cada 15 días.
Fresa	0.4-0.8	-	7-10 días del trasplante, luego de 2-3 aplicaciones posteriores cada 15 días.
Cebolla, Ajo	0.5	1.0-2.0	Después del trasplante y 3 aplicaciones posteriores cada 15 días. Vía fertirriego 5 -8 L/Ha.
Alcachofa	0.5	2.0	En inmersión de plántulas, después del trasplante y luego 3 aplicaciones posteriores cada 15 días.
Espárrago	0.5	2.0	Después del trasplante y después de cada chapado.
Durazno, manzano	0.2-0.3	2.0-3.0	Inicio de la floración, caída de pétalos y cuajado.
Pelto, Olivo y Mango	0.2-0.3	2.0-3.0	Al inicio de floración, en floración y frutos de 5 a 10mm.
Arroz	0.5	0.5 - 1.0	Aplicar a los 15 días de voleada la semilla, luego 10 días del trasplante macollamiento y punto de algodon.
Leguminosas	0.5	1.0	Después de la emergencia y luego 2 aplicaciones cada 15 días.
Maíz	0.5	-	Crecimiento vegetativo, aplicaciones posteriores de 15-20 días.

Fecha de actualización: Agosto del 2022
 Elaborado por el Área de Registros

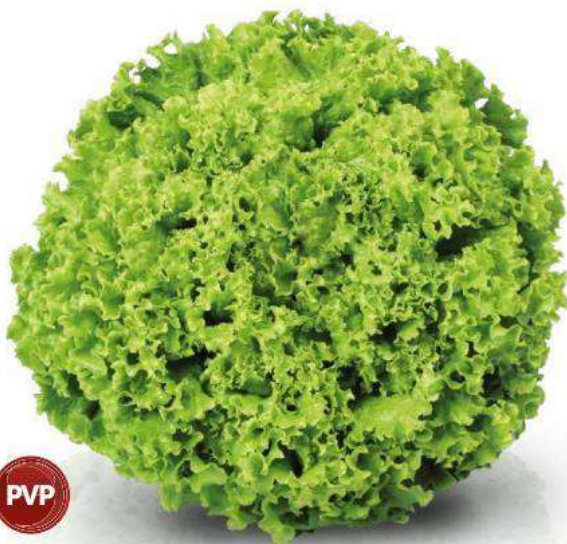
Figura 20.

Ficha técnica del cultivo

62



**CALIDAD VISUAL COMBINADA
CON FLEXIBILIDAD DE
COSECHA**



JANEIRO/2023

LECHUGA CRESPA VERDE

PUNTOS FUERTES

- Alta tolerancia al manchado de las puntas (deficiencia de calcio) y al alargamiento precoz;
- Flexibilidad de cosecha: las plantas mantienen el estándar comercial durante más tiempo;
- Flexibilidad en la comercialización por su alta durabilidad.

CARACTERÍSTICAS

- Plantas grandes y llenas, hojas anchas, color verde brillante y muy crespas;
- Ciclo promedio total: 64 días (tardía).

ÉPOCA DE CULTIVO

Todo el año

TIPO DE CULTIVO

Campo abierto/hidroponía

Anexo 5. Clima de la localidad

Tabla 68.

Valores de temperatura, HR y precipitación del mes de mayo en la estación Camay

Estación : CAMAY				
Departamento : LIMA		Provincia : HUAURA		Distrito : VEGUETA
Latitud : 10°54'46.58"		Longitud : 77°38'56.03"		Altitud : 59 msnm.
CO -		Código : 110017		
Tipo : Meteorológica				
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN	(%)	TOTAL
1/05/2024	28	17	91.4	0
2/05/2024	25.5	17.4	92.2	0
3/05/2024	24.5	17	90.8	0
4/05/2024	23.5	16.8	92.4	0
5/05/2024	26.5	17.4	92.8	0
6/05/2024	24.8	17	92.9	0
7/05/2024	25.5	17.4	93.7	0
8/05/2024	24.8	17	93.1	0
9/05/2024	24.5	16.6	91.2	0
10/05/2024	26.8	17.2	91.7	0
11/05/2024	27.2	17.6	90.6	0
12/05/2024	25.5	16.6	91.9	0
13/05/2024	26	16.4	90.9	0
14/05/2024	24.5	16	92.5	0
15/05/2024	25.5	16.8	94	0
16/05/2024	27	17	91.1	0
17/05/2024	25	16	90.8	0
18/05/2024	24.5	16.2	90.7	0
19/05/2024	23.8	16	90.6	0
20/05/2024	23.5	16.4	91.7	0
21/05/2024	21	16	93.8	T
22/05/2024	21.5	15.6	91.3	0
23/05/2024	23	16.6	93.1	0
24/05/2024	22.5	16.8	91.9	0
25/05/2024	24	16.2	91.4	0
26/05/2024	21.5	15.8	92.5	0
27/05/2024	22.8	16	92.2	T
28/05/2024	23.5	15.4	93	T
29/05/2024	20.5	15.2	90.1	0.3
30/05/2024	20	14.8	91.7	0
31/05/2024	19.5	15.8	93.6	0
1/06/2024	20	15.2	91.8	0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), 2024