

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE ORGÁNICO ACADIAN
(*Ascophyllum nodosum*) SOBRE TRES VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacia oleracea*
L.), EN CAJAMARCA**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

UBER VERA CUBAS

ASESOR:

Dr. ISIDRO RIMARACHÍN CABRERA


CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Uber Vera Cubas
DNI: 47283779
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
3. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
4. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
5. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
6. **Título de Trabajo de Investigación:** EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE ORGÁNICO ACADIAN (*Ascophyllum nodosum*) SOBRE TRES VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.), EN CAJAMARCA.
7. **Fecha de evaluación:** 10/12/2024
8. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 15%
10. **Código Documento:** oid:3117:414643155
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 15%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10/12/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 _____ Dr. Isidro Rimarachín Cabrera 26676820

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica




ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintiséis días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 529-2024-FCA-UNC, de fecha 16 de octubre del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE ORGÁNICO ACADIAN (*Ascophyllum nodosum*) SOBRE TRES VARIETADES DE ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.), EN CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **UBER VERA CUBAS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y cero minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y cero minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



Dr. Wilfredo Poma Rojas
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas
SECRETARIO



Ing. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacandori
VOCAL



Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
ASESOR

DEDICATORIA

Dedicado a mí querida esposa Ruth Briones Bolaños, por su actitud, y fiel compañía, a mis queridos hijos: Mateo Giovany y Diego André que son el motor y motivo en mi vida.

A mis queridos padres Hermógenes y María Julia; por su apoyo incondicional e inculcar valores en mi vida, a mis Hermanos, por su ejemplo de superación con mucho trabajo y perseverancia.

El Autor

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la salud, por el trabajo y el haberme permitido desarrollar el presente trabajo de investigación, para lograr mis objetivos trazados.

Agradecimiento especial a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes nos compartieron sus conocimientos, experiencias en el dictado de los cursos de formación profesional, y así poder desempeñarnos en el campo laboral y a su vez concretizar este trabajo de investigación.

Además, agradecer a mí asesor el Ing. Isidro Rimarachín Cabrera por su asesoría, sus consejos y orientaciones en la presente investigación.

A mi centro de trabajo AGROSOLTEC SRL y a su Gerente General Luis Juan Alvarado Santos, por darme las facilidades para realizar el presente trabajo de investigación.

El Autor

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Aplicaciones foliares	9
2.2.2. Bioestimulante	10
2.2.3. Algas marinas (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	12
2.2.4. Uso de algas en la agricultura.....	16
2.2.5. Tendencia del mercado.....	17
2.2.6. Bioestimulante Acadian.....	17
2.2.7. Cultivo de espinaca (<i>Spinacia oleracea</i> L).....	20
CAPÍTULO III.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Ubicación del experimento.....	25
3.1.1. Características climatológicas del lugar	26
3.2. Materiales y equipos.....	26
3.3. Método de investigación.....	27
3.4. Características del Campo Experimental	29
3.5. Procedimientos Agronómicos.....	30

3.5.2. Preparación del terreno.....	32
3.5.4. Siembra.....	32
3.6. Evaluación de características agronómicas	34
3.6.1. Número de hojas	34
3.6.2. Longitud de hoja	35
CAPÍTULO IV	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. Rendimiento de hoja de espinaca (t ha ⁻¹)	36
4.2. Número de hojas	39
4.3. Longitud de hojas.....	43
4.4. Peso de raíz.....	47
CAPÍTULO V.....	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones.....	53
CAPÍTULO VI	54
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	54
Anexo 2. Análisis de suelo	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales países de origen de las importaciones de extractos de algas marinas en el Perú.	17
Tabla 2 Composición.....	18
Tabla 3 Composición nutricional de la espinaca por cada 100 g y 250 g de porción comestible.	22
Tabla 4 Datos meteorológicos de la estación MAP A. Weberbauer.....	26
Tabla 5 Arreglo de los tratamientos.....	29
Tabla 6 Resultados de Análisis de caracterización del suelo	31
Tabla 7 Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de hoja de espinaca ($t\ ha^{-1}$).	36
Tabla 8 Prueba de Dunnett al 5 % para el efecto del bioestimulante en el rendimiento de hoja de espinaca ($t\ ha^{-1}$).	37
Tabla 9 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas.....	40
Tabla 10 Prueba de Dunnett al 5 % para el efecto del bioestimulante en el número de hojas.	41
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de hojas.....	44
Tabla 12 Prueba de Dunnett al 5 % para la variedad en la longitud de hojas.	45
Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) para el peso de raíz.....	48
Tabla 14 Prueba de Dunnett al 5 % para la variedad en el peso de raíz.	49
Tabla 15 Peso de hojas en toneladas por hectárea.....	66
Tabla 16 Numero de hojas de espinaca.....	66
Tabla 17 Longitud de hojas de espinaca.	66
Tabla 18 Peso de raíz de espinaca.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista satelital de la ubicación geográfica del experimento.	25
Figura 2 Diseño experimental de tratamientos.....	30
Figura 3 Rendimiento según la variedad y la dosis del bioestimulante.....	38
Figura 4 Número de hojas por planta según la verdad y la dosis del bioestimulante.....	42
Figura 5 Longitud de hojas por planta según la verdad y la dosis del bioestimulante.	46
Figura 6 Peso de raíz por planta según la verdad y la dosis del bioestimulante.....	50
Figura 7 Análisis de caracterización de suelos.....	68
Figura 8 Variedades de espinaca Hibrida.	69
Figura 9 Bioestimulante Acadian.....	69
Figura 10 Siembra de variedades híbridas de espinaca.	69
Figura 11 Deshierbo de espinaca.	70
Figura 12 Aplicación de riego.....	70
Figura 13 Aplicación de bioestimulante.....	70
Figura 14 Cosecha de espinaca.	71
Figura 15 Muestras por tratamiento y bloque para la evaluación en laboratorio.	71
Figura 16 Evaluación del tamaño de la hoja.....	71
Figura 17 Evaluación de la longitud de raíz.....	72
Figura 18 Evaluación del Peso de la planta.....	72

RESUMEN

El problema de la siguiente investigación es ¿Cuál es el efecto del bioestimulante orgánico Acadian (*Ascophyllum nodosum*) sobre tres variedades híbridas de Espinaca (*Spinacea oleracea* L.), en Cajamarca?, el objetivo fue evaluar el impacto del bioestimulante orgánico Acadian en la producción de tres variedades híbridas de espinaca. Se utilizó como metodología el Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA) con 9 tratamientos ubicados en 3 repeticiones haciendo un total de 27 unidades experimentales; en los cuales se evaluaron tres dosis del bioestimulante Acadian, aplicados mediante una mochila de fumigar, determinando según la prueba en blanco 2 L de agua más la dosis indicada para cada tratamiento (0 m L, 10 m L y 15 m L) a tres frecuencias de aplicación (20, 30 y 40 días respectivamente teniendo en cuenta la fenología del cultivo). Para la interpretación de los resultados se aplicó el Análisis de Varianza ANOVA y la prueba de Dunnett al 5% para tratamientos. Las variables que se evaluaron fueron: Rendimiento por ha⁻¹, longitud de hoja, longitud de raíz y número de hojas. Teniendo como resultado: el mayor rendimiento con Chikara (19.28 t ha⁻¹), seguida por Megaton (19.27 t ha⁻¹) y Seminis (18.82 t ha⁻¹) los cuales superaron estadísticamente a sus respectivos Testigos quienes tuvieron un rendimiento promedio de Chikara (14.44 t ha⁻¹), megatón (13.56 t ha⁻¹) y Seminis (13.63 t ha⁻¹).

Palabras clave: Acadian, Algas marinas, dosis, espinaca.

ABSTRACT

The problem of the following research is: ¿What is the effect of the organic biostimulant Acadian (*Ascophyllum nodosum*) on three hybrid varieties of spinach (*Spinacea oleracea* L.) in Cajamarca? The objective was to evaluate the impact of the organic biostimulant Acadian on the production of three hybrid spinach varieties. The methodology used was the Randomized Complete Block Design (RCBD) with 9 treatments located in 3 replications making a total of 27 experimental units; in which three doses of the biostimulant Acadian were evaluated, applied by means of a fumigation knapsack, determining according to the blank test 2 L of water plus the indicated dose for each treatment (0 m L, 10 m L and 15 m L) at three frequencies of application (20, 30 and 40 days respectively, taking into account the phenology of the crop). For the interpretation of the results, the analysis of variance ANOVA and Dunnett's test at 5% for treatments were applied. The variables evaluated were: yield per ha⁻¹, leaf length, root length and number of leaves. As a result, the highest yield was obtained with Chikara (19.28 t ha⁻¹), followed by Megaton (19.27 t ha⁻¹) and Seminis (18.82 t ha⁻¹), which statistically surpassed their respective controls, which had an average yield of Chikara (14.44 t ha⁻¹), Megaton (13.56 t ha⁻¹) and Seminis (13.63 t ha⁻¹).

Key words: Acadian, seaweed, dose, spinach.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna enfrenta múltiples desafíos que afectan negativamente la productividad y sostenibilidad de los cultivos. Entre estos desafíos se encuentran el cambio climático, la degradación del suelo, el uso excesivo de agroquímicos y la necesidad de incrementar la producción de alimentos para una población en constante crecimiento. En este contexto, se busca mejorar continuamente las prácticas agrícolas para aumentar la eficiencia y sostenibilidad de los cultivos (Chávez, 2022). Esta búsqueda de prácticas agrícolas sostenibles y eficientes es una prioridad mundial, dada la necesidad de aumentar la producción de alimentos de calidad en respuesta al crecimiento poblacional y las cambiantes condiciones climáticas (Tomala, 2024).

En este marco global, la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) emerge como un cultivo de importancia mundial por su alto valor nutritivo y su creciente demanda, aunque se ve afectada por diversos problemas. Las condiciones adversas del suelo, el uso ineficiente de fertilizantes y las enfermedades vegetales son factores que limitan su rendimiento y calidad (Celdrán, 2023). Según Herrera et al. (2024), el rendimiento y la calidad de este cultivo pueden ser significativamente mejorados mediante el uso de bioestimulantes. En este contexto, los bioestimulantes orgánicos, como el Acadian derivado de *Ascophyllum nodosum*, se presentan como una alternativa prometedora. Según Martínez (2021), estos productos pueden mejorar la resistencia de las plantas a estrés biótico y abiótico, optimizar la absorción de nutrientes y promover un crecimiento más vigoroso y saludable.

De acuerdo con datos de la FAO, en 2007 se cultivaron 885,483 hectáreas de espinaca en todo el mundo, con una producción total de 14,049,464 toneladas y una productividad promedio de 15,886 toneladas por hectárea. China lideró la producción con 705,500 hectáreas sembradas (Pérez, 2020). En las regiones tropicales, la espinaca se cultiva durante todo el año en áreas elevadas y frescas, mientras que, en las zonas templadas, se siembra al aire libre en primavera y verano, y en invernaderos durante otoño e invierno (Salcedo, 2022).

En nuestro país, la espinaca se cultiva principalmente en la región Sierra, al aire libre, con producción destinada tanto a la industria alimentaria como al mercado de productos frescos durante todo el año. Aunque actualmente no es un cultivo de alto potencial, presenta buenas perspectivas futuras, especialmente para la exportación industrial, debido a la creciente demanda en Europa (Díaz et al., 2018).

Focalizando en el contexto regional, el interés por la agricultura ha llevado a indagar sobre los retos que enfrentan los productores de Cajamarca, tales como las consecuencias del cambio climático y el deterioro de los suelos, factores que impactan de manera significativa en los rendimientos y calidad de los cultivos. En esta región, que tiene un fuerte potencial agrícola, la producción de espinaca enfrenta desafíos específicos relacionados con la altitud y las variaciones climáticas (Bazile, 2016). Según Sánchez (2024), Cajamarca ofrece un entorno ideal para evaluar la aplicación de bioestimulantes en la producción de espinaca.

En los últimos años, para incrementar la eficiencia en la producción de frutas y hortalizas, se han desarrollado productos como los bioestimulantes, que incluyen micronutrientes, aminoácidos, extractos de origen vegetal y hormonas promotoras del crecimiento. Estos productos estimulan el desarrollo radicular, aumentan la resistencia a enfermedades, facilitan la translocación de nutrientes y, en consecuencia, mejoran los rendimientos (Díaz et al., 2018). Al complementar

su uso con aminoácidos, las plantas ahorran energía metabólica durante la síntesis de proteínas, lo que es especialmente útil en etapas de crecimiento activo y reproductivo.

En este contexto, Reva (2022) señala que la efectividad de los bioestimulantes varía según la variedad de espinaca y las condiciones de cultivo, subrayando la importancia de realizar investigaciones específicas para determinar su impacto. Palomino (2023) sugiere que implementar bioestimulantes orgánicos en Cajamarca podría ser una solución viable para mejorar tanto la cantidad como la calidad de la producción de espinaca.

Finalmente, la investigación sobre el efecto del bioestimulante orgánico Acadian (*Ascophyllum nodosum*) en tres variedades de espinaca en Cajamarca resulta crucial. Esta contribuye al conocimiento científico sobre la aplicación de bioestimulantes en condiciones particulares de altitud y clima, brindando a los agricultores locales información validada para optimizar sus prácticas agrícolas, aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de los productos. Al mismo tiempo, fomenta una agricultura sostenible alineada con las tendencias globales hacia la reducción del uso de agroquímicos y la adopción de prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del bioestimulante orgánico Acadian (*Ascophyllum nodosum*) sobre el rendimiento de tres variedades híbridas de Espinaca (*Spinacia oleracea* L.), en Cajamarca.

1.1.2. Objetivos específicos

Determinar la interacción de la variedad y el bioestimulante orgánico Acadian (*Ascophyllum nodosum*) sobre las variedades híbridas de espinaca *Spinacia oleracea* L.

Determinar la dosis adecuada del bioestimulante orgánico Acadian (*Ascophyllum nodosum*) sobre el rendimiento de las tres variedades híbridas de espinaca *Spinacia oleracea* L.

Determinar que variedad de espinaca (*Spinacia oleracea* L) presenta el mejor comportamiento a la aplicación del bioestimulante Acadian (*Ascophyllum nodosum*).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Mendoza (2023) en su estudio “*Efecto de la aplicación de biofertilizantes y un bioestimulante vegetal en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L)*”. El trabajo se realizó considerando 10 tratamientos de fertilización: T1: Guanofol, T2: Guanofol + Humistar, T3: Guanofol + Nutrí-humus, T4: Guanofol + Humistar + KNO₃, T5: Guanofol + Nutrí-humus + KNO₃, T6: Biozyme, T7: Biozyme + Humistar, T8: Biozyme + Nutrí-humus, T9: Biozyme + Humistar + KNO₃, T10: Biozyme + Nutrí-humus + KNO₃, midiéndose los parámetros de peso de hoja por planta, peso de hoja por metro cuadrado, ancho de hoja y largo de hoja. Se tomaron muestras de cada tratamiento en cada corte de cultivo. Los resultados indicaron para el peso de hoja por planta no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero los que incluyeron KNO₃ tuvieron mayor peso promedio en los 3 cortes (T5: 8.6 g, T4: 8.7 g, T10: 8.1 g); para el peso de hoja por m², el tratamiento T5 (Guanofol + Nutrí-humus + KNO₃) tuvo el mayor peso en el segundo corte con 1533 g/m²; no hubo diferencias significativas en el ancho de hoja entre tratamientos; en el largo de hoja, que determina la calidad, los tratamientos T10 (10.57 cm), T4 (10.35 cm) y T9 (10.71 cm) superaron los 10.5 cm en algunos cortes, demeritando la calidad exigida por el mercado; el tratamiento T5 (Biozyme + Nutrí-humus + KNO₃) presentó los mejores resultados en peso de hoja y un tamaño adecuado para la calidad requerida en los 3 cortes.

Díaz et al. (2018) en su investigación “*Efecto de la Aplicación de Tres Bioestimulantes en el Cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L), En La Zona De Izamba, Provincia De Tungurahua*”. Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 3 + 1, con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos indicaron que, con la aplicación de los bioestimulantes en la dosis de 2 L ha⁻¹, se alcanzaron los mejores resultados, obteniéndose un mejor crecimiento en longitud del follaje (19.53 cm), un mayor número de hojas por planta (21.88 hojas) y una mayor longitud de hoja (22.38 cm). Consecuentemente, se obtuvieron los mejores rendimientos (2.42 kg/parcela) y (14.43 t ha⁻¹), por lo que esta es la dosis apropiada para aplicar los bioestimulantes al cultivo sin afectar el medio ambiente. El tratamiento que mejores resultados reportó fue Wuxal Doble, 2 L ha⁻¹, ya que las plantas que lo recibieron mostraron una mayor longitud del follaje (22.12 cm), un mayor número de hojas por planta (23.98 hojas) y una mejor longitud de la hoja (23.54 cm). Por lo tanto, los rendimientos fueron los mejores (2.65 kg/parcela) y (15.79 t ha⁻¹), siendo este el bioestimulante y la dosis adecuada para obtener una mejor calidad del follaje de las plantas e incrementar significativamente los rendimientos.

Tucto y Carbajal (2024) en su estudio “*Efecto de la fertilización foliar del biol en dos variedades de espinaca (Spinacea oleracea L.) en el distrito de Yanahuanca*”. Se utilizó el diseño de bloques al azar, distribuidos en una factorial de 2x3 (dos variedades de espinaca y tres dosis de biol). los resultados obtenidos, en cuanto al comportamiento agronómico de la espinaca en número de hojas el T5 (variedad bozelt y 2 litros de biol por 20 litros de agua) muestra el mayor dato con 49 hojas, altura de planta el T6 (variedad bozelt y 3 litros de biol por 20 litros de agua) muestra mayor altura con 38.32 cm. Concerniente a longitud de peciolo el T5 (variedad bozelt y 2 litros de biol por 20 litros de agua) muestra el mayor dato con 16.76 cm, con respecto a longitud de hojas el T5 (variedad bozelt y 2 litros de biol por 20 litros de agua) muestra el mayor dato con 20.72 cm, concerniente al ancho de hojas el T6 (variedad bozelt y 3 litros

de biol por 20 litros de agua) muestra el mayor dato con 16.35 cm. La producción total de la espinaca se obtuvo con la aplicación de 3 litros de biol en 20 litros de agua en la variedad bozelt con 14.29 t/ha⁻¹

Según Pérez (2022) en su estudio “*Densidad de siembra en el rendimiento de Spinacea oleracea L Var. Megatón en Hualgal, Santiago de Chuco, La Libertad*”; el experimento fue conducido bajo condiciones de campo en un Diseño de Bloques Completos al Azar con 4 tratamientos de Organic Gem: T1: 0 L. ha⁻¹, T2: 8 L. ha⁻¹, T3: 12 L. ha⁻¹ y T4: 16 L. ha⁻¹, las características evaluadas fueron número de hojas por planta, altura de planta, área foliar, rendimiento, largo de lámina foliar, ancho de lámina foliar, largo de pecíolo; los resultados fueron que los tratamientos con Organic gem (T2, T3 y T4) mostraron efectos positivos significativos en el rendimiento y calidad de la espinaca, con diferencias estadísticas notables en comparación con el tratamiento testigo. Los resultados incluyeron un aumento en el número de hojas por planta (de 14.90 a 23.50), la altura de la planta (de 24.96 cm a 38.08 cm), el área foliar (de 1061.98 cm² a 3310.28 cm²), el rendimiento (de 10875.17 kg/ ha⁻¹ a 32265.02 kg/ ha⁻¹) y la calidad en términos del largo de la lámina foliar (de 13.24 cm a 21.54 cm), el ancho de la lámina foliar (de 8.39 cm a 12.98 cm) y el largo del peciolo (de 11.29 cm a 16.35 cm). Los datos se analizaron con un 95% de confiabilidad mediante análisis de varianza y el test de Tuckey. Se concluye que la aplicación de Organic gem a un nivel de 16 L/ ha⁻¹ (T4) tuvo el mejor efecto sobre el rendimiento y calidad de la espinaca.

Astete (2022) en su estudio “*Uso de biol a base de residuos de pescado para mayor rendimiento ecológico de espinaca (Spinacia oleracea L.), Barranca*”. Se utilizó un modelo estadístico de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) constando de bloque y tratamiento (3 y 5 respectivamente) que fueron T (1) con 0, T (2) con 0.5, T (3) con 1.0, T (4) con 1.5 y T (5) con 2 litros por cada 20 litros de agua y fue aplicado los días 15, 21 y 28 días posterior a la siembra. Los resultados determinaron que destacó T5 en cuanto a altura de planta obteniendo 27.01 cm, 107.49 g. peso de planta, rendimiento comercial fue

18.121 t/ha⁻¹, peso de hojas con 58.63 g y área foliar con 81.63 cm², longitud de raíz T4 con 8.84 cm. En rentabilidad con 156.4 % y densidad de estomas T5 con 173 estomas/mm². Concluyendo que ante dosis de biol mayor siendo T5 consiguió 18.12 tha⁻¹ que se diferenció con el testigo en 25.31%

Tintayo (2020) en su investigación “*Aplicación de diferentes dosis de Bioestimulante Trihormonal en el Rendimiento de cuatro Híbridos de Espinaca (Spinacia oleracea L.)*”. El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial de 3x4; el factor A consistió en tres dosis diferentes de Phyllum, mientras que el factor B involucró cuatro híbridos distintos de espinaca; se evaluaron tres características: la altura de las plantas (medida en centímetros), el número de hojas y el rendimiento (expresado en kilogramos por hectárea). Los tratamientos se asignan aleatoriamente dentro de cada bloque para garantizar la validez estadística del experimento. Los resultados indican que el mejor rendimiento se logró con una dosis de 50 ml/20 l y el híbrido Tiger, alcanzando un rendimiento de 16,127 kg/ ha⁻¹. Otros componentes del rendimiento también mostraron resultados significativos, como la altura de la planta (50 ml/20 l de Phyllum - Viroflay) y el número de hojas (50 ml/20 l de Phyllum – Pv 3619), con 24.45 cm de altura y 22.56 hojas, respectivamente. Se concluye que el bioestimulante trihormonal Phyllum tuvo una influencia significativa en las características evaluadas en interacción con los híbridos de espinaca.

Rubio (2022) estudiando el “*Efecto del Ascophyllum nodosum (APU) sobre el rendimiento del cultivo de zapallito italiano (Cucurbita pepo L.) – Cajamarca*”. Se empleó el Diseño Estadístico de Bloque Completamente Randomizados con nueve tratamientos: T1: 1.0 L. ha⁻¹ a los 20 días, T2: 1.5 L. ha⁻¹ a los 20 días, T3: 2.0 L. ha⁻¹ a los 20 días, T4: 1.0 L. ha⁻¹ a los 40 días, T5: 1.5 l ha⁻¹ a los 40 días, T6: 2.0 L. ha⁻¹ a los 40 días, T7: 1.0 L. ha⁻¹ a los 60 días, T8: 1.5 L. ha⁻¹ a los 60 días, T9: 2.0 L. ha⁻¹ a los 60 días. Los resultados se obtenidos fueron que la dosis optima del bioestimulante APU en el rendimiento del cultivo zapallito italiano (*Cucúrbita pepo L.*) fue de

2.0 L ha⁻¹, y el momento oportuno de la aplicación del bioestimulante APU, fue a los 40 días después de la siembra (momento de floración) alcanzando un rendimiento de 62462.75 kg ha⁻¹.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aplicaciones foliares

Quenta (2020) menciona que la aplicación foliar es una técnica empleada para cubrir las necesidades de micronutrientes, incrementar los rendimientos y mejorar la calidad de la producción; los principios fisiológicos del transporte de nutrientes absorbidos por las hojas son comparables a los de la absorción por las raíces; no obstante, el desplazamiento de los nutrientes aplicados sobre las hojas difiere en tiempo y forma del que se realiza desde las raíces hacia el resto de la planta; además, la movilidad de los diferentes nutrientes a través del floema no es uniforme.

La fertilización foliar con micronutrientes presenta varias ventajas principales, como la de ser eficaz cuando factores adversos como sequía, encharcamiento o temperaturas extremas que dificultan la absorción de nutrientes por las raíces; también es una práctica alternativa cuando se necesitan dosis menores que las aplicadas normalmente al suelo; esta técnica se destaca por su fácil aplicación y distribución uniforme de los nutrientes sobre el cultivo, a diferencia de la irregularidad típica de gránulos o mezclas físicas; además, el aporte foliar permite una respuesta casi inmediata de las plantas, posibilitando corregir deficiencias en el mismo ciclo de crecimiento sin tener que esperar a la próxima temporada (Peñaherrera et al., 2021).

Durante las últimas etapas del desarrollo vegetal, la aplicación de fertilizantes foliares demuestra ser más eficiente; en ese momento, las plantas priorizan la asimilación de nutrientes

para destinarlos preferentemente a la producción de semillas o frutos; por otro lado, la fertilización radicular se ve limitada en cuanto a tiempo y metodología durante esas fases finales del ciclo de crecimiento; por lo tanto, la vía foliar representa una alternativa más adecuada para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos cuando atraviesan los estadios más avanzados previos a la cosecha (Melgar, 2005).

2.2.2. Bioestimulante

Los bioestimulantes comercialmente disponibles son principalmente extractos de otros materiales, debido a esto, sus propiedades y composición pueden variar ampliamente por la especie de alga (Gutiérrez, 2020).

Las sustancias húmicas son extractos obtenidos de fuentes como el suelo, la turba, el carbón y el lignito (un tipo de carbón mineral formado por la compresión de la turba), los cuales se procesan para producir ácido húmico. Se cree que los componentes activos de estas sustancias son fitohormonas (Díaz, 2015).

a. Función de los bioestimulantes

Los bioestimulantes incrementan ciertas funciones metabólicas y fisiológicas de las plantas, como el desarrollo de diversos órganos (raíces, frutos), y promueven la fotosíntesis; además, ayudan a mitigar los daños causados por el estrés, enfermedades, frío, calor, toxicidad y sequías, eliminando así las limitaciones en el crecimiento y rendimiento; también potencian la defensa natural de las plantas antes y después de ataques de patógenos, inhiben la germinación de esporas de hongos y reducen la penetración de patógenos en el tejido vegetal; esto mejora el estado

nutricional de la planta, equilibra sus hormonas y facilita la síntesis de hormonas biológicas como las auxinas, giberelinas y citoquininas (Cadahia, 2005).

Los aminoácidos, al ser los componentes fundamentales de las proteínas, participan en la formación de los tejidos de soporte y las membranas celulares, lo que permite llevar a cabo numerosos y vitales procesos internos en las plantas, tales como el crecimiento, la fructificación y la floración, entre otros (Díaz, 2015).

b. Uso de bioestimulantes

La mayoría de los bioestimulantes se aplican directamente al follaje, aunque en algunos casos también se pueden aplicar al suelo mediante fertirrigación o en drench; algunos bioestimulantes pueden mezclarse con insecticidas, fungicidas u otros fertilizantes solubles, pero es importante comprobar su compatibilidad antes de mezclarlos para evitar precipitaciones; de lo contrario, no es recomendable realizar la mezclag (Díaz, 2015).

El uso de bioestimulantes foliares implica la aplicación externa de sustancias en baja concentración, generalmente inferior al 0,25%, para activar o retardar procesos fisiológicos específicos, especialmente en el crecimiento de raíces, ápices foliares y yemas; también se utilizan para contrarrestar demandas energéticas o activar procesos puntuales en el desarrollo y sostenimiento de las estructuras de la planta; además, pueden estimular la absorción de nutrientes, incluyendo ciertos aminoácidos o ácidos carboxílicos de cadena corta o media. Asimismo, se busca incentivar los procesos de defensa natural contra patógenos mediante sustancias basadas en fosfatos, ácido salicílico y boratos (Barranco et al., 2008).

c. Beneficios de los bioestimulantes foliares

Entre los principales beneficios se incluyen: una germinación rápida y completa, la mejora de procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de proteínas que favorecen el desarrollo y la multiplicación celular, el incremento del volumen y la masa radicular, el aumento de la producción y la calidad de las cosechas, una mejor capacidad de absorción de nutrientes y agua del suelo, una mayor resistencia de la planta a condiciones ambientales adversas como plagas y enfermedades, y una participación activa en los mecanismos de recuperación de plantas expuestas al estrés (Maroto, 2008).

2.2.3. Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*)

Se trata de algas marinas de color marrón, conocidas científicamente como *Ascophyllum nodosum*; estas plantas son ampliamente utilizadas como materia prima en la fabricación de fertilizantes y productos estimulantes del crecimiento (Aguilar, 2017).

a. Taxonomía de las algas marinas (*Ascophyllum nodosum*)

Aguilar (2017) realiza la siguiente clasificación taxonómica de *Ascophyllum nodosum*.

Reino: Protista

División: Ochrophyta

Clase: Phaeophyceae

Orden: Fucales

Familia: Fucaceae

Género: *Ascophyllum*

Especie: *Ascophyllum nodosum*

El alga marina *Ascophyllum nodosum* se caracteriza por tener tallos alargados e irregulares. A lo largo de estos tallos se encuentran pequeñas protuberancias en forma de huevo dispuestas de manera uniforme, las cuales actúan como vejigas llenas de aire; la longitud máxima que puede alcanzar esta especie es de aproximadamente 2 metros; se sujeta firmemente a las rocas mediante una estructura similar a una raíz llamada rizoide. Su coloración habitual oscila entre tonos verdosos oliva y marrones. (Guiry, 2006).

Las algas destacan por su capacidad para retener la humedad en el suelo, su alto contenido de fibra, nutrientes y elementos tanto mayores como menores, lo que las convierte en un alimento nutritivo que mejora la absorción de nutrientes por parte de las plantas; además, contribuye a reducir la degradación del suelo generada por los fertilizantes químicos y actúan como estimulantes naturales que, gracias a su gran contenido en citoquininas (hormonas vegetales), ayudan a promover el crecimiento y desarrollo de las estructuras vegetales (Canales, 1999).

Las algas marinas también son una fuente de otras sustancias naturales que tienen efectos similares a los reguladores del crecimiento vegetal; contiene carbohidratos, proteínas y vitaminas que ayudan a combatir plagas y enfermedades en los cultivos. Además, poseen agentes quelantes como el manitol y los ácidos orgánicos; la gran variedad de beneficios que las algas marinas aportan a la agricultura se traduce en una mayor calidad de los frutos y un aumento de los rendimientos de los cultivos (Aguilar, 2017).

b. Características de las algas marinas

Las algas son organismos vegetales talofitos, lo que significa que carecen de estructuras diferenciadas como raíz, tallo y hojas; pueden estar formados por una sola célula o por múltiples células; habitan preferentemente en ambientes acuáticos, ya sean aguas dulces o aguas saladas

marinas; en general, poseen clorofila para realizar la fotosíntesis, aunque en ocasiones este pigmento verde se ve enmascarado por la presencia de otros pigmentos de colores variados; en el caso de las algas pluricelulares, su cuerpo o talo puede adoptar formas filamentosas, laminares o en cinta, ya menudo se ramifica (Vega, 2015).

Las algas son organismos altamente adaptables que pueden vivir en una amplia gama de entornos, desde aguas estables hasta lugares con condiciones extremas como rocas secas, aguas termales, nieve y glaciares, así como en zonas de poca luz y profundidades oceánicas. Su éxito en colonizar diversos hábitats se atribuye a sus mínimas necesidades y su notable capacidad de adaptación (Erulan et al., 2009).

Las algas marinas realizan fotosíntesis usando clorofila para convertir CO₂ y sustancias inorgánicas en compuestos orgánicos; no tienen tejidos especializados como las plantas terrestres y pueden absorber nutrientes por todo su cuerpo; viven en el agua, lo que les permite no necesitar estructuras de soporte contra la gravedad (Abowei y Ezekiel, 2013).

Las algas marinas se dividen en tres grupos según su color: verdes (Chlorophyceae) con clorofilas, pardas (Phaeophyceae) con carotenoides, y rojas (Rhodophyceae) con ficobilinas (Erulan et al. 2009; Quitral et al. 2012).

Sathya et al. (2010) reporta que las enzimas de las algas marinas aplicadas a las plantas potencian mecanismos clave: refuerzan el sistema inmunológico vegetal, mejoran la nutrición al permitir mayor asimilación de nutrientes, y activan las funciones fisiológicas otorgando más vitalidad; esto redundará en plantas más saludables, nutridas, con mayor producción de frutos y crecimiento vigoroso.

c. Extractos de algas marinas

Los extractos de algas marinas, utilizados como biofertilizantes, son materiales bioactivos naturales solubles en agua; estos fertilizantes orgánicos naturales promueven la germinación de semillas y mejoran el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Norrie y Keathley, 2005). Para Hernández et al., (2014) se emplean como aditivos nutricionales, estimulantes biológicos o fertilizantes orgánicos en el sector agrícola y de la jardinería.

El uso de algas marinas en la agricultura mejora la producción y calidad de los cultivos debido a su composición rica en macro y micronutrientes, compuestos similares a fitohormonas, vitaminas, carbohidratos, proteínas, biocidas y sustancias quelantes como ácidos orgánicos y manitol (Canales, 2000). Dogra y Mandradia (2014) refieren que al aplicar extractos de algas (*Ascophyllum nodosum*) al suelo mejora significativamente el crecimiento y rendimiento de las plantaciones.

d. Composición de las algas marinas

Hormonas vegetales

Crouch y Vanstaden (1994) señalan que los extractos de algas marinas incluyen hormonas que fomentan el crecimiento vegetal, como las citoquininas y auxinas, confirmadas por investigaciones científicas; particularmente, los extractos de *Ascophyllum nodosum* y *Ecklonia máxima* han probado ser beneficiosos en potenciar el desarrollo radicular y el crecimiento global de las plantas.

Ácido algínico

El ácido algínico, encontrado en la pared celular de las algas marinas, al interactuar con metales en el suelo, forma complejos de alto peso molecular que retienen agua y mejoran la estructura del suelo; esto también incrementa la porosidad y estimula la actividad de los microorganismos (Fernández *et al.*, 2015).

Betaínas

Las betaínas en las plantas ayudan a aliviar el estrés por salinidad y sequía, pueden aumentar el contenido de clorofila reduciendo su degradación, y funcionan como fuente de nitrógeno en bajas concentraciones y como osmolito en altas concentraciones (Ayala, 2013).

Manitol

El manitol, un tipo de polialcohol, funciona como un antioxidante que captura radicales libres y compuestos reactivos de oxígeno, evitando su metabolización en las plantas y extendiendo así la duración de la vida útil de los cultivos; además, contribuye a la quelación de nutrientes (AEFA, 2012).

2.2.4. Uso de algas en la agricultura

Los fertilizantes de extractos líquidos de algas son cada vez más usados por sus beneficios bioestimulantes e insecticidas, adecuados para la agricultura orgánica. Se aplican en las plantas o en las raíces, mejorando la productividad, absorción de nutrientes, resistencia a plagas y condiciones adversas, y la germinación de semillas (Yañez, 2017).

Desde el 2003, los extractos de algas han mostrado efectos positivos en la agricultura a nivel comercial. La eficacia de estos extractos proviene de la sinergia de azúcares únicos (oligosacáridos) en las paredes celulares de las algas, que activan los sistemas defensivos e inmunológicos en las plantas. Esto lleva a cultivos con mayor rendimiento, calidad superior y una mejor resistencia frente a enfermedades y estrés del entorno (Yañez, 2017).

2.2.5. *Tendencia del mercado*

La tendencia del mercado de importaciones, tuvo un incremento significativo el año 2015, siguiendo esta línea en los años sucesivos.

Tabla 1

Principales países de origen de las importaciones de extractos de algas marinas en el Perú.

País	Volumen %
Italia	20.3
Chile	18.2
China	16.4
México	16.4
España	16.4
Otros	11.7

Nota: Adex Data Trade, 2017.

2.2.6. *Bioestimulante Acadian*

Acadian® es un extracto completamente fresco del alga marina *Ascophyllum nodosum*, que se destaca por su compleja mezcla de compuestos bioactivos capaces de generar respuestas beneficiosas en las plantas; este producto, con certificaciones ECOCERT y KIWA BCS para uso en agricultura orgánica, promueve la formación, crecimiento y ramificación de raíces, lo que mejora el establecimiento de la planta y su capacidad para absorber agua y nutrientes, gracias a los

quelantes naturales que contiene; además, Acadian® incrementa la biodisponibilidad y transporte de nutrientes dentro de las plantas, estimulando la producción de energía y actuando como precursor para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos (www.hortus.com.pe).

Ascophyllum nodosum, originaria de las aguas claras del Atlántico norte y sometida a condiciones climáticas extremas, ha desarrollado una capacidad única para adaptarse a cambios ambientales drásticos, lo que se refleja en la robustez de Acadian®; este producto no solo maximiza el potencial productivo y mejora la calidad y condición de los frutos, sino que también fortalece la estructura radicular y fomenta el desarrollo de microorganismos beneficiosos en el suelo; diseñado para aplicarse mediante sistemas de riego o drench, Acadian® es adecuado para cultivos convencionales y orgánicos y es particularmente útil en condiciones de estrés abiótico como sequía, salinidad o suelos empobrecidos (www.hortus.com.pe).

a. Composición

Tabla 2

Composición.

Composición	Cantidad
Nitrógeno (N)	0.1 - 0.6 %
Potasio (K ₂ O)	5.0 - 7.0 %
calcio (Ca)	0.05 - 0.15 %
Boro (B)	20 a 40 ppm
Cobre (Cu)	<4 ppm
Hierro (Fe)	30 - 90 ppm
Ácido Fosfórico (P ₂ O ₅)	<0.2 %
magnesio (Mg)	0.05 - 0.15 %

Sodio (Na)	0.7 - 1.2 %
Manganeso (Mn)	3 - 11 ppm
Zinc (Zn)	4 - 17 ppm

Nota: www.hortus.com.pe

b. Especificaciones

Acadian actúa como un potente agente enraizador que rompe la latencia en las semillas, estimulando una germinación vigorosa y una brotación uniforme; favorece un crecimiento acelerado de las plántulas y minimiza el estrés durante el trasplante; en cultivos ya establecidos, incrementa la masa radicular efectiva mediante la renovación de pelos absorbentes y promueve un robusto desarrollo vegetativo; además, Acadian dota a las plantas de una capacidad extraordinaria para evitar la intoxicación por salinidad; está especialmente recomendado para tratamientos aplicados al suelo y sistemas de riego como el goteo o la aspersión, siendo particularmente efectivo cuando se aplica directamente al suelo mediante drench (www.hortus.com.pe).

c. Compatibilidad

Acadian puede mezclarse con la mayoría de fertilizantes y pesticidas habituales. Se debe evitar combinarlo con sustancias de alta alcalinidad, como el nitrato de calcio. Para asegurar la compatibilidad, es aconsejable efectuar pruebas con cantidades pequeñas antes de preparar la mezcla final.

2.2.7. Cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L)

a. Taxonomía

Engler Lineo citado por Solano (2015) indican que la espinaca se ubica taxonómicamente en División: Angiospermae, Clase: Dicotyledoneae, Orden: Centrospermales, Familia: Chenopodiaceae, Género: *Spinacia*, Especie: *Spinacia oleracea* L.

b. Morfología

Según Maroto (2008), la planta de espinaca se caracteriza por su escasa ramificación y un sistema radicular que se extiende superficialmente; desarrolla una roseta de hojas pecioladas con un limbo de formas diversas, y en su fase de roseta puede alcanzar una altura de 15 a 25 cm. Doñate (2033) señala que, al momento de la cosecha, la planta puede medir hasta 20 cm tanto en diámetro como en altura; además, refiere manifiesta que esta planta presenta un tallo erecto que varía entre 30 cm y 100 cm de altura, donde se disponen las flores.

Sus hojas son de color verde oscuro, brillante u opaco pálido, pecioladas, con un limbo o lámina que puede ser más o menos sagitado, triangular – ovalado, o triangular acuminado, de márgenes enteros o sinuosos y de aspecto blando, rizado, liso o abollado (AgroEs, 2019).

Las flores son verdosas y cuando se desarrolla el escapo floral puede llegar a alcanzar hasta 80 cm; es importante señalar que es una especie dioica donde las flores femeninas y masculinas se desarrollan en plantas diferentes, aunque también existe la presencia de plantas hermafroditas (Doñate, 2033).

Romero (2003) explica que la producción de semillas en espinaca ocurre únicamente en las plantas femeninas, mientras que las masculinas perecen poco después de florecer, tras liberar

polen que es dispersado por el viento para la fecundación. Según Huertas (2016) las semillas tienen una forma lenticular, con algunas variedades presentando una superficie lisa y otras espinosa; en promedio, las semillas mantienen su capacidad germinativa durante 4 años, y en 1 gramo se pueden encontrar aproximadamente 115 semillas.

La espinaca es una planta de días largos la duración mínima óptima de hora luz es de 12 horas, por debajo de este valor se detiene rápidamente la inducción floral (Romero, 2003).

c. Importancia de la espinaca como cultivo

Treviño (2015) afirma que la demanda de espinaca está en aumento debido a que es un alimento muy nutritivo y saludable. Su agradable sabor y frescura la hacen muy versátil para ser incluida en diversos platos y ensaladas. La espinaca es una excelente fuente de nutrientes como vitaminas A, B6, B2, B1, C y K, así como de minerales como el magnesio, calcio, hierro, potasio y ácidos grasos omega 3. Particularmente, su alto contenido de hierro la convierte en un poderoso antioxidante que aporta numerosos beneficios para la salud.

d. Valor nutricional de la espinaca

La espinaca, por el aporte de vitamina K, participa en la formación de la protrombina, insumo necesario para una adecuada coagulación de la sangre, además realiza un aporte significativo de hierro, el mineral principal y constituyente de la hemoglobina y la mioglobina, es parte de diversos procesos enzimáticos y en el transporte de oxígeno para la sangre. Otro nutriente principal que contiene la espinaca es el ácido fólico, vitamina importante para el desarrollo de material genético, y formación del tubo neuronal en las diversas etapas de gestación de la mujer (Jimenez y Arias 2010).

Tabla 3*Composición nutricional de la espinaca por cada 100 g y 250 g de porción comestible.*

Componente	Porción de 100 g	Porción de 250 g
Energía (kcal)	31	63
Proteínas (g)	2.6	5.3
Lípidos totales (g)	0.3	0.6
AG saturados (g)	0.03	0.06
AG monoinsaturados (g)	0.03	0.04
AG poliinsaturados (g)	0.18	0.37
3 (g)	0.149	0.302
C18:2 Linoleico (-6) (g)	0.03	0.061
Hidratos de carbono (g)	1.2	2.4
Fibra (g)	6.3	12.8
Agua (g)	89.6	181
Calcio (mg)	90	182
Hierro (mg)	4	8.1
Yodo (ug)	2	4.1
Magnesio (mg)	54	109
Zinc (mg)	0.5	1
Sodio (mg)	81	164
Potasio (mg)	423	857
Fósforo (mg)	55	111
Selenio (ug)	1	2
Equivalentes niacina (mg)	1.4	2.8
Vitamina B6 (mg)	0.18	0.36
Folatos (ug)	140	284
Vitamina C (mg)	30	60.8
Vitamina E (mg)	2	4.1

Nota: Fundación Española de Nutrición (2013).

e. Variedades usadas en el experimento

Variedad Megaton

Es un híbrido precoz originaria de Japón, desarrollando a una temperatura óptima de 13 a 18 °C ligeramente tolerante a heladas, requiere suelos sueltos ricos en materia orgánica, moderadamente tolerante a la salinidad, pero poco tolerante a la acidez, recomendándose un distanciamiento de 0.60 m entre surcos y 0.15 m entre plantas con un rendimiento promedio de 15 a 20 mil kg ha⁻¹; en la actualidad es una de las variedades que habitualmente se encuentra congelada, es rica en Vitaminas A, E y K; yodo y varios antioxidantes; también contiene bastante ácido oxálico (Alabama – Perú, 2016).

Variedad Chikara F1

Es una planta de espinaca de crecimiento vigoroso y resistente a las razas 1, 3, 4 y 5 del hongo *Fusarium*; se caracteriza por sus hojas redondas de color verde oscuro intenso. Ideal para siembra en las regiones costeras y de sierra durante todo el año, alcanzando una altura de follaje de 30 a 45 cm, según la descripción de Alabama - Perú en 2016; es una excelente opción para los cultivos de primavera y verano; sus hojas, además de su llamativo tono verde profundo, son redondeadas, gruesas y de buen grosor; la planta exhibe un porte semi-erecto y destaca por su excepcional nivel de producción, brindando abundantes cosechas de espinaca de calidad superior.

Variedad Siminis

Es una variedad de espinaca de ciclo medio-tardío y período de siembra prolongado. Se destaca por sus elegantes plantas en forma de roseta con hojas arrugadas, de color verde medio a

oscuro intenso y bordes ovalados; las hojas son de color brillante, uniformes y gruesas; ideal para cultivos de primavera-verano, obteniendo altas producciones de calidad; su vigor, color atractivo, uniformidad y forma distinguida la convierten en una excelente opción para siembras comerciales o domésticas. (Hortus, 2014).

CAPÍTULO III

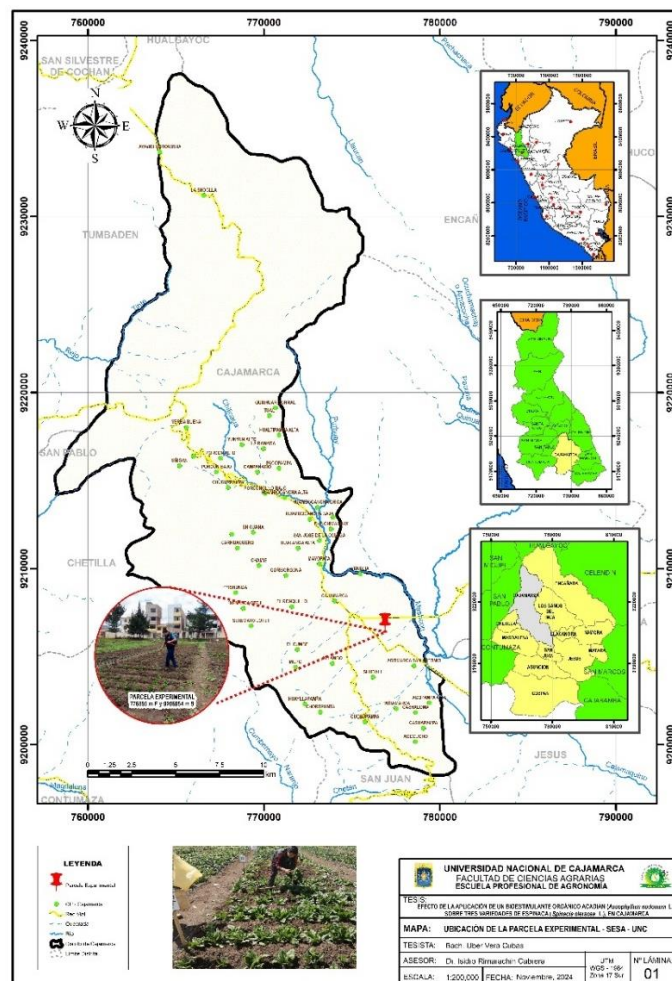
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

La investigación se desarrolló en el campo experimental Servicio Silvo Agropecuario (SESA) – UNC; a 2673 metros sobre el nivel del mar; con coordenadas UTM 776895E y 9206954N; en el distrito, provincia y región de Cajamarca.

Figura 1

Vista satelital de la ubicación geográfica del experimento.



3.1.1. Características climatológicas del lugar

Tabla 4

Datos meteorológicos de la estación MAP A. Weberbauer.

Elementos climáticos	Diciembre	Enero	Febrero	Marso
Precipitación (mm)	62.8	88.1	117.7	122.6
Temperatura máxima	22.1	22.5	22	20.5
Temperatura mínima	8.8	9.3	9.7	9.6
Temperatura diurna	18.8	18.5	19	17.8
Temperatura nocturna	12.1	18.5	12.8	12.3

Nota: Datos meteorológicos según el SENAMHI – Cajamarca de diciembre 2022 hasta marzo 2023).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

Bioestimulante Acadian

Semilla certificada de 3 Híbridos de espinaca

3.2.2. Maquinaria y equipo

Tractor

Mochila de fumigar (20 L)

Balanza

Cámara

3.2.3. *Material de campo*

Tablero acrílico

Estacas

Etiquetas

Jeringa (graduada)

Balde (18 L)

Identificadores

Libreta de campo

3.3. *Método de investigación*

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de diciembre del 2022 a abril del 2023; se utilizó 3 híbridos de espinaca (Megaton, Chikara y Seminis); evaluándose de esta manera: dosis de aplicación para mejorar el rendimiento del cultivo en estudio; la modalidad se basa en la recolección de datos mediante la ejecución, seguimiento, del trabajo de investigación, y de esta forma obtener datos reales, está sustentada teóricamente en libros, folletos, tesis de grado y documentos de internet.

3.3.1. *Tipo de investigación*

La investigación fue del tipo aplicada, dado que se buscó resolver un problema práctico y con ello generar información para futuros trabajos de esta naturaleza.

3.3.2. *Diseño de investigación*

El diseño experimental que se utilizó para el trabajo fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCR) con arreglo factorial de 3D X 3V donde el factor D es dosis de Acadian y V híbridos de espinaca y la prueba de significación de medias según Dunnett con $\alpha=0.05$ para los niveles del factor D y V y para las interacciones DV. Cuya formula es la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + A_i + Y_j + AY_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la variable respuesta obtenida del tratamiento con el i-ésimo nivel de A, el j-ésimo nivel de B y la repetición k-ésima

μ = Media general

B_k = Efecto del k-ésimo del bloque

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

Y_j = Efecto del J-ésimo nivel del factor B

AY_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B en su bloque k

E_{ijk} = Error

a. Factores de estudio y sus niveles

Factor D = Dosis

D1 = 0.00 m L

D2 = 10.00 m L

D3 = 15.00 m L

Factor V = variedad

V1 = Megaton

V2 = Chikara

V3 = Seminis

Tabla 5

Arreglo de los tratamientos.

Tratamiento	Variedad	Dosis	Codificación	Descripción
T1		D0	V1D0	0.00 ml de Acadian - variedad megaton
T2	Megaton V1	D1	V1D1	10.00 ml de Acadian - variedad megaton
T3		D2	V1D2	15.00 ml de Acadian - variedad megaton
T4		D0	V2D0	0.00 ml de Acadian - variedad chikara
T5	Chikara V2	D1	V2D1	10.00 ml de Acadian - variedad chikara
T6		D2	V2D2	15.00 ml de Acadian - variedad chikara
T7		D0	V3D0	0.00 ml de Acadian - variedad seminis
T8	Seminis V3	D1	V3D1	10.00 ml de Acadian - variedad seminis
T9		D2	V3D2	15.00 ml de acadian - variedad seminis

3.4. Características del Campo Experimental

Número de bloques: I, II, III

Parcelas: 9

Área de un bloque: 81.00 m²

Largo: 27.00 m

Ancho: 3.00 m

Área de cada tratamiento: 9.00 m²

Largo: 3.00 m

Ancho: 3.00 m

Área del experimento: $81.00 \text{ m}^2 \times 3 = 243.00 \text{ m}^2$

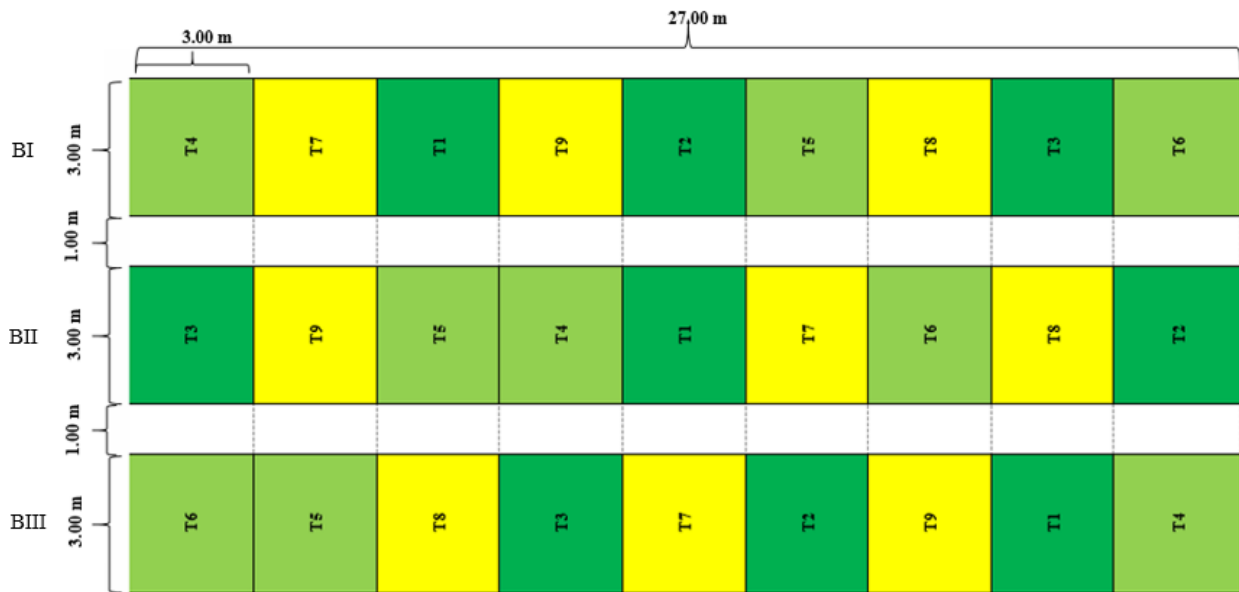
Calles: 2

Ancho total de las calles: $27.00 \text{ m}^2 \times 2 = 54.00 \text{ m}^2$

ÁREA TOTAL DEL EXPERIMENTO: $243.00 \text{ m}^2 + 54.00 \text{ m}^2 = 297.00 \text{ m}^2$

Figura 2

Diseño experimental de tratamientos.



3.5. Procedimientos Agronómicos

3.5.1. Análisis de suelo

Se recolectó una muestra de suelo de 1 kg utilizando el método en zigzag para abarcar toda la extensión de la parcela experimental, con el propósito de evaluar las condiciones del suelo en la que se estableció el cultivo; la muestra de suelo fue enviada al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilización de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se realizó un análisis detallado el 15 de diciembre de 2023. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 6*Resultados de Análisis de caracterización del suelo*

Claves		Contenido
pH (1:1)		7.5
C. E. (1:1) dS/m		0.51
Ca CO ₃ %		0.1
M. o. %		2.21
P ppm		11.1
Kppm		169
Análisis Mecánico	Arena %	40
	limo %	22
	Arcilla %	38
Clase Textural		FrAr
CIC		26.44
Cationes cambiables	Ca +2	23.98
	Mg +2	meq/100g 1.67
	K+	0.4
	Na+	0.39
	Al +3 H+	0
Suma de cationes		26.44
Suma de bases		26.44
% Sat. De bases		100

Nota: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilización – UNALM.

Según los resultados del análisis de suelos presentados en la tabla 6, el terreno donde se realizó el experimento posee una textura moderadamente fina, clasificada como franco arcilloso. Presenta una reacción ligeramente alcalina, con un pH de 7.5, y no es salino, ya que la conductividad eléctrica (C.E.) es de 0.51 dS/m. El contenido de carbonatos es bajo, con un porcentaje de carbonato de calcio (CaCO₃) de 0.1%. Además, el suelo tiene un nivel medio de

materia orgánica (2.21%), fósforo disponible (11.1 ppm) y potasio disponible (169 ppm). Por otro lado, se destaca un nivel alto en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 26.44 meq/100 g, así como una saturación de bases elevada, alcanzando el 100%.

3.5.2. Preparación del terreno

Durante el mes de diciembre de 2022, se ejecutaron múltiples labores de arado en respuesta a la necesidad de nivelar el terreno, el cual previamente había sido cubierto con desmonte; este proceso fue crucial para preparar el terreno de manera adecuada, asegurando una superficie uniforme y lista para futuras actividades o proyectos.

3.5.3. Surcado

Después de realizar el arado, se avanzó con el meticuloso trabajo de nivelación utilizando un rastrillo, con el objetivo de preparar el terreno de manera uniforme y adecuada; una vez completada esta fase, se procedió a trazar cuidadosamente los surcos necesarios para el proyecto; cada tratamiento específico requería la creación de un total de 7 surcos, garantizando así una planificación precisa y efectiva del espacio según las necesidades del proyecto en cuestión.

3.5.4. Siembra

Después de completar la limpieza meticulosa del terreno, se procedió con la siembra directa de las tres variedades híbridas de espinaca, cada una colocada estratégicamente según el croquis de ubicación; esta fase crucial tuvo lugar el 12 de enero de 2023; se estableció una distancia de 0.30 metros entre cada planta para permitir un desarrollo óptimo, mientras que entre surcos se dejaron 0.60 metros; para maximizar el uso del espacio y asegurar una siembra eficiente, se optó

por sembrar en doble hilera dentro de cada surco; este enfoque no solo facilita el manejo durante el crecimiento de las plantas, sino que también optimiza la absorción de nutrientes y la eficiencia del riego, asegurando condiciones ideales para el desarrollo saludable de las espinacas híbridas.

3.5.5. Aplicación del bioestimulante

Se llevaron a cabo tres aplicaciones de biofertilizante a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, siguiendo las dosis establecidas para este estudio. Estas aplicaciones se realizaron utilizando una mochila de fumigar de 20 litros; previamente, se realizó una prueba en blanco donde se aplicaron 5 litros de agua a un tratamiento para determinar la cantidad exacta de agua necesaria por cada tratamiento; según los resultados de esta prueba, se determinó que se utilizarían 2 litros por tratamiento. Las fechas de las aplicaciones fueron las siguientes:

1° aplicación: 27 de enero del 2023

2° aplicación: 11 de febrero del 2023

3° aplicación: 26 de febrero del 2023

3.5.6. Deshierbos

Utilizando un pico como herramienta, se procedió a la eliminación de las malezas que emergieron en el campo 20 días después de la siembra. Este paso fue crucial para mitigar la competencia adversa que estas plantas podrían ejercer sobre el cultivo principal, al disputar recursos vitales como la luz solar, la humedad del suelo y los nutrientes necesarios para un desarrollo óptimo de las plantas cultivadas.

3.5.7. Riegos

El riego se efectuó considerando las condiciones climáticas locales y la escasez de lluvia, estableciendo una frecuencia semanal para asegurar un suministro adecuado de agua a las plántulas de espinaca; para proteger cuidadosamente las plántulas durante el riego, se optó por el uso de aspersores, garantizando una distribución uniforme y suave del agua para evitar cualquier daño potencial; esta combinación de medidas ha sido fundamental para promover un crecimiento saludable y robusto de las espinacas, asegurando condiciones óptimas para el cultivo.

3.5.8. Evaluación en laboratorio

Las evaluaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de Pastos y Forrajes de la Escuela Profesional de Agronomía el 03 de abril de 2023, durante esta jornada, se realizaron pruebas exhaustivas para evaluar diversos aspectos relacionados con la calidad y rendimiento del cultivo en investigación; el ambiente controlado del laboratorio proporcionó condiciones ideales para obtener mediciones precisas y datos confiables.

3.6. Evaluación de características agronómicas

3.6.1. Número de hojas

En el estudio, se procedió a seleccionar de manera aleatoria un total de 10 plantas pertenecientes a cada uno de los tratamientos experimentales; a cada una de estas plantas se le realizó un conteo minucioso de las hojas, categorizándolas en grandes, medianas y pequeñas; posteriormente, se sumaron las hojas contadas de cada tamaño para obtener así el número total de hojas presentes en cada tratamiento.

3.6.2. Longitud de hoja

Una vez completado el conteo de las 10 plantas seleccionadas al azar de cada tratamiento, se procedió a realizar mediciones detalladas de las hojas grandes, medianas y pequeñas utilizando una regla graduada de 30 centímetros; cada medición fue cuidadosamente registrada y se calculó un promedio para cada tipo de hoja, proporcionando así datos precisos sobre este parámetro específico del estudio.

3.6.3. Peso de raíz

Después de seleccionar aleatoriamente 10 plantas de cada tratamiento experimental, se realizó el corte de las hojas; a continuación, las raíces de cada planta fueron pesadas en una balanza digital. Este procedimiento permitió obtener datos precisos para determinar el peso promedio de las raíces en las plantas analizadas.

3.6.4. Rendimiento

Se eligieron 10 plantas de manera aleatoria, a las cuales se les retiraron las hojas para pesarlas. Posteriormente, se calculó el peso promedio por planta y se multiplicó por la cantidad total de plantas por hectárea, determinando así el rendimiento expresado en toneladas por hectárea.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento de hoja de espinaca ($t\ ha^{-1}$)

El análisis de varianza para el peso de hojas (Tabla 8), indica que la variedad de espinaca no se asocia con el bioestimulante orgánico (p -valor = 0.9752), es decir, que no existe un efecto significativo de la interacción en el peso de hojas por planta. De manera independiente, solamente el bioestimulante orgánico ejerce efecto significativo, dado que el valor de significación (p -valor = 0.0001) es menor al 5 %, esto indica que las distintas dosis del bioestimulante difieren uno de otro con respecto al peso de hojas. Respecto a la variedad, no se encontró efecto significativo, dado que el valor de significación (p -valor = 0.9467) es mayor al 5 %, es decir, que las variedades empleadas no se diferencian con respecto al peso de hojas que producen.

El coeficiente de variación (CV) es de 17.61 %, el cual indica que la variabilidad del peso de hojas dentro de cada tratamiento fue moderada. Además, es adecuado para las condiciones del experimento que se desarrolló.

Tabla 7

Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de hoja de espinaca ($t\ ha^{-1}$).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor	F tabular (5%)
Bloques	3.16	2	1.58	0.14	0.8711	3.63
Variedad	1.25	2	0.62	0.05	0.9467	3.63
Dosis	382.9	2	191.45	16.88	0.0001	3.63

Variedad*Dosis	5.23	4	1.31	0.12	0.9752	3.01
Error	181.45	16	11.34			
Total	573.98	26				

CV = 17.60 %

La Tabla 9 muestra los resultados de la prueba de Dunnett para el bioestimulante, y se observa que con la dosis de 15 ml y 10 ml se obtuvieron los mayores rendimientos, los cuales fueron 22.55 y 20.94 t ha⁻¹, respectivamente, siendo estos resultados estadísticamente iguales y superiores al encontrado con las dosis 0, con el cual se obtuvo en promedio un rendimiento de 13.88 t ha⁻¹. Con respecto a la variedad, se encontró mayor rendimiento con Chikara (19.28 t ha⁻¹), seguida por la Seminis (18.82 t ha⁻¹) y Megaton (19.27 t ha⁻¹), no existe diferencias significativas entre estos resultados según el ANOVA.

Tabla 8

Prueba de Dunnett al 5 % para el efecto del bioestimulante en el rendimiento de hoja de espinaca (t ha⁻¹).

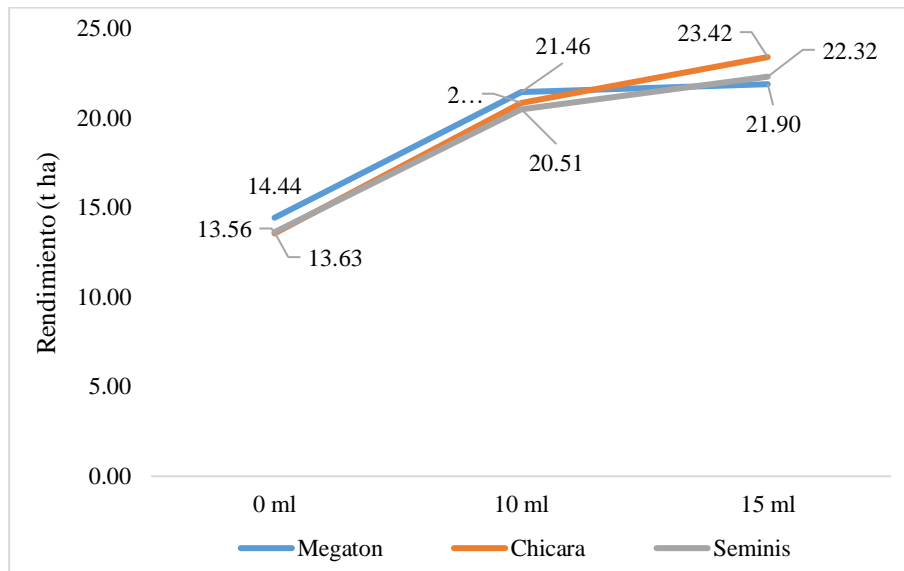
Dosis (ml)	Rendimiento (t ha⁻¹)	Agrupación
15	22.55	A
10	20.94	A
0	13.88	B

La Figura 3 muestra el rendimiento de diferentes variedades de espinaca (Megaton, Chikara, Seminis) tratados con un bioestimulante en tres dosis diferentes (0 ml, 10 ml, 15 ml). Los resultados muestran que con la variedad Megaton, se obtuvieron rendimientos de 14.44, 21.46 y 21.90 para las dosis de bioestimulante de 0 ml, 10 ml y 15 ml, respectivamente. Por otro lado, en la variedad Chikara, los rendimientos correspondientes fueron de 13.56, 20.87 y 23.42, mientras

que en la variedad Seminis fueron de 13.63, 20.51 y 22.32 para las mismas dosis de bioestimulante. Estos resultados indican que la aplicación del bioestimulante en dosis de 10 ml y 15 ml tuvo un efecto positivo en el rendimiento de las tres variedades de espinaca. Además, se observa que la variedad Megaton tuvo el mayor rendimiento en todas las dosis del bioestimulante.

Figura 3

Rendimiento según la variedad y la dosis del bioestimulante.



Nota: Elaboración según el Análisis realizado

Estos resultados concuerdan con Mendoza (2023), quien reportó que las combinaciones de fertilizantes con KNO_3 aumentaron significativamente el peso de las hojas, aunque no hubo diferencias en los tratamientos sin este componente. Asimismo, Pérez (2022) mostró que la aplicación de Organic Gem incrementó los rendimientos a 32.26 t/ha^{-1} bajo un esquema de dosis ajustadas, destacando la importancia de personalizar las aplicaciones según las condiciones específicas del cultivo. En contraste, Astete (2022) obtuvo un rendimiento máximo de 18.12 t/ha^{-1} utilizando biol a base de residuos de pescado, lo que sugiere que los biofertilizantes también pueden ser altamente efectivos en sistemas más ecológicos, aunque menos competitivos en términos de rendimiento.

El rendimiento promedio de hoja de espinaca mostró diferencias significativas entre los tratamientos con bioestimulantes, evidenciando un incremento notable al aumentar las dosis de 0 ml a 15 ml. Este efecto puede atribuirse a los beneficios del bioestimulante basado en *Ascophyllum nodosum*, que promueve el desarrollo foliar al estimular procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes, tal como señala Maroto (2008).

La variedad Seminis, aunque no presentó diferencias significativas con respecto a Chikara y Megaton, mostró el rendimiento más alto bajo las condiciones evaluadas. Esto refuerza su capacidad de adaptarse a las condiciones experimentales, siendo consistente con la descripción de Hortus (2014) sobre su vigor y uniformidad.

4.2. Número de hojas

El análisis de varianza indica que no hay diferencias significativas entre los bloques para el número de hojas ($p=0.6824 > 0.05$). Por lo tanto, no se evidencia un efecto significativo de esta fuente de variación sobre el número de hojas.

En el caso del factor Variedad, el p-valor reportado es 0.1699, también mayor que 0.05. Esto indica que no existen diferencias significativas entre las variedades evaluadas en cuanto al número de hojas. Para el factor Bioestimulante se obtuvo un p-valor de 0.0054, el cual es menor que 0.05. Este resultado indica que las dosis del bioestimulante aplicadas generan diferente número de hojas en espinaca, es decir, que el bioestimulante influye en el número de hojas.

La interacción entre los factores Variedad y Dosis de bioestimulante tiene un p-valor de 0.769, que es mayor que 0.05. Esto indica que no se encontró un efecto significativo de la

interacción entre estos dos factores en el número de hojas. Por lo tanto, las combinaciones de variedades y dosis de bioestimulante no generan diferencias significativas.

El coeficiente de variación (CV) es de 8.62 %, el cual indica que la variabilidad del número de hojas dentro de cada tratamiento fue relativamente baja. Además, es adecuado para las condiciones del experimento que se desarrolló.

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor	F tabular (5%)
Bloques	0.071	2	0.035	0.391	0.6824	3.63
Variedad	0.36	2	0.18	1.984	0.1699	3.63
Dosis	1.339	2	0.669	7.381	0.0054	3.63
Variedad*Dosis	0.164	4	0.041	0.453	0.769	3.01
Error	1.451	16	0.091			
Total	3.385	26				

CV = 8.62 %

El análisis de la prueba de comparación de Dunnett (Tabla 11) muestra que las dosis de 15 ml y 10 ml de bioestimulante se encuentran en el grupo "A", lo que indica que no existen diferencias significativas entre estas dos dosis en términos del número de hojas. Esto indica que la aplicación de estas dosis genera un efecto similar sobre la variable analizada, alcanzando valores promedio de 14 y 12 hojas respectivamente.

Por otro lado, las dosis de 0 ml de bioestimulante que pertenece al grupo "B" se diferencia significativamente de los dos primeros y a la vez se obtuvo menor resultado, es decir, la ausencia de bioestimulante resulta en un menor número promedio de hojas (11), lo cual refleja una respuesta distinta del cultivo bajo estas condiciones.

Estos resultados muestran que, las dosis de 10 ml y 15 ml de bioestimulante tienen un efecto positivo sobre el número de hojas en comparación con el tratamiento sin aplicación. Sin embargo, al no observarse diferencias significativas entre las dosis de 10 ml y 15 ml, se puede inferir que ambas dosis alcanzan niveles similares de eficacia para promover el desarrollo foliar.

Los resultados obtenidos en cuanto al número de hojas entre las variedades Chikara, Seminis y Megaton son estadísticamente iguales (Tabla 11), tal como lo indicó el análisis de varianza (ANOVA). Esto significa que, aunque las medias observadas muestran pequeñas diferencias (13, 12 y 11, respectivamente), estas diferencias no son significativas desde el punto de vista estadístico. Por lo tanto, bajo las condiciones experimentales evaluadas, las tres variedades presentan un comportamiento similar en relación con el número de hojas producidas.

Tabla 10

Prueba de Dunnett al 5 % para el efecto del bioestimulante en el número de hojas.

Dosis (ml)	Número de hoja	Agrupación
15	14	A
10	12	A
0	11	B

Los resultados obtenidos muestran que el número de hojas varía según la dosis de bioestimulante aplicada y la variedad de espinaca estudiada. En general, se observa una tendencia positiva en todas las variedades, donde el incremento de la dosis de bioestimulante de 0 ml a 15 ml está asociado con un mayor número de hojas.

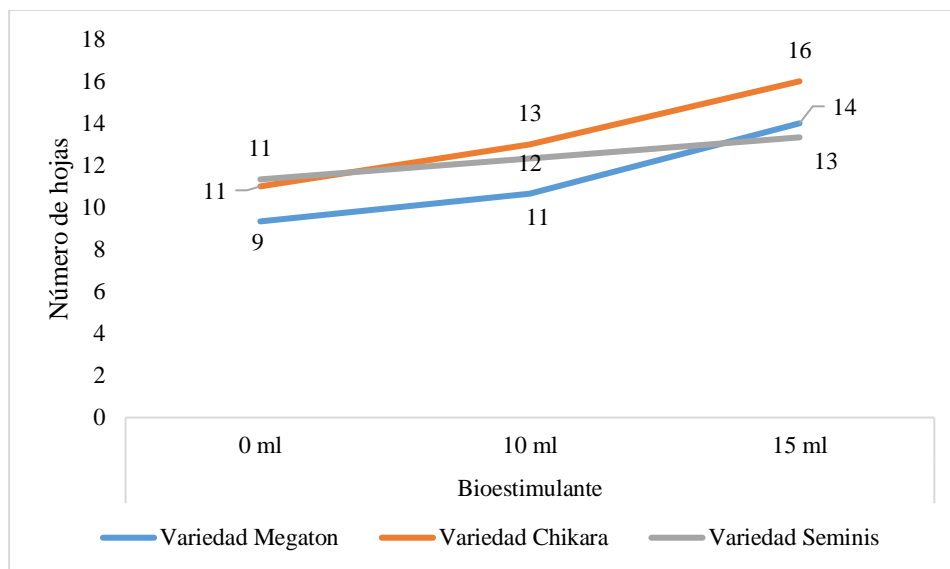
La variedad Megaton evidencia un incremento notable en el número de hojas al aumentar la dosis de bioestimulante. Con 0 ml se obtuvieron 9 hojas, mientras que con 15 ml el número ascendió a 14 hojas, mostrando una clara respuesta favorable al bioestimulante. Por su parte, Chikara también muestra una respuesta positiva marcada, comenzando con 11 hojas a 0 ml y

alcanzando 16 hojas con la dosis máxima de 15 ml. Esta variedad destaca por producir el mayor número de hojas en todas las dosis aplicadas, lo que podría indicar su mayor capacidad de aprovechar el bioestimulante.

En contraste, la variedad Seminis presenta un incremento más moderado en el número de hojas, pasando de 11 con 0 ml a 13 con 15 ml. Aunque también se observa una tendencia positiva, el efecto del bioestimulante es menos pronunciado en esta variedad en comparación con Megaton y Chikara.

Figura 4

Número de hojas por planta según la variedad y la dosis del bioestimulante.



Estos resultados son consistentes con los de Díaz et al. (2018), quienes reportaron hasta 23.98 hojas por planta utilizando 2 L/ha de Wuxal Doble, un bioestimulante químico. Sin embargo, Tucto y Carbajal (2024) documentaron que el uso de biol (2 L en 20 L de agua) permitió obtener hasta 49 hojas en condiciones específicas del distrito de Yanahuanca, lo que demuestra el alto potencial del biol en optimizar esta variable.

El análisis mostró que las dosis de 10 ml y 15 ml de bioestimulante generaron un mayor número de hojas en comparación con el control (0 ml). Esto concuerda con Cadahia (2005), quien destaca que los bioestimulantes promueven la multiplicación celular y el desarrollo foliar al equilibrar las hormonas y facilitar la síntesis de auxinas.

No obstante, no se detectaron diferencias significativas entre las variedades, lo que sugiere que todas las variedades evaluadas (Chikara, Seminis y Megaton) responden de manera similar al bioestimulante en este aspecto, lo cual es consistente con su alta adaptabilidad según Alabama-Perú (2016).

4.3. Longitud de hojas

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la longitud de hojas muestran que los bloques presentan un p-valor de 0.0991, lo cual es mayor al nivel de significancia establecido (0.05). Esto indica que no existe evidencia estadísticamente para concluir que los bloques afectan la longitud de las hojas.

En el caso de la variedad, el p-valor obtenido es 0,1084, también mayor que 0,05. Este resultado indica que las diferencias observadas entre las variedades no son significativas, por lo que no se puede afirmar que las variedades tengan un efecto en la longitud de las hojas bajo las condiciones evaluadas.

Para dosis, presento un valor de significación de de 0.0039, el cual es menor que 0.05. Este resultado indica que las dosis de bioestimulante aplicadas tienen un efecto significativo sobre la longitud de las hojas, es decir, las diferencias en las dosis generan cambios significativos en la

longitud de hojas, lo que implica que la dosis de bioestimulante es un factor relevante para modificar la longitud de las hojas en el cultivo de espinaca.

Para la interacción entre variedad y dosis presenta un p-valor de 0,9075, que es considerablemente mayor que 0.05. Esto indica que no se encontró evidencia de una interacción significativa entre estos dos factores, lo que indica que el efecto de las dosis de bioestimulante sobre la longitud de las hojas no varía significativamente entre las diferentes variedades evaluadas.

El coeficiente de variación (CV) es de 14.88 %, el cual indica que la variabilidad de la longitud de hojas dentro de cada tratamiento fue moderada. Además, es adecuado para las condiciones del experimento que se desarrolló.

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de hojas.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor	F tabular (5%)
Bloques	68.79	2	34.39	2.68	0.0991	3.63
Variedad	65.71	2	32.85	2.56	0.1084	3.63
Dosis	205.08	2	102.54	7.99	0.0039	3.63
Variedad*Dosis	12.65	4	3.16	0.25	0.9075	3.01
Error	205.29	16	12.83			
Total	557.51	26				

CV = 14.88 %

Los resultados de la prueba de comparación Dunnett para la longitud de hojas (Tabla 12) revelan diferencias significativas entre las distintas dosis de bioestimulante aplicada. Las dosis de 15 ml y 10 ml de bioestimulante se agrupan bajo la letra "A", lo que significa que no existen diferencias significativas entre estas dos dosis en cuanto a su efecto sobre la longitud de las hojas. Esto indica que ambas dosis producen un efecto similar, alcanzando longitudes promedio de 26.55

cm y 25.44 cm, respectivamente. Por otro lado, la dosis de 0 ml se agrupa en la categoría "B", mostrando un valor promedio significativamente menor de 20.23 cm. Este resultado indica que la ausencia de bioestimulante genera hojas cortas en comparación con las dosis de 10 ml y 15 ml.

Las dosis de 10 ml y 15 ml de bioestimulante tienen un efecto positivo sobre la longitud de las hojas, promoviendo un mayor crecimiento en comparación con el tratamiento sin aplicación de bioestimulante. Sin embargo, entre estas dos dosis, no se observaron diferencias significativas, lo que indica que ambas son igualmente efectivas para aumentar la longitud de las hojas en las condiciones experimentales evaluadas.

Los resultados respecto a las variedades muestran que, aunque las variedades Seminis, Chikara y Megaton presentan diferencias en la longitud promedio de sus hojas (25.55 cm, 24.75 cm y 21.91 cm, respectivamente), estas diferencias no son estadísticamente significativas según el análisis de varianza (ANOVA). Esto indica que las tres variedades tienen un comportamiento similar en términos de longitud de hojas bajo las condiciones evaluadas, sin que una variedad destaque significativamente sobre las demás.

Tabla 12

Prueba de Dunnett al 5 % para la variedad en la longitud de hojas.

Dosis (ml)	Longitud de hojas (cm)	Agrupación
15	26.55	A
10	25.44	A
0	20.23	B

La Figura 5 indica que el aumento de la dosis de bioestimulante de 0 ml a 15 ml tiende a incrementar la longitud de las hojas en las tres variedades evaluadas. La variedad Megaton presenta un aumento constante en la longitud de las hojas con el incremento de la dosis de bioestimulante,

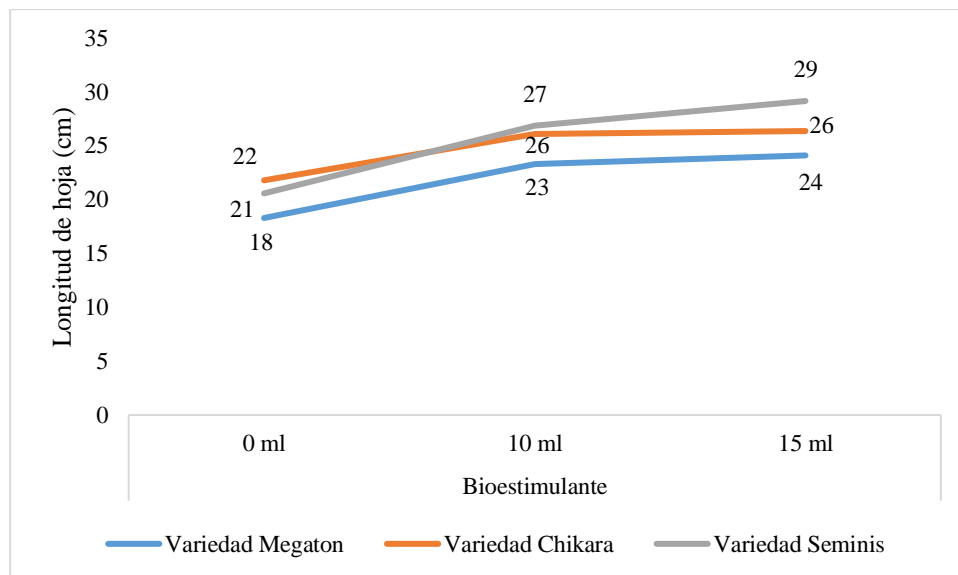
pasando de 18 cm con 0 ml a 24 cm con 15 ml. Esto indica que esta variedad responde positivamente al bioestimulante, aunque el efecto es pronunciado entre las dosis de 0 ml y 10 ml.

En el caso de Chikara, la longitud de las hojas aumenta de 22 cm con 0 ml a 26 cm con 10 ml, manteniéndose constante al aumentar la dosis a 15 ml. Esto indica que la variedad Chikara alcanza su máximo potencial en términos de longitud foliar con una dosis de 10 ml, sin obtener un beneficio adicional con una mayor aplicación.

La variedad Seminis muestra el mayor incremento en la longitud de las hojas con el incremento de la dosis de bioestimulante, pasando de 21 cm con 0 ml a 29 cm con 15 ml. Este resultado indica que Seminis es la variedad más receptiva al bioestimulante, mostrando un incremento continuo y significativo en la longitud de las hojas a medida que aumenta la dosis.

Figura 5

Longitud de hojas por planta según la variedad y la dosis del bioestimulante.



Esto es comparable con los hallazgos de Tintayo (2020), donde el bioestimulante trihormonal Phyllum produjo hojas de hasta 24.45 cm de largo en el híbrido Viroflay. Astete (2022) también observó un incremento en la longitud de hojas con el uso de biol, aunque los

valores reportados (20.72 cm) fueron ligeramente inferiores, probablemente debido a diferencias en las condiciones agroecológicas.

Las hojas tratadas con dosis de 10 ml y 15 ml de bioestimulante alcanzaron mayores longitudes, lo que se alinea con la función del ácido algínico presente en las algas, que mejora la estructura celular y la retención de agua, promoviendo un crecimiento sostenido (Fernández et al., 2015). La variedad Seminis destacó ligeramente, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Esto refleja su capacidad para maximizar la longitud foliar bajo condiciones de bioestimulación.

4.4. Peso de raíz

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el peso de la raíz evalúa muestra que el factor bloques presenta un p-valor de 0.0677, mayor que el nivel de significancia (0.05). Esto indica que las diferencias entre bloques no son estadísticamente significativas, lo que implica que esta fuente de variación no influye de manera significativa en el peso de la raíz.

Para la variedad, el p-valor obtenido es 0.0054, menor que 0.05. Esto demuestra que existen diferencias significativas entre las variedades en cuanto al peso de la raíz. Esto indica que las variedades analizadas presentan diferentes capacidades para influir en esta variable bajo las condiciones experimentales. El factor dosis de bioestimulante presenta un p-valor de <0.0001, claramente menor que 0.05. Este resultado indica que las dosis de bioestimulante tienen un efecto altamente significativo sobre el peso de la raíz, lo que resalta la importancia de este factor en el desarrollo del cultivo.

La interacción entre variedad y dosis muestra un p-valor de 0.0668, mayor que 0.05. Esto indica que no se detectaron diferencias significativas en la interacción entre estos factores. En otras palabras, el efecto de las dosis de bioestimulante sobre el peso de la raíz es consistente entre las variedades evaluadas, sin que se observen combinaciones específicas de variedad y dosis que generen diferencias significativas.

El coeficiente de variación (CV) es de 16.04 %, el cual indica que la variabilidad del peso de raíz dentro de cada tratamiento fue moderada. Además, es adecuado para las condiciones del experimento que se desarrolló.

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) para el peso de raíz.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor	F tabular (5%)
Bloques	90.1	2	45.05	3.2	0.0677	3.63
Variedad	206.92	2	103.46	7.35	0.0054	3.63
Dosis	1333.48	2	666.74	47.37	<0.0001	3.63
Variedad*Dosis	153.12	4	38.28	2.72	0.0668	3.01
Error	225.2	16	14.08			
Total	2008.82	26				

CV = 16.04 %

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Durnett para el peso de raíz (Tabla 14) muestra que, en cuanto a las variedades, Seminis presenta el mayor peso promedio de raíz con 27.27 cm y se encuentra en el grupo "A", lo que indica que es significativamente diferente de Megaton y Chikara. Por otro lado, Megaton y Chikara, con pesos promedio de 21.94 cm y 20.97 cm respectivamente, se agrupan bajo la letra "B". Esto indica que estas dos variedades tienen un comportamiento similar y que no presentan diferencias significativas entre sí, pero son

significativamente diferentes de Seminis. Estos resultados destacan a Seminis como la variedad más adecuada para maximizar el peso de raíz en las condiciones evaluadas.

En relación con las dosis de bioestimulante, la dosis de 15 ml muestra el mayor peso promedio de raíz con 31.11 g y se agrupa en el grupo "A". Esto indica que esta dosis es significativamente superior a las demás. La dosis de 10 ml, con un promedio de 24.96 g, se agrupa bajo la letra "B", lo que muestra que es significativamente inferior a la dosis de 15 ml pero superior a la de 0 ml. Por último, la dosis de 0 ml, con el menor peso promedio de raíz de 14.11 g, pertenece al grupo "C", mostrando que es significativamente inferior a las otras dos dosis. Estos resultados reflejan una respuesta positiva y creciente del peso de raíz a medida que aumenta la dosis de bioestimulante, destacando la importancia de este insumo para optimizar la producción.

Tabla 14

Prueba de Dunnett al 5 % para la variedad en el peso de raíz.

Variedad	Peso de raíz (g)	Agrupación
Seminis	27.27	A
Megaton	21.94	B
Chikara	20.97	B
Dosis (ml)	Peso de raíz (g)	Agrupación
15	31.11	A
10	24.96	B
0	14.11	C

Los resultados de la figura 6, reflejan cómo el peso de la raíz varía en función de la variedad de espinaca y la dosis de bioestimulante aplicada. En la variedad Megaton, el peso promedio de la raíz aumenta considerablemente con el incremento de la dosis de bioestimulante. A 0 ml, el peso promedio es de 12.30 g, aumentando a 19.87 g con 10 ml, y alcanzando 33.67 g con 15 ml. Este

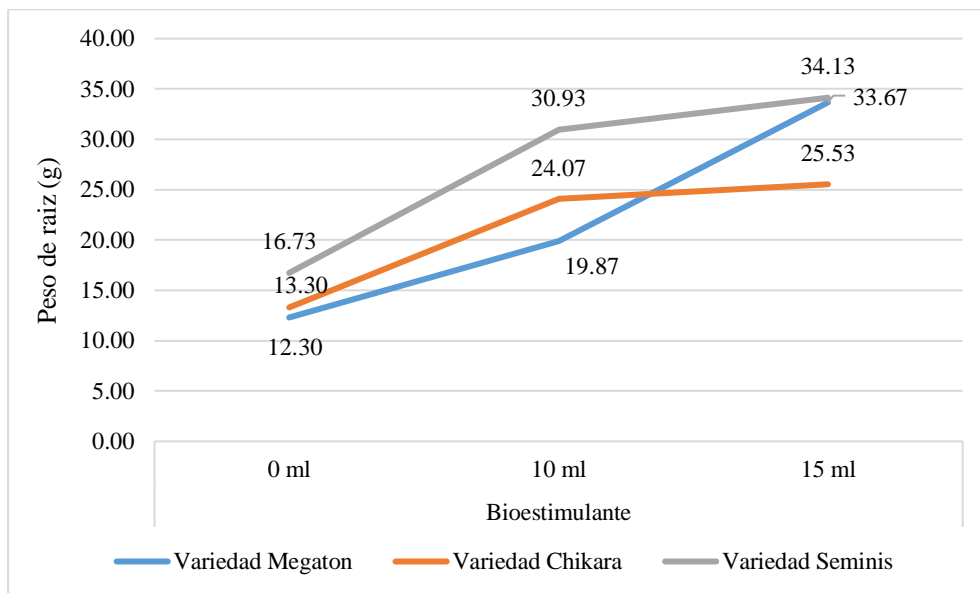
resultado indica que Megaton responde de manera favorable al bioestimulante, mostrando un incremento marcado especialmente al pasar de 10 ml a 15 ml.

La variedad Chikara también muestra un incremento en el peso de la raíz con el aumento de la dosis, aunque el efecto es menos pronunciado en comparación con Megaton. Con 0 ml, el peso promedio es de 13.30 g, aumentando a 24.07 g con 10 ml y llegando a 25.53 g con 15 ml. En este caso, el mayor incremento se observa entre 0 ml y 10 ml, mientras que el cambio entre 10 ml y 15 ml es menos significativo, lo que podría indicar que Chikara alcanza un nivel cercano a su máximo potencial con 10 ml de bioestimulante.

La variedad Seminis presenta los valores más altos de peso de raíz en todas las dosis evaluadas, comenzando con 16.73 g a 0 ml, incrementándose a 30.93 g con 10 ml, y alcanzando 34.13 g con 15 ml. Estos resultados destacan a Seminis como la variedad con la mejor capacidad de respuesta al bioestimulante, mostrando un crecimiento continuo en todas las dosis aplicadas.

Figura 6

Peso de raíz por planta según la variedad y la dosis del bioestimulante.



Este resultado es similar al de Rubio (2022), quien encontró que el bioestimulante *Ascophyllum nodosum* mejoró significativamente el desarrollo de raíces en zapallito italiano, indicando que los bioestimulantes pueden optimizar diversas especies y parámetros.

El peso de raíz presentó diferencias significativas tanto entre variedades como entre dosis de bioestimulante. La dosis de 15 ml fue la más efectiva, lo que evidencia el impacto positivo del manitol, un componente de las algas marinas que actúa como antioxidante y promueve la acumulación de biomasa radicular (AEFA, 2012). La variedad Seminis mostró el mayor peso de raíz, destacándose como la más eficiente en la conversión de nutrientes en biomasa radicular, lo cual concuerda con los estudios de Dogra y Mandradia (2014) sobre la influencia de extractos de algas en el crecimiento radicular.

Estos resultados demuestran que la aplicación de bioestimulantes derivados de algas marinas es una estrategia eficaz para mejorar el rendimiento y la calidad de la espinaca. Como lo menciona Aguilar (2017), las propiedades bioactivas de *Ascophyllum nodosum* no solo optimizan el crecimiento foliar y radicular, sino que también incrementan la resistencia del cultivo a condiciones adversas. Las diferencias en las respuestas entre variedades refuerzan la importancia de seleccionar la más adecuada según los objetivos del productor.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El análisis estadístico mostró que no hubo interacción significativa entre las variedades de espinaca y las dosis del bioestimulante Acadian en las variables evaluadas, lo que indica una respuesta similar entre las variedades híbridas; esto sugiere que el bioestimulante puede aplicarse de manera generalizada en diferentes cultivares de espinaca.

Las dosis de 15 ml y 10 ml del bioestimulante Acadian fueron las más efectivas, logrando rendimientos de 22.55 t ha⁻¹ y 20.94 t ha⁻¹, respectivamente, superiores al testigo (13.88 t ha⁻¹). Estas dosis también aumentaron el número, longitud de hojas y peso de raíz, determinándose como óptima una dosis entre 10 y 15 ml para maximizar la productividad del cultivo de espinaca.

La variedad Seminis destacó con mayores promedios en peso de raíz (27.27 g) y longitud de hoja (25.55 cm) al usar el bioestimulante Acadian, aunque su rendimiento (19.28 t ha⁻¹) y número de hojas (12) no mostraron diferencias significativas frente a Chikara y Megaton. Todas las variedades respondieron positivamente, y la elección dependerá de las prioridades agronómicas del productor.

5.2. Recomendaciones

Aplicar una dosis de 15 ml de bioestimulante orgánico para maximizar el número de hojas, ya que esta dosis ha demostrado ser la más efectiva en el crecimiento de las hojas.

Elegir variedades Seminis o Chikara para obtener espinacas con hojas más largas, ya que estas han demostrado tener hojas significativamente más largas en comparación con Megaton; dado que el mercado prefiere hojas largas, esta elección podría aumentar el valor comercial del producto.

Implementar prácticas de rotación de cultivos y diversificación con diferentes variedades y dosis de bioestimulante para maximizar la salud del suelo y el rendimiento general del cultivo.

Realizar estudios adicionales para explorar otras posibles combinaciones de dosis de bioestimulantes y variedades de espinaca; esto ayudará a identificar cualquier interacción beneficiosa no observada en este estudio.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA CITADA

AEFA. (2012). *Extractos de algas en la agricultura*. Consultado el 10 de mayo del 2023.

Disponible en: <https://aefaagronutrientes.org/extractos-de-algas-en-la-agricultura>

AgroEs. (2019). *Espinaca, plagas enfermedades y fisiopatías*. Consultado el 15 de abril del 2023.

Disponible en: <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huertahorticultura/espinaca/397-espinacas-plagas-enfermedades-cultivo>

Aguilar, E. (2017). *Efecto de la fertilización de extractos comerciales de *Ascophyllum nodosum* (ECAN) a diferencia de la química sobre peso de la raíz y de las plántulas de maíz forrajero de verano en condiciones de excesiva humedad en la Comarca Lagunera*. [Tesis de

de Grado, Universidad Autónoma Agraria].

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42367/ERWIN%20ARANO%20AGUILAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Alabama – Perú. (2016). Consultado el 10 de enero 2023. Disponible en:

<https://www.alabama.com.pe/1-14-espinaca>

Alcántara, J., y Acero, J. (2019). *Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal*. Nova. Pág. 115.

Anasac. (2015). *Ficha técnica de nutrición vegetal*. Hortus. Lima.

Astete, L. M. (2022). *Uso de biol a base de residuos de pescado para mayor rendimiento ecológico de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), Barranca*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional

José Faustino Sánchez Carrión].

<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/9970>

Ayala, A. (2013). *Evaluación agronómica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con la aplicación de cuatro dosis de extracto de algas marinas en el cantón La Maná*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1579/1/T-UTC-2131.pdf>

Azcon, B., y Manuel, T. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Madrid España: Mono Comp SA segunda edición.

Barranco, A. y Rallo, C. (2008). *El cultivo del olivo*. España: Sexta Edición, Editorial Mundi Prensa Libros.

Baumol, J. y Blinder A. (2001): “*Microeconomics: Principles and Police*”. Thomson Learning.

Bazile, D. (2016). *La quínoa: Los desafíos de una conquista*. LOM Ediciones, Primera edición.
<https://lom.cl/products/la-quinoa-los-desafios-de-una-conquista>

Cabezudo, R. y Lovera, J. (2019). *Respuesta a la aplicación foliar de extracto de tres especies de algas marinas en diferentes dosis en el cultivo de vid (Vitis vinífera L.), cultivar Flame Seedless, bajo riego por goteo en la zona baja del valle de Ica*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional]. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/81592725-13b3-4e8f-9b1a-845d077c9899>

Cadahia, C. (2005). *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. España: Tercer Edición. Editorial Mundi-Prensa Libros.

Callizaya, F. (2007). *Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de variedades de espinaca (Spinacia oleracea L.) bajo condiciones de ambiente protegido en el municipio de el Alto*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés].

<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/5217/T-1141.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Canales, B. (1999). Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. En: *Terra Latinoamericana*. Vol. 17, no. 3, p. 271- 276.

Canales, B. (2000). Enzimas-Algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra* 17(3): 271-276.

Canales, B. (2014). *Uso de los derivados de algas marinas en la producción de Papa, Tomate, Chile y Tomatillo: Resultados de Investigación*. Coahuila: Palau Bioquím S.A. 2014. p 24.

Celdrán, M. (2023). *Evaluación de la capacidad bioestimulante de diferentes productos de origen natural*. [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia].

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/200404/Celdran%20-%20Evaluacion%20de%20la%20capacidad%20bioestimulante%20de%20diferentes%20productos%20de%20origen%20natural.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chávez, C. H. (2022). *Sostenibilidad de la producción de papa (Solanum tuberosum) de Huasahuasi – Tarma*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7789/T010_19961850_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chilón, N. R. y Tingal, A. M. (2020). *Cuantificación de hierro en los extractos de Beta vulgaris “acelga” y Spinacia oleracea “espinaca” para incentivar su consumo en la prevención de anemia*. [Tesis de Grado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo].

<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1383/FYB-021-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Crouch, I. y Vanstaden, J. (1994). Efecto del concentrado de algas marinas de *Ecklonia maxima* (osbeck) papenfuss sobre la infestación de *meloidogyne incognita* en tomate. *Revista de Ficológia Aplicada*. Pág. 5,1: 30- 4.
- Díaz, M. (2015). *Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el cultivo de Espinaca (Spinacia oleracea L.), en la Zona de Izamba, provincia de Tungurahua*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo].
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/748/T-UTB-FACIAG-AGR-000150.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, M.; Molina, V.; Pazmiño, A.; Chávez, R. X. (2018). Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea L.*), en la zona de Izamba, provincia de Tungurahua. *Revista AGRO-UTB, Número 3*, páginas 3 -12.
<https://docplayer.es/89955790-Efecto-de-la-aplicacion-de-tres-bioestimulantes-en-el-cultivo-de-espinaca-spinacea-oleracea-l-en-la-zona-de-izamba-provincia-de-tungurahua.html>
- Dogra, B., y Mandradia, K. (2012). *Efecto del extracto de algas en el crecimiento y rendimiento de cebolla*. *International Revista de ciencia*. Pág. 2, 59-61.
- Doñate, M. (2013). *Efecto de diferentes enmiendas orgánicas sobre el rendimiento y la concentración de nitrato en un cultivo ecológico de espinaca en un invernadero*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Sur Bahía Blanca].
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3724>
- Erulan, V., G. Thirumaran, P. Soundarapandian, y G. Ananthan. (2009). Estudios sobre el efecto del extracto de *Sargassum polycystum* (C. agardh, 1824) sobre el crecimiento y

- composición bioquímica de *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. Americano euroasiático J. Agric. y Medio Ambiente. *Ciencia* (4): 392-399.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., y Brown, P. (2015). *Fertilización foliar: Principios científicos y práctica de campo*. Primera Edición. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Paris-Francia. 159 p.
- Fuentes, G.; Domínguez, M. A. y Solís, F. C. (2024). *Breve recorrido por la investigación de recursos zoogenéticos en México*. Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca. Primera edición, 2024. https://www.researchgate.net/profile/Gisela-Fuentes-Mascorro/publication/380320441_Breve_recorrido_por_la_investigacion_de_recursos_zoogeneticos_en_Mexico/links/663558fc35243041535fc864/Breve-recorrido-por-la-investigacion-de-recursos-zoogeneticos-en-Mexico.pdf
- Fundación española de la nutrición. (2013). *Verduras y Hortalizas*. Pág., 191-192.
- Gómez, A., y García, P. (2006). *Fitohormonas: metabolismo y modo de acción*. España: Primera Edición, Editorial Universitat Jaume I.
- Gómez, M.E.J. (2004). *Monografía y cultivo de sacha inchi, oleaginosas promisorias para la diversificación productiva en el trópico*. Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria CORPOICA. Primera edición.
- González, J. J. (2022). *El uso de algas marinas como bioestimulantes*. [Tesis de Grado, 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>

- Guillen, V. (2024). Características y comparación de los sistemas de producción de plantas en campo, invernaderos y recintos cerrados con iluminación artificial y ambiente controlado. *Prisma Tecnológico*, 15(1), 3-9. <https://doi.org/10.33412/pri.v15.1.2859>
- Guiry, M. (2006). *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. AlgaeBase.
- Gutiérrez, G. I. (2020). *Aplicación foliar en el viñedo de un extracto del alga Ascophyllum nodosum como herramienta para mejorar la composición nitrogenada, fenólica y aromática de la uva y del vino de las variedades Tempranillo y Tempranillo Blanco*. [Tesis Doctoral, Universidad de la Rioja]. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/229784/1/Dialnet-AplicacionFoliarEnElVinedoDeUnExtractoDelAlgaAscop-281965.pdf>
- Hager, A. (2003). *Papel de la membrana plasmática H⁺-ATPasa en el crecimiento de elongación inducido por auxina: aspectos históricos y nuevos*. *Revista de investigación de plantas* 15. Pág.483-505.
- Hernández, R.; F. Santacruz, M.; Ruiz, J. y Hernández, G. (2014). Efecto de extractos líquidos de algas en el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Ficología Aplicada* 26(1): 619-628.
- Herrera, B. E.; Montiel, J.; Salgado, R.; Basurto, L. M.; Carrillo, A.; Vega, B. J., & Barrales, H. J. (2024). Los metabolitos secundarios biosintetizados por las espinacas (*Spinacea oleracea* L.) y su cultivo in vitro: Una revisión: Secondary metabolites biosynthesized by spinach (*Spinacea oleracea* L.) and the in vitro culture: A review. *E-CUCBA*, (21), 10–18. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.318>
- Hortus S.A. (2014). *Boletín de información técnica de insecticidas, fungicidas, bioestimulantes y semillas*. Pág.13-30.

- Huaynoca, M. M. (2024). *Los créditos productivos y el rendimiento agrícola en el departamento de la Paz, periodo 2003-2020*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/35379>
- Huertas, P. J. (2016). *Evaluación del efecto del guano de isla y EMA en el rendimiento del cultivo de espinaca en el distrito de Recuay - Ancash*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1097>
- Hurtado, V. J. (2016). *Aplicación de dos abonos orgánicos foliares en el rendimiento de 3 cultivares de espinaca en la estación experimental agropecuaria El Mantaro*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3049/4/T026_73531778_T.pdf
- Jimenez, J., Gil, R., Fuentes, L., Niño, N., Espinosa, L., Arias, L., y Garzon, C. (2010). *El cultivo de la espinaca y su manejo fitosanitario en Colombia*. Bogotá, Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Jordan, M., y Casaretto, J. (2006). *Hormonas y reguladores del crecimiento, Auxinas, Giberelinas y Citocinas*. Santiago: Universidad La Serena.
- Maroto, F. (2008). *Elementos de horticultura general*. España: Tercera Edición, Editorial Mundi-Prensa.
- Martínez, A. F. (2021). *Encapsulación de Fischerella TB22 con polímeros biodegradables para mejorar su aplicación como biofertilizante*. [Tesis de Doctorado, Universidad del Mar]. <http://coralito.umar.mx:8383/jspui/bitstream/123456789/272/1/CD1025.pdf>
- Melgar, R. (2005). *Aplicación Foliar de Micronutrientes*. Agrolluvia.Com: Portal informativo para el productor agropecuario. <https://www.researchgate.net/profile/Ricardo->

Melgar/publication/266041063_Aplicacion_Foliar_de_Micronutrientes/links/5b586082a6fdccf0b2f3af1c/Aplicacion-Foliar-de-Micronutrientes.pdf

Mendoza, J. C. (2023). *Efecto de la aplicación de biofertilizantes y un bioestimulante vegetal en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2019/septiembre/0795478/0795478.pdf>

Navarro, G. y Navarro, S. (2014). *Fertilizantes: Química y acción*. 1ª ed. Madrid: Madrid Mundi-Prensa. p 161. *Ibíd.*, p. 161.

Norrie, J., y J. P. Keathley. (2005). Beneficios de las aplicaciones de extractos de plantas marinas de *Ascophyllum nodosum* para la producción de uva 'Thompson seedless'. Actas del X Simposio Internacional sobre Biorreguladores Vegetales en la Producción de Frutas. *Acta hortícola*. 727(1):243–248.

Palomino, L. A. (2023). *Efecto de los bioestimulantes a base de algas marinas en el rendimiento de zanahoria (Daucus carota L.) variedad Royal Chantenay en condiciones de Cayhuayna, Huánuco*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8671>

Peñaherrera, D., Paucar, B., Narváez, G., Torres, C., Villavicencio, A., Panchi, N., Enríquez, A., Escobar, J. (2021). Insumos agroecológicos: estrategia de resiliencia al cambio climático en la Agricultura Familiar Campesina (AFC). Guía de Aprendizaje Nro. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Centro KOPIA- Ecuador; CIP; IICA; INIAP Quito, Ecuador. 172 páginas. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/e18b6245-6c88-40d7-b09b-ad4be653c783/content>

- Pérez, M. B. (2020). *Densidad de siembra en el rendimiento de Spinacea oleracea L. Var. Megatón en Hualgal, Santiago de Chuco, La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/88fa0d00-60e6-4feb-9127-c9ebb6250d9e/content>
- Quenta, O. (2020). Evaluación de dos variedades de albahaca (*Ocimum bacilicum L.*) en sistema hidropónico recirculante NFT en el municipio de Pucarani – La Paz. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/24910>
- Quitral, V., C. Morales, M. Sepúlveda, y M. Schwartz. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista chilena de nutrición* 39(4): 196-202.
- Rayorath, P., Jithesh, M., F., and Arid, A., (2007). Bioensayos rápidos para evaluar la actividad promotora del crecimiento vegetal de *AscoPhyllum nodosum (L.)* Le Jol. Utilizando una planta modelo, *Arabidopsis thaliana (L.)* Heynh. *Revista de Ficología Aplicada*, 20, 423-429.
- Reva, M. (2022). *Estudio de la eficacia agrícola de un gel inoculante micorrízico ultrapuro de última generación*. [Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/handle/10396/23573>
- Romero, M. (2003). *Producción ecológica certificada de hortalizas*. Colombia: U. Jorge Tadeo Lozano.
- Romero, C. A. (2016). *Efectos de las hormonas vegetales sobre el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3032/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rubio, L. E. (2022). *Efecto del Ascophyllum nodosum (APU) sobre el rendimiento del cultivo de zapallito italiano (Cucúrbita pepo L.) – Cajamarca*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4949>
- Saavedra, S. (2013). *Respuesta del cultivo de amaranto (Amaranthus caudatus L.) a la aplicación foliar complementaria con tres bioestimulantes, San José de Minas, Pichincha*. [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://core.ac.uk/download/pdf/71901359.pdf>
- Salcedo, L. K. (2022). *Evaluación de dos métodos de riego bajo tres densidades de siembra en el cultivo de la espinaca morada (Atriplex hortensia L.) en la estación experimental de Patacamaya*. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/29293/T-3026.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, D. F.; Landázuri, M. B.; Ramírez, S. L.; Acosta, M. M. (2024). Desarrollo sostenible y contabilidad: integrando la contabilidad ambiental en prácticas empresariales. *Journal of Economic and Social Science Research*. Vol. 4-Núm. 2. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n2/105>
- Sathya, B.; Indu, H., Seenivasan, R., y Geetha, S. (2010). Influencia del fertilizante líquido de algas en el crecimiento y composición bioquímica del cultivo de leguminosas, *Cajanus cajan* (L.) mill sp. *Revista de fitología* 2(5): 50–63.
- Schwab, W. y Raab, T. (2004). *Cambios en el desarrollo durante la maduración de la fruta de fresa y cambios fisicoquímicos durante el almacenamiento poscosecha*. En R. Dris, & S. Jain, *Prácticas de producción y evaluación de la calidad de los cultivos alimentarios, 'manejo y evaluación de la calidad*. Editores académicos de Kluwer. Países Bajos. Pág. 341-369 pp.

- Tintayo, E. (2020). *Aplicación de diferentes dosis de Bioestimulante Trihormonal en el Rendimiento de cuatro Híbridos de Espinaca (Spinacia oleracea L.)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6395/T010_72948747_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tomala, K. H. (2024). *Optimización de prácticas agrícolas sostenibles en la producción de frijol Phaseolus vulgaris*. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16239/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000130.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Treviño, C. (2015). *La Espinaca, Un Cultivo Con mucho por Ofrecer al Mercado*. Agricultura Moderna.
- Tucto, J. M. y Carbajal, Y. (2024). *Efecto de la fertilización foliar del biol en dos variedades de espinaca (Spinacea oleracea L.) en el distrito de Yanahuanca*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. http://45.177.23.200/bitstream/undac/4743/1/T026_71217789_T.pdf
- Vega, D. A. (2015). *Bioestimulante para la Producción de Lechuga Satival*. ReserchGate, 19, 15-22.
- Velastegui, R. (1997). *Formulaciones naturales y sustancias orgánicas y minerales*. Ecuador. www.hortus.com.pe
- Villacrés, B. A. (2023). *Evaluación de promotores de crecimiento en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa)*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/39764/1/069%20Agronom%c3%ada%20-%20Villacr%c3%a9s%20Pab%c3%b3n%20Bryan%20Andres.pdf>

Yañez, R. (2017). *Nuevos Biofertilizantes a base de algas marinas*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2983>

Zumba, T. L. (2024). *La Neuróbica como estrategia didáctica para el aprendizaje de Biología Vegetal con estudiantes de Tercer Semestre de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/12909/1/UNACH-EC-FCEHT-TG-PQB-026-2024.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Datos tomados en campo (promedios)

Tabla 15

Peso de hojas en toneladas por hectárea.

BLOQUE	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
BI	14.99	16.80	18.60	14.38	20.10	23.24	14.33	26.09	23.79
BII	9.93	26.14	23.60	12.20	19.14	21.30	13.97	20.39	21.56
BIII	18.39	21.44	23.51	14.11	23.36	25.71	12.60	15.04	21.60

Tabla 16

Numero de hojas de espinaca.

Bloques	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
BI	9.00	11.50	15.00	13.00	13.00	20.00	8.65	12.80	11.80
BII	9.70	9.80	10.70	11.45	13.15	17.25	12.25	12.25	12.65
BIII	8.50	9.50	15.80	9.25	13.10	11.10	12.50	12.25	15.45

Tabla 17

Longitud de hojas de espinaca.

Bloques	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
BI	19.60	15.45	29.85	21.90	23.85	28.10	21.25	25.80	28.00
BII	17.75	30.10	22.93	24.50	31.18	29.58	19.95	29.75	29.75
BIII	17.55	24.45	19.55	19.00	23.20	21.45	20.55	25.15	29.75

Tabla 18*Peso de raíz de espinaca.*

Bloques	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
BI	8.50	19.30	39.60	13.80	26.00	19.00	15.90	28.90	33.10
BII	20.00	23.10	30.70	12.10	25.80	28.50	19.10	36.00	37.80
BIII	8.40	17.20	30.70	14.00	20.40	29.10	15.20	27.90	31.50

Anexo 2. Análisis de suelo

Figura 7

Análisis de caracterización de suelos.



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



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : UBER VERA CUBAS

Departamento : CAJAMARCA Provincia : CAJAMARCA
 Distrito : CAJAMARCA Predio : SILVO AGROPECUARIO UNC
 Referencia : H.R. 71705-018C-20 Bolt.: 4000 Fecha : 18 / 02 / 2023

Número de Muestra	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC		Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	meq/100g				
1065		7.50	0.51	0.10	2.21	11.1	169	40	22	38	Fr.Ar.	26.44	23.98	1.67	0.40	0.39	0.00	26.44	26.44	100	

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Figura 8

Variedades de espinaca Híbrida.



Figura 9

Bioestimulante Acadian.



Figura 10

Siembra de variedades híbridas de espinaca.



Figura 11

Deshierbo de espinaca.



Figura 12

Aplicación de riego.



Figura 13

Aplicación de bioestimulante.



Figura 14

Cosecha de espinaca.



Figura 15

Muestras por tratamiento y bloque para la evaluación en laboratorio.



Figura 16

Evaluación del tamaño de la hoja.



Figura 17

Evaluación de la longitud de raíz.



Figura 18

Evaluación del Peso de la planta.

