



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

Respuesta del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de bioestimulantes en el Valle de Barranca

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autora

Geraldine Sthefany Figueroa Sanchez

Asesor

Dr. Angel Pedro Campos Julca

CAMPOS JULCA ANGEL PEDRO
ING. AGRÓNOMO
Reg. Colegio de Ingenieros CIP N° 22274

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN LICENCIADA

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

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Geraldine Sthefany Figueroa Sanchez	71525106	18-11-2025
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Angel Pedro Campos Julca	15733670	https://orcid.org/0000-0002-1418-6104
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Ruben Dario Paredes Martinez	15760212	https://orcid.org/0009-0000-2266-5837
Dr.Edison Goethe Palomares Anselmo	15605363	https://orcid.org/0000-0002-6883-1332
Dr. Roberto Hugo Tirado Malaver	44565193	https://orcid.org/0000-0002-4615-5310

Geraldine Sthefany Figueroa Sanchezexp:071553

Respuesta del cultivo de Vainita (Phaseolus vulgaris L.) a la aplicación de Bioestimulantes en el valle de Barranca

 Quick Submit

 Quick Submit

 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental 2025

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3342721608

Fecha de entrega

17 sep 2025, 2:56 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

19 sep 2025, 1:33 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_GERALD.pdf

Tamaño del archivo

1.6 MB

71 páginas

17.115 palabras

101.521 caracteres



Página 2 de 83 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3342721608

20% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

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

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios quien ha sido la luz
que guía mi camino y fortalecerme en cada desafío.

A mis padres Eduardo y Lidia quienes,
con su amor, paciencia y su esfuerzo me
han permitido llegar a cumplir hoy un sueño
más, agradecer por inculcar en mí el
ejemplo de esfuerzo perseverancia.

También quiero dedicar esta tesis a mi hermana,
por apoyarme, por extender su mano en momentos
difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias.

Finalmente quiero agradecer a todos aquellos que de una
u otra manera contribuyeron a la culminación de esta meta profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la
Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
y a la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental,
por brindarme la formación académica y científica necesaria
para alcanzar mis objetivos.

Agradezco de manera especial al Dr. Ángel Pedro Campos Julca,
asesor de esta investigación, por su valiosa orientación, paciencia
y compromiso durante el desarrollo de este trabajo.

Asimismo, a los docentes, compañeros de estudio y personal del
campo experimental, quienes con su colaboración y palabras de
aliento, hicieron posible la culminación de esta tesis.

Finalmente, a mi familia, por su amor, comprensión y constante
apoyo en cada etapa de mi vida académica.

ÍNDICE

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE GENERAL	7
Índice de Tablas	10
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 Descripción de la realidad problemática	15
1.2 Formulación del problema.....	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Justificación de investigación.....	17
1.5 Delimitación del estudio	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	20
2.2 Bases teóricas.....	21
2.2.2 Aspectos botánicos	22
2.2.2.2 Descripción Botánica	23
2.2.3 Fenología de la Vainita	24
2.2.4 Importancia económica de la vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	25
2.2.5 Valor nutricional de la vainita.....	26
2.2.6 Descripción de la variedad Jade	27
2.2.7 Uso de Bioestimulantes en vainita	27
2.2.8 Mejoramiento del Crecimiento y Desarrollo Vegetativo.....	27
2.2.9 Aumento de la tolerancia al Estrés Hídrico y Térmico	28
2.2.10 Mejora de la Calidad Nutricional y Características Organolépticas.....	28
2.2.11 Control Biológico de Enfermedades y Plagas.....	28

2.2.12	Incremento en la Productividad y Rentabilidad	28
2.2.13	Descripción de AGRIKELP	29
2.2.14	Descripción de Stimplex	30
	Beneficios Agronómicos:	31
2.2.15	Descripción de Agrostemin GL	32
	Composición y Modo de Acción:	32
	Beneficios Agronómicos:	33
2.3	Definiciones de términos básicos	34
2.3.2	Bioestimulantes	34
2.3.3	Respuesta del Cultivo	34
2.3.4	Bioestimulación	35
2.3.5	Estrés abiótico	35
2.3.6	Crecimiento Vegetativo	35
2.3.7	Rendimiento del Cultivo.....	35
2.3.8	Sostenibilidad Agrícola.....	36
2.3.9	Eficiencia en el Uso de Nutrientes	36
2.3.10	Agricultura de Precisión	36
2.3.11	Fertilización Biológica	36
2.4	Hipótesis de investigación.....	37
2.4.1	Hipótesis general	37
2.4.2	Hipótesis específicas	37
2.5	Operacionalización de las variables	37
	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	38
3.1	Gestión del experimento	38
3.1.1	Ubicación.....	38
3.1.2	Características del área experimental	39
3.1.3	Tratamientos.....	41
3.1.4	Diseño experimental	41
3.1.5	Variables a evaluar	42
	Altura de planta.....	42
	Número de flores.....	42
	Número de Vainas por planta	42
	Largo de Vaina	43
	Diámetro de vaina (cm).....	43
	Peso de vainas por planta.....	43

Rendimiento (ton/ha).....	44
3.1.6 Conducción del experimento	44
Demarcación del área experimental	44
Riegos.....	44
Implementación de los tratamientos	44
Cosecha.....	45
3.2 Técnicas para el procesamiento de la investigación.....	45
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	46
4.1 Altura de planta.....	46
4.2 Número de flores.....	48
4.3 Número de vainas por planta	50
4.4 Largo de Vainas	52
4.5 Diámetro de vainas	54
4.6 Peso de Vainas.....	56
4.7 Rendimiento total.....	57
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	59
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6.1 Conclusiones	61
6.2 Recomendaciones	62
CAPÍTULO VII.	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	66

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de las Variables	35
Tabla 2. Tratamientos en estudio	39
Tabla 3. Prueba de análisis de varianza	39
Tabla 4. Análisis de varianza para Altura de planta (cm)	44
Tabla 5. Comparación de tratamientos para Altura de planta (cm)	45
Tabla 6. Análisis de varianza para el número de flores	47
Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para el número de flores	48
Tabla 8. Análisis de varianza para Número de Vainas por planta	49
Tabla 9. Prueba de Tukey para Número de vainas por planta	50
Tabla 10. Análisis de varianza para largo de Vainas (cm)	51
Tabla 11. Comparación de tratamientos para Largo de Vainas (cm)	52
Tabla 12. Análisis de varianza para Diámetro de vainas (cm)	53
Tabla 13. Comparación de tratamientos para Diámetro de vainas	54
Tabla 14. Análisis de varianza para el peso de vainas (gr)	31
Tabla 15. Comparación de tratamientos para el peso de vainas (gr)	32
Tabla 16. Análisis de varianza para rendimiento total (t/ha)	35
Tabla 17. Comparación de tratamientos para rendimiento total (t/ha)	36

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución tratamientos en el campo experimental.	38
Figura 2. Comparación de promedios de tratamientos para Altura de planta(cm)	46
Figura 3. Comparación de promedios de tratamientos para el número de flores.....	48
Figura 4. Comparación de promedios de tratamientos para número de vainas por planta.	50
Figura 5. Comparación de promedios de tratamientos para largo de vainas (cm).....	53
Figura 6. Comparación de promedios de tratamientos para diámetro de vainas (cm).....	55
Figura 7. Comparación de promedios de tratamientos para diámetro de vainas (cm).....	56
Figura 8. Comparación de promedios de tratamientos para el rendimiento total (t/ha)...	59

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de Barranca, región Lima, Perú. Se aplicaron tres tratamientos con bioestimulantes (Agrikelp, Stimplex y Agrostemin GL) y un testigo sin tratamiento, bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de flores, número de vainas por planta, largo y diámetro de vainas, peso de vainas por planta y rendimiento total (toneladas por hectárea). Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, siendo Agrikelp el bioestimulante que presentó los mejores efectos sobre todas las variables analizadas. Se concluye que la aplicación de bioestimulantes, especialmente a base de extractos de algas marinas, favorece el crecimiento vegetativo, incrementa la calidad del fruto y mejora significativamente el rendimiento del cultivo de vainita en condiciones agroclimáticas del valle de Barranca. El uso de bioestimulantes se plantea como una alternativa sostenible para fortalecer la productividad agrícola, reducir el uso de insumos químicos y promover sistemas de cultivo más eficientes.

Palabras clave: Vainita, Bioestimulantes, *Phaseolus vulgaris* L., Rendimiento, Agrikelp, Stimplex, Agrostemin GL.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of different biostimulants on the growth, development, and yield of vanilla (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Barranca valley, Lima region, Peru. Three biostimulant treatments were applied (Agrikelp, Stimplex and Agrostemin GL) and a control without treatment, under a completely randomized block design (CBAD) with four replications. The variables evaluated were plant height, number of flowers, number of pods per plant, pod length and diameter per plant, pod weight per plant and total yield (tons per hectare). The results showed statistically significant differences between treatments, with Agrikelp being the biostimulant with the best effects on all the variables analyzed. It was concluded that the application of biostimulants, especially those based on seaweed extracts, had a better effect on all the variables analyzed. It is concluded that the application of biostimulants, especially those based on seaweed extracts, favors vegetative growth, increases fruit quality and improves fruit quality, the fruit quality and significantly improves the yield of vanilla under agroclimatic conditions of the Barranca valley. The use of biostimulants is proposed as a sustainable alternative to strengthen agricultural productivity, reduce the use of chemical inputs and promote more efficient cropping systems.

Key words: Vainita, Biostimulants, *Phaseolus vulgaris* L., Yield, Agrikelp, Stimplex, Agrostemin GL.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.), también conocida como ejote o frijol verde, representa una fuente importante de ingresos y seguridad alimentaria para los pequeños y medianos productores agrícolas en diversas regiones del Perú, incluido el valle de Barranca. Esta leguminosa no solo es valorada por su aporte nutricional alto contenido de proteínas, fibra, vitaminas y minerales— sino también por su adaptabilidad a diversos sistemas de producción hortícola (Santos et al., 2019).

Sin embargo, el rendimiento y la calidad de este cultivo se ven frecuentemente limitados por factores bióticos y abióticos, tales como el estrés hídrico, la baja fertilidad de los suelos y las prácticas agronómicas tradicionales que muchas veces no responden a las exigencias actuales de sostenibilidad y eficiencia agrícola (FAO, 2020). Frente a estas limitaciones, el uso de bioestimulantes se ha propuesto como una alternativa agroecológica innovadora y eficaz. Los bioestimulantes son productos de origen natural a base de extractos vegetales, algas marinas, microorganismos beneficiosos, entre otros que estimulan procesos fisiológicos en las plantas, mejorando su crecimiento, productividad y tolerancia al estrés (du Jardin, 2015; Calvo et al., 2014).

En los últimos años, diversos estudios han demostrado que la aplicación de bioestimulantes puede generar efectos positivos en el desarrollo fenológico, la eficiencia en la absorción de nutrientes y el rendimiento de cultivos hortícolas, incluyendo leguminosas como la vainita (Lucini et al., 2018). Sin embargo, la eficacia de estos productos puede variar según las condiciones agroclimáticas, el tipo de suelo y el manejo agronómico local, por lo que es necesario validar su impacto en contextos específicos, como el del valle de Barranca.

En este sentido, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de diferentes bioestimulantes, considerando variables agronómicas clave como el crecimiento vegetativo, la floración, el rendimiento y la calidad de las vainas. Los resultados obtenidos permitirán generar recomendaciones técnicas que contribuyan a mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo en esta región agrícola.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En el contexto agrícola actual del Perú, y específicamente en el valle de Barranca, la producción hortícola enfrenta múltiples desafíos que limitan la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de cultivo. La vainita (*Phaseolus vulgaris* L.), como cultivo de importancia económica y nutricional, es uno de los más afectados por las condiciones edafoclimáticas adversas, la baja fertilidad del suelo, y el uso intensivo de agroquímicos, los cuales han deteriorado progresivamente la salud del suelo y reducido la productividad a largo plazo (MINAGRI, 2021).

A pesar de que este valle posee un potencial agroclimático favorable para el cultivo de vainita, se observa una productividad inferior al promedio nacional en algunas campañas agrícolas. Esta situación se atribuye, entre otros factores, a prácticas agronómicas poco innovadoras y a la escasa adopción de tecnologías sustentables que favorezcan un desarrollo vegetal óptimo y resiliente frente al estrés ambiental. Asimismo, el uso excesivo de fertilizantes químicos no solo representa un incremento en los costos de producción, sino también un riesgo ecológico significativo (Vera et al., 2019).

En este escenario, la aplicación de bioestimulantes surge como una alternativa prometedora para mejorar la eficiencia fisiológica de los cultivos, incrementar su rendimiento y reducir la dependencia de insumos sintéticos. Sin embargo, en el ámbito local, aún existe un limitado conocimiento técnico y científico respecto a su efectividad en condiciones específicas como las del valle de Barranca, donde los suelos presentan características físico-químicas variables y las condiciones climáticas son cambiantes.

La falta de estudios sistemáticos que evalúen el impacto de diferentes bioestimulantes en el cultivo de vainita en esta zona limita la capacidad de los agricultores para tomar decisiones informadas sobre su manejo agronómico. Esta brecha de conocimiento impide, además, la formulación de estrategias sostenibles orientadas a mejorar la productividad sin comprometer la salud ambiental ni la rentabilidad del sistema agrícola.

En consecuencia, se hace necesario investigar y validar científicamente el efecto de la aplicación de bioestimulantes en el cultivo de vainita bajo las condiciones propias del valle

de Barranca. Esta información contribuirá no solo al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles, sino también al fortalecimiento de la economía local y la seguridad alimentaria.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será la respuesta de la aplicación de Bioestimulantes en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle Barranca?

1.2.2 Problemas específicos

¿Qué bioestimulante tiene mejor respuesta sobre el desarrollo vegetativo en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de Barranca?

¿Qué bioestimulante responde en mayor medida sobre la calidad y desarrollo de vainas en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de Barranca?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta de la aplicación de bioestimulantes en el desarrollo y producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de Barranca.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar la respuesta de la aplicación de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de Barranca.

Determinar la respuesta de la aplicación de bioestimulantes sobre la calidad y desarrollo de vainas en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle Barranca.

1.4 Justificación de investigación

La necesidad de mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola en el valle de Barranca exige la incorporación de tecnologías agronómicas que sean ecológicas, económicas y eficientes. El uso de bioestimulantes representa una alternativa viable para reducir el uso de agroquímicos sintéticos, mejorar la salud del suelo y aumentar la productividad del cultivo de vainita. A pesar de su creciente adopción en otras regiones, en Barranca aún se desconoce su eficacia bajo condiciones locales.

Esta investigación busca llenar ese vacío, proporcionando información científica y técnica sobre los efectos de distintos bioestimulantes en el cultivo de vainita. Los resultados permitirán formular recomendaciones prácticas para los productores, fomentando una agricultura más resiliente, sostenible y rentable. Asimismo, contribuirá al desarrollo de conocimientos aplicables a otros cultivos hortícolas en la región, alineándose con los objetivos de sostenibilidad agraria promovidos por instituciones nacionales e internacionales.

1.5 Delimitación del estudio

La investigación se desarrollará en el campo Tolon grande ubicado en el Km. 192.6 de la antigua panamericana norte en el distrito y provincia de barranca. Durante los meses de enero a marzo del 2025.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Campos et al, (2022) En su investigación menciona que se realizó en la finca “El Paraíso” del cantón Pangua, recinto Calope de Garrido, provincia de Cotopaxi. El objetivo general fue evaluar cómo tres abonos orgánicos (humus de lombriz, bocashi y compost) afectaban el rendimiento agronómico del cultivo de fréjol. Los objetivos específicos incluyeron estudiar el desarrollo morfológico del cultivo en respuesta a los insumos agronómicos, determinar el rendimiento de los abonos orgánicos aplicados al cultivo de fréjol y realizar un análisis económico de los tratamientos investigados. El experimento duró 90 días, comenzando con la aplicación del cultivo y terminando con la cosecha, y tuvo lugar en una parcela de 168 m² con 20 parcelas individuales y 500 plantas. Se midió la altura de la planta en centímetros, los días hasta la floración cuando el cultivo alcanzó el 50% de floración, la longitud de la vaina en centímetros, el número de granos por vaina, los días hasta la cosecha y el rendimiento en kilogramos. También se registró el número de vainas por planta y sus respectivos tamaños. Había un total de 25 unidades experimentales en el estudio, cada una de ellas con cinco plantas analizadas. El diseño incluyó cinco tratamientos y cuatro repeticiones, según el diseño de bloques completamente aleatorizados (CRAB). El tratamiento con compost tuvo la mayor altura media de planta con 43,00 cm, seguido del humus de lombriz y el bocashi con 40,00 cm. En las demás variables, el humus de lombriz tuvo el mayor rendimiento medio del tratamiento con 2,50 kg/parcela, lo que lo convierte en el mejor fertilizante de la investigación. El tratamiento con humus tuvo la mejor relación beneficio-coste con 0,63 USD, mientras que el tratamiento con bocashi quedó en segundo lugar con 0,50 USD.

Llomitoa et.al, (2020) Menciona que se realizó el estudio para evaluar la producción de fréjol canario en la finca “Angamarca la Vieja”, ubicada en las coordenadas geográficas 01° 06' latitud S y 79° 0' longitud O, con una altitud de 1700 m.s.n.m. Esta finca se encuentra dentro de la parroquia Ramón Campaña, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi. El objetivo fue evaluar el cultivo de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris*) en la región del Pilancón mediante la aplicación de tres dosis distintas de abonos orgánicos. Se utilizaron dos tipos de fertilizantes (pollinaza y humus de lombriz) durante un período de 90 días, con toma de datos a los 20, 40, 60 y 80 días.

Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), número de vainas por planta, peso de 100 semillas (g) y rendimiento (kg). Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBC), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, además de tres controles (dos tecnologías del agricultor y un control absoluto), con 24 plantas como unidad experimental. Los resultados indican que la aplicación de fertilización con pollinaza en dosis de 4gk m², 6kg m² y 8kg m² produjo resultados superiores, mientras que los demás tratamientos arrojaron resultados inferiores en las siguientes variables: altura de la planta, número de vainas, peso de 100 semillas y producción total.

Galarza, (2023) Este proyecto de investigación se llevó a cabo en los cantones de Valencia y Ventanas para evaluar la respuesta agronómica del frijol cuarterano (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad riñón rojo a la aplicación de fertilizantes orgánicos foliares. Los objetivos propuestos incluyen determinar las respuestas agronómicas de la judía cuarterona en dos zonas climáticas distintas, identificar la dosis óptima de abonos orgánicos foliares para el cultivo de la judía cuarterona y analizar los costes de aplicación asociados a los abonos orgánicos en el cultivo de la judía cuarterona. Se implementó un diseño de bloques completamente aleatorizados (DBC), consistente en cinco tratamientos y tres repeticiones. En el estudio se evaluaron varios parámetros agronómicos, como el porcentaje de germinación, la altura de la planta, los días hasta la floración, los días hasta la formación de la vaina, el número de vainas, los días hasta la cosecha, el peso de la judía por planta, el peso neto en kg por parcela, y se realizó un análisis económico. Los resultados del porcentaje de germinación para Cantón Valencia indicaron una tasa de éxito del 94% para la altura de la planta, con el T4 exhibiendo las medidas más altas de 10,55, 23,10 y 31,40 cm a los 15, 30 y 45 días post-evaluación, respectivamente. El T4 también mostró un periodo de floración de 29,90 días. La formación de vainas se observó a los 33,50 días para el T4, que registró el mejor recuento de vainas con 6,15. La evaluación de la cosecha reveló que T4 alcanzó los 42,45 días, junto con su peso por planta en estudio. T4 mostró resultados superiores, con un rendimiento de 18,94 gramos por planta, y también produjo el mayor rendimiento por parcela con 1,29 kg/parcela. El porcentaje de germinación de Cantón Ventanas fue del 95%. En cuanto a la altura de la planta, los promedios registrados fueron de 10,60 cm, 22,90 cm y 32,40 cm a los 15, 30 y 45 días post-evaluación, respectivamente. El tratamiento T4 mostró el menor tiempo hasta la floración, con 29,00 días, mientras que el T3 demostró una formación óptima de vainas a los 36,25 días. En cuanto al número de vainas, el T4 registró la media más alta con 15,75 vainas. Además, el T4 obtuvo la cosecha más temprana a los 44,45 días y el mayor peso por planta a los 32,24 g. El rendimiento máximo por parcela también se observó en el T4, alcanzando los 88,00 kg/ha.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Garay, (2023) En su investigación menciona que se responsabiliza al programa de fertilización mineral y al uso externo de bioestimulantes el bajo rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. Este experimento se llevó a cabo para evaluar el impacto de diferentes niveles de fertilización (NF) y extractos de algas marinas (EAM) en el desarrollo, madurez y cosecha de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade. Los niveles de NF ensayados fueron 0:0:0, 50:60:60, y 100:120:120. Los tratamientos EAM fueron Fertimar, Kelpak, algas Basfoliar y Control. De enero a febrero de 2022, un diseño factorial 3x4 organizado en bloques completos al azar (RCBD) se utilizó en el experimento que tuvo lugar en Nuevo Imperial, Cañete, Perú. El análisis de datos se realizó utilizando R Studio. Los tratamientos fueron asignados al azar en tres ensayos separados utilizando un diseño factorial 3x4. Hubo una mayor reacción con el nivel NPK 90:100:100, pero no hubo diferencia significativa entre éste y el nivel NPK 50:60:60, sugiriendo que la fertilización mineral tuvo un impacto positivo en la altura de la planta, área foliar, conteo de vainas, peso de vainas y rendimiento. No hubo cambios estadísticamente significativos en las variables de evaluación tras el tratamiento con extractos de algas marinas. Por el contrario, la altura media de la planta fue 31,26 cm mayor en la interacción NF 90:100:100 + EAM Kelpak, mientras que el diámetro de la vaina fue 8,933 mm mayor en la interacción NF 50:60:60 + EAM Kelpak. Por otro lado, las plantas NF 90:100:100 + EAM Fertimar produjeron más en general, con un área foliar promedio de 3547,83 cm², 15,33 vainas por planta, 9,39 gr. de peso de vaina y 13,52 t/ha de producción total.

Verde, (2022) En su estudio que realizó con el objetivo de este experimento es averiguar cómo cinco elementos no hormonales afectan el crecimiento y la cosecha de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de Huaral. Como metodología científica se utilizó el RCBD. Los tratamientos incluyeron aminoácidos a ½ l/ha, ácido húmico a 2 l/ha, algas marinas a ½ l/ha, microelementos a ½ l/ha, microelementos a ½ l/ha, y 20-20-20 a 2 kg/ha; hubo 4 repeticiones de cada tratamiento. La unidad experimental era de 200 m², y había 600 plantas en total. Las variables evaluadas fueron el tamaño de la vaina (cm), el peso de la vaina (gr.), el diámetro de la vaina (cm) y el rendimiento (tn/ha). A continuación, se presentan los resultados del análisis: En cuanto al rendimiento, se observó que el producto 20-20-20 tenía una mayor tasa de producción, con un rendimiento medio de 11,06 tn/ha. En el caso de los aminoácidos, el peso de la vaina por unidad fue de 11,08 gramos, la longitud de la vaina por vaina fue de 16,78 cm y la anchura de la vaina por vaina fue de 16,78 cm, mejor que en el caso de otros nutrientes. Las vainas de algas medían 0,73 cm de diámetro. el tipo que se colocó fue el jade. En resumen: Tras el tratamiento de 20-20-20 (NPK), el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) mostró un aumento de la producción. En cuanto al peso de la vaina, se observó que los tratamientos que incluían la

administración de aminoácidos tuvieron resultados superiores en cuanto a la longitud de la vaina (16,78cm). El tratamiento con algas obtuvo los mejores resultados en cuanto al diámetro de la vaina, con 0,73 cm.

Vásquez, (2021) En su investigación tuvo como objetivo conocer el impacto de la aplicación del bioestimulante orgánico aminogol en tres dosis y tres aplicaciones distintas en el Centro Experimental Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca. aplicación sobre el rendimiento en estado verde de la variedad processor del cultivo de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). Se obtuvieron 30 unidades experimentales utilizando el diseño estadístico de bloques completamente al azar (DBCA) con una factorial de $3 \times 3 + 1$. Se obtuvieron así 10 tratamientos, incluyendo el testigo y 3 repeticiones. Cada unidad experimental, fue de 7,20 m² (3 m x 2,4 m) y cuatro surcos, en cada uno de los cuales se plantaron dos semillas, con lo que se obtuvieron 19 golpes por surco y 76 golpes en total en cada tratamiento. Se realizaron tres aplicaciones (25, 50 y 75 días después de la siembra) y tres dosis (0,5, 1,0 y 1,5 L ha⁻¹) del producto. Además, se realizaron la prueba de Tukey y el análisis de la varianza (ANVA) a un nivel de significación del 5%. Tras la realización de los análisis estadísticos correspondientes, se determinó que el mejor momento para aplicar el bioestimulante (aminogol) era cuando el cultivo de vainita de la variedad Processor se encontraba en su fase verde, con un rendimiento de 13,841.38 kg/ha cuando la dosis óptima del bioestimulante era de 1,0 L/ha. 50 días después de la siembra, la variedad Processor de la variedad Vanita Processor rindió 13,479.21 kg ha⁻¹ tras la aplicación del bioestimulante (aminogol).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen de la Vainita (*Phaseolus vulgaris* L.)

La vainita, también conocida como frijol verde, ejote o poroto en diferentes regiones, corresponde a la especie *Phaseolus vulgaris* L., una leguminosa ampliamente cultivada por sus vainas inmaduras comestibles. Esta especie es originaria del continente americano y presenta una notable diversidad genética y morfológica debido a su domesticación en dos centros principales: Mesoamérica y los Andes. Diversos estudios genéticos han demostrado que *P. vulgaris* fue domesticada de forma independiente en ambos centros, dando lugar a razas y variedades adaptadas a distintos ambientes agroecológicos (Bitocchi et al., 2013).

La domesticación de la vainita se remonta a más de 7,000 años atrás, siendo inicialmente cultivada por pueblos precolombinos como parte fundamental de los sistemas agrícolas basados en la trilogía maíz-frijol-calabaza. Con el paso del tiempo, *Phaseolus vulgaris* se expandió por América Central y del Sur, adaptándose a una variedad de condiciones climáticas, desde zonas templadas hasta regiones tropicales. Su introducción en Europa y otros continentes ocurrió tras el intercambio biológico poscolombino, lo que permitió su posterior diversificación y mejora genética en otras partes del mundo (Gepts, 2004).

En la actualidad, la vainita no solo conserva su importancia cultural y alimentaria, sino que también destaca como un cultivo hortícola de alto valor económico. Su cultivo ha evolucionado hacia el desarrollo de variedades tipo filete o "snap bean", seleccionadas por su textura tierna, sabor suave y ausencia de fibras en las vainas, características altamente valoradas en mercados locales e internacionales (Singh, 2001).

2.2.2 Aspectos botánicos

2.2.2.1 Taxonomía

La vainita, conocida también como frijol verde, ejote o judía tierna, pertenece a la especie *Phaseolus vulgaris* L., una de las leguminosas más cultivadas a nivel mundial tanto para el consumo de sus semillas como de sus vainas inmaduras. Esta especie forma parte de la familia Fabaceae (anteriormente conocida como Leguminosae), un grupo botánico que incluye plantas con la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, característica clave para su importancia agrícola.

Desde el punto de vista taxonómico, *Phaseolus vulgaris* se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Papilionoideae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

Esta especie es la más representativa del género *Phaseolus*, el cual incluye más de 50 especies, aunque solo unas pocas han sido domesticadas. *P. vulgaris* se caracteriza por ser una planta anual, herbácea, con hábito de crecimiento determinado o indeterminado, y presenta flores papilionadas típicas de las leguminosas. Su alta variabilidad genética ha permitido el desarrollo de numerosas variedades adaptadas a distintas regiones geográficas y condiciones de cultivo (Debouck & Toro, 2004).

Además, debido a su plasticidad fenotípica, *Phaseolus vulgaris* ha sido clasificada en dos grandes grupos genéticos: el mesoamericano y el andino, diferenciados por características morfológicas, adaptación climática y variabilidad en el tamaño y color de semillas y vainas (Gepts et al., 2008).

2.2.2.2 Descripción Botánica

Phaseolus vulgaris L., comúnmente conocida como vainita, frijol verde, es una planta herbácea anual perteneciente a la familia Fabaceae, ampliamente cultivada por sus vainas inmaduras o semillas secas. Es una especie de crecimiento versátil que presenta una gran diversidad morfológica, lo que ha permitido su adaptación a distintos entornos agroecológicos.

El sistema radicular es pivotante, con raíces secundarias bien desarrolladas y capacidad de establecer simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*, lo que le permite contribuir significativamente a la mejora de la fertilidad del suelo (Debouck & Hidalgo, 1986). El tallo puede tener hábito de crecimiento determinado (arbustivo) o indeterminado (trepador), alcanzando alturas que varían entre 30 cm y más de 2 metros, dependiendo de la variedad y condiciones de cultivo.

Las hojas son compuestas, trifoliadas, con pecíolos largos y folíolos ovados o elípticos, de bordes enteros y disposición alterna. Presentan una coloración verde intensa y una superficie pubescente en algunas variedades. Las flores son típicas de las leguminosas, con morfología papilionada, hermafroditas y de colores variados que van del blanco a la púrpura. Estas se disponen en racimos axilares y están adaptadas a la autopolinización, aunque puede presentarse polinización cruzada en menor grado (Singh, 2001).

El fruto es una vaina alargada, dehiscente, que contiene de 4 a 10 semillas en su interior. Las vainas pueden ser rectas o ligeramente curvadas, con longitudes que varían entre 10 y 20 cm, dependiendo de la variedad. En las variedades tipo "snap bean" o vainita, las vainas son cosechadas inmaduras, tiernas y sin fibras. Las semillas muestran una gran variabilidad en forma, tamaño y color, atributos que han sido utilizados para clasificar diferentes razas dentro de la especie (Gepts, 2004).

Esta diversidad morfológica y fisiológica convierte a *Phaseolus vulgaris* en una especie de alto valor agronómico, permitiendo su cultivo tanto a pequeña como a gran escala, en distintos pisos ecológicos.

2.2.3 Fenología de la Vainita

La fenología del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) comprende las etapas de desarrollo que experimenta la planta desde la siembra hasta la cosecha. Este conocimiento es fundamental para una adecuada planificación agronómica, ya que permite optimizar las labores de campo, el uso de insumos y la toma de decisiones en función de las condiciones climáticas locales. El ciclo fenológico de la vainita puede variar según la variedad utilizada, las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronómico, aunque generalmente se clasifica en cinco fases principales: germinación y emergencia, desarrollo vegetativo, floración, formación de vainas, y madurez fisiológica (Sánchez et al., 2019; CIAT, 2001).

Germinación y emergencia: Ocurre dentro de los primeros 5 a 10 días después de la siembra, dependiendo de la temperatura y humedad del suelo. Durante esta fase, la semilla absorbe agua, activa su metabolismo y emite la radícula. La emergencia del hipocótilo marca el inicio del crecimiento aéreo de la planta.

Desarrollo vegetativo: Comprende la aparición de los primeros nudos, hojas verdaderas y ramas secundarias. Esta etapa es crítica para la formación del dosel foliar y la capacidad fotosintética. La duración varía entre 10 y 20 días posteriores a la emergencia (Gepts, 2004).

Floración: Inicia generalmente entre los 25 y 35 días después de la siembra, dependiendo de la variedad y temperatura ambiental. Las flores, de tipo papilionáceo, aparecen en las axilas de las hojas. Esta etapa es sensible al estrés hídrico y nutricional, ya que determina directamente el número de flores que llegarán a convertirse en vainas.

Fructificación o formación de vainas: Aproximadamente de los 30 a 50 días después de la siembra, se desarrolla el cuajado de vainas. Las vainas comienzan a elongarse y a engrosar. En variedades tipo filete o snap bean, esta etapa es clave, ya que la calidad comercial del producto depende del momento adecuado de cosecha.

Madurez fisiológica: En cultivos orientados al consumo de grano seco, esta etapa ocurre entre los 70 y 90 días. En cambio, en cultivos de vainita para consumo fresco, la cosecha se realiza entre los 45 y 60 días, cuando las vainas están tiernas, verdes y sin formación completa de semillas (Sánchez et al., 2019).

El seguimiento fenológico también permite determinar el momento óptimo para la aplicación de prácticas agronómicas como fertilización, riego y uso de bioestimulantes, cuyo efecto puede ser más efectivo en fases específicas del ciclo del cultivo.

2.2.4 Importancia económica de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.)

El cultivo de vainita, o frijol verde (*Phaseolus vulgaris* L.), representa un rubro agrícola de creciente relevancia económica tanto a nivel nacional como internacional. Su demanda sostenida se debe a que es un producto hortícola con alta aceptación en los mercados frescos y de exportación, especialmente en presentaciones tipo filete o “snap bean”, apreciadas por su textura tierna y valor nutricional (FAOSTAT, 2022).

En el ámbito internacional, la vainita se cultiva ampliamente en países de América Latina, Asia y África, donde constituye una fuente importante de ingresos para pequeños y medianos agricultores. Según datos de la FAO, su producción global supera los 23 millones de toneladas anuales, siendo China, India y Estados Unidos los principales países productores (FAO, 2022).

En Perú, la vainita es una de las hortalizas más importantes dentro del grupo de leguminosas frescas. Su cultivo se concentra en regiones como Lima (valle de Barranca), Ica, La Libertad y Arequipa, donde las condiciones agroclimáticas favorecen una producción continua durante gran parte del año. Además, su cultivo tiene ventajas comerciales por su participación en cadenas cortas de comercialización y su creciente inserción en mercados agroexportadores, lo que genera empleo y dinamiza las economías locales (MINAGRI, 2021).

El desarrollo de tecnologías que incrementen el rendimiento y la calidad del cultivo, como el uso de bioestimulantes, resulta esencial para mejorar la competitividad del producto y fortalecer su valor en el mercado. Así, la vainita no solo es importante como fuente de alimento, sino como motor de desarrollo económico regional.

2.2.5 Valor nutricional de la vainita

Desde el punto de vista nutricional, la vainita constituye un alimento funcional por su bajo contenido calórico y alto valor nutritivo. Está compuesta principalmente por agua (cerca del 90 %), pero también es una buena fuente de fibra dietética, proteínas vegetales, vitaminas (como la vitamina A, C y ácido fólico) y minerales esenciales como hierro, magnesio y potasio (USDA, 2020).

A diferencia de otros frijoles secos, la vainita se consume en estado inmaduro, lo que preserva su contenido de antioxidantes y compuestos bioactivos. Diversos estudios han demostrado que su consumo regular puede contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la regulación del metabolismo, gracias a su perfil de micronutrientes y compuestos fenólicos (Silva et al., 2016).

Además, su alto contenido de fibra insoluble favorece la salud digestiva, mientras que su bajo índice glucémico la convierte en un alimento recomendable para personas con diabetes o que buscan controlar su peso corporal. Estas características refuerzan su valor como hortaliza esencial dentro de una dieta balanceada y saludable.

2.2.6 Descripción de la variedad Jade

La variedad de vainita Jade ha ganado popularidad en Perú por sus características agronómicas y su buena aceptación en los mercados tanto locales como internacionales. Esta variedad se distingue por sus vainas de color verde intenso, que son de textura tierna y sabor suave, lo que la hace ideal para el consumo fresco. Además, la Jade se caracteriza por su resistencia a diversas enfermedades comunes en cultivos de legumbres, lo que facilita su manejo en condiciones de cultivo con un control mínimo de plagas y enfermedades (Guzmán & Herrera, 2022).

En cuanto a su adaptabilidad, la Jade es especialmente adecuada para regiones de clima templado a cálido en Perú, como la costa central y zonas bajas de los Andes, donde los sistemas de riego pueden asegurar una producción óptima (Flores & López, 2021). Esta variedad presenta una alta productividad y un ciclo de cosecha relativamente corto, lo que permite a los productores maximizar sus rendimientos en un período de tiempo reducido. Además, la Jade es resistente a condiciones climáticas extremas, lo que la convierte en una opción viable dentro de la agricultura sostenible en el país (Guzmán & Herrera, 2022).

2.2.7 Uso de Bioestimulantes en vainita

El uso de bioestimulantes en la vainita (*Phaseolus vulgaris*) se ha convertido en una práctica cada vez más frecuente debido a los beneficios que estos productos ofrecen para mejorar el rendimiento de los cultivos y promover una producción más sostenible. Los bioestimulantes son sustancias naturales o microorganismos que, cuando se aplican a las plantas, estimulan sus procesos fisiológicos y metabólicos, sin ser nutrientes directos, pero mejorando la absorción de los nutrientes disponibles y aumentando la resistencia al estrés ambiental y a enfermedades.

2.2.8 Mejoramiento del Crecimiento y Desarrollo Vegetativo

Los bioestimulantes, como los extractos de algas marinas, ácidos húmicos, y los aminoácidos, han demostrado promover el crecimiento más vigoroso de las vainitas. La aplicación de estos productos puede aumentar la actividad enzimática y la formación de raíces, lo que mejora la absorción de nutrientes y agua, resultando en plantas más sanas y fuertes (González et al., 2021). Esto es especialmente importante en condiciones de suelo subóptimo o en áreas con deficiencia de nutrientes.

2.2.9 Aumento de la tolerancia al Estrés Hídrico y Térmico

Los bioestimulantes tienen la capacidad de mejorar la resistencia de la vainita a factores de estrés abiótico, como la sequía y las altas temperaturas. Al actuar sobre los sistemas antioxidantes de la planta, los bioestimulantes ayudan a mitigar el daño causado por el estrés térmico y el déficit hídrico. Esto es particularmente relevante en zonas de Perú donde las fluctuaciones climáticas y las sequías pueden afectar la productividad de las vainitas (Hernández et al., 2020).

2.2.10 Mejora de la Calidad Nutricional y Características Organolépticas

La aplicación de bioestimulantes puede incrementar los niveles de compuestos nutricionales en la vainita, como proteínas, vitaminas y minerales, mejorando la calidad nutricional del cultivo. Además, algunos bioestimulantes pueden influir en el sabor, textura y color de las vainitas, haciéndolas más atractivas para los consumidores. Esto tiene una implicancia directa en la competitividad del producto en mercados tanto locales como internacionales (González et al., 2020).

2.2.11 Control Biológico de Enfermedades y Plagas

Los bioestimulantes que contienen microorganismos benéficos (como bacterias y hongos de tipo *Trichoderma*) pueden actuar como un mecanismo de defensa natural contra patógenos y plagas que afectan a la vainita. Estos microorganismos pueden competir por espacio y nutrientes con los patógenos, inhibiendo su desarrollo y reduciendo la necesidad de pesticidas químicos. Esta práctica favorece un manejo integrado de plagas y enfermedades, lo que aumenta la sostenibilidad del cultivo (Pérez et al., 2021).

2.2.12 Incremento en la Productividad y Rentabilidad

El uso de bioestimulantes ha mostrado un incremento significativo en los rendimientos de las vainitas, especialmente cuando se utilizan en combinación con un manejo adecuado de riego y nutrientes. El aumento en la eficiencia del uso del agua y nutrientes permite a los productores obtener mayores cosechas, lo que se traduce en un aumento de la rentabilidad. Este aspecto es crucial para la agricultura comercial de vainita, particularmente en el contexto peruano, donde la demanda tanto interna como externa está en constante crecimiento (López et al., 2021).

2.2.13 Descripción de AGRIKELP

Agrikelp es un bioestimulante a base de extractos de algas marinas, específicamente de *Ascophyllum nodosum*, una especie de alga parda que se destaca por su alta concentración de compuestos bioactivos beneficiosos para las plantas. Este producto se utiliza en la agricultura para promover el crecimiento vegetal, mejorar la resistencia al estrés abiótico y mejorar la calidad de los cultivos. Agrikelp se presenta comúnmente en forma líquida o en polvo, y es utilizado tanto en cultivos convencionales como en aquellos manejados bajo prácticas de agricultura ecológica.

Composición y Modo de Acción: Agrikelp contiene una variedad de compuestos orgánicos de origen vegetal, incluyendo aminoácidos, polisacáridos, proteínas, vitaminas, fitohormonas y minerales. Estos componentes desempeñan un papel crucial en los procesos fisiológicos de las plantas. Las fitohormonas, como auxinas, giberelinas y citoquininas, presentes en el extracto de *Ascophyllum nodosum*, son responsables de estimular el crecimiento de las raíces, mejorar la absorción de nutrientes y aumentar la tasa de fotosíntesis (Tzortzakis & Economakis, 2019). Los polisacáridos y compuestos fenólicos en el extracto de algas ayudan a fortalecer las paredes celulares, mejorando la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas, y a mitigar los efectos del estrés abiótico.

Beneficios Agronómicos:

Estimulación del Crecimiento y Desarrollo Radicular: La aplicación de Agrikelp favorece un desarrollo radicular más vigoroso, lo que resulta en una mejor absorción de agua y nutrientes esenciales. Esto es particularmente útil en suelos pobres o en condiciones de cultivo donde la eficiencia de nutrientes es limitada (Sampath et al., 2020).

Resistencia al Estrés: Agrikelp ayuda a las plantas a enfrentar el estrés abiótico causado por factores como sequía, temperaturas extremas, salinidad y otros factores ambientales adversos. Los compuestos bioactivos en el producto fortalecen las defensas antioxidantes naturales de las plantas, reduciendo el daño celular y mejorando su capacidad para tolerar condiciones estresantes (Tzortzakis & Economakis, 2019).

Mejora de la Calidad de los Cultivos: Su uso ha demostrado mejorar la calidad nutricional de los cultivos, incrementando los niveles de vitaminas, minerales y compuestos

antioxidantes en las plantas. Además, en cultivos hortícolas y frutales, Agrikelp contribuye a mejorar la uniformidad del tamaño de los frutos y su sabor, lo que aumenta la competitividad en los mercados (González et al., 2021).

Estimulación de la Actividad Microbiana en el Suelo: Agrikelp favorece la actividad microbiana en el suelo, lo que contribuye a mejorar la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes. Esta acción también favorece la descomposición de materia orgánica y la mejora de la calidad del sustrato (Sampath et al., 2020).

Aplicación y Uso: Agrikelp se puede aplicar de varias maneras, dependiendo de las necesidades del cultivo y las condiciones específicas de cada sistema agrícola. Las aplicaciones foliares son comunes, especialmente en cultivos hortícolas, y se realizan a través de pulverización en las primeras etapas de crecimiento para estimular la formación de raíces y mejorar la fotosíntesis. También se puede aplicar al suelo o mediante sistemas de riego, lo que permite una distribución uniforme de los nutrientes y compuestos bioactivos a las plantas (González et al., 2021).

2.2.14 Descripción de Stimplex

Stimplex es un bioestimulante líquido basado en extractos naturales de *Ascophyllum nodosum*, un alga marina que ha sido ampliamente reconocida por sus propiedades beneficiosas en la agricultura. Este producto se utiliza para mejorar el crecimiento y la salud general de las plantas, optimizar la absorción de nutrientes y aumentar la resistencia a diversas condiciones de estrés ambiental. Stimplex se destaca por su capacidad para mejorar la eficiencia en la utilización de los nutrientes del suelo y aumentar la tolerancia de las plantas a factores de estrés como la sequía, el calor excesivo y la salinidad.

Composición y Modo de Acción:

El principal ingrediente activo de Stimplex es el extracto de *Ascophyllum nodosum*, que contiene una variedad de compuestos bioactivos, incluidos aminoácidos, fitohormonas (como auxinas, giberelinas y citoquininas), vitaminas, polisacáridos y minerales. Estos compuestos juegan un papel fundamental en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando sus capacidades fisiológicas y metabólicas (Pérez et al., 2021).

Fito hormonas: Las auxinas y giberelinas presentes en el extracto de alga favorecen la elongación celular, promoviendo un crecimiento radicular vigoroso y un desarrollo vegetativo eficiente.

Polisacáridos y compuestos fenólicos: Estos compuestos ayudan a fortalecer las paredes celulares y actúan como antioxidantes, protegiendo las plantas del daño causado por el estrés abiótico, como la sequía y las temperaturas extremas (Tzortzakis & Economakis, 2019).

Aminoácidos: Estimulan la síntesis de proteínas y ayudan en la formación de estructuras vegetales, mejorando la salud general de las plantas.

Beneficios Agronómicos:

Mejora del Crecimiento Vegetativo y Radicular: Stimplex estimula un crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas, especialmente en sus primeras etapas de desarrollo. La aplicación de este bioestimulante promueve una mayor formación de raíces, lo que a su vez mejora la absorción de nutrientes y agua del suelo, favoreciendo un crecimiento uniforme y saludable (Sampath et al., 2020).

Resistencia al Estrés Abiótico: Uno de los principales beneficios de Stimplex es su capacidad para mejorar la tolerancia de las plantas al estrés abiótico, especialmente en condiciones de sequía, temperaturas extremas y salinidad. Los compuestos antioxidantes presentes en el extracto de alga ayudan a reducir el daño celular causado por el estrés, lo que mejora la resistencia general de la planta ante condiciones ambientales adversas (Pérez et al., 2021).

Aumento de la Eficiencia en el Uso de Nutrientes: Stimplex optimiza la absorción de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, lo que resulta en un uso más eficiente de los insumos fertilizantes. Esto no solo mejora la productividad del cultivo, sino que también reduce la necesidad de fertilizantes adicionales, lo que contribuye a una agricultura más sostenible y menos dependiente de insumos químicos (Sampath et al., 2020).

Mejora de la Calidad de los Cultivos: El uso de Stimplex no solo incrementa los rendimientos, sino que también mejora la calidad de los cultivos. En frutas y hortalizas, se ha observado que la aplicación de este bioestimulante favorece una mayor uniformidad en el tamaño de los frutos, mejora la textura y sabor, y aumenta los niveles de compuestos nutricionales como vitaminas y minerales (Tzortzakis & Economakis, 2019).

Aplicación y Uso:

Stimplex se puede aplicar de diversas maneras, dependiendo de las necesidades del cultivo. Se recomienda la aplicación foliar para una absorción rápida y eficiente de los compuestos bioactivos, especialmente durante las fases críticas de crecimiento, como la formación de raíces o la floración. También puede aplicarse al suelo o a través de sistemas de riego, lo que asegura una distribución uniforme en el entorno radicular (Pérez et al., 2021).

2.2.15 Descripción de Agrostemin GL

Agrostemin GL es un bioestimulante de origen natural diseñado para mejorar el desarrollo de las plantas, aumentar su resistencia al estrés abiótico y optimizar la utilización de nutrientes. Este producto se basa en una combinación de extractos vegetales, principalmente de algas marinas y otros compuestos naturales, que trabajan en sinergia para fomentar un crecimiento vegetativo más saludable y una mayor productividad. Agrostemin GL es utilizado en una amplia gama de cultivos, incluyendo hortalizas, cereales, frutales y legumbres, siendo especialmente útil en cultivos que requieren resistencia a condiciones de estrés como sequía, temperaturas extremas y salinidad.

Composición y Modo de Acción:

Agrostemin GL contiene una serie de compuestos bioactivos derivados de algas marinas, como *Ascophyllum nodosum*, que son conocidos por sus efectos positivos en el crecimiento y la salud general de las plantas. Entre sus componentes activos se incluyen fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas), aminoácidos, vitaminas, polisacáridos, minerales y compuestos fenólicos.

Fitohormonas: Las auxinas y giberelinas presentes en Agrostemin GL favorecen la elongación celular, lo que contribuye al desarrollo de raíces más fuertes y un crecimiento vegetativo más vigoroso. Estas hormonas también participan en la regulación del proceso de división celular y en la formación de estructuras vegetales.

Aminoácidos: Los aminoácidos, como la glutamina y la arginina, son fundamentales en la síntesis de proteínas y enzimas que regulan el crecimiento y la respuesta a estímulos ambientales. La presencia de aminoácidos en Agrostemin GL permite a las plantas mejorar su capacidad para adaptarse a condiciones de estrés y aumentar su capacidad antioxidante (González et al., 2020).

Polisacáridos y compuestos fenólicos: Estos compuestos contribuyen a mejorar la integridad celular y la estructura de las paredes celulares, haciendo que las plantas sean más resistentes a patógenos y condiciones de estrés, como la sequía y las altas temperaturas. Además, los compuestos fenólicos tienen propiedades antioxidantes que protegen las células vegetales del daño causado por el estrés oxidativo (Sampath et al., 2020).

Beneficios Agronómicos:

Estimulación del Crecimiento Radicular y Vegetativo: La aplicación de Agrostemin GL favorece la formación de un sistema radicular más extenso y robusto, lo que mejora la absorción de agua y nutrientes esenciales. Esto se traduce en un crecimiento vegetativo más vigoroso, con plantas más saludables y mejor adaptadas a su entorno (González et al., 2020).

Mejora en la Tolerancia al Estrés Abiótico: Agrostemin GL mejora la resistencia de las plantas a factores de estrés abiótico, tales como la sequía, la salinidad, las altas temperaturas y otros factores climáticos adversos. El producto actúa mediante la regulación de las respuestas antioxidantes de las plantas, lo que ayuda a reducir el daño celular causado por el estrés ambiental (Tzortzakis & Economakis, 2019).

Aumento de la Eficiencia en el Uso de Nutrientes: Al mejorar la absorción de nutrientes y optimizar su utilización, Agrostemin GL incrementa la eficiencia de los fertilizantes aplicados, lo que se traduce en una mayor productividad de los cultivos. Esto resulta en una reducción de los costos de insumos y contribuye a una agricultura más sostenible (Sampath et al., 2020).

Mejora de la Calidad de los Cultivos: La aplicación de Agrostemin GL también tiene efectos positivos en la calidad de los cultivos. En frutas y hortalizas, se ha observado un aumento en el tamaño uniforme de los frutos, una mejora en el sabor y una mayor concentración de compuestos nutricionales como vitaminas y minerales. Esto mejora tanto el rendimiento comercial como el valor nutricional de los productos cosechados (González et al., 2020).

Aplicación y Uso:

Agrostemin GL puede ser aplicado tanto de forma foliar como al suelo, dependiendo de las necesidades del cultivo. Las aplicaciones foliares son más comunes en cultivos hortícolas y frutales, donde la absorción directa por las hojas permite una respuesta rápida, especialmente

en condiciones de estrés o durante las primeras etapas de crecimiento. En cultivos a gran escala, también puede aplicarse a través de sistemas de riego, lo que permite una distribución uniforme del producto en el suelo (Sampath et al., 2020).

2.3 Definiciones de términos básicos

2.3.1 Vainita (*Phaseolus vulgaris* L.)

La vainita, también conocida como frijol verde o ejote, es una leguminosa que pertenece a la familia Fabaceae. Se cultiva por sus vainas jóvenes que se consumen principalmente en su estado inmaduro. Este cultivo tiene alta demanda debido a su valor nutritivo, rico en proteínas, fibra y minerales esenciales. En el Valle de Barranca, la vainita es un cultivo clave en la agricultura local debido a las condiciones climáticas favorables y su rendimiento relativamente alto (FAO, 2018).

2.3.2 Bioestimulantes

Los bioestimulantes son productos biológicos que contienen compuestos o microorganismos que, al ser aplicados a las plantas, estimulan su crecimiento y desarrollo, mejorando su salud y resistencia a factores de estrés. Estos productos pueden incluir extractos vegetales, algas marinas, aminoácidos, y microorganismos beneficiosos. Los bioestimulantes son utilizados para promover procesos fisiológicos como la germinación, la fotosíntesis y la absorción de nutrientes (López-Bucio et al., 2015).

2.3.3 Respuesta del Cultivo

La respuesta del cultivo se refiere al comportamiento observable de las plantas frente a diversos factores, como condiciones ambientales, manejo agronómico o la aplicación de insumos como fertilizantes, plaguicidas y bioestimulantes. En este contexto, la respuesta del cultivo de vainita a la aplicación de bioestimulantes incluye la evaluación de parámetros como el crecimiento vegetativo, la formación de raíces, el rendimiento y la calidad de los frutos (Tama et al., 2019).

2.3.4 Bioestimulación

La bioestimulación es el proceso mediante el cual ciertos productos o sustancias, como los bioestimulantes, inducen efectos positivos en las plantas sin alterar su genética. Estos efectos incluyen un mejor desarrollo radicular, mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, y resistencia aumentada al estrés hídrico, térmico o patógeno (Zhang et al., 2017). En el caso de la vainita, la bioestimulación tiene el potencial de mejorar la calidad y cantidad del rendimiento, especialmente bajo condiciones adversas.

2.3.5 Estrés abiótico

El estrés abiótico hace referencia a las alteraciones que sufren las plantas debido a factores ambientales no biológicos, como las altas o bajas temperaturas, la sequía, el exceso de agua, la salinidad o las deficiencias de nutrientes. En el caso de la vainita en el Valle de Barranca, los factores climáticos, como la variabilidad de las lluvias y las temperaturas extremas, pueden inducir estrés abiótico que afecta negativamente al desarrollo y rendimiento del cultivo (Hossain et al., 2019)

2.3.6 Crecimiento Vegetativo

El crecimiento vegetativo es el proceso mediante el cual las plantas incrementan su tamaño y masa en sus partes no reproductivas, es decir, raíces, tallos y hojas. En la vainita, el crecimiento vegetativo se ve influenciado por diversos factores, como el suministro de agua, la disponibilidad de nutrientes y la aplicación de bioestimulantes, los cuales pueden promover un desarrollo más saludable y eficiente (Rodríguez et al., 2020).

2.3.7 Rendimiento del Cultivo

El rendimiento del cultivo se refiere a la cantidad de producto cosechado por unidad de superficie cultivada. En el caso de la vainita, el rendimiento se mide generalmente en kilogramos por hectárea. La aplicación de bioestimulantes puede incrementar el rendimiento del cultivo al mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y promover un crecimiento más rápido y saludable de las plantas (Wani et al., 2017).

2.3.8 Sostenibilidad Agrícola

La sostenibilidad agrícola implica prácticas de cultivo que no solo buscan maximizar la producción, sino también preservar los recursos naturales a largo plazo, minimizar los impactos ambientales y mejorar el bienestar social y económico de las comunidades agrícolas. El uso de bioestimulantes en la vainita puede contribuir a la sostenibilidad agrícola al reducir la dependencia de insumos químicos y promover un cultivo más ecológico (Sustainable Agriculture Initiative Platform, 2019).

2.3.9 Eficiencia en el Uso de Nutrientes

La eficiencia en el uso de nutrientes se refiere a la capacidad de las plantas para absorber y utilizar los nutrientes disponibles en el suelo de manera óptima. La aplicación de bioestimulantes puede mejorar esta eficiencia al promover la actividad de microorganismos beneficiosos en el suelo y mejorar la asimilación de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas (El-Beltagi et al., 2019).

2.3.10 Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión se refiere al uso de tecnologías avanzadas para monitorear y gestionar de manera más eficiente los insumos agrícolas, tales como el agua, los fertilizantes y los productos fitosanitarios. En el contexto de la aplicación de bioestimulantes en la vainita, la agricultura de precisión puede ser útil para aplicar los productos de manera adecuada y en el momento preciso, optimizando su efecto sobre el cultivo (McBratney et al., 2014).

2.3.11 Fertilización Biológica

La fertilización biológica implica el uso de microorganismos beneficiosos o productos naturales para mejorar la calidad del suelo y aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. A diferencia de los fertilizantes químicos, los fertilizantes biológicos, como los bioestimulantes, pueden mejorar la estructura del suelo y promover un entorno más saludable para el crecimiento de las plantas (Vessey, 2003).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

Ho: No existe efecto de las diferentes dosis de Bioestimulantes en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en Barranca

Ha: Existe efecto de las diferentes dosis de Bioestimulantes en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en Barranca

2.4.2 Hipótesis específicas

Ha. 1: Existe efecto de las diferentes dosis de Bioestimulantes sobre el desarrollo vegetativo en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en Barranca

Ha. 2: Existe efecto de las diferentes dosis de Bioestimulantes sobre la calidad y desarrollo de vainas en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en Barranca

2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Operacionalización Conceptual	Dimensiones	Indicadores
V. Independiente (X) Bioestimulantes	Uso de Bioestimulantes en la producción de vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en el valle fortaleza-Paramonga.	X₁: Aplicación de Biostimulantes	-Dosis 1 ; 0.5 L/Ha AGRIKELP -Dosis 2 : 0.5 L/Ha STIMPLEX -Dosis 3 : 0.5 L/Ha AGROSTEMIN-GL -Dosis 4 :(Testigo)
V. Dependiente (Y) Rendimiento	Efecto de Bioestimulantes sobre el desarrollo vegetativo, calidad y rendimiento en la producción vainita(<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en Barranca	Y₁: Desarrollo vegetativo, fructificación, Rendimiento,	- Altura de la planta - Número de flores - N° de vainas por planta - Largo de vainas - Diámetro de vaina - Peso de vainas por planta - Rendimiento.

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Gestión del experimento

La presente investigación fue de tipo aplicada, ya que buscó generar conocimientos orientados a resolver una problemática concreta en el ámbito agrícola, específicamente mejorar el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante el uso de bioestimulantes. El enfoque fue cuantitativo, de diseño experimental y de corte longitudinal, ya que se realizó un seguimiento sistemático durante el ciclo fenológico del cultivo, evaluando los efectos de diferentes dosis de bioestimulantes sobre variables agronómicas y biométricas del fruto de Vainita de la variedad Jade.

Este diseño permitió establecer relaciones de causa-efecto entre los tratamientos aplicados y la respuesta del cultivo, controlando las condiciones experimentales para garantizar la validez interna del estudio.

3.1.1 Ubicación

La investigación se desarrolló en el Campo Tolón Grande, ubicado en el kilómetro 192.6 de la antigua Carretera Panamericana Norte, en el distrito y provincia de Barranca, región Lima, Perú. Este terreno, también conocido como Fundo La Pampa, forma parte del centro poblado Atahualpa Alto, manzana “A”, lote 10. La zona presenta una altitud aproximada de 85 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por su clima cálido-seco, con suelos franco-arenosos adecuados para cultivos hortícolas. El experimento se llevó a cabo durante la campaña agrícola de verano, comprendida entre los meses de enero y marzo de 2025, periodo en el cual se evaluó el efecto de diferentes dosis de bioestimulantes sobre las características agronómicas y el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jade. Para una mayor precisión en la ubicación geográfica, las coordenadas aproximadas del sitio experimental son: Latitud: -10.7505° Longitud: -77.7667°

3.1.2 Características del área experimental

A continuación, se presentan las características del área experimental.

Área experimental

Área total:

- Largo : 16.00 m
- Ancho : 14.40 m
- Área neta del experimento : 230.40 m²
- Número de bloques : 4
- Número de tratamientos : 4

Unidad experimental (UE):

- Largo de la UE : 4.00 m
- Ancho de la UE : 3.60 m
- Área de la UE : 14.40 m²

Densidad de siembra:

- Distancia entre plantas : 0.30 m
- Distancia entre surcos : 0.90 m
- Número de semillas por golpe : 2

Croquis del campo experimental

Área total: 230.40 m²

Área de la unidad experimental: 14.40 m²

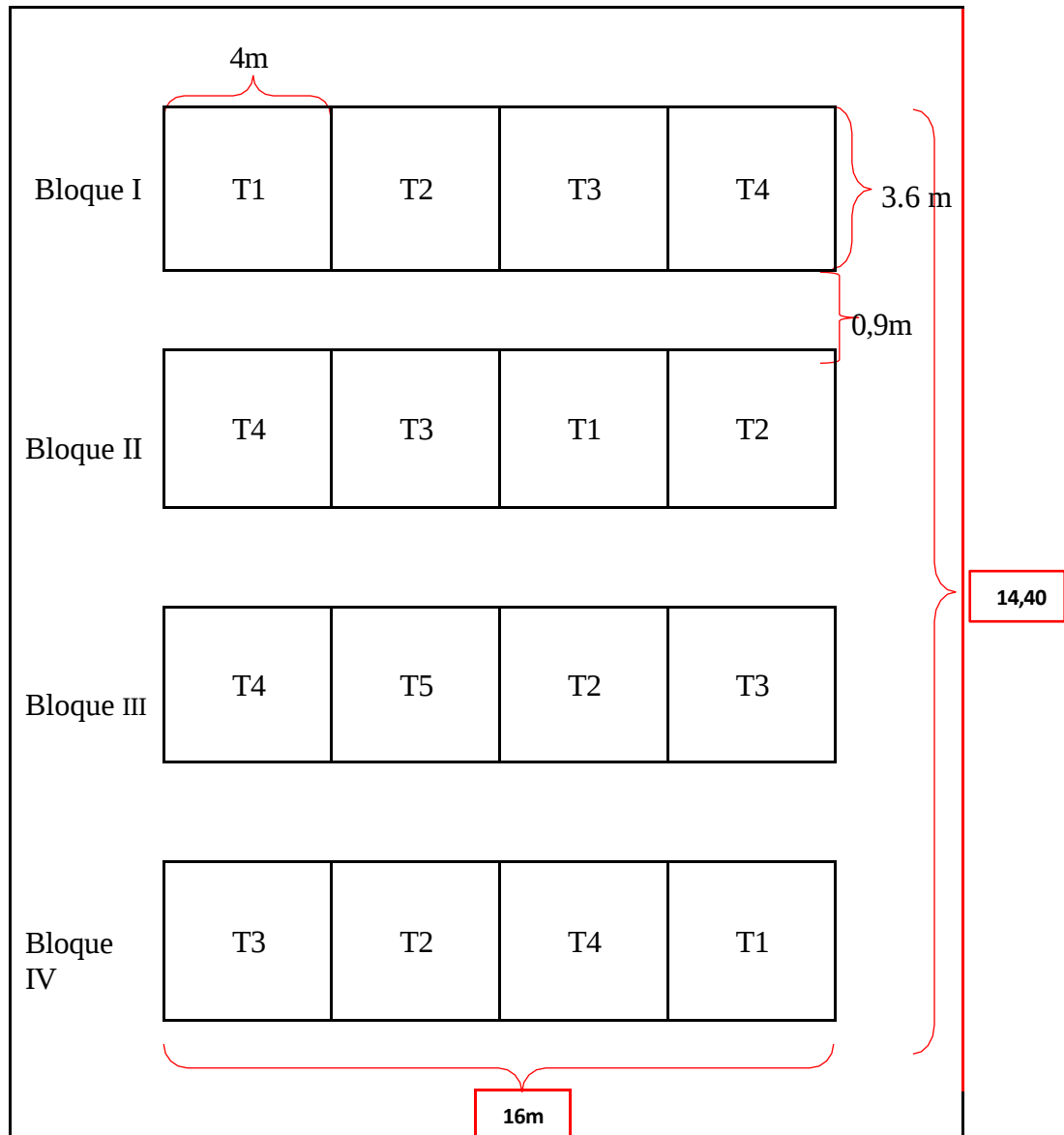


Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.

3.1.3 Tratamientos

Los tratamientos que se emplearon para esta investigación se describen a continuación

Tabla 2

Tratamientos en estudio

FACTOR	CLAVE	DOSIS	PRODUCTO
Bioestimulantes	T1	0.5 L/Ha	AGRIKELP
	T2	0.5 L/Ha	STIMPLEX
	T3	0.5 L/Ha	AGROSTEMIN-GL
	T4	0.0 L/Ha	SIN PRODUCTO

3.1.4 Diseño experimental

El diseño utilizado en la presente investigación fue el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), adecuado para minimizar la variabilidad del campo y obtener resultados confiables sobre el efecto de los tratamientos. Este diseño permitió distribuir los tratamientos aleatoriamente dentro de cada bloque, considerados como repeticiones, para controlar posibles factores de variabilidad no medidos.

Se evaluaron cuatro tratamientos, consistentes en la aplicación de distintos bioestimulantes, incluyendo un testigo sin aplicación. Cada tratamiento fue replicado cuatro veces, resultando en un total de 16 unidades experimentales.

Tabla 3

Prueba de análisis de varianza

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Tratamientos	3	SCT	CMT	FCALT		
Bloques	3	SCB	CMB	FCALB		
Error	9	SCE	CME			
Total	15	SCT				

C.V: % = Coeficiente de variación

3.1.5 Variables a evaluar

Para la evaluación de las variables morfológicas, se seleccionarán diez plantas al azar dentro del área útil de cada parcela experimental. Posteriormente, se procederá a realizar las mediciones correspondientes, utilizando una regla milimétrica como instrumento de medición.

Altura de planta

La altura de planta se determinó midiendo desde el cuello de la planta (nivel del suelo) hasta la base de la última hoja completamente expandida (frecuentemente denominada hoja bandera), conforme a los criterios utilizados en evaluaciones agronómicas estándar (FAO, 2012).

Número de flores

se evaluó mediante el conteo directo de flores abiertas en cada una de las diez plantas seleccionadas al azar dentro del área útil de cada parcela experimental. Este procedimiento se realizará durante la etapa de floración, específicamente cuando se observe que al menos el 50 % de las plantas han iniciado la emisión de flores. El registro se llevará a cabo en días alternos durante el periodo de floración activa, a fin de obtener un promedio representativo del total de flores producidas por planta. Este método permite cuantificar el potencial reproductivo de la planta y establecer relaciones con variables de rendimiento como el número de vainas y el cuajado de frutos, siguiendo los lineamientos propuestos para cultivos hortícolas de ciclo corto (CIAT, 2004; Reyes et al., 2019).

Número de Vainas por planta

Se determinó mediante conteo manual de todas las vainas desarrolladas en cada una de las diez plantas seleccionadas aleatoriamente dentro del área útil de cada parcela experimental. Esta evaluación se realizó durante la etapa de cosecha, una vez que las vainas hayan alcanzado su desarrollo fisiológico completo, de acuerdo con las características propias de la variedad Jade. Este indicador es fundamental para estimar el rendimiento potencial del cultivo, ya que refleja la eficiencia del cuajado floral y el éxito reproductivo de la planta bajo la influencia de los tratamientos aplicados. La metodología utilizada se basa en protocolos de evaluación agronómica para leguminosas de grano corto (Mejía et al., 2020; FAO, 2012).

Largo de Vaina

se medirá utilizando una regla milimetrada o un vernier, tomando como referencia una muestra aleatoria de cinco vainas por planta, extraídas de las diez plantas previamente seleccionadas dentro del área útil de cada parcela. La medición se realizará desde la base hasta el ápice de cada vaina, considerando solo aquellas que se encuentren completamente desarrolladas y en estado fisiológico óptimo para la cosecha. El promedio de estas mediciones por planta se utilizará como dato representativo del tratamiento. Esta variable permite evaluar el efecto de los bioestimulantes sobre el desarrollo del fruto y su contribución al rendimiento, conforme a metodologías agronómicas recomendadas para cultivos de leguminosas (CIAT, 2004; Herrera et al., 2018).

Diámetro de vaina (cm)

La variable "diámetro de vaina" se determinará mediante la medición transversal de la parte media de la vaina, utilizando un vernier digital de precisión. Para ello, se seleccionarán cinco vainas por planta de las diez plantas aleatorias dentro del área útil de cada parcela experimental, asegurando que las muestras correspondan a frutos fisiológicamente desarrollados y representativos.

El promedio del diámetro obtenido por planta se empleará para el análisis estadístico de esta variable. Esta medida permite evaluar la influencia de los bioestimulantes en el desarrollo morfológico del fruto, siendo un parámetro relevante para la calidad comercial y el rendimiento del cultivo (Reyes et al., 2019; FAO, 2012).

Peso de vainas por planta

Esta variable se determinó mediante el pesado total de todas las vainas cosechadas de cada una de las diez plantas seleccionadas al azar dentro del área útil de cada parcela experimental. Las vainas se recolectarán en su punto óptimo de madurez fisiológica y se pesarán inmediatamente utilizando una balanza digital con precisión de 0.01 g.

Este parámetro permitirá cuantificar el aporte individual de cada planta al rendimiento total del cultivo, proporcionando información directa sobre la eficiencia del desarrollo y llenado de los frutos bajo la influencia de los bioestimulantes aplicados. El procedimiento se basa en técnicas estándar de evaluación de rendimiento en cultivos hortícolas (Castro et al., 2020; FAO, 2012).

Rendimiento (ton/ha)

El rendimiento por hectárea se estimará extrapolando los datos del peso total de vainas obtenidas en el área útil de cada unidad experimental. Para ello, se calculará el peso total de vainas cosechadas en la parcela y luego se proyectará a una hectárea utilizando una regla de tres simple, basada en el área neta de cultivo correspondiente a cada parcela.

Este valor se expresará en kilogramos por hectárea (kg/ha) y permitirá evaluar la productividad total del cultivo bajo cada uno de los tratamientos con bioestimulantes. Esta variable es clave para valorar la eficiencia agronómica y económica de las aplicaciones, de acuerdo con protocolos estándar de evaluación de rendimiento en cultivos hortícolas (FAO, 2012; Arévalo et al., 2021).

3.1.6 Conducción del experimento

Demarcación del área experimental

La delimitación del área correspondiente al experimento se llevará a cabo siguiendo las especificaciones establecidas en el croquis del diseño experimental, asegurando una adecuada distribución y disposición de las parcelas.

Riegos

El suministro de agua se realizará conforme a las necesidades hídricas del cultivo, aplicando los riegos en los momentos oportunos para favorecer un desarrollo óptimo de las plantas.

Implementación de los tratamientos

Cada tratamiento será aplicado según el diseño experimental propuesto, respetando las dosis específicas asignadas a cada uno, de acuerdo con las recomendaciones técnicas establecidas para los bioestimulantes.

Cosecha

La recolección del producto se efectuará de forma manual cuando las vainas alcancen el estado de madurez comercial, caracterizado por una coloración verde intensa, textura tierna y semillas en etapa inicial de formación.

3.2 Técnicas para el procesamiento de la investigación

El procesamiento de la información en este estudio se realizó mediante el uso de diversas herramientas estadísticas y técnicas de análisis de datos, lo que permitió obtener conclusiones precisas sobre los efectos de los tratamientos aplicados al cultivo de vainita.

Los datos obtenidos en el proceso de evaluación fueron inicialmente organizados en una hoja de cálculo utilizando Microsoft Excel. Esta herramienta permitió gestionar de manera eficiente los datos, facilitando su ordenación, visualización y preparación para el análisis estadístico posterior. Una vez organizados los datos, se procedió a su procesamiento utilizando el software estadístico Infostat Estudiantil, que es ampliamente utilizado en investigaciones agronómicas. Este programa proporcionó las herramientas necesarias para realizar un análisis riguroso, incluyendo el análisis de varianza (ANOVA), que permitió evaluar las diferencias entre los tratamientos experimentales. Este análisis determinó si las diferencias observadas en las variables podían atribuirse a los tratamientos aplicados o si eran producto del azar, utilizando un nivel de significancia del 5%. Para realizar comparaciones entre los diferentes tratamientos y establecer cuál de ellos presentó un efecto significativo, se utilizó la prueba de Tukey. Esta prueba es especialmente útil para realizar comparaciones múltiples entre varios grupos, y se ejecutó con un nivel de significancia del 5%, lo que permitió identificar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Los resultados obtenidos fueron representados de forma gráfica mediante tablas y figuras, lo que facilitó la interpretación visual de las tendencias y diferencias entre las variables evaluadas.

Estas técnicas permitieron un análisis exhaustivo y detallado de los datos, brindando una base sólida para interpretar los efectos de los bioestimulantes aplicados al cultivo de vainita.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Altura de planta

En la Tabla 4 El análisis de la varianza (ANOVA) realizado para la altura de planta evidenció El coeficiente de variación (CV) fue de 15.09 %, lo que sugiere una variabilidad aceptable en las mediciones realizadas.

El cuadro de ANOVA, mostró que el efecto del modelo fue significativo ($p = 0.0078$), lo que indica que al menos un tratamiento generó diferencias en la altura de las plantas. El efecto de los bloques no fue significativo ($p = 0.8398$), revelando que las diferencias entre bloques fueron aleatorias y no influyeron en el comportamiento de las plantas. Por otro lado, los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas ($p = 0.0016$), demostrando que la aplicación de bioestimulantes tuvo un efecto marcado sobre la altura de la vainita.

Tabla 4

Análisis de varianza para Altura de planta (cm)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Bloques	3	7,26	2,42	0,28	0,8398 ns
Tratamientos	3	318,33	106,11	12,22	<0,0016 **
Error	9	78,21	8,69		
Total	15	403,80			
CV % =	15,09				

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

En la tabla 5 el test de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), los bloques no presentaron diferencias estadísticas significativas, ya que todos compartieron la misma letra ("A"), lo que reafirma que no existieron efectos sistemáticos atribuibles al bloque experimental.

Respecto a los tratamientos, el análisis de Tukey reveló la existencia de dos grupos estadísticamente diferentes. Los tratamientos T2 (500 ml/ha de bioestimulante Agrikelp) y T1 (500 ml/ha de Stimplex) obtuvieron las mayores alturas promedio de plantas (61.5 cm y

61.28 cm, respectivamente), agrupándose bajo la letra "A", lo que indica que no existieron diferencias significativas entre ellos. En contraste, los tratamientos T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) y el testigo (T4 - 0 ml/ha), con promedios de 54.0 cm y 51.25 cm respectivamente, se ubicaron en el grupo "B", reflejando un crecimiento significativamente menor en comparación con los tratamientos anteriores.

Estos resultados permiten concluir que la aplicación de bioestimulantes Agrikelp y Stimplex promovió un mayor crecimiento en altura de las plantas de vainita, en comparación con el tratamiento con Agrostemin GL y el testigo.

Tabla 5

Comparación de tratamientos para Altura de planta (cm)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2 -500ml/Ha-Stimplex	4	61,50	a
T1 -500ml/Ha-Agrikelp	4	61,28	a
T3-500ml/Ha-Agrostemin GL	4	54,00	b
T4-0ml/Ha Testigo	4	51,25	b

La figura muestra el comportamiento de la altura de las plantas de vainita frente a la aplicación de diferentes tratamientos con bioestimulantes. Se observa que los tratamientos T2 (500 ml/ha de Agrikelp) y T1 (500 ml/ha de Stimplex) presentaron los mayores valores de altura promedio, con 61.5 cm y 61.28 cm respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos, conforme a lo indicado por la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

En contraste, los tratamientos T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) y el testigo T4 (0 ml/ha) alcanzaron alturas menores, de 54 cm y 51.25 cm respectivamente, agrupándose en un nivel estadísticamente inferior. Esta tendencia visual reafirma los resultados del análisis de varianza, donde se detectó un efecto altamente significativo de los tratamientos sobre el crecimiento en altura de la planta.

Los datos sugieren que la aplicación de bioestimulantes a base de algas como Agrikelp y Stimplex, favorece el incremento en altura de la planta de vainita en comparación al uso de Agrostemin GL o a la ausencia de bioestimulantes.

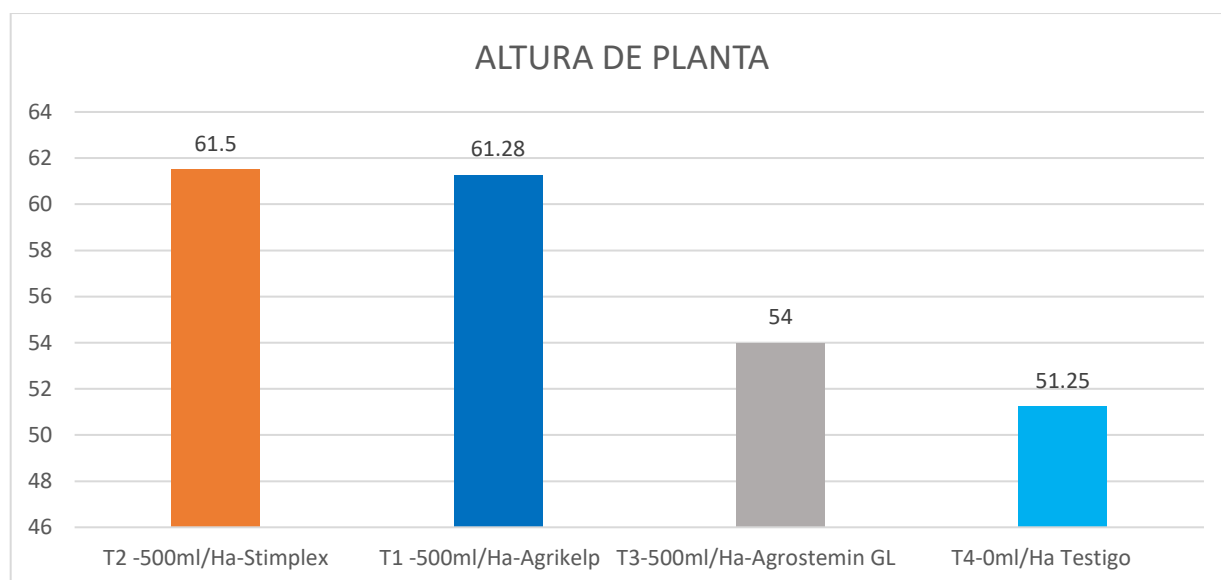


Figura 2. Comparación de promedios de Altura de planta (cm).

4.2 Número de flores

El análisis estadístico para la variable número de flores (Tabla 6) arrojó un coeficiente de variación (CV) fue de 15.78%, lo que refleja una variabilidad moderada y aceptable dentro del contexto experimental. En el análisis de varianza entre los factores evaluados, el tratamiento fue estadísticamente significativo ($p = 0.0004$), lo que demuestra diferencias marcadas en el número de flores como respuesta a las distintas formulaciones aplicadas. En cambio, el factor bloque no presentó un efecto significativo ($p = 0.7401$), lo que indica que la ubicación dentro del diseño experimental no tuvo una influencia relevante sobre los resultados.

Tabla 6

Análisis de varianza para el número de flores

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Bloques	3	3,69	1,23	0,42	0,7401ns
Tratamientos	3	158,19	52,73	18,22	<0,0004 **
Error	9	26,01	2,89		
Total	15	187,89			
CV % =	15,09				

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

Para discriminar entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey (Tabla 7), con un nivel de significancia del 5%. Los tratamientos T1 (Agrikelp), T2 (Stimplex) y T3 (Agrostemin GL), todos aplicados a una dosis de 500 ml/Ha, generaron medias de floración de 31.48, 32 y 29 flores respectivamente, sin presentar diferencias significativas entre ellos (grupo A). En contraste, el tratamiento T4 (testigo sin aplicación) tuvo una media significativamente menor (24.25 flores), conformando un grupo estadístico distinto (grupo B). Este resultado sugiere que la aplicación de los bioestimulantes evaluados tuvo un efecto positivo sobre la floración en comparación con el testigo.

Tabla 7

Comparación de tratamientos para Número de flores

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2 -500ml/Ha-Stimplex	4	32,00	a
T1 -500ml/Ha-Agrikelp	4	31,48	a
T3-500ml/Ha-Agrostemin GL	4	29,00	a
T4-0ml/Ha Testigo	4	24,25	b

En la figura 3 se observa el efecto de los diferentes tratamientos sobre el número de flores en Vainita. El tratamiento T2 (500 ml/ha de Simplex) mostró el mayor número de flores, registrando un promedio de 32 flores. Le siguió el tratamiento T1 (500 ml/ha de Agrikelp) con un promedio de 31,48 flores, evidenciando una diferencia mínima respecto al tratamiento T2. Por otro lado, el tratamiento T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) alcanzó un promedio de 29 flores, ubicándose en tercer lugar. Finalmente, el tratamiento T4 (testigo, sin aplicación) presentó el menor número de flores con un promedio de 24,25 flores. Estos resultados demuestran que la aplicación de bioestimulantes tuvo un efecto positivo sobre la floración del cultivo de vainita en comparación al testigo. En particular, el uso de Simplex y Agrikelp favoreció una mayor inducción floral, lo cual sugiere su potencial para ser incorporados en programas de manejo agronómico orientados a optimizar la productividad del cultivo.

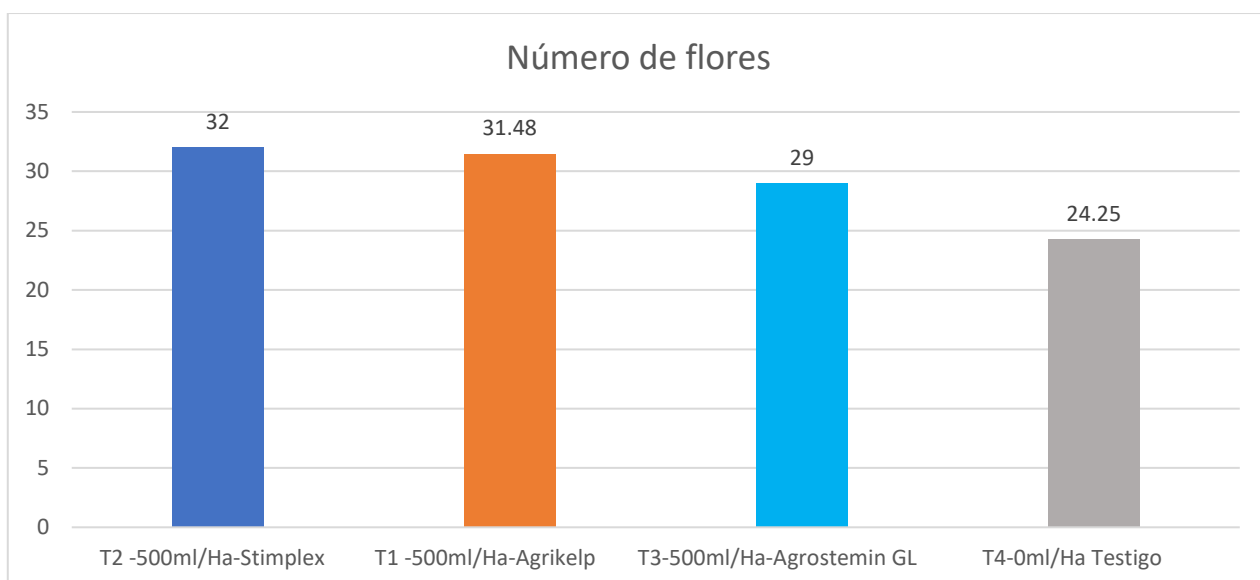


Figura 3. Comparación de promedios de tratamientos para el número de flores.

4.3 Número de vainas por planta

En la Tabla 8 En la evaluación del número de vainas por planta, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$) entre los tratamientos aplicados. En cuanto a bloques no hubo diferencias significativa. El coeficiente de variación (CV) fue de 12,17 %, valor que es considerado adecuado para este tipo de ensayos de campo.

Tabla 8

Análisis de varianza para Número de vainas por planta

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Bloques	3	2,19	0,73	1,84	0,2098 ns
Tratamientos	3	143,19	47,73	120,58	<0,0001 **
Error	9	3,60	0,4		
Total	15	148,98			
CV: %	12,17				

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey (Tabla 9), El análisis estadístico evidencia que los tratamientos T1 (Agrikelp 500 ml/ha), T2 (Stimplex 500 ml/ha) y T3 (Agrostemin GL 500 ml/ha) fueron agrupados en la categoría “a”, lo que indica que no presentan diferencias significativas entre sí para la variable evaluada. Aunque sus medias difieren ligeramente (32,00; 31,48 y 29,00 respectivamente), estas variaciones no son estadísticamente suficientes para considerarlas distintas. Por otro lado, el tratamiento T4 (Testigo, 0 ml/ha) fue clasificado en el grupo “b”, lo cual demuestra que su valor promedio (24,25) es significativamente menor en comparación con los tratamientos que recibieron la aplicación de bioestimulantes. En síntesis, los resultados permiten concluir que las tres formulaciones bioestimulantes utilizadas (Agrikelp, Stimplex y Agrostemin GL) tuvieron un efecto positivo y equivalente entre sí, mientras que la ausencia de tratamiento (T4) mostró un rendimiento significativamente inferior.

Tabla 9

Comparación de tratamientos para Número de Vainas por planta

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 -500ml/Ha-Agrikelp	4	32,00	a
T2 -500ml/Ha-Stimplex	4	31,48	a
T3-500ml/Ha-Agrostemin GL	4	29,00	a
T4-0ml/Ha Testigo	4	24,25	b

Tal como indicó la prueba de comparación múltiple: T1, T2 y T3 pertenecen al grupo “a”, por lo que aunque sus valores numéricos difieren, estadísticamente presentan el mismo efecto sobre el número de vainas. T4 pertenece al grupo “b”, lo que confirma que su rendimiento es significativamente menor que los tratamientos con producto.

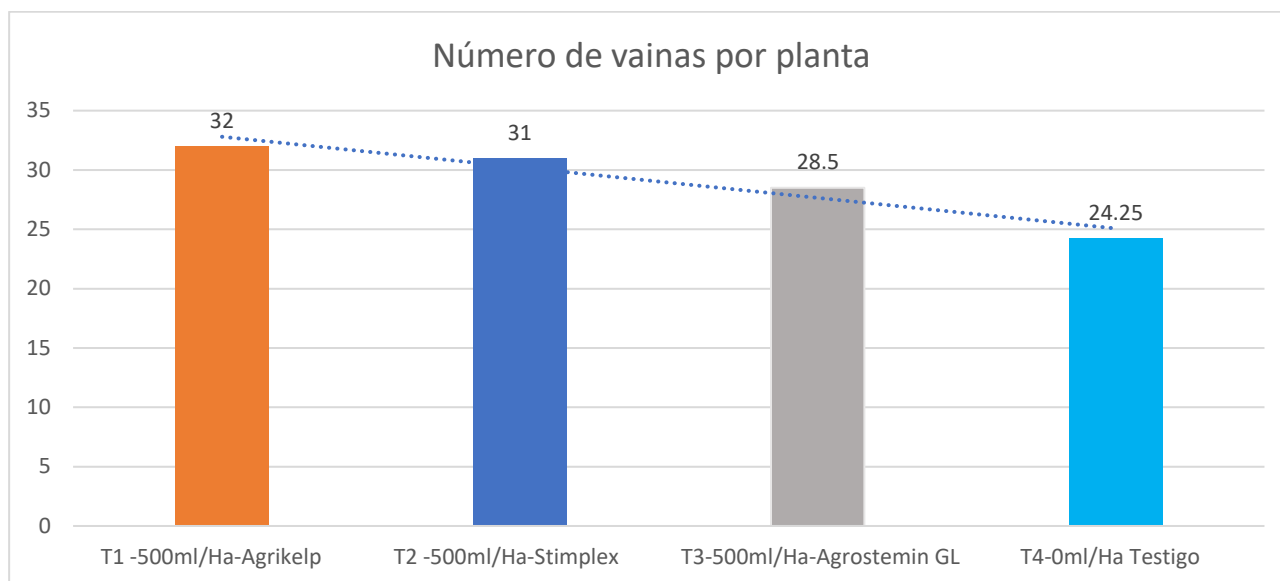


Figura 4. Comparación de promedios de los tratamientos para Número de vainas por planta.

4.4 Largo de Vainas

El análisis de varianza (Tabla 10) para el largo de vainas reveló diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre los tratamientos evaluados no habiendo diferencias entre bloques. El coeficiente de variación (CV) de 12,39 % refleja una buena precisión experimental.

Tabla 10

Análisis de varianza para largo de vainas (cm)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Bloques	3	0,6	0,2	1,03	0,4264 ns
Tratamientos	3	29,37	9,79	49,16	<0,0001 **
Error	9	1,80	0,2		
Total	15	31,77			
CV: %	12,39				

En la tabla 11, El análisis estadístico muestra que el tratamiento T1 (Agrikelp 500 ml/ha) obtuvo la media más alta (20,63) y fue clasificado en el grupo “a”, lo que indica que presentó un efecto significativamente superior respecto a los demás tratamientos. Los tratamientos T2 (Stimplex 500 ml/ha) y T3 (Agrostemin GL 500 ml/ha) fueron agrupados en el grupo “b”, lo que significa que no existen diferencias significativas entre sí, aunque sus valores (19,05 y 18,18) son menores que el de T1. Ambos tratamientos muestran un rendimiento intermedio. Por su parte, el tratamiento T4 (Testigo, 0 ml/ha) fue ubicado en el grupo “c”, evidenciando el valor más bajo (16,90) y un rendimiento significativamente inferior a todos los tratamientos con aplicación de bioestimulantes.

Tabla 11

Comparación de tratamientos para largo de Vainas

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 -500ml/Ha-Agrikelp	4	20,63	a
T2 -500ml/Ha-Stimplex	4	19,05	b
T3-500ml/Ha-Agrostemin GL	4	18,18	b
T4-0ml/Ha Testigo	4	16,90	c

En la figura 5 la evaluación del largo de vaina, se observó que el tratamiento T1 (500 ml/ha de Agrikelp) presentó el mayor valor promedio con 20.63 cm. Le siguió el tratamiento T2 (500 ml/ha de Stimplex) con 19.05 cm, mientras que el tratamiento T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) alcanzó un promedio de 18.18 cm. El tratamiento testigo T4 (sin aplicación de bioestimulantes) registró el menor valor promedio con 16.9 cm. Estos resultados indican que la aplicación de foliares orgánicos tuvo un efecto positivo en el incremento del largo de las vainas de *Phaseolus vulgaris* L., destacándose especialmente el uso de Agrikelp como el tratamiento más efectivo.

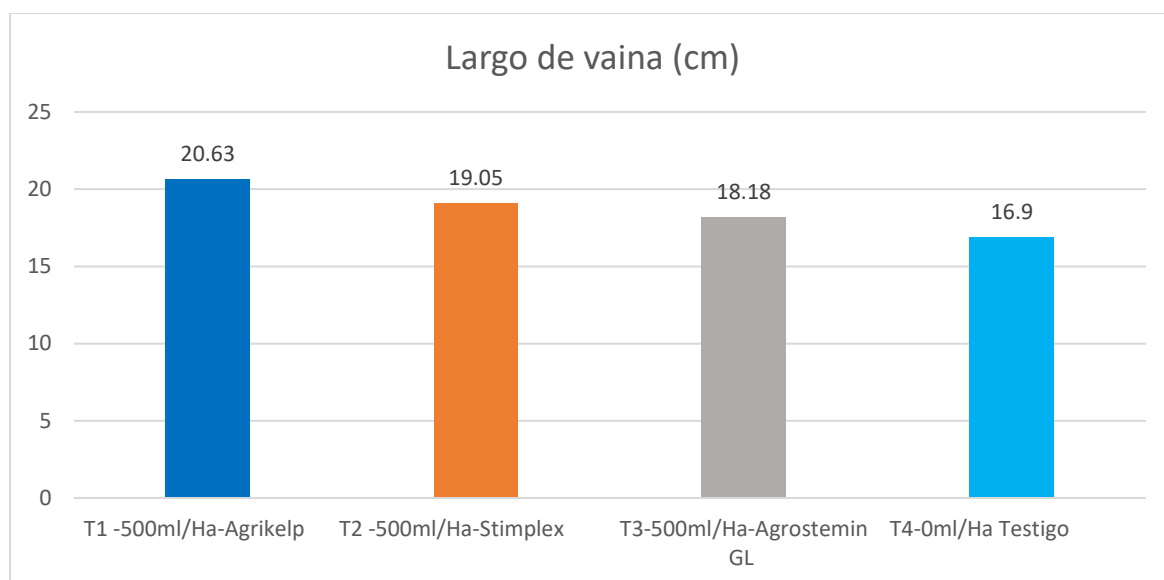


Figura 5. Comparación de promedios de los tratamientos para largo de vainas.

4.5 Diámetro de vainas

El análisis de varianza (Tabla 12) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) entre los tratamientos aplicados respecto al diámetro de las vainas de *Phaseolus vulgaris* L., mientras que no se observaron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.6551$). El coeficiente de variación (CV) fue de 11.51%, lo que sugiere una buena precisión experimental.

Tabla 12

Análisis de varianza para Diámetro de vainas

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Bloques	3	0.000276	0,000092	0,56	0,6551 ns
Tratamientos	3	0,12	0,04	254,29	<0,0001 **
Error	9	0,00144	0,00016		
Total	15	0,1217			
CV: %	11,51				

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

El test de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) evidenció que el tratamiento T1 (500 ml/ha de Agrikelp) alcanzó el mayor diámetro promedio de 0.97 cm, siendo estadísticamente superior al resto de tratamientos. Le siguió el T2 (500 ml/ha de Stimplex) con 0.87 cm, el cual se ubicó en un grupo estadísticamente diferente. El tratamiento T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) presentó un diámetro promedio de 0.84 cm, y finalmente el tratamiento

testigo T4 (sin aplicación de bioestimulantes) obtuvo el menor diámetro con 0.72 cm, siendo este último significativamente inferior a los demás. Estos resultados confirman que la aplicación de bioestimulantes orgánicos tuvo un efecto positivo sobre el diámetro de las vainas, destacando particularmente el uso de Agrikelp como la mejor alternativa para optimizar esta característica.

Tabla 13

Comparación de tratamientos para Diámetro de Vainas

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 -500ml/Ha-Agrikelp	4	0,97	a
T2 -500ml/Ha-Stimplex	4	0,87	b
T3-500ml/Ha-Agrostemin GL	4	0.84	c
T4-0ml/Ha Testigo	4	0.72	d

El gráfico de barras 6, muestra que el tratamiento T1 (500 ml/ha de Agrikelp) obtuvo el mayor diámetro promedio de vaina con 0.97 cm, seguido del tratamiento T2 (500 ml/ha de Stimplex) con 0.87 cm. El tratamiento T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) alcanzó un promedio de 0.84 cm, mientras que el tratamiento testigo T4 (sin aplicación de bioestimulantes) registró el menor diámetro con 0.72 cm. Estos resultados sugieren que el uso de bioestimulantes foliares orgánicos, en especial el Agrikelp, promueve un mayor desarrollo en el diámetro de las vainas, lo cual es un atributo relevante para mejorar la calidad comercial de la producción.

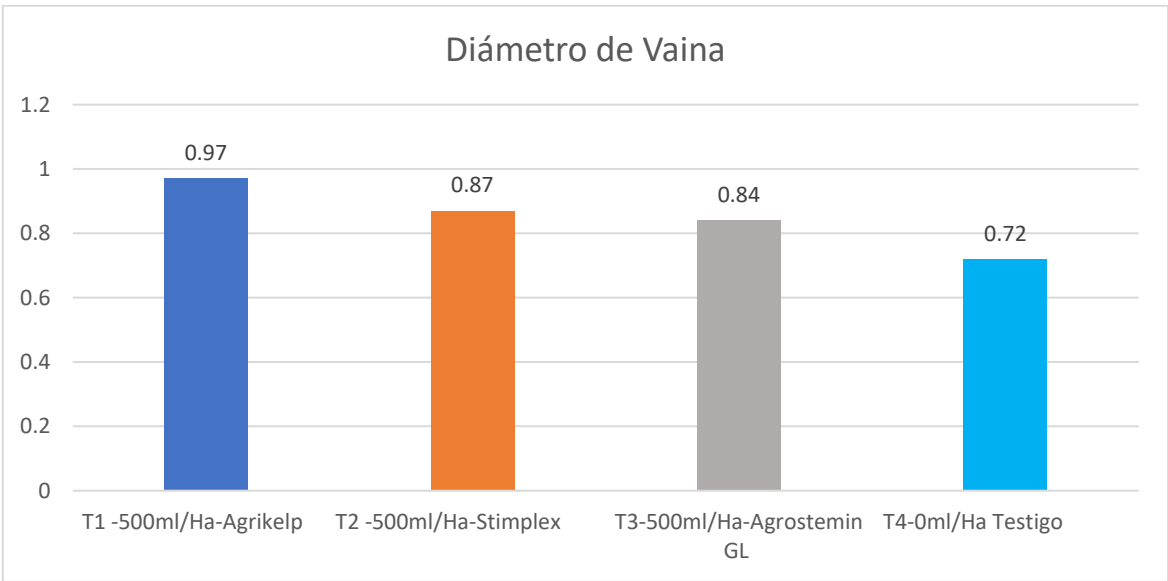


Figura 6. Comparación de promedios de los tratamientos para Diámetro de vainas.

4.6 Peso de Vainas

El análisis de varianza (Tabla 14) para el peso de las vainas reveló diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) entre los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación (CV) fue de 10.41%, demostrando una adecuada precisión experimental. No se encontraron diferencias significativas entre bloques ($p = 0.1986$), lo que sugiere uniformidad en las condiciones de evaluación.

Tabla 14

Análisis de varianza para el peso de vainas (gr)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Bloques	3	0,0081	0,0027	1,91	0,1986 ns
Tratamientos	3	10,41	3,47	2445,06	<0,0001 **
Error	9	0,0126	0,0014		
Total	15	10,43			
CV: %	10,41				

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

En la Tabla 15, Según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), el tratamiento T1 (500 ml/ha de Agrikelp) obtuvo el mayor peso promedio de vaina con 10.08 g, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos. El tratamiento T2 (500 ml/ha de Stimplex) alcanzó un promedio de 9.54 g, ubicándose en un grupo diferente. El tratamiento T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) registró un peso promedio de 8.87 g, mientras que el tratamiento testigo T4 (sin aplicación de bioestimulantes) presentó el menor valor con 7.92 g. Estos resultados indican que la aplicación de bioestimulantes foliares orgánicos, particularmente Agrikelp, tuvo un efecto positivo en el incremento del peso de vainas, mejorando así el rendimiento del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L.

Tabla 15

Comparación de tratamientos para peso de Vainas (g)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 -500ml/Ha-Agrikelp	4	10,08	a
T2 -500ml/Ha-Stimplex	4	9,54	b
T3-500ml/Ha-Agrostemin GL	4	8,87	c
T4-0ml/Ha Testigo	4	7,92	d

4.7 Rendimiento total

El análisis de varianza (Tabla 16) evidenció diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) entre los tratamientos evaluados en cuanto al rendimiento total por hectárea de *Phaseolus vulgaris* L. Además, el coeficiente de variación (CV) fue de 10.47%, lo que demuestra una adecuada precisión experimental. No se encontraron diferencias significativas entre los bloques ($p = 0.4215$), evidenciando homogeneidad en las unidades experimentales.

Tabla 16

Análisis de varianza para el rendimiento total (t/ha)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Bloques	3	0,0069	0,0023	1,04	0,4215 ns
Tratamientos	3	65,55	21,85	9930,73	<0,0001 **
Error	9	0,0198	0,0022		
Total	15	65,57			
CV % =	10,47				

En la tabla 17, en la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), se observó que el tratamiento T1 (500 ml/ha de Agrikelp) obtuvo el mayor rendimiento, con un promedio de 12.19 t/ha, posicionándose en el grupo A. Le siguió el tratamiento T2 (500 ml/ha de Stimplex) con 11.55 t/ha, perteneciente al grupo B. El tratamiento T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) alcanzó un promedio de 9.37 t/ha, mientras que el tratamiento testigo T4 (sin aplicación de bioestimulantes) presentó el rendimiento más bajo con 7.03 t/ha. Estos resultados reflejan que la aplicación de bioestimulantes foliares orgánicos, especialmente Agrikelp, tiene un efecto positivo sobre el rendimiento total de vainita, mejorando significativamente la productividad en comparación con el testigo sin tratamiento.

Tabla 17

Comparación de tratamientos para Rendimiento (t/ha)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 -500ml/Ha-Agrikelp	4	12,19	a
T2 -500ml/Ha-Stimplex	4	11,55	b
T3-500ml/Ha-Agrostemin GL	4	9,37	c
T4-0ml/Ha Testigo	4	7,03	d

El gráfico 7, presentado muestra el efecto de diferentes tratamientos sobre el rendimiento de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, expresado en toneladas por hectárea (Ton/Ha). Se evaluaron cuatro tratamientos: T1 (500 ml/ha de Agrikelp), T2 (500 ml/ha de Stimplex), T3 (500 ml/ha de Agrostemin GL) y T4 (testigo sin aplicación). Los resultados evidencian que el tratamiento T1 (Agrikelp) obtuvo el mayor rendimiento con 12.19 Ton/Ha, seguido por T2 (Stimplex) con 11.55 Ton/Ha. El tratamiento T3 (Agrostemin GL) alcanzó un rendimiento intermedio de 9.37 Ton/Ha, mientras que el testigo T4, que no recibió ninguna aplicación, registró el menor rendimiento con 7.03 Ton/Ha. La tendencia general, representada mediante una línea de regresión decreciente, indica que el uso de bioestimulantes tiene un efecto positivo en el incremento del rendimiento. En particular, Agrikelp y Stimplex demostraron una notable superioridad respecto al testigo, destacándose Agrikelp como el tratamiento más eficiente en mejorar la productividad del cultivo.

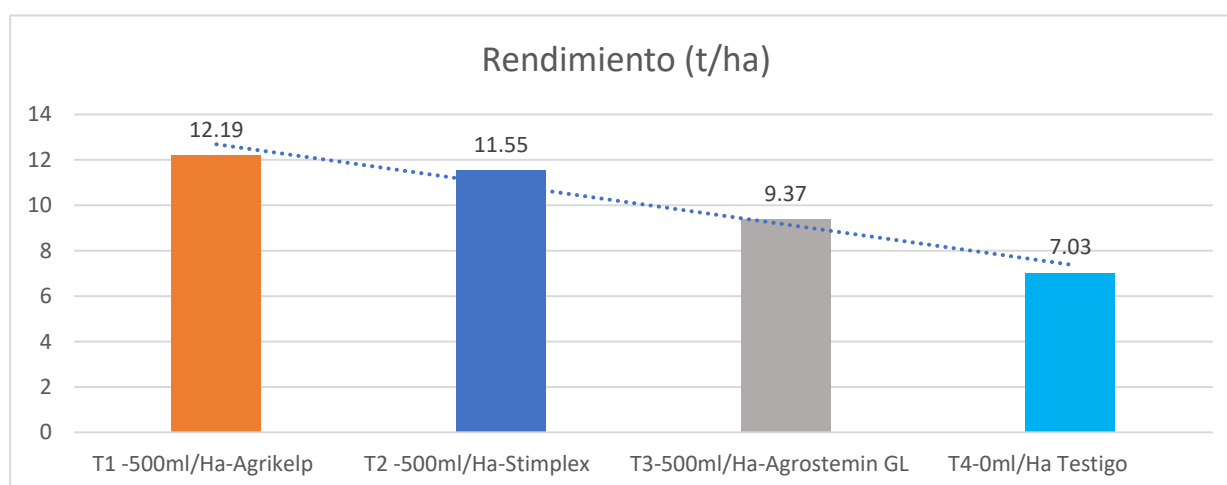


Figura 7. Comparación de promedios de los tratamientos para el rendimiento total (t/ha).

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Altura de planta

Los tratamientos con bioestimulantes mostraron diferencias significativas en la altura de planta respecto al testigo. El tratamiento con Agrikelp alcanzó la mayor altura promedio, resultado que concuerda con los hallazgos de Campos et al. (2022), quienes reportaron un aumento significativo en la altura de las plantas de fréjol tras la aplicación de compost y humus de lombriz. Similarmente, Garay (2023) observó que el uso de fertilización mineral combinada con extractos de algas incrementó la altura de vainita cv. Jade, confirmando que los bioestimulantes favorecen el crecimiento vegetativo al estimular la elongación celular.

Número de flores por planta

La aplicación de Agrikelp y Stimplex incrementó el número de flores por planta en comparación con el testigo. Estos resultados se alinean con los obtenidos por Galarza (2023) en frijol cuarterano, donde la aplicación de fertilizantes orgánicos foliares mejoró significativamente el porcentaje de floración y cuajado. Asimismo, Vásquez (2021) señaló que el bioestimulante aminogol promovió una floración más temprana y abundante en vainita, lo cual podría explicarse por la acción hormonal de los extractos de algas sobre los procesos reproductivos de la planta.

Número de vainas por planta

Se registró un mayor número de vainas en los tratamientos con bioestimulantes, especialmente en Agrikelp, comparado al control. Este resultado guarda relación con el trabajo de Llomitoa et al. (2020), quienes indicaron que el uso de abonos orgánicos incrementó el número de vainas en fréjol canario. Del mismo modo, Verde (2022) encontró que la aplicación de aminoácidos y microelementos mejoró el número de vainas en vainita, evidenciando que los bioestimulantes facilitan una mejor polinización y cuajado de frutos.

Largo de vaina

El largo de las vainas también fue superior en los tratamientos que recibieron bioestimulantes. Los datos son consistentes con los reportados por Galarza (2023), donde las vainas de frijol tratadas con bioestimulantes presentaron mayor longitud. De igual manera, Garay (2023) observó un incremento en el largo de vainas en vainita cv. Jade tras la

aplicación de extractos de algas, evidenciando que los bioestimulantes no solo influyen en el crecimiento vegetativo sino también en el desarrollo de los órganos reproductivos.

Diámetro de vaina

En cuanto al diámetro de la vaina, los bioestimulantes mejoraron significativamente esta variable, siendo Agrikelp el tratamiento que mostró mejores resultados. Estos hallazgos son similares a los de Verde (2022), quien reportó que el tratamiento con algas marinas mejoró el diámetro de las vainas en vainita. Esta mejora puede atribuirse a la acción de los polisacáridos y fitohormonas contenidas en los bioestimulantes, que fortalecen las paredes celulares y promueven el crecimiento homogéneo del fruto.

Peso de vainas por planta

El peso total de vainas por planta fue mayor en los tratamientos con bioestimulantes, especialmente con Agrikelp y Stimplex. Vásquez (2021) también encontró un aumento significativo en el peso de vainas de vainita bajo el efecto de bioestimulantes, lo que sugiere que estos productos no solo incrementan el número de vainas, sino que mejoran su calidad y llenado, factores determinantes para un mayor rendimiento.

Rendimiento total (t/ha)

Finalmente, el rendimiento por hectárea mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Agrikelp obtuvo el mayor rendimiento, seguido de Stimplex. Estos resultados corroboran lo encontrado por Campos et al. (2022) y Galarza (2023), quienes reportaron incrementos en la producción de frijol y fréjol cuarterano, respectivamente, gracias al uso de abonos orgánicos y bioestimulantes. De igual manera, el estudio de Garay (2023) en vainita cv. Jade mostró que los extractos de algas elevaron el rendimiento sin necesidad de incrementar las dosis de fertilizantes minerales, apoyando la premisa de que los bioestimulantes constituyen una herramienta efectiva y sustentable para mejorar la productividad agrícola.

En general, los bioestimulantes aplicados en este estudio actuaron positivamente sobre todas las variables evaluadas, demostrando su potencial para optimizar el crecimiento y la producción de vainita en condiciones agroclimáticas del valle de Barranca. Estos resultados refuerzan la importancia de fomentar prácticas agrícolas sostenibles basadas en la biotecnología vegetal.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. La aplicación de bioestimulantes tuvo un efecto positivo significativo sobre el crecimiento vegetativo, la formación de órganos reproductivos y el rendimiento total del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de Barranca, en comparación con el testigo sin tratamiento.
2. El tratamiento con Agrikelp (500 ml/ha) obtuvo los mejores resultados en todas las variables evaluadas (altura de planta, número de flores, número de vainas, largo y diámetro de vaina, peso de vainas por planta y rendimiento total), evidenciando su alta eficiencia en la promoción del crecimiento y productividad de la vainita.
3. El uso de Stimplex también mejoró significativamente las características agronómicas respecto al testigo, aunque en menor medida que Agrikelp, confirmando la efectividad general de los bioestimulantes basados en extractos de algas marinas.
4. La aplicación de bioestimulantes representa una alternativa agronómica viable para incrementar el rendimiento del cultivo de vainita de manera sostenible, reduciendo la dependencia de agroquímicos convencionales y favoreciendo prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.

6.2 Recomendaciones

1. Se recomienda la utilización del bioestimulante Agrikelp a razón de 500 ml/ha para productores de vainita en el valle de Barranca, debido a su efecto positivo sobre el desarrollo vegetativo, la formación de vainas y el incremento del rendimiento total.
2. Se sugiere realizar aplicaciones de bioestimulantes en etapas fenológicas estratégicas (inicio de crecimiento vegetativo y prefloración) para maximizar su efecto sobre la productividad y calidad de las vainas.
3. Es conveniente promover programas de capacitación y asistencia técnica dirigidos a los agricultores, con el fin de fomentar el conocimiento sobre el uso adecuado de bioestimulantes y su integración en sistemas de producción sostenibles.
4. Se recomienda la realización de estudios complementarios en diferentes condiciones agroclimáticas, variedades de vainita y ciclos de cultivo, a fin de validar y ajustar las dosis y momentos de aplicación óptimos de los bioestimulantes.

CAPÍTULO VII.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucci, E., Rossi, M., Giardini, A., Zeuli, P. S., Logozzo, G., Stougaard, J., McClean, P., & Papa, R. (2013). Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(14), E788–E796. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108973109>

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2001). *Descriptores de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Cali, Colombia.

Debouck, D. G., & Toro, O. (2004). Genetic diversity and ecological distribution of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in Northwestern South America. *Economic Botany*, 58(Supplement), S135–S155. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[S0135:GDAEDO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[S0135:GDAEDO]2.0.CO;2)

du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

El-Beltagi, H. S., Mohamed, A. A., El-Sayed, S. A., & Omran, E. E. (2019). Effects of biostimulants on plant growth and nutrient uptake in crops. *Journal of Plant Nutrition*, 42(4), 395–408.

FAO. (2018). *Guía para el cultivo de vainita en condiciones de clima tropical y subtropical*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2020). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Galarza, M. (2023). Efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos foliares en el rendimiento de frijol cuarterano (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Agroproductividad*, 13(4), 75–82.

Gepts, P. (2004). Crop domestication as a long-term selection experiment. *Plant Breeding Reviews*, 24(2), 1–44.

Gepts, P., Kami, J., & Beaver, J. S. (2008). *Phaseolus vulgaris*: A crop rich in genetic diversity. In *Genomics of Tropical Crop Plants* (pp. 113–143). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71219-2_5

González, F., Morales, D., & Vega, P. (2020). Impacto de los bioestimulantes en el rendimiento y calidad de los cultivos hortícolas. *Journal of Plant Science*, 29(3), 45–52.

Hossain, M. A., Li, Z., Hoque, T. S., & Burritt, D. J. (2019). Abiotic stress and its impact on crop growth and development. *Environmental Sustainability*, 21(5), 128–139.

Llomitoa, S., Rodríguez, P., & Angamarca, J. (2020). Evaluación de la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Agropecuaria Técnica*, 5(1), 34–41.

Lucini, L., Rouphael, Y., Cardarelli, M., & Colla, G. (2018). Effects of a plant-derived biostimulant on the yield and metabolic profile of lettuce grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 233, 234–243.

McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., & Bouma, J. (2014). Agriculture and precision farming: A review of the benefits and challenges. *Precision Agriculture*, 15(2), 125–142.

MINAGRI. (2021). *Informe técnico sobre el rendimiento de cultivos hortícolas en la costa central del Perú*. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú.

Pérez, M., Castillo, R., & Ruiz, L. (2021). Efectos de los bioestimulantes de algas marinas en la producción agrícola. *Agricultura y Tecnología*, 29(2), 75–82.

Rodríguez, L., Salazar, J., & Martínez, A. (2020). The effect of bio-stimulants on growth and development of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural Science*, 58(3), 232–245.

Sampath, P., Ramesh, R., & Rajesh, K. (2020). Bioestimulantes a base de algas marinas: Beneficios en la agricultura moderna. *Journal of Agricultural Science*, 15(1), 34–42.

Santos, B. M., Maynard, D. N., & Hochmuth, G. J. (2019). *Beans: Snap and Lima*. University of Florida, IFAS Extension.

Singh, S. P. (2001). Broadening the genetic base of common bean cultivars: A review. *Crop Science*, 41(6), 1659–1675.

Sustainable Agriculture Initiative Platform. (2019). *Towards more sustainable agricultural practices: Best practices and tools*. SAI Platform.

Tama, R. M., Morales, J. C., & Sánchez, F. (2019). Plant responses to bio-stimulants in agricultural systems. *Agronomy Journal*, 47(5), 785–798.

Tzortzakis, N., & Economakis, C. (2019). Seaweed-based biostimulants and their role in crop production. *Agriculture*, 9(6), 118.

Vera, M., Gutiérrez, D., & Paredes, L. (2019). Efecto del uso intensivo de fertilizantes en la degradación de suelos agrícolas en la costa peruana. *Revista Peruana de Agricultura Sostenible*, 5(2), 45–53.

Vessey, J. K. (2003). Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586.

Wani, S. P., Rockström, J., & Oweis, T. (2017). Improvement in crop yields with bio-stimulants under drought stress conditions. *Agricultural Water Management*, 191(4), 84–97.

Zhang, T., Sun, L., & Li, M. (2017). Mechanisms of plant bio-stimulation: Effects on growth, stress tolerance, and productivity. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(9), 2169.

ANEXOS



SIEMBRA DEL CAMPO



GERMINACIÓN Y ROTULADO DE TRATAMIENTOS



APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS EVALUADOS



RIEGO DEL CAMPO



FLORACIÓN Y CUAJADO DE VAINAS





COSECHA



EVALUACIÓN PESO DE VAINAS