Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

Efecto de los bioestimulantes en la producción de arveja verde "INIA 102 Usui"

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor

Pedro Luis Jorges Rodriguez

Asesor

Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas



Huacho-Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

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

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

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

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	**DNI**	**FECHA DE SUSTENTACIÓN**
Pedro Luis Jorges Rodriguez	76309784	20/10/26
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	**DNI**	**CÓDIGO ORCID**
Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas	15651224	https://orcid.org/0000-0002-5367-5285
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	**DNI**	**CODIGO ORCID**
Dr. Sergio Eduardo Contreras Liza	08787108	https://orcid.org/0000-0002-6895-4332
Mg.Sc.Cristina Karina Andrade Alvarado	40231658	https://orcid.org/0000-0003-2681-7863
Dr.Marco Tulio Sanchez Calle	02807986	https://orcid.org/0000-0001-9687-2476

082470Pedro Luis Jorges Rodriguez

Efecto de los bioestimulantes en la producción de arveja verde “INIA 102 Usui”

UI-FIAIAyA PREGRADO 2026

Unidad de Investigación FIAIAYA-2026

Facultad de Ingenieria Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3659018602

Fecha de entrega
24 sep 2026, 11:58 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
24 sep 2026, 12:22 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Borrador_Rodriguez.pdf

Tamaño del archivo
1.7 MB

70 páginas

17.107 palabras

101.682 caracteres

19% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

18% Fuentes de Internet
6% Publicaciones
10% 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

A mi madre, Andrea Rodríguez, quien desde mis primeros años me inculcó el valor de la educación y la importancia del esfuerzo. Recuerdo con gratitud aquellas largas noches en las que estudiábamos juntos, siempre dispuesta a aclarar mis dudas y a motivarme. Gracias a ella, hoy celebro este logro. Te amo profundamente.

A mi padre, Pedro Eduardo Nicho Salas, mi más sincero agradecimiento por ser mi guía y apoyo incondicional en cada paso de mi desarrollo personal y profesional. Su presencia constante y su respaldo, especialmente durante la elaboración de esta tesis, han sido pilares fundamentales para alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTO

- Ante todo, agradezco a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para avanzar en mis proyectos.
- Extiendo mi agradecimiento a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y a la Escuela de Ingeniería Agronómica, así como a los docentes que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas**, ,** quien como asesor me brindó un apoyo invaluable y constante para la ejecución y culminación de este proyecto de investigación.
- Al Jurado Calificador, por sus valiosos aportes en la mejora de esta investigación.
- A mi padre, el Ing. Pedro Nicho Salas, por su respaldo continuo durante todo el proceso de este proyecto, y al Programa Nacional de Innovación en Hortalizas, con sede en la Estación Experimental Donoso de Huaral, por su patrocinio a la presente tesis

INDICE

RESUMEN 11

ABSTRACT 12

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1 Descripción de la realidad problemática 3
1.2 Formulación del problema 4
1.2.1 Problema general 4
1.2.2 Problemas específicos 4
1.3 Objetivos de la investigación 4
1.3.1 Objetivo general 4
1.3.2 Objetivos específicos 5
1.4 Justificación de la investigación 5
1.5 Delimitación del estudio 6

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 7

2.1 Antecedentes de la investigación 7
2.1.1 Antecedentes internacionales 7
2.1.2 Antecedentes nacionales 9
2.2 Bases Teóricas 10
2.2.1 Generalidades del cultivo 10
2.2.1.1 Origen y distribución 10
2.2.1.2 Taxonomia 11
2.2.1.3 Morfología 12
2.2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos 16
2.2.2 Cultivar de arveja ‘INIA 102 Usui’ 20
2.2.3 Bioestimulantes enzimáticos y biosurfactantes 21
2.3 Definición de términos básicos 25
2.4 Hipótesis de investigación 26
2.4.1 Hipótesis General 26
2.4.2 Hipótesis Específicas 26
2.5 Operacionalización de las variables 26

CAPITULO III. METODOLOGÍA 27

3.1 Diseño metodológico 27

3.1.1 Ubicación 27
3.1.2 Características del área experimental 27
3.1.3 Tratamientos 27
3.1.4 Diseño experimental 28
3.1.5 Variables evaluadas 28
3.1.6 Conducción del experimento 29
3.2 Población y muestra 30
3.2.1 Población 30
3.2.2 Muestra 30
3.3 Técnicas de recolección de datos 30
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información 31
CAPITULO IV. RESULTADOS 32
4.1 Componentes productivos 32
4.1.1 Número de vainas por planta 32
4.1.2 Longitud de vaina 33
4.1.3 Ancho de vaina 34
4.1.4 Peso de vaina 35
4.1.5 Número de granos/vaina 36
4.2 Rendimiento 38
CAPITULO V. DISCUSIÓN 39
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 43
6.1 Conclusiones 43
6.2 Recomendaciones 44
CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46
ANEXOS 54

Indice de Tabla

Tabla1. Operacionalización de las variables 26
Tabla2. Tratamientos estudiados 28
Tabla3. Análisis de la Varianza 28
Tabla4. Análisis de variancia para Número de vainas por planta 32
Tabla5. Prueba de Duncan de Número de vainas por planta 33
Tabla6. Análisis de variancia para Longitud de vaina (cm) 33
Tabla7. Prueba de Duncan de Longitud de vaina (cm) 34
Tabla8. Análisis de variancia de ancho de vaina (cm) 34
Tabla9. Prueba de Duncan de Ancho de vaina (cm) 35
Tabla10. Análisis de variancia de peso de vaina (g) 36
Tabla11. Prueba de Duncan de Peso de vaina (g) 36
Tabla12. Análisis de variancia de número de granos/vaina (unidades) 37
Tabla13. Prueba de Duncan de Número de grano/vaina 37
Tabla14. Análisis de variancia para rendimiento (kg ha^{-1}) 38
Tabla15. Prueba de Duncan para rendimiento (kg ha^{-1}) 38
Tabla16. Número de vainas por planta 55
Tabla17. Datos de longitud de vaina 55
Tabla18. Datos de peso de vaina 55
Tabla19. Datos de número de granos por vaina 56
Tabla20. Datos de rendimiento 56
Tabla21. Bioestimulantes 56

Indice de Figura

b Figura 1. Preparacion de terreno 58
Figura 2. Sembrando 58
Figura 3. Germinando 59
Figura 4. Proceso de crecimiento 59
Figura 5. Tomando datos 60
Figura 6. Cosechando 60
Figura7. Muestra de suelo 61

RESUMEN

Objetivo: evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes sobre el rendimiento y la calidad de vaina de la arveja verde 'INIA 102 Usui' (*Pisum sativum* L.) en el valle de Huaral. **Metodología:** Se empleó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, conformándose un total de 24 unidades experimentales. Los tratamientos evaluados fueron ácidos húmicos, Trihormonal, Super G, Growth King, algas marinas y fertilización foliar 20-20-20. Se determinaron el número de vainas por planta, la longitud, el ancho y el peso de la vaina, el número de granos por vaina y el rendimiento de vainas verdes. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y, cuando se encontraron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad. **Resultados:** Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para el número de vainas por planta y el rendimiento. Los ácidos húmicos y Growth King registraron los mayores valores, con 25,43 y 23,66 vainas por planta, respectivamente, y rendimientos de 9313,95 y 8177,84 kg ha^{-1}, siendo estadísticamente similares entre sí y superiores a los demás tratamientos. En cambio, la longitud, el ancho y el peso de la vaina, así como el número de granos por vaina, no presentaron diferencias significativas. **Conclusión:** Se concluye que los ácidos húmicos y Growth King mejoraron la productividad de la arveja verde principalmente mediante el incremento del número de vainas por planta, pero no modificaron significativamente los atributos físicos considerados para evaluar la calidad de la vaina.

Palabras clave: *Pisum sativum*, bioestimulantes, ácidos húmicos, Growth King, calidad de vaina, rendimiento.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of different biostimulants on the yield and pod quality of the green pea variety 'INIA 102 Usui' (Pisum sativum L.) in the Huaral Valley. **Methodology:** A randomized complete block design with six treatments and four replications was used, resulting in a total of 24 experimental units. The treatments evaluated were humic acids, Trihormonal, Super G, Growth King, seaweed, and 20-20-20 foliar fertilization. The number of pods per plant, pod length, width, and weight, number of seeds per pod, and green pod yield were determined. Data were subjected to analysis of variance, and when significant differences were found, means were compared using Duncan's multiple range test at a 5% probability level. **Results:** The results showed significant differences between treatments for the number of pods per plant and yield. Humic acids and Growth King showed the highest values, with 25.43 and 23.66 pods per plant, respectively, and yields of 9313.95 and 8177.84 kg ha^{-1}, being statistically similar to each other and higher than the other treatments. However, pod length, width, and weight, as well as the number of seeds per pod, did not show significant differences. **Conclusion:** It is concluded that humic acids and Growth King improved green pea productivity mainly by increasing the number of pods per plant, but did not significantly modify the physical attributes considered to evaluate pod quality.

Keywords: *Pisum sativum*, biostimulants, humic acids, Growth King, pod quality, yield.

INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una leguminosa ampliamente valorada por su uso alimentario y por su función dentro de los sistemas agrícolas. Sus granos aportan proteínas, carbohidratos, minerales y diferentes compuestos bioactivos, por lo que constituyen una fuente importante de nutrientes para la alimentación humana (Mahdy et al., 2024). Desde el punto de vista agronómico, la especie puede establecer una asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno, proceso que contribuye a su nutrición y favorece el aprovechamiento del nitrógeno atmosférico, y esto permite mejorar el crecimiento, la acumulación de biomasa y la producción de la arveja, además de contribuir a sistemas agrícolas con un uso más eficiente de los nutrientes (Rathor et al., 2024).

Cuando la arveja se produce para su comercialización en estado verde, el resultado económico del cultivo no depende exclusivamente de la cantidad cosechada, sino también de la formación adecuada de las vainas y de la expresión de atributos relacionados con su calidad. Estos procesos están vinculados con la capacidad fotosintética de la planta, la disponibilidad de agua y nutrientes, la conservación de flores y vainas jóvenes y la distribución de fotoasimilados durante la etapa reproductiva (Szpunar-Krok, 2022).

Entre las alternativas empleadas para favorecer el desempeño de los cultivos se encuentran los bioestimulantes vegetales. Estas formulaciones pueden intervenir en procesos asociados con el crecimiento radical, la disponibilidad y absorción de nutrientes, la actividad fotosintética, el metabolismo vegetal y la respuesta frente a factores ambientales adversos. No obstante, los bioestimulantes constituyen un grupo heterogéneo, debido a que pueden elaborarse a partir de sustancias húmicas, extractos de algas, microorganismos, hidrolizados proteicos, aminoácidos y otros compuestos de origen biológico (Ismaiel et al., 2022).

Las sustancias húmicas destacan por su capacidad potencial para favorecer el desarrollo del sistema radical y mejorar la eficiencia con que las plantas utilizan los nutrientes disponibles. Su acción puede repercutir sobre la formación de biomasa y la disponibilidad de recursos durante las etapas de floración y llenado de las estructuras reproductivas (Rathor et al., 2024).

Los extractos de algas marinas también se utilizan como bioestimulantes debido a la presencia de polisacáridos, minerales y compuestos con actividad fisiológica. Estas sustancias pueden favorecer la fotosíntesis, el crecimiento y la formación de estructuras reproductivas, aunque su composición varía de acuerdo con la especie de alga, el procedimiento de extracción y la concentración de la formulación (Naz et al., 2023).

Otra estrategia utilizada en la producción agrícola corresponde a la aplicación de reguladores del crecimiento, como auxinas, giberelinas y citoquininas. Estas sustancias intervienen en la división y elongación celular, el desarrollo vegetativo, la floración y la formación de frutos y semillas. Sin embargo, su efecto depende del equilibrio entre las hormonas aplicadas y las producidas naturalmente por la planta (Cántaro-Segura y Huaringa-Joaquín, (2021).

La variabilidad existente entre las formulaciones y sus posibles mecanismos de acción hace necesario evaluar experimentalmente cada producto bajo las condiciones en las que se pretende utilizar. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes sobre el rendimiento y la calidad de vaina de la arveja verde ‘INIA 102 Usui’ en el valle de Huaral.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La arveja (*Pisum sativum* L.) constituye una leguminosa de importancia alimentaria y agronómica, debido a su aporte de proteínas, carbohidratos, minerales y compuestos bioactivos, así como a su capacidad para establecer simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno. Esta asociación contribuye a la nutrición nitrogenada de la planta y puede favorecer una utilización más eficiente de los recursos disponibles en el sistema productivo (Mahdy et al., 2024; Rathor et al., 2024). No obstante, la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico no garantiza por sí sola una productividad elevada, debido a que la formación de vainas y el rendimiento también dependen de la disponibilidad de agua y nutrientes, la actividad fotosintética, el estado fisiológico del cultivo y las condiciones ambientales presentes durante la etapa reproductiva.

La floración, el cuajado y el llenado de las vainas constituyen periodos especialmente sensibles en la formación del rendimiento de la arveja. Durante estas etapas, las limitaciones nutricionales o hídricas pueden reducir la actividad fotosintética, incrementar la pérdida de flores y vainas jóvenes y disminuir la cantidad de estructuras reproductivas que llegan a la cosecha. Szpunar-Krok (2022) señala que la respuesta fisiológica de la arveja está condicionada por las condiciones meteorológicas durante la floración y el desarrollo de las vainas, debido a que estas influyen en el contenido de clorofila, el intercambio gaseoso y la eficiencia fotosintética. En consecuencia, las prácticas de manejo dirigidas a incrementar la producción deben favorecer no solo el crecimiento vegetativo, sino también la conservación de las estructuras reproductivas y la adecuada distribución de fotoasimilados.

En la búsqueda de alternativas para mejorar el desempeño productivo de los cultivos, se ha incrementado el interés por los bioestimulantes vegetales. Estas formulaciones se utilizan con la finalidad de estimular determinados procesos naturales relacionados con la absorción y utilización de nutrientes, el crecimiento radical, la actividad fotosintética y la tolerancia frente a condiciones ambientales desfavorables. Sin embargo, bajo la denominación de bioestimulantes se comercializan productos de naturaleza muy diversa, entre ellos sustancias húmicas, extractos de algas, aminoácidos, hidrolizados proteicos, reguladores del crecimiento y formulaciones derivadas de procesos de fermentación. Por esta razón, no todos

presentan la misma composición ni producen efectos equivalentes sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas.

Para el Perú, la arveja verde 'INIA 102 Usui' representa una alternativa para la producción de vainas destinadas al mercado en fresco. Sin embargo, existe información local limitada y no concluyente respecto de la eficacia comparativa de bioestimulantes con composiciones distintas. Esta situación dificulta determinar cuáles productos mejoran realmente el número de vainas, el rendimiento y los atributos físicos relacionados con la calidad comercial.

En ese contexto resulta necesario evaluar bajo condiciones controladas de campo el efecto de formulaciones correspondientes a ácidos húmicos, reguladores hormonales, extractos de algas y productos comerciales de naturaleza diferente, comparándolos con un tratamiento de fertilización foliar.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál de los bioestimulantes presentarán mayores efectos en el rendimiento y calidad de vaina de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.), en valle de Huaral?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál de los bioestimulantes presentarán mayores efectos en el rendimiento de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.), en valle de Huaral?
- ¿Cuál de los bioestimulantes presentarán mayores efectos en la calidad de vaina de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.), en valle de Huaral?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de bioestimulantes en el rendimiento y calidad de vaina en el cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.) en el valle de Huaral.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de bioestimulantes en el rendimiento en el cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.), en el valle de Huaral.
- Evaluar el efecto de bioestimulantes, en la calidad de vaina del cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.), en el valle de Huaral.

1.4 Justificación de la investigación

Conveniencia

En el Perú el cultivo de arveja verde (Pisum sativum L.), se cultiva en casi toda la sierra peruana y en la costa peruana en menor área, pero en los meses de abril a julio, siendo el área promedio por campaña de 100,000 has ya sea para grano verde como para grano seco y se la aprecia por su alto valor nutritivo.

Relevancia social

Sea para consumo familiar o para la venta, hay razones suficientes para incluir el cultivo de arveja, al plan de producción de todo agricultor, según las estadísticas que se han podido revisar los rendimientos de arveja verde en el valle de Huaral son menores de 4,0 t/ha (rendimiento potencial más de 10 t/ha), llegando a un punto de no satisfacer el mercado y el abastecimiento del crecimiento poblacional, ello debido al desconocimiento del efecto de activadores fisiológicos bioestimulantes hormonales (auxinas, citoquininas y geberelinas) y bioestimulantes no hormonales (Ácidos húmicos, algas marinas, aminoácidos), sobre el rendimiento de arveja verde de variedad "INIA-102 Usui".

Implicaciones prácticas

Esto hace necesario que se incremente los rendimientos considerables, por ello se plantea evaluar cincos bioestimulantes comparado con el testigo y su efecto en el rendimiento y calidad de vaina del cultivo de arveja de variedad "INIA-102 Usui", en el valle de Huaral.

Valor teórico

Es una de las hortalizas que contiene mayor cantidad de carbohidratos y proteínas, por lo que se destaca como una fuente importante de sacarosa y aminoácidos. (gastronomía, Perú 2007).

Utilidad metodológica

La metodología planteada puede ser adaptada para investigaciones futuras con diferentes llegando a un punto de no satisfacer el mercado y el abastecimiento del crecimiento poblacional, ello debido al desconocimiento del efecto de activadores fisiológicos bioestimulantes hormonales (auxinas, citoquininas y giberelinas) y bioestimulantes no hormonales (Ácidos húmicos, algas marinas, aminoácidos), sobre el rendimiento de arveja verde de variedad "INIA-102 Usui".

1.5 Delimitación del estudio

Delimitación espacial

La investigación se llevó en la costa central del valle de Chancay -Huaral

Delimitación temporal

El estudio fue de 5 meses ya que su periodo vegetativo es entre los meses de mayo a setiembre del 2024, que es la época de siembra óptima del cultivo.

Delimitación de contenido

El estudio se centró en evaluar el efecto de bioestimulantes en el rendimiento y calidad de vaina en el cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui" (*Pisum sativum* L.)

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Coque (2000) evaluó el efecto de cuatro bioestimulantes en el cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris L.). Los bioestimulantes fueron Ecosane, Ácido húmico, Biol, Stimplex más testigo. Observó que en altura de planta presentó una ligera diferencia entre Ecosane con 14,40 cm y el resto de productos con 13,23 cm de altura. En los días a la floración pudo observar que Ecosane, presentó menores días a la floración, de igual forma para longitud de vaina y el número de vainas por planta En cuanto a rendimiento sobresalió Ecosane mayor con 10,07 t ha^{-1}.

Llumiquinga (2006) aplicó de forma complementaria tres bioestimulantes de origen natural en el cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris L.) evaluó la respuesta de dos bioestimulantes (Seaweed, New Fol plus, Abono de frutas más testigo) comerciales y uno de elaboración artesanal, en la producción de vainita (Phaseolus vulgaris L), bajo manejo orgánico. Encontró que el testigo de abono de frutas, sobresalió en rendimiento con 14,14 t ha^{-1}, número de vainas con 4,51 vainas/planta/cosecha y peso de la vaina con 6,66 g/vaina, estas dos últimas variables se relacionan lógicamente con el rendimiento.

Villa (2006) evaluó la aplicación de un bioestimulante (Biostan) en el cultivo del fríjol (Phaseolus vulgaris L.). Empleó un bioestimulante (Biostan) en siete variedades de frijol: Turrialba 4, Porrillo sintético, Güira 12, Ica pijao, BAT 304, BAT 448 y CIAP 7247 y dos tratamientos Testigo y los aplicó a los 10 y 30 días después de la siembra, a una concentración de 6 mg L-1 y una solución final de 150 y 300 L ha^{-1}. Encontró un efecto favorable del bioestimulante en todas las variables evaluadas, destacándose las variedades Porrillo sintético, CIAP 7247 e Ica pijao, con un rendimiento de 1,57; 1,17 y 1,15 t ha^{-1}, respectivamente.

Flores (2009) evaluó la respuesta de arveja (Pisum sativum L.), a la aplicación complementaria de tres fertilizantes foliares a tres dosis. Determinó que aplicando el fertilizante (Fertigro-8-24-0) a la dosis de 12,5 ml/litro, presentó mayor rendimiento con 3,3 t ha^{-1}., asi como mayor número de vainas e incrementó el peso de 100 semillas.

Vaca (2011) desarrolló la investigación: Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (Pisum sativum L) con el objetivo de evaluar tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (Pisum sativum l.). Para ello implementó el diseño de Bloques Completos al Azar con un factorial 3 x 3 + 1, con cuatro repeticiones, siendo 10 tratamientos de los cuales se utilizó factor a: 3 bioestimulantes (b1): Siaptom, b2: Biotek y b3: Ocean y factor b: dosis baja (db), recomendada (dr) y dosis alta (da) más un testigo. Como resultados encontró que de los tres Bioestimulantes evaluados, el de mejor respuesta en cuanto a mejorar la producción fue B1 (Siaptom), y la mejor dosis que mejor respuesta alcanzó en la evaluación fue la dosis recomendada y dosis alta (10 y 12,5 cm^3/litro de agua). En cuanto a la floración el mejor bioestimulante es Ocean en dosis recomendada y alta (10 y 12,5 cm^3).

Canacuán et al. (2011) evaluó el efecto de tres bioestimulantes orgánicos y un químico en dos variedades de fréjol arbustivo cargabello y calima roja (Phaseolus vulgaris L). Encontró que, en días a la floración, hubo diferencia significativa al 1% siendo el mejor tratamiento T2 (Variedad Cargabello y bioestimulante Novaplex), con una media de 63,5 días. En cuanto a número de vainas por planta, observó que existía diferencia significativa al 1% para los bioestimulantes, Novaplex con un promedio de 47,8 vainas por planta. En cuanto de los granos por vaina detectó diferencia significativa al 1% el tratamiento T4 (Variedad Cargabello y bioestimulante Bayfolan Especial); y T2 (Variedad Cargabello y bioestimulante Novaplex) como los mejores. En cuanto a la altura de plantas el bioestimulante que obtuvo mejor resultado fue Byfolan Especial, con una media de 81,2 cm.

Cadena (2013) evaluó tres bioestimulantes para prevenir la abscisión de la flor, en el cultivo de haba, (Vicia faba L.). Encontró que para la variable abscisión de flores a los 133 días el tratamiento que registró mayor porcentaje de caída de flores fue el T1 (Byozime), con 43,43 %; seguido del T3 (Hormonagro), con 39,8 %; luego el T4 (Testigo absoluto), con 36,22% y el tratamiento que registro menor porcentaje de abscisión fue el T2 (Quicelum diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos), con promedio de 30,07 %. Concluye que el T3 (Hormonagro), registró los valores más alto en las variables: producción con 25,68 t ha-1, y número de granos por vaina con 2,07 granos/vaina; variables que guardan relación con el mayor número de pisos florales y número de flores por piso.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Rojas (2017) en su trabajo de investigación "Producción de arveja verde "quantum" (Pisum sativum L.) con aplicaciones de humus de lombriz, guano de islas y biol en condiciones agroclimáticas de Tiabaya – Arequipa". Concluyó que la mejor producción de vainas verdes de arveja var. Quantum fue producto del abonamiento mediante la interacción entre 6 t/ha de humus de lombriz; 1 t/ha., de guano de islas y biol al 40 % (H6G1B4) generando el mayor rendimiento total ascendente a 12,8 t/ha este resultado presentó diferencia estadística significativa frente a resultados obtenidos por los demás tratamientos. La mejor rentabilidad del cultivo de arveja var. Quantum fue 130,1% el mismo se logró debido al abonamiento del cultivo con la interacción entre 6 t/ha., de humus de lombriz; 1 t/ha., de guano de islas y biol al 40 % (H6G1B4).

Melgarejo (2019) en su trabajo de investigación Respuesta del cultivo de holantao (Pisum sativum var. saccharatum) a la aplicación de dos bioestimulantes con tres dosis en el distrito de Yanahuanca Provincia de Daniel Carrión. Concluyó que el mayor rendimiento en toneladas por hectárea del cultivo de holantao lo obtuvo el T5 (aplicación del bioestimulante orgabiol con una dosis de 2.0 l/ha) con 10.26 toneladas por hectárea. Al finalizar el presente trabajo de investigación se recomienda a los agricultores realizar la aplicación del bioestimulante orgabiol a una dosis de 2.0 l/ha en el cultivo de holantao, por que con este tratamiento se obtuvieron plantas con las mejores características en su desarrollo y mayor rendimiento en toneladas por hectárea.

Hoyos (2019) desarrolló el trabajo de investigación "Evaluación del efecto de tres bioestimulantes: ryz up, aminofol, promalina, en el rendimiento de arveja (Pisum sativum L.) en Cajamarca". concluyó que los bioestimulantes: Ryz up, aminofol y promalina aumentan el rendimiento de arveja en grano verde, entre 208 y 478 kg ha^{-1}, lo cual significa un incremento del rendimiento del 32 al 73 %. 2. Es semejante el efecto de los bioestimulantes y las dosis de aplicación (ryz up, en dosis baja = 50 ml/200 L, dosis media = 75 ml/200 L y dosis alta = 100 ml/200 L; Aminofol, en dosis baja = 100 ml/200 L, dosis media = 150 ml/200 L y dosis alta = 200 ml/200 L y promalina en dosis baja = 30 ml/200 L, dosis media = 60 ml/200 L y dosis alta = 200 ml/200 L); en el rendimiento de arveja en grano verde, y el bioestimulante ryz up, aminofol y promalina, en sus tres dosis de aplicación; no producen efectos significativos en las características de la arveja: Días a floración, materia

seca a la floración, materia seca a la cosecha, número de vainas por planta y peso de 100 semillas.

Pari (2015), en su proyecto de investigación "Evaluación del efecto de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento del cultivo de arveja verde Usui (Pisum sativum L.) en el valle de Huaral - 2015". Luego de la evaluación de T1: Calfruit a 250 cc/cil, T2: Grow More Premiun 32-10-10 a 2 kg/cil. T3: Sodam a 120 cc/cil, T4: Vigortem a 1000 cc/cil, T5: CTA-Stymulant a 200 cc/cil, y T6: Fert All Cal, Bo y Zinc a 500 cc/cil. Concluyó que para rendimiento mayor peso de vainas comerciales, se tuvo con la aplicación de Grow More Premiun 32-10-10 con 8 942 kg ha^{-1}, y menos con la aplicación de Sodam con 7,115 kg ha^{-1}., pero sin existir diferencias significativas entre tratamientos, para las condiciones del valle de Huaral 2015. En consecuencia, la aplicación de bioestimulantes orgánicos no influyen estadísticamente en el incremento del rendimiento siendo indiferente la aplicación de cualquier producto orgánico.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo

2.2.1.1 Origen y distribución

La arveja (Pisum sativum L.) es una de las leguminosas de mayor antigüedad dentro de la agricultura mundial. Las evidencias arqueobotánicas ubican su utilización y posterior domesticación en la región mediterránea oriental y el Cercano Oriente, particularmente en el área comprendida por el denominado Creciente Fértil. En yacimientos del Medio Oriente se han encontrado restos de leguminosas correspondientes a los milenios X y IX a. C., lo que permite considerar a la arveja como uno de los cultivos fundadores de la agricultura neolítica, junto con el trigo, la cebada, la lenteja y el garbanzo. No obstante, la identificación de un único centro de origen resulta compleja debido a la temprana dispersión de la especie y a la diversidad de sus formas silvestres y cultivadas (Smýkal et al., 2012).

La expansión posterior del cultivo estuvo relacionada con las migraciones humanas, el intercambio de semillas y la consolidación de rutas comerciales. Zhang et al. (2025) señalan que la arveja se cultivaba ampliamente en Europa antes de su introducción en otros continentes mediante la expansión colonial. En la actualidad, se encuentra distribuida en prácticamente todas las regiones agrícolas del mundo y se cultiva principalmente en

ambientes templados y zonas subtropicales de clima fresco. Su producción comprende diferentes tipos comerciales, como arveja para grano seco, grano verde, consumo de la vaina completa, alimentación animal y producción de forraje, lo que evidencia su amplia adaptación agronómica y diversidad de usos.

En el Perú, su cultivo se ha consolidado principalmente en la región andina, donde forma parte de los sistemas productivos tradicionales y se destina tanto al autoconsumo como a la comercialización en estado verde y seco. Nicho Salas (2021) identifica a Cajamarca, Junín, La Libertad, Huancavelica y Ayacucho entre las principales regiones productoras, lo cual refleja la importancia del cultivo en zonas de clima templado y frío de la sierra peruana.

Aunque la mayor superficie nacional se concentra en la región andina, la arveja también se cultiva en áreas de la costa central bajo condiciones de riego.

2.2.1.2 Taxonomia

La arveja es una planta angiosperma dicotiledónea perteneciente a la familia Fabaceae, la cual agrupa especies caracterizadas por producir frutos del tipo legumbre. De acuerdo con la clasificación botánica tradicional empleada en las ciencias agrarias y registrada por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la ubicación taxonómica de la arveja es la siguiente:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Género: Pisum
Especie: Pisum sativum L.

2.2.1.3 Morfología

La arveja, Pisum sativum L., es una planta herbácea anual que presenta una considerable variabilidad morfológica como consecuencia de las diferencias genéticas entre cultivares y de la influencia de factores ambientales. Su hábito de crecimiento puede ser determinado o indeterminado y comprende materiales de porte bajo, semierecto, postrado o trepador. Las plantas adultas pueden alcanzar aproximadamente entre 0,5 y 2,0 m de altura, aunque esta característica depende principalmente del genotipo, la disponibilidad de agua, la fertilidad del suelo, la temperatura y el sistema de conducción utilizado (Clark, 2019; Zhang et al., 2025).

Sistema radical

El sistema radical de la arveja es de tipo pivotante y se origina a partir de una raíz primaria que crece en dirección vertical. A partir de esta raíz se forman raíces laterales de primer orden y ramificaciones sucesivas que amplían el volumen de suelo explorado por la planta (Tricot et al., 1997). Aunque la raíz principal puede alcanzar cierta profundidad, una proporción importante de las raíces secundarias se concentra en las capas superficiales del suelo. En condiciones favorables, las raíces desarrollan nódulos como resultado de la asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno, principalmente *Rhizobium leguminosarum*. Estos nódulos pueden localizarse tanto en la raíz principal como en las raíces laterales y participan en la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, proceso relevante para la nutrición nitrogenada de la planta (Clark, 2019).

Tallo

El tallo es herbáceo, delgado, glabro y de consistencia relativamente débil. Se encuentra dividido en nudos y entrenudos, y puede presentar diferentes grados de ramificación según el cultivar y las condiciones ambientales. En las variedades de crecimiento indeterminado, el ápice vegetativo continúa formando nuevos nudos, hojas y flores mientras las condiciones ambientales sean favorables; en cambio, los cultivares determinados detienen su crecimiento después de producir una inflorescencia terminal o alcanzar un número definido de nudos (Clark, 2019).

La longitud del tallo permite diferenciar materiales enanos, semienanos, de porte medio y de enrame. Los cultivares altos y de crecimiento indeterminado suelen producir una mayor cantidad de biomasa, pero también presentan mayor susceptibilidad al acame, por lo que requieren el apoyo de tutores o de plantas próximas.

Hojas

Las hojas de la arveja son alternas, compuestas y presentan una organización especializada. Están constituidas por un pecíolo, estípulas de tamaño relativamente grande, uno o más pares de folíolos, pulvínulos y zarcillos terminales. Las estípulas se ubican en la base de la hoja, generalmente son foliáceas y pueden alcanzar un tamaño igual o superior al de los folíolos. Estos últimos suelen ser ovalados o elípticos, con superficie glabra y margen entero o ligeramente dentado, dependiendo del material genético (Zhang et al., 2025).

Moreau et al. (2018) señalan que la hoja de la arveja constituye una estructura compuesta con órganos especializados claramente diferenciados, entre los que se encuentran los folíolos, zarcillos, pulvínulos y estípulas. La proporción entre folíolos y zarcillos varía considerablemente entre los cultivares. Las variedades de hoja normal presentan folíolos desarrollados y zarcillos terminales, mientras que en los materiales semiafilos o semisin hojas una parte de los folíolos se transforma en zarcillos, característica que favorece el entrelazamiento entre plantas y puede reducir el acame.

Zarcillos

Los zarcillos son estructuras filiformes y flexibles originadas por la modificación de los folíolos terminales de la hoja. Pueden ser simples o ramificados y poseen sensibilidad al contacto, por lo que se enrollan alrededor de tutores, tallos u otras estructuras próximas. Su función principal es proporcionar soporte mecánico al tallo y mantener la parte aérea de la planta en una posición que favorezca la interceptación de la radiación solar (Moreau et al., 2018).

En los cultivares de enrame, los zarcillos son especialmente importantes debido a la limitada capacidad del tallo para mantenerse erecto por sí mismo. La presencia de una estructura de soporte permite que las plantas se distribuyan verticalmente, mejora la aireación del follaje y facilita las actividades de manejo y cosecha. En los tipos semiafilos, la abundancia de

zarcillos también favorece el entrelazamiento entre plantas y contribuye a formar un dosel más estable (Clark, 2019).

Flores

Las flores son hermafroditas, zigomorfas y de tipo papilionáceo, característica propia de numerosas especies de la familia Fabaceae. La corola se encuentra formada por cinco pétalos diferenciados: un pétalo superior de mayor tamaño denominado estandarte, dos pétalos laterales denominados alas y dos pétalos inferiores que forman la quilla. Esta última envuelve y protege los órganos reproductivos de la flor. La simetría bilateral o zigomorfía de la flor constituye una característica morfológica controlada genéticamente y relacionada con la diferenciación de los distintos tipos de pétalos (Wang et al., 2008).

El cáliz es campanulado y está constituido por cinco sépalos, mientras que el androceo está formado por diez estambres, generalmente nueve unidos y uno libre. El gineceo posee un ovario súpero constituido por un solo carpelo, del cual se desarrolla posteriormente la vaina. El color de la corola puede variar entre blanco, rosado, rojizo y púrpura, de acuerdo con el cultivar y la concentración de pigmentos. En los materiales destinados al consumo en verde predominan frecuentemente las flores blancas, aunque este carácter no es uniforme para todos los cultivares (Clark, 2019; Zhang et al., 2025).

La proximidad entre las anteras y el estigma y el hecho de que la liberación del polen pueda producirse antes de la apertura completa de la flor favorecen la autopolinización. Por ello, la arveja se considera una especie predominantemente autógama, aunque puede presentarse un reducido porcentaje de polinización cruzada ocasionada por insectos.

Inflorescencias

Las inflorescencias se originan en las axilas de las hojas y corresponden generalmente a racimos axilares sostenidos por un pedúnculo. En cada racimo puede desarrollarse una o más flores, cuyo número varía según el genotipo, el estado nutricional de la planta y las condiciones ambientales durante la fase reproductiva. Algunos materiales también pueden presentar flores solitarias en las axilas foliares (Zhang et al., 2025).

La formación de inflorescencias ocurre progresivamente a medida que se desarrollan nuevos nudos en los cultivares indeterminados. En consecuencia, una misma planta puede presentar simultáneamente botones florales, flores abiertas, vainas recién cuajadas y vainas en proceso de llenado. Esta característica ocasiona una maduración escalonada y hace necesario realizar varias cosechas cuando el producto se destina al mercado en estado verde.

Vainas

El fruto de la arveja es una legumbre denominada comúnmente vaina. Se origina a partir del crecimiento del ovario después de la fecundación y está constituida por dos valvas unidas mediante las suturas dorsal y ventral. Las vainas pueden ser rectas o ligeramente curvadas, aplanadas o cilíndricas, y presentar un ápice agudo o redondeado. Su forma, longitud, ancho, color y espesor dependen del cultivar, de las condiciones de crecimiento y del estado de madurez en el momento de la evaluación (Zhang et al., 2025).

En términos generales, las vainas pueden alcanzar entre 2,5 y 10 cm de longitud y contener aproximadamente entre 2 y 10 semillas; sin embargo, estos valores muestran una amplia variabilidad genética. Durante la cosecha en verde, las valvas son carnosas, turgentes y presentan una coloración verde, mientras que al alcanzar la madurez fisiológica pierden humedad y adquieren una consistencia más fibrosa o papirácea. El tamaño y peso de la vaina, así como el número de granos contenidos en ella, constituyen características directamente relacionadas con la calidad comercial y el rendimiento de la arveja verde.

Semillas

Las semillas se encuentran dispuestas en el interior de la vaina y permanecen unidas a la placenta mediante pequeños funículos. Su forma puede variar desde esférica hasta angular, mientras que la superficie puede ser lisa, rugosa o arrugada. Estas diferencias están determinadas genéticamente y se relacionan con la composición y acumulación de almidones y azúcares durante el desarrollo de la semilla (Clark, 2019).

Cada semilla está recubierta por una testa o cubierta seminal y contiene dos cotiledones, en los cuales se almacenan las principales sustancias de reserva utilizadas durante la germinación. El color de los cotiledones puede ser verde o amarillo, mientras que la cubierta seminal puede ser incolora, verde, gris, marrón, violácea o presentar diferentes patrones de pigmentación. En la arveja destinada al consumo en verde, las semillas se cosechan antes de

alcanzar la madurez fisiológica, cuando mantienen una coloración verde, una consistencia tierna y un elevado contenido de humedad. El número de semillas por vaina y su grado de llenado dependen de la fecundación de los óvulos, la disponibilidad de fotoasimilados, el estado hídrico y nutricional de la planta y las condiciones ambientales durante la fase reproductiva (Clark, 2019; Zhang et al., 2025).

2.2.1.4 Requerimientos edafoclimáticos

El crecimiento, desarrollo y rendimiento de la arveja dependen de la interacción entre la temperatura, radiación solar, humedad atmosférica, disponibilidad de agua y características físicas, químicas y biológicas del suelo. Aunque la especie presenta capacidad de adaptación a diferentes ambientes, expresa mejor su potencial productivo en condiciones frescas, con humedad edáfica suficiente, suelos fértiles y bien drenados y una disponibilidad equilibrada de nutrientes. Estos factores adquieren especial importancia durante la floración, el cuajado y el llenado de las vainas, debido a que el estrés ambiental en dichas etapas puede reducir directamente el rendimiento y la calidad comercial del producto.

Temperatura

La arveja es una especie adaptada a climas templados y frescos. Pavek (2012) señala que su mayor productividad se alcanza aproximadamente entre 13 y 18 °C, mientras que Zhang et al. (2025) establecen un intervalo general de 15 a 22 °C para el crecimiento y desarrollo reproductivo. La germinación puede iniciarse con temperaturas relativamente bajas, pero la emergencia es más uniforme cuando la temperatura se encuentra entre 14 y 19 °C. Durante el crecimiento vegetativo, las condiciones cercanas a 12–16 °C favorecen la formación del dosel, mientras que la floración y el desarrollo de las vainas se producen adecuadamente entre 15 y 22 °C.

Las temperaturas elevadas son particularmente perjudiciales durante la etapa reproductiva. Valores superiores a 25 °C pueden afectar la viabilidad del polen, provocar aborto de óvulos, disminuir el cuajado y acelerar la maduración; por tanto, reducen el número de vainas y semillas formadas. Asimismo, el calor durante el desarrollo de los granos puede aumentar el contenido de almidón y fibra, disminuyendo su terneza y calidad para consumo en verde. En consecuencia, la programación de la siembra debe procurar que la floración y el llenado de

vainas no coincidan con periodos de temperaturas elevadas (Pavek, 2012; Zhang et al., 2025).

Radiación solar

La radiación solar constituye la fuente de energía para la fotosíntesis y, por consiguiente, para la producción de biomasa y la formación de vainas. Lecoeur y Ney (2003) demostraron que la acumulación de materia seca en la arveja está relacionada con la radiación fotosintéticamente activa interceptada por el dosel y con la eficiencia con que la planta transforma esa energía en biomasa. Esta eficiencia no es constante durante todo el ciclo, pues varía entre el crecimiento vegetativo, la floración y el llenado de semillas. Por ello, el establecimiento de una población uniforme, el adecuado distanciamiento y el tutorado de los cultivares de enrame favorecen la distribución de la radiación entre las hojas.

La arveja debe cultivarse en lugares con buena exposición solar, evitando el sombreo excesivo ocasionado por densidades muy altas, malezas o deficiente conducción de las plantas. Además de la intensidad de la radiación, la duración del día interviene en la floración. Zhang et al. (2025) indican que los fotoperiodos superiores a 12 horas favorecen la inducción floral en numerosos genotipos, mientras que días menores de 10 horas pueden retrasarla. Sin embargo, la magnitud de esta respuesta varía de acuerdo con el cultivar y su adaptación geográfica.

Humedad relativa

La humedad relativa interviene en la transpiración, apertura estomática, balance hídrico, floración y cuajado de vainas. Zhang et al. (2025) señalan que una humedad relativa de aproximadamente 70–90 % durante la floración puede favorecer el mantenimiento de la actividad fisiológica de la planta, siempre que el suelo presente buen drenaje y exista ventilación suficiente. En contraste, una humedad atmosférica muy baja incrementa el déficit de presión de vapor, aumenta la pérdida de agua por transpiración y puede favorecer la caída de flores y vainas jóvenes, especialmente cuando se combina con temperaturas altas o insuficiente humedad del suelo.

No obstante, una humedad relativa permanentemente elevada, acompañada de follaje denso y escasa circulación de aire, puede generar un microclima favorable para enfermedades foliares y de vainas. Por ello, la humedad atmosférica debe analizarse conjuntamente con la temperatura, ventilación, densidad de plantas y frecuencia de riego, y no como un factor aislado.

Precipitación

La arveja se adapta a regiones con diferentes regímenes de precipitación. Pavek (2012) indica que puede desarrollarse en ambientes que reciben aproximadamente entre 406 y 991 mm de precipitación anual; sin embargo, este intervalo corresponde a las condiciones generales de las zonas productoras y no representa una cantidad fija de agua requerida durante una campaña. La precipitación efectiva debe distribuirse de manera que permita la germinación, crecimiento vegetativo, floración y formación de vainas sin ocasionar periodos prolongados de déficit o saturación del suelo.

La lluvia o el riego irregular durante la formación y llenado de vainas puede producir granos desuniformes en tamaño, color y madurez. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura señala que un déficit hídrico severo al final de la formación del rendimiento puede originar semillas más duras y de menor calidad. Por otro lado, las lluvias intensas o frecuentes en suelos con drenaje deficiente favorecen el encharcamiento, la falta de oxígeno en las raíces y la aparición de pudriciones.

Textura y estructura del suelo

La arveja puede cultivarse en suelos que varían desde arenosos hasta arcillosos; sin embargo, desarrolla mejor su sistema radical en suelos fértiles, de textura franca, franco-arenosa o franco-arcillosa, con buena estructura, aireación y capacidad de retención de humedad. Pavek (2012) sostiene que los mejores resultados se obtienen en suelos relativamente ligeros y bien drenados. Los suelos muy arenosos pueden presentar baja retención de agua y nutrientes, mientras que los arcillosos compactados dificultan la emergencia, penetración radical y circulación del oxígeno.

pH del suelo

La reacción del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes y en la simbiosis entre la arveja y las bacterias fijadoras de nitrógeno. Pavek (2012) establece como apropiado un intervalo de pH de 5,5 a 7,0; mientras que Zhang et al. (2025) señalan que la actividad de los rizobios y la nodulación se favorecen en suelos ligeramente ácidos a neutros, especialmente entre pH 6,7 y 7,3. Estas diferencias muestran que el intervalo óptimo puede variar con el tipo de suelo, cultivar, cepa de Rhizobium y método utilizado para medir el pH.

Salinidad

La arveja es considerada sensible o moderadamente sensible a la salinidad. Duzdemir et al. (2009) determinaron que el rendimiento comenzó a disminuir después de alcanzar una conductividad eléctrica del suelo cercana a 0,6 dS m^{-1} y estimaron una reducción de aproximadamente 13,3 % por cada unidad adicional de salinidad. No obstante, estos valores se obtuvieron con un cultivar y condiciones experimentales determinados, por lo que deben utilizarse como referencia y no como un límite universal.

La salinidad reduce el potencial osmótico del suelo y dificulta la absorción de agua, aun cuando exista humedad aparente. También puede producir desequilibrios nutricionales, disminución del área foliar, pérdida de clorofila y reducción de la fotosíntesis. En consecuencia, deben evitarse campos salinos y aguas de riego con concentraciones elevadas de sales, particularmente en los suelos costeros donde la evaporación y el drenaje insuficiente pueden favorecer su acumulación.

Materia orgánica

La arveja responde favorablemente a suelos con niveles adecuados de materia orgánica, debido a que esta contribuye a la formación y estabilidad de los agregados, mejora la porosidad, aumenta la infiltración y favorece la retención de agua y nutrientes. El Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos señala que el humus interviene en la unión de los agregados y mejora la capacidad del suelo para almacenar humedad y elementos minerales. Estos efectos resultan particularmente importantes en suelos arenosos, donde el agua y los nutrientes se pierden con mayor facilidad.

2.2.2 Cultivar de arveja ‘INIA 102 Usui’

La arveja ‘INIA 102 Usui’ es un cultivar registrado y mantenido por el Instituto Nacional de Innovación Agraria del Perú. De acuerdo con la Lista Nacional del Registro de Cultivares Comerciales, fue inscrito con el número 004-2012-INIA el 6 de diciembre de 2012. En dicho registro, el solicitante, obtentor y mantenedor corresponde al INIA, específicamente a la Estación Experimental Agraria Donoso Kiyotada Miyagawa, y su ámbito inicial de registro comprende los departamentos de Cajamarca y Huancavelica. Por consiguiente, el cultivar constituye un material genético reconocido oficialmente por la autoridad nacional competente en semillas (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2020). Las fuentes consultadas no detallan de forma suficiente su genealogía previa, sus parentales ni el procedimiento completo de selección, por lo que no resulta conveniente atribuirle un origen genético específico sin disponer de la ficha oficial de liberación varietal.

‘INIA 102 Usui’ presenta hábito de crecimiento indeterminado y tipo de planta de enrame. Esto significa que el tallo continúa formando nuevos nudos, hojas, flores y vainas durante una parte importante del ciclo, siempre que las condiciones ambientales y nutricionales sean favorables (Filios, 2022; Jara y Nicho, 2023).

El periodo vegetativo depende del destino de la cosecha y de las condiciones de producción. Filios (2022) indica que el inicio de cosecha en vaina verde puede producirse aproximadamente a los 90 días después de la siembra, mientras que la cosecha para grano seco puede extenderse hasta alrededor de 140 días. En condiciones del valle de Huaral, Jara-García y Nicho-Salas (2023) condujeron el cultivo durante 120 días y realizaron tres cosechas de vainas verdes, lo que evidencia que la producción comercial puede ser escalonada debido a su hábito indeterminado. Por ello, la duración del ciclo no debe considerarse un valor fijo, ya que puede modificarse por la fecha de siembra, temperatura, disponibilidad hídrica, fertilización y manejo agronómico.

La altura de la planta también presenta variaciones importantes según el ambiente y las prácticas de manejo. En el experimento desarrollado por Jara-García y Nicho-Salas (2023), las plantas del tratamiento sin aplicación hormonal alcanzaron 88,50 cm durante la floración y 91,75 cm en la cosecha. En cambio, las plantas tratadas con reguladores de crecimiento registraron alturas comprendidas aproximadamente entre 139,25 y 154,75 cm durante la floración y entre 142,25 y 158,50 cm en la cosecha. Estos resultados demuestran que la altura

observada no corresponde únicamente a una característica genética, sino que también responde a la nutrición, los reguladores fisiológicos y las condiciones ambientales. En términos agronómicos, 'INIA 102 Usui' debe considerarse un cultivar de porte medio a alto y de crecimiento trepador.

La floración se presenta de manera progresiva a lo largo de los nudos reproductivos. Como consecuencia de su crecimiento indeterminado, una misma planta puede mantener simultáneamente botones florales, flores abiertas, vainas recién formadas y vainas en proceso de llenado. Esta condición explica la necesidad de efectuar varias cosechas para obtener vainas en un estado de madurez relativamente uniforme (Nicho, 2020).

Las características de la vaina muestran variación entre estudios. Jara y Nicho (2023) describen una longitud referencial de 6,0 cm y aproximadamente cinco granos por vaina; sin embargo, en su experimento el tratamiento sin reguladores alcanzó 7,35 cm de longitud, mientras que las aplicaciones hormonales produjeron valores entre 7,90 y 8,98 cm. Por su parte, Filios (2022) registró en 'INIA 102 Usui' una longitud media de 8,1 cm, un ancho de 1,6 cm, un peso de 6,36 g por vaina y un promedio de 5,33 granos por vaina. En consecuencia, para fines de caracterización puede considerarse que sus vainas presentan generalmente una longitud comprendida entre 6 y 8 cm y alrededor de cinco a seis granos, aunque estos valores pueden incrementarse o disminuir según el ambiente y manejo.

2.2.3 Bioestimulantes enzimáticos y biosurfactantes

Los productos agrícolas comercializados como "enzimáticos", "biocatalíticos" o "biosurfactantes" conforman un grupo heterogéneo de formulaciones que puede incluir sustancias tensioactivas de origen biológico, productos de fermentación, enzimas activas, aminoácidos, péptidos, hidrolizados proteicos y coadyuvantes. Estas denominaciones no son equivalentes, debido a que un biosurfactante actúa principalmente sobre las propiedades físicas de una solución o de una interfase, mientras que una enzima cataliza una reacción bioquímica específica y un hidrolizado proteico puede ejercer efectos fisiológicos por medio de sus aminoácidos y péptidos bioactivos. En consecuencia, la clasificación de Super G y Growth King debe sustentarse en la composición garantizada, ficha técnica, actividad declarada y evidencia experimental de cada producto, evitando inferir su mecanismo de acción únicamente a partir de su nombre comercial.

Concepto de biosurfactante

Los surfactantes son compuestos de naturaleza anfipática, es decir, sus moléculas poseen una región hidrofílica con afinidad por el agua y una región hidrofóbica con afinidad por sustancias apolares. Esta organización molecular les permite concentrarse en las interfases entre agua, aire, aceites y superficies sólidas, modificando las fuerzas que actúan en ellas. Los biosurfactantes se distinguen porque son obtenidos a partir de organismos, procesos biológicos o productos de fermentación; entre ellos se encuentran los ramnolípidos, lipopéptidos y otros compuestos con actividad superficial. Su origen biológico no implica automáticamente que sean inocuos ni que todos presenten el mismo comportamiento, debido a que sus propiedades dependen de su estructura química, concentración, pureza y condiciones de aplicación (Liu et al., 2016).

Una de las principales propiedades de los biosurfactantes es la reducción de la tensión superficial del agua. En una solución sin surfactante, las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua favorecen la formación de gotas con una superficie relativamente pequeña (Liu et al. (2016).

La humectación se expresa frecuentemente mediante el ángulo de contacto formado entre una gota y la superficie foliar. Un ángulo elevado indica que la gota permanece más esférica y cubre un área reducida, mientras que un ángulo menor evidencia una mayor extensión de la solución (Baales et al., 2023). Además de incrementar la humectación, los surfactantes pueden actuar como dispersantes, emulsificantes, adherentes y penetrantes. Como dispersantes, contribuyen a mantener partículas o componentes de una formulación distribuidos de manera más uniforme; como humectantes, aumentan el área de contacto entre la gota y el tejido vegetal; y como penetrantes pueden modificar la interacción de los compuestos disueltos con la cutícula. Estas funciones son relevantes en aplicaciones foliares porque la superficie de las hojas posee ceras hidrofóbicas que limitan el contacto y la entrada de sustancias solubles en agua (Liu et al., 2016).

Por consiguiente, en la presente investigación la posible función biosurfactante de Super G o Growth King debería interpretarse como una modificación de las propiedades físicas de la solución —humectación, dispersión, extensión, retención o penetración— únicamente cuando sus fichas técnicas demuestren la presencia de compuestos con actividad superficial. Para comprobar experimentalmente esta función se requerirían mediciones como tensión

superficial, ángulo de contacto, diámetro de extensión de la gota, retención del caldo o penetración de un compuesto trazador. La sola denominación comercial no demuestra que un producto ejerza estas acciones.

Productos enzimáticos

Las enzimas son catalizadores biológicos, generalmente de naturaleza proteica, que aceleran reacciones químicas específicas sin consumirse de forma permanente durante el proceso. Cada enzima actúa sobre determinados sustratos y su actividad puede expresarse mediante unidades enzimáticas. Por ello, para considerar que una formulación agrícola contiene enzimas activas, su documentación técnica debe señalar, como mínimo, el tipo de enzima, origen, concentración o actividad garantizada, sustrato sobre el que actúa, intervalo de pH, temperatura óptima, estabilidad y periodo de almacenamiento.

Debe diferenciarse entre un producto que contiene enzimas activas y un producto elaborado mediante hidrólisis enzimática. En el segundo caso, las enzimas son utilizadas durante la fabricación para descomponer proteínas en moléculas más pequeñas, pero pueden no encontrarse activas en la formulación final. El producto resultante corresponde generalmente a un hidrolizado proteico compuesto por aminoácidos, oligopéptidos y péptidos solubles (Colla et al., 2014).

La estabilidad constituye un aspecto crítico en las formulaciones que verdaderamente contienen enzimas activas. Estas proteínas pueden perder su conformación y actividad debido al pH, temperatura, tiempo de almacenamiento, humedad, oxidación, presencia de sales, conservantes, solventes o surfactantes (Jiménez et al., 2009).

Función como coadyuvantes o bioestimulantes

La función de un producto debe determinarse mediante su composición y el efecto demostrado. Un coadyuvante se incorpora al caldo de aplicación para modificar sus propiedades físicas o mejorar la distribución y desempeño de otro ingrediente. Puede actuar como humectante, dispersante, adherente, antiespumante, regulador de pH o penetrante. Por ello, un biosurfactante que solamente reduzca la tensión superficial y aumente la extensión de las gotas debe considerarse principalmente un coadyuvante, aunque su origen sea biológico (Liu et al., 2016).

Un bioestimulante vegetal, en cambio, debe estimular los procesos de nutrición de la planta independientemente de su contenido de nutrientes y mejorar la eficiencia de uso de estos, la tolerancia al estrés abiótico, determinadas características de calidad o la disponibilidad de nutrientes en el suelo o la rizosfera. Esta delimitación se encuentra establecida en el Reglamento (UE) 2019/1009 y permite diferenciar el efecto fisiológico de un bioestimulante de la función predominantemente física de un coadyuvante (Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea, 2019).

Un producto podría combinar ambas funciones. Por ejemplo, una formulación puede contener un surfactante que mejore la cobertura y, simultáneamente, aminoácidos o péptidos que actúen sobre el metabolismo vegetal. En este caso, la función coadyuvante correspondería al efecto sobre la solución y la superficie foliar, mientras que la acción bioestimulante debería demostrarse mediante respuestas fisiológicas o agronómicas que no puedan explicarse solamente por una mejor cobertura. Para reconocer ambas funciones se requieren datos de composición y ensayos que comparen la formulación completa, sus componentes y un control apropiado.

En el caso de Super G, su clasificación como producto enzimático, biosurfactante, coadyuvante o bioestimulante debe efectuarse después de revisar su ficha técnica oficial. Esta debería precisar la naturaleza de la denominada “proteína G”, su concentración, actividad biológica, origen, estabilidad y función. Sin esta información no puede establecerse científicamente si se trata de una enzima activa, un péptido, una proteína no catalítica, un producto de fermentación o solamente una denominación comercial.

Para Growth King es necesario realizar una precisión adicional. La información proporcionada por su comercializador lo describe como una formulación concentrada elaborada con un sobrenadante de fermentación, materiales vegetales y minerales, moléculas anfipáticas y compuestos modificadores de superficie. Sin embargo, el propio fabricante señala que Growth King no es una formulación bacteriana ni enzimática, aunque atribuye al producto la capacidad de favorecer reacciones denominadas biocatalíticas. Asimismo, reconoce que sus estudios son limitados, no se encuentran completamente cuantificados y no han sido sometidos a evaluación científica por pares (Avantu Global, s. f.).

Desde una perspectiva científica, Growth King podría ser presentado provisionalmente como una formulación comercial de naturaleza anfipática y acción biocatalítica declarada

por el fabricante. Su posible función como biosurfactante debería comprobarse mediante mediciones fisicoquímicas, mientras que su función como bioestimulante tendría que sustentarse mediante efectos reproducibles sobre la nutrición, fisiología, tolerancia al estrés, calidad o rendimiento. Las afirmaciones comerciales sobre generación de microburbujas, disponibilidad de oxígeno o optimización de nutrientes no deben presentarse como mecanismos comprobados mientras no se disponga de estudios independientes y revisados por pares.

2.3 Definición de términos básicos

Bioestimulante vegetal: Sustancia, microorganismo o mezcla de ambos que, al aplicarse a una planta, estimula procesos naturales orientados a mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico o determinados atributos de calidad, independientemente de su contenido de nutrientes (du Jardin, 2015).

Biosurfactante: Compuesto de origen biológico o producido a partir de recursos renovables, caracterizado por poseer una región hidrofílica y otra hidrofóbica. Esta naturaleza anfipática le permite reducir la tensión superficial o interfacial y favorecer procesos como la humectación, dispersión y emulsificación (Romero & Stampino, 2025).

Enzima: Macromolécula biológica, generalmente de naturaleza proteica, que cataliza una reacción química específica y aumenta la velocidad de conversión de un sustrato en producto sin consumirse permanentemente durante la reacción (Cornish-Bowden, 2014).

Coadyuvante agrícola: Sustancia añadida a un caldo de aplicación con la finalidad de mejorar el desempeño del producto aplicado, mediante cambios en su humectación, dispersión, adherencia, estabilidad, cobertura o penetración sobre la superficie vegetal (United States Environmental Protection Agency [US EPA], 2026).

Absorción foliar: Proceso mediante el cual el agua y las sustancias disueltas depositadas sobre las hojas penetran a través de la superficie foliar, principalmente por la cutícula y, bajo determinadas condiciones, por vías asociadas con los estomas, para posteriormente ingresar a los tejidos internos de la planta (Fernández & Eichert, 2009).

Rendimiento agrícola: Cantidad de producción cosechada de un cultivo por unidad de superficie efectivamente cosechada. En el caso de la arveja verde, se expresa generalmente

como el peso de las vainas obtenidas por hectárea, en kg ha^{-1} o t ha^{-1} (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2013).

Calidad comercial de la vaina: Conjunto de atributos físicos y sanitarios que determinan la aceptación de las vainas en el mercado. Comprende que estas se encuentren enteras, sanas, limpias, frescas, turgentes, suficientemente desarrolladas y con forma, tamaño y apariencia característicos del cultivar o tipo comercial (United Nations Economic Commission for Europe [UNECE], 2018).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis General

Al menos uno de los bioestimulantes producirá mayor efecto en el rendimiento y calidad de vaina del cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.) en valle de Huaral.

2.4.2 Hipótesis Específicas

a) Existe la eficiencia de los bioestimulantes orgánicos que producirá mayor efecto en el rendimiento del cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.) en valle de Huaral.
b) Existe al menos un efecto de bioestimulantes orgánicos que va a mejorar la calidad de vaina en el cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui" (Pisum sativum L.), en el valle de Huaral.

2.5 Operacionalización de las variables

Tabla1.
Operacionalización de las variables

Concepto	Dimensión	Variables	Indicadores
Producciónde arverja	Componentes productivos	Número de vainas por planta	unidades
		Longitud de vaina	cm
		Ancho de vaina	cm
		Peso de vaina	g
		Numero de granos/vaina	Unidades
	Rendimiento	Rendimiento	kg ha^{-1}

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Ubicación

Esta investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Donoso, Huaral, a 5,6 km de la ciudad de Chancay; distrito y provincia de Huaral, departamento de Lima, durante los meses de mayo a setiembre del 2024. El área experimental se encuentra en las coordenadas 11°28′00″ LS y 77°14′00″ LO y a una altitud de 180 msnm.

3.1.2 Características del área experimental

-Características de la unidad experimental

De la unidad experimental:

Largo	: 4 m
Ancho	: 2 m
Número de surcos	: 2
Distancia entre surcos	: 1 m
Distancia entre golpe	: 0,20 m
Área Neta	: 8 m2

- Características del Bloque:

Largo	: 12 m
Ancho	: 4 m
Área del bloque	: 48 m2
Numero de bloques	: 4
Área neta del experimento	:192 m^2

3.1.3 Tratamientos

Los tratamientos se muestran en la Tabla 2 y fueron los siguientes:

Tabla2.
Tratamientos estudiados

Clave	Tratamiento	Dosis de la aplicación	
T1	Ácidos Húmicos	2,00	L Cil^{-1}
T2	Trihormonal	0,50	L Cil^{-1}
T3	Super G	0,20	L Cil^{-1}
T4	Growth King	0,40	L Cil^{-1}
T5	Algas marinas	0,50	L Cil^{-1}
T6	Fertilización foliar 20-20-20	2,00	Kg Cil^{-1}

3.1.4 Diseño experimental

Se empleó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones. El análisis de varianza se muestra en la Tabla 3.

Tabla3.
Análisis de la Varianza

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadros medios	Fcalc.
Bloques	3	SCB	CMB	CMB/CME
Tratamiento	5	SCT	CMT	CMT/CME
Error Experimental	15	SCE	CME	
Total	23			

3.1.5 Variables evaluadas

Al inicio de la cosecha se procedió a elegir al azar 10 plantas ubicadas en la parte central de los surcos. De cada una de las plantas elegidas al azar se procedió a cosechar las vainas en una cantidad de 10 unidades. Se evaluaron de la siguiente forma:

a) Número de vainas por planta: se contabilizó el total de vainas cosechadas y luego se promedio. El resultado se expresó en número de vainas por planta.
b) Longitud de vaina: la medición se efectuó desde la base de inserción del pedúnculo hasta el extremo apical de la vaina, utilizando una regla milimetrada. Los resultados se expresaron en centímetros.

c) Ancho de vaina: se midió la parte central y de mayor amplitud de cada vaina seleccionada, empleando un vernier. Los valores obtenidos se registraron y expresaron en centímetros.
d) Peso de vaina: cada vaina fue pesada individualmente mediante una balanza digital previamente calibrada. El peso fresco obtenido se registró en gramos.
e) Número de granos por vaina: después de realizar las mediciones externas, las vainas fueron abiertas manualmente y se contabilizó directamente el número de granos contenidos en cada una. Los resultados se expresaron en unidades por vaina.
f) Rendimiento: en cada cosecha se recolectaron y pesaron todas las vainas comerciales producidas dentro del área útil de cada unidad experimental. Debido al hábito de crecimiento indeterminado del cultivar 'INIA 102 Usui', el peso obtenido en las diferentes cosechas fue acumulado para determinar la producción total por unidad experimental. Posteriormente, el rendimiento se convirtió a kilogramos por hectárea mediante la siguiente expresión:

$$R\,(\mathrm{kg\,ha^{-1}}) = \frac{P\,(\mathrm{kg}) \times 10\,000}{A\,(\mathrm{m^2})}$$

Donde:

R = rendimiento de vainas verdes, expresado en kg ha^{-1}.

P = peso acumulado de las vainas cosechadas en la unidad experimental, expresado en kg.

A = área útil cosechada de la unidad experimental, expresada en m^2.

3.1.6 Conducción del experimento

Primera etapa.

Una vez limpia la parcela de los restos de la cosecha anterior y de malezas, se procedió a instalar la cinta de riego para efectuar el humedecimiento del campo luego se realizó la demarcación de los surco cada cinco metros y luego se hizo el surcado o levantamiento de camas a 1.0 m de distancia entre surcos teniendo en cuenta los parámetros establecidos para la parcela experimental.

Segunda etapa

En esta etapa se realizó la siembra a 0,25 m entre golpes depositando tres semillas por golpe, las semillas previamente se desinfectaron con benomyl (10 g por kilo de semilla) para protegerlo de enfermedades como “chupadera” y con clorpyfos a la dosis de 2.5 ccl/litro de agua. Posteriormente, se siguió con el manejo del cultivo propios del cultivo.

Tercera etapa.

A los 90 días se inició la cosecha de la arveja verde “INIA-102 Usui” identificando por tratamiento donde se llevó a cabo las evaluaciones correspondientes a rendimiento y calidad de vaina.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población estuvo conformada por 960 plantas

3.2.2 Muestra

Se seleccionaron 10 plantas al azar de los dos surcos centrales para la evaluación del rendimiento; y 10 vainas por unidad experimental para la evaluación de la calidad de la vaina.

3.3 Técnicas de recolección de datos

La técnica empleada para la recolección de los datos fue la observación estructurada y la medición directa en campo. Las evaluaciones se realizaron durante la cosecha de las vainas verdes, identificando previamente cada unidad experimental según el bloque, tratamiento y repetición correspondiente. Para evitar el efecto de borde, las plantas evaluadas fueron seleccionadas al azar en la parte central de los surcos de cada unidad experimental. Los datos se registraron en una ficha de evaluación elaborada previamente, consignándose la fecha de cosecha, código del tratamiento, bloque, repetición y valores obtenidos para cada variable.

La investigación consideró como variables de respuesta la longitud, ancho y peso de la vaina, el número de granos por vaina y el rendimiento de vainas verdes. Estas variables fueron evaluadas en las plantas seleccionadas de cada una de las 24 unidades experimentales

correspondientes a los seis tratamientos y cuatro repeticiones del diseño de bloques completos al azar.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Los datos obtenidos en campo fueron revisados, ordenados y codificados de acuerdo con el tratamiento, bloque y repetición correspondientes. Posteriormente, se ingresaron en una hoja de cálculo, donde se verificó la existencia de registros incompletos, errores de digitación o valores inconsistentes. Para cada unidad experimental se organizaron los resultados de longitud de vaina, ancho de vaina, peso de vaina, número de granos por vaina y rendimiento de vainas verdes.

El procesamiento estadístico se realizó mediante el programa InfoStat, versión estudiantil, considerando la estructura del diseño de bloques completos al azar, conformado por seis tratamientos y cuatro bloques, con un total de 24 unidades experimentales.

Previamente, se verificaron los supuestos del análisis de varianza mediante la evaluación de la normalidad de los residuos y la homogeneidad de las varianzas. Cuando el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, las medias fueron comparadas mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 % de probabilidad. Los tratamientos que presentaron una letra común fueron considerados estadísticamente similares, mientras que aquellos identificados con letras diferentes fueron considerados significativamente distintos.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Componentes productivos

4.1.1 Número de vainas por planta

En la Tabla 4 se presenta el análisis de varianza para el número de vainas por planta de arveja verde. Según los resultados obtenidos, solo se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, mas no para los bloques.

Para esta característica, el promedio general fue de 20,85 vainas por planta, con un coeficiente de variación de 11,00%, valor considerado aceptable para experimentos en campo, según Pimentel (1990).

Tabla4.
Análisis de variancia para Número de vainas por planta

FV	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	3	27,5325	9,1775	0,26 ns
Tratamiento	5	175,7654	35,1531	6,68 **
Error Experimental	15	78,8739	5,2583	
Total	23	282,1718		

CV (%): 11,00 Promedio: 20,85

En la Tabla 5 se presenta la prueba de Duncan al 5% para la variable número de vainas por planta. Según los resultados obtenidos, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos Ácido húmico y Growth King registraron los mayores promedios con 25,43 y 23,66 vainas por planta, respectivamente. y fueron similares entre sí y superiores significativamente a los otros tratamientos. Por otro lado, los tratamientos Trihormonal, Algas, Super G y Fertilización foliar, alcanzaron promedios de 19,95; 18,92; 18,56 y 18,55 vainas por planta, respectivamente y fueron similares entre sí.

Tabla5.
Prueba de Duncan de Número de vainas por planta

Tratamientos	Número de vainas	Significación al 5%	
Ácido húmico	25,43	a	
Growth King	23,66	a	
Trihormonal	19,95		b
Algas marinas	18,92		b
Super G	18,56		b
Fertilización foliar	18,55		b

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

4.1.2 Longitud de vaina

En la Tabla 6 se presenta el análisis de varianza para longitud de vaina de arveja verde. Según los resultados obtenidos, solo se ha evidenciado diferencias estadísticas entre los bloques mas no para los tratamientos.

Para esta característica, el promedio general de longitud de vaina fue de 8,31 cm con un coeficiente de variación de 3,18% considerado como aceptable para experimentos en campo, según Pimentel (1990).

Tabla6.
Análisis de variancia para Longitud de vaina (cm)

FV	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	3	0,76	0,25	3,75 *
Tratamiento	5	0,14	0,03	0,41 ns
Error Experimental	15	1,02	0,07	
Total	23	1,92		

CV (%): 3,18 Promedio: 8,31

En la Tabla 7 se presenta la prueba de Duncan al 5% para la variable longitud de vaina (cm). Según los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. No obstante, el tratamiento Trihormonal registró el mayor promedio de longitud de vaina con 8,40 cm, seguido por Super G con 8,374 cm y Fertilizante Foliar con 8,37 cm. Por su parte, los tratamientos Growth King, Algas Marinas y Ácidos Húmicos alcanzaron promedios de 8,28, 8,28 y 8,18 cm, respectivamente. Todos los

tratamientos presentaron un comportamiento estadísticamente similar respecto a la longitud de vaina.

Tabla7.
Prueba de Duncan de Longitud de vaina (cm)

Tratamientos	Longitud de vaina (cm)	Significación al 5%
Trihormonal	8,40	a
Super G	8,37	a
Fertilizante Foliar	8,37	a
Growth King	8,28	a
Algas Marinas	8,28	a
Acidos Húmicos	8,18	a

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

4.1.3 Ancho de vaina

En la Tabla 8 se presenta el análisis de varianza para ancho de vaina de arveja verde. Según los resultados obtenidos, solo se ha evidenciado diferencias estadísticas significativas entre los bloques mas no entre los diferentes tratamientos.

Para esta característica, el promedio general de ancho de vaina fue de 1,33 cm con un coeficiente de variación de 4,75% considerado como aceptable para experimentos en campo, según Pimentel (1990).

Tabla8.
Análisis de variancia de ancho de vaina (cm)

FV	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	3	0,07	0,020	6,12 **
Tratamiento	5	0,01	0,003	0,71 ns
Error Experimental	15	0,06	0,004	
Total	23	0,15		

CV (%): 4,75 Promedio: 1,33

En la Tabla 9 se presenta la prueba de Duncan al 5% para la variable ancho de vaina (cm). Según los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas

entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, el tratamiento Ácidos Húmicos registró el mayor promedio de ancho de vaina con 1,37 cm, seguido por Growth King y Algas Marinas, ambos con 1,35 cm. Por su parte, Fertilizante Foliar alcanzó un promedio de 1,32 cm, mientras que Trihormonal y Super G presentaron los menores valores con 1,31 cm. En consecuencia, todos los tratamientos mostraron un comportamiento estadísticamente similar respecto al ancho de vaina.

Tabla9.
Prueba de Duncan de Ancho de vaina (cm)

Tratamientos	Ancho de Vaina (cm)	Sig. al 5 %
Acidos Húmicos	1,37	a
Growth King	1,35	a
Algas Marinas	1,35	a
Fertilizante Foliar	1,32	a
Trihormonal	1,31	a
Super G	1,31	a

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

4.1.4 Peso de vaina

En la Tabla 10 se presenta el análisis de varianza para peso de vaina de arveja verde. Según los resultados obtenidos, no se ha evidenciado diferencias estadísticas significativas tanto entre los tratamientos como entre los bloques.

Para esta característica, el promedio general de peso de vaina fue de 7,08 g con un coeficiente de variación de 9,26% considerado como aceptable para experimentos en campo, según Pimentel (1990).

Tabla10.
Análisis de variancia de peso de vaina (g)

FV	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	3	3,28	1,09	2,57 ns
Tratamiento	5	3,27	0,65	1,54 ns
Error Experimental	15	6,38	0,43	
Total	23	12,94		

CV (%): 9,26 Promedio: 7,08

En la Tabla 11 se presenta la prueba de Duncan al 5% para la variable peso de vaina (g). Según los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. No obstante, el tratamiento Growth King registró el mayor peso promedio de vaina con 7,72 g, seguido por Fertilizante Foliar con 7,20 g, Algas Marinas con 7,11 g y Ácidos Húmicos con 7,07 g. Por su parte, los tratamientos Trihormonal y Super G presentaron promedios de 6,92 g y 6,47 g, respectivamente. En consecuencia, todos los tratamientos mostraron un comportamiento estadísticamente similar respecto al peso de vaina.

Tabla11.
Prueba de Duncan de Peso de vaina (g)

Tratamientos (Bioestimulante)	Peso de Vaina (g)	Significancia . al 5 %
Growth King	7,72	a
Fertilizante Foliar	7,20	a
Algas Marinas	7,11	a
Acidos Húmicos	7,07	a
Trihormonal	6,92	a
Super G	6,47	a

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

4.1.5 Número de granos/vaina

En la Tabla 12 se presenta el análisis de varianza para número de granos/vaina de arveja verde. Según los resultados obtenidos, no se ha evidenciado diferencias estadísticas significativas tanto entre tratamientos como entre los bloques.

Para esta característica, el promedio general de número de granos/vaina fue de 5,83 unidades con un coeficiente de variación de 8,9% considerado como aceptable para experimentos en campo, según Pimentel (1990).

Tabla12.
Análisis de variancia de número de granos/vaina (unidades)

FV	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	3	0,80	0,27	0,95 ns
Tratamiento	5	1,00	0,20	0,71 ns
Error Experimental	15	4,23	0,28	
Total	23	6,03		

CV (%): 8,9 Promedio: 5,83

En la Tabla 13 se presenta la prueba de Duncan al 5% para la variable número de granos por vaina. Según los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, el tratamiento Super G registró el mayor promedio con 5,94 granos por vaina, seguido por Ácidos Húmicos, Growth King y Fertilizante Foliar, que alcanzaron un promedio de 5,88 granos por vaina. Por su parte, los tratamientos Trihormonal y Algas Marinas presentaron promedios de 5,75 y 5,69 granos por vaina, respectivamente. En consecuencia, todos los tratamientos mostraron un comportamiento estadísticamente similar respecto al número de granos por vaina.

Tabla13.
Prueba de Duncan de Número de grano/vaina

Tratamiento	Número de granos por vaina	Significación al 5%
Super G	5,94	a
Acidos Húmicos	5,88	a
Growth King	5,88	a
Fertilizante Foliar	5,88	a
Trihormonal	5,75	a
Algas Marinas	5,69	a

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

4.2 Rendimiento

En la Tabla 14 se presenta el análisis de varianza para rendimiento de arveja verde. Según los resultados obtenidos, se ha evidenciado diferencias estadísticas significativas solo entre lo tratamientos mas no entre los bloques.

Para esta característica, el promedio general de rendimiento fue de 7100 kg ha^{-1} con un coeficiente de variación de 14,29% considerado como aceptable para experimentos en campo, según Pimentel (1990).

Tabla14.
Análisis de variancia para rendimiento (kg ha^{-1})

FV	GL	SC	CM	Fcalc
Bloques	3	117596,62	39198,87	0,04 ns
Tratamiento	5	35121636,74	7024327,35	6,82 **
Error Experimental	15	15445378,56	1029691,9	
Total	23	50684611,92		

CV (%): 14,29 Promedio: 7100

En la Tabla 15 se presenta la prueba de Duncan al 5% para la variable rendimiento. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. El Ácido Húmico y el Growth King presentaron valores similares y obtuvieron los mayores rendimientos superando significativamente a los tratamientos Super G, Fertilización Foliar y Algas y Trihormonal. Entre los tratamientos Super G, Fertilización Foliar, Algas y Trihormonal no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas según la prueba de Duncan al 5%.

Tabla15.
Prueba de Duncan para rendimiento (kg ha^{-1})

Tratamiento	Rdto (kg ha^{-1})	Significación al 5%
T1: Acido Humico	9313,95	a
T4: Growth King	8177,84	a
T3: Super G	6334,42	b
T6: Fertilización Foliar	6296,44	b
T5: Algas marinas	6283,36	b
T2: Trihormonal	6195,36	b

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

CAPITULO V. DISCUSIÓN

5.1 Número de vainas por planta

La respuesta favorable observada con la aplicación de ácidos húmicos sugiere que las sustancias húmicas contribuyeron al mantenimiento de una mayor actividad vegetativa y reproductiva de las plantas. Su efecto podría estar relacionado con la estimulación del desarrollo radical, la mejora en la absorción de nutrientes y una mayor eficiencia de los procesos fisiológicos involucrados en la floración y el cuajado. En la arveja, la disponibilidad adecuada de nutrientes y fotoasimilados durante la etapa reproductiva resulta decisiva para evitar la abscisión de flores y vainas jóvenes. Esta interpretación concuerda con Rathor et al. (2024), quienes comprobaron que una enmienda húmica mejoró el desarrollo de las raíces, la nodulación, la biomasa y la fijación simbiótica de nitrógeno en *Pisum sativum*. Según estos autores, el estímulo del sistema radical y de la simbiosis con rizobios favoreció posteriormente los componentes productivos del cultivo. Aunque en la presente investigación no se evaluaron raíces ni nodulación, estos mecanismos podrían explicar parcialmente la respuesta reproductiva observada con los ácidos húmicos. De manera similar, Mahdy et al. (2024) determinaron que el empleo de ácido fúlvico favoreció la formación de vainas y la productividad de la arveja. Los autores relacionaron la respuesta con una mayor disponibilidad y absorción de nutrientes, así como con el mejoramiento de los pigmentos fotosintéticos y la acumulación de carbohidratos. Aunque los ácidos húmicos y fúlvicos presentan propiedades químicas diferentes, ambos pertenecen a las sustancias húmicas y pueden intervenir en procesos asociados con la nutrición y el metabolismo vegetal.

La respuesta obtenida con Growth King también evidencia que esta formulación ejerció un efecto favorable durante la etapa reproductiva. Sin embargo, debido a que no se analizaron su composición, actividad enzimática, propiedades tensioactivas ni efectos fisiológicos, no es posible determinar el mecanismo responsable. Por ello, debe evitarse atribuir el resultado a una supuesta actividad enzimática, biocatalítica o biosurfactante no comprobada experimentalmente. Los resultados únicamente permiten sostener que el producto favoreció la formación o permanencia de vainas bajo las condiciones de la investigación.

5.2 Longitud y ancho de vaina

La ausencia de respuesta en la longitud y ancho de la vaina indica que los productos evaluados no modificaron sustancialmente la expresión de esta característica. Es probable que la longitud se encontrara controlada principalmente por el componente genético del cultivar y por las condiciones ambientales comunes a todos los tratamientos. En la arveja, el tamaño potencial de la vaina está determinado por el genotipo, aunque su expresión puede ser modificada por la disponibilidad de agua, nutrientes, temperatura y reguladores del crecimiento.

5.3 Peso de vaina

La ausencia de diferencias en el peso de las vainas indica que los productos no modificaron de manera consistente la acumulación de biomasa en cada fruto. El peso individual depende de la longitud y el ancho de la vaina, del número y tamaño de los granos, del contenido de agua y de la cantidad de fotoasimilados transferidos durante el llenado. Debido a que las dimensiones de la vaina y el número de granos tampoco respondieron a los tratamientos, resulta coherente que el peso individual permaneciera estable.

Este comportamiento difiere de los resultados de Naz et al. (2023), quienes encontraron que el extracto de algas incrementó el peso fresco de las vainas y otros componentes productivos. Los autores asociaron esta respuesta con un mayor contenido de clorofila, una mejor actividad fotosintética y una mayor producción de biomasa. La diferencia respecto del presente estudio podría deberse a la composición del extracto, la dosis, el número de aplicaciones y las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrollaron las plantas.

5.4 Número de granos por vaina

La estabilidad del número de granos por vaina sugiere que la fecundación de los óvulos y el desarrollo inicial de las semillas ocurrieron de manera semejante en todos los tratamientos. Esta variable presenta un importante componente genético, debido a que el número potencial de semillas depende del número de óvulos formados en el ovario. Su expresión también puede verse afectada por la temperatura, disponibilidad de agua, viabilidad del polen, fecundación y competencia por fotoasimilados. Los resultados difieren de los encontrados por Ismaiel et al. (2022), quienes observaron una mayor cantidad de semillas por vaina después de aplicar bioestimulantes de origen vegetal y microalgal. En su estudio, las

respuestas más favorables se produjeron con concentraciones elevadas y mediante la combinación de las formulaciones, lo que evidencia la importancia de la dosis y de la interacción entre componentes.

5.5 Rendimiento de vainas verdes

La respuesta del rendimiento estuvo estrechamente relacionada con el comportamiento del número de vainas por planta. Esta correspondencia permite plantear que los tratamientos más efectivos favorecieron principalmente la formación, el cuajado o la permanencia de las vainas, más que el crecimiento individual de cada fruto. La estabilidad de la longitud, ancho, peso y número de granos respalda esta interpretación.

La respuesta favorable de los ácidos húmicos coincide con Rathor et al. (2024), quienes demostraron que las sustancias húmicas pueden estimular la arquitectura radical, la nodulación y la fijación simbiótica de nitrógeno en arveja. Estas mejoras pueden favorecer la absorción de nutrientes, la producción de biomasa y la disponibilidad de fotoasimilados durante la etapa reproductiva. Sin embargo, debido a que estos procesos no fueron medidos en la presente investigación, deben plantearse como mecanismos probables y no como efectos directamente comprobados.

Mahdy et al. (2024) también informaron incrementos productivos mediante la aplicación de ácido fúlvico y señalaron que la respuesta estuvo asociada con una mejora del crecimiento, los pigmentos fotosintéticos y la absorción de nutrientes. La coincidencia entre ambos estudios respalda el potencial de las sustancias húmicas para aumentar la productividad de la arveja, aunque la magnitud del efecto puede variar según la naturaleza del producto, la dosis, el método de aplicación y las condiciones edafoclimáticas.

En el caso de Growth King, la respuesta productiva demuestra que el producto tuvo un efecto agronómico favorable bajo las condiciones del valle de Huaral. Sin embargo, no puede afirmarse que su comportamiento se haya debido a una acción enzimática, a la generación de microburbujas o a procesos biocatalíticos, porque estos mecanismos no fueron evaluados. Para explicarlos sería necesario estudiar su composición, propiedades fisicoquímicas, penetración foliar, estado nutricional y respuesta fisiológica de las plantas.

El comportamiento del tratamiento Trihormonal difiere de Cántaro-Segura y Huaringa-Joaquín (2021), quienes encontraron una respuesta favorable cuando combinaron triacontanol con auxinas, giberelinas y citoquininas. Los autores señalaron que determinadas combinaciones actuaron de manera sinérgica sobre la productividad, mientras que otras estimularon principalmente el crecimiento vegetativo. La discrepancia puede atribuirse a diferencias en la composición hormonal, dosis, cultivar y momento de aplicación.

Asimismo, el comportamiento de las algas marinas difiere de Naz et al. (2023) y Shukla et al. (2024), quienes observaron mejoras en el crecimiento y la productividad de la arveja. Sin embargo, Szpunar-Krok (2022) comprobó que la respuesta de esta especie a los bioestimulantes foliares estuvo condicionada por el ambiente. Los efectos favorables fueron más evidentes cuando las condiciones de humedad y temperatura permitieron un adecuado funcionamiento fisiológico, mientras que su eficacia disminuyó durante periodos ambientales desfavorables.

Por tanto, la ausencia de respuesta de algunos productos no significa necesariamente que carezcan de actividad bioestimulante, sino que su eficacia puede depender de la formulación, concentración, frecuencia de aplicación, estado nutricional, cultivar y condiciones ambientales. También debe considerarse que diferentes productos clasificados comercialmente como bioestimulantes pueden poseer composiciones y mecanismos de acción completamente distintos.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

a) La hipótesis general se acepta parcialmente, debido a que los bioestimulantes evaluados produjeron efectos significativos sobre el rendimiento y el número de vainas por planta; sin embargo, no modificaron significativamente los atributos físicos considerados para evaluar la calidad de la vaina, como longitud, ancho, peso y número de granos por vaina.

b) La primera hipótesis específica, referida al rendimiento, se acepta. La aplicación de ácidos húmicos y Growth King produjo los mayores rendimientos de vainas verdes, con 9313,95 y 8177,84 kg ha^{-1}, respectivamente. Ambos tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí y superiores a Super G, fertilización foliar 20-20-20, algas marinas y Trihormonal.

c) La segunda hipótesis específica, relacionada con la calidad de la vaina, no se acepta, debido a que los tratamientos no produjeron diferencias estadísticas significativas en la longitud, ancho, peso ni número de granos por vaina. Por tanto, no se obtuvo evidencia suficiente para afirmar que alguno de los bioestimulantes mejoró la calidad física de las vainas de arveja verde 'INIA 102 Usui'.

d) Los ácidos húmicos y Growth King también favorecieron significativamente el número de vainas por planta y superaron a los demás tratamientos. Considerando que el peso, las dimensiones y el número de granos de las vainas no fueron modificados, el incremento del rendimiento estuvo asociado principalmente con una mayor cantidad de vainas producidas por planta y no con el aumento del tamaño o peso individual de estas.

e) Bajo las condiciones edafoclimáticas y de manejo en las que se desarrolló el experimento, los bioestimulantes mostraron una respuesta diferenciada: los ácidos húmicos y Growth King influyeron favorablemente en los componentes vinculados con la cantidad de producción, mientras que Trihormonal, Super G y algas marinas no superaron estadísticamente a la fertilización foliar 20-20-20 en el rendimiento ni en los atributos físicos de las vainas.

6.2 Recomendaciones

a) Repetir la investigación durante más de una campaña agrícola y en diferentes localidades productoras de arveja. Esto permitirá determinar la estabilidad de la respuesta de los bioestimulantes frente a variaciones de temperatura, características del suelo, disponibilidad hídrica y manejo agronómico, evitando generalizar los resultados obtenidos en una sola campaña y bajo las condiciones específicas del valle de Huaral.
b) Considerar la aplicación de ácidos húmicos y Growth King en el cultivo de arveja verde 'INIA 102 Usui' bajo condiciones edafoclimáticas semejantes a las del presente estudio. Sin embargo, antes de formular una recomendación técnica definitiva para los agricultores, deben evaluarse diferentes dosis, frecuencias y momentos de aplicación, con la finalidad de identificar el manejo que produzca la mejor respuesta agronómica.
c) Complementar las futuras evaluaciones de ácidos húmicos y Growth King con un análisis económico que incluya el costo del producto, número de aplicaciones, mano de obra, incremento de la producción, ingreso neto, relación beneficio-costo y rentabilidad. Un mayor rendimiento no garantiza necesariamente una mayor utilidad si el costo del tratamiento es elevado.
d) Evaluar otras dosis, combinaciones y etapas fenológicas de aplicación de los bioestimulantes. Las aplicaciones podrían realizarse específicamente antes de la floración, durante el cuajado y al inicio del llenado de las vainas, etapas en las que podrían influir con mayor intensidad sobre su crecimiento y calidad.
e) En investigaciones posteriores, la evaluación de la calidad de la vaina debe incorporar indicadores comerciales y nutricionales, como color, uniformidad, turgencia, terneza, contenido de fibra, sólidos solubles, materia seca, proteína, presencia de daños y porcentaje de vainas comerciales, con el propósito de obtener una valoración más completa de la calidad del producto.
f) Incluir un testigo absoluto sin bioestimulante ni fertilización foliar y un tratamiento con el programa convencional de fertilización utilizado por los productores. Esta comparación permitiría separar el efecto propio de los bioestimulantes del efecto generado por el suministro adicional de nutrientes.
g) Evaluar variables relacionadas con el sistema radical y la nutrición, como longitud y biomasa de raíces, número y peso de nódulos, fijación biológica de nitrógeno,

concentración foliar de nutrientes, contenido de clorofila y acumulación de materia seca. Estas mediciones permitirían verificar si el incremento productivo se relaciona con una mayor absorción de nutrientes o con una mejor actividad fisiológica.

CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants, 10*(3), 531. https://doi.org/10.3390/plants10030531

Avantu Global. (s. f.). *GrowthKing: The king of plant food*. Recuperado de https://avantuglobal.com/product/growthking-the-king-of-plant-food/

Baales, J., Zeisler, V., Narine, S., & Schreiber, L. (2023). Interaction of surfactants with *Prunus laurocerasus* leaf surfaces: Time-dependent recovery of wetting contact angles depends on physico-chemical properties of surfactants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 10*, 81. https://doi.org/10.1186/s40538-023-00455-y

Cadena, S. (2013). *"Evaluación de tres bioestimulantes para prevenir la abscisión de la flor, en el cultivo de haba, (Vicia faba L) en Santa Martha de Cuba – Carchi."- Ecuador.* (tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d69f86dc-1e26-4c0b-8401-27c16b12a9aa/content

Canacuán, A. & Carrera Túquerez, D. (2011) *"Efecto de tres bioestimulantes orgánicos y un químico en dos variedades de fréjol arbustivo cargabello y calima rojo en Cotacachi – Imbabura.* (tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/782

Cantaro, H., & Huaringa, A. (2021). Interaction of triacontanol with other plant growth regulators on morphology and yield of field pea (Pisum sativum L.). *Agronomía Colombiana, 39*(2), 187-195. https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n2.94096

Choudhary, R., Singh, B., Choudhary, A., Jat, S., Choudhary, A., & Bajia, R. (2023). Influence of Plant Growth Regulators on Growth, Yield and Yield Components in Garden Pea. *Legume Research: An International Journal, 46*(10). Recuperado de https://arccjournals.com/journal/legume-research-an-international-journal/LR-4880

Clark, S. (2019). *Pea (Pisum sativum L.) characteristics for use and successful planting*. Recuperado de https://nrcs.usda.gov/plantmaterials/nypmctn13507.pdf

Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., & Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science, 5*, 448. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00448

Coque, C. (2000). *Efecto de cuatro bioestimulantes en el cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris), Anchilivi-Cotopaxi* (tesis de pregrado). Recuperado de http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=EC2004000036

Cornish, A. (2014). Current IUBMB recommendations on enzyme nomenclature and kinetics. *Perspectives in Science, 1*(1–6), 74–87. https://doi.org/10.1016/j.pisc.2014.02.006

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

Fernández, V., & Eichert, T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences, 28*(1–2), 36–68. https://doi.org/10.1080/07352680902743069

Figueroa, V. (2003). *Efectos de bioestimulantes en el desarrollo y rendimiento de melón en la región metropolitana.* (tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstreams/bfe40d1a-1d97-49f4-b767-b3f12076faa3/download

Filios, E. (2022). *Evaluación de rendimiento y calidad de diez líneas de "arveja" Pisum sativum L. en condiciones del valle de Huaral* (tesis de pregrado) Recuperado de https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/20.500.14067/5756/4/ELIZABETH%20ROCIO%20FILIOS%20ROJAS.pdf

Flores, F. (2009). *Respuesta del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) a la aplicación complementaria de tres fertilizantes foliares a tres dosis. San Gabriel. Carchi* (tesis de pregrado). Recuperado de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4588

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *FAO statistical yearbook: Metadata and definitions*. Recuperado de https://www.fao.org/4/i3107e/i3107e00.htm

Guevara, F., Casas, S., Munoz, M., Meza, W., Oliva, M., & Lozano, F. (2026). Microbial bio-inoculation effects on the seed germination dynamics and field performance of pea (Pisum sativum L.) under osmotic stress and fertilization in the Amazonas region of Peru. *AgriEngineering*, *8*(4), 155. https://doi.org/10.3390/agriengineering8040155

Hoyos, C. (2019). *Efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento de arveja (Pisum sativum L.) en Cajamarca* (tesis de pregrado). Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.14074/3136

International Humic Substances Society. (2007). *What are humic substances?*. Recuperado de https://humic-substances.org/what-are-humic-substances-2/

Ismaiel, S., Khedr, F., Metwally, A., & Soror, A. (2022). Effect of biostimulants on soil characteristics, plant growth and yield of Pea (Pisum sativum L.) under field conditions. *Plant Sci. Today*, *9*, 650-657. https://doi.org/10.14719/pst.1748

Jara, A., & Nicho, P. (2023). Efecto de productos hormonales en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum*) cv. Usui en Huaral, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, *5*(1), 37–42. Recuperado de https://doi.org/10.51431/par.v1i1.814

Jiménez, N., Garcia, M., Galán, J., Vallet, A., Owen, G., & Wall, G. (2009). Stability improvement of a liquid enzyme product. *AAPS PharmSciTech*, *10*(4), 1313–1320. https://doi.org/10.1208/s12249-009-9327-x

Kamran, A., Mushtaq, M., Arif, M., & Rashid, S. (2023). Role of biostimulants (ascorbic acid and fulvic acid) to synergize Rhizobium activity in pea (Pisum sativum L. var.

Meteor). *Plant Physiology and Biochemistry, 196*, 668-682. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.02.018

Liu, H., Shao, B., Long, X., Yao, Y., & Meng, Q. (2016). Foliar penetration enhanced by biosurfactant rhamnolipid. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 145*, 548–554. https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.05.058

Llumiquinga, I. (2006). *Estudio de la aplicación complementaria de tres bioestimulantes de origen natural en el cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris) Tumbaco-Pichincha* (tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.unh.edu.pe/bitstreams/44e173a5-92cf-4cf4-b8c6-6b832524faa1/download

Mahdy, R., Al Saif, A., Ahmed, M., El Bary, T., Sharma, A., El Sheshtawy, A., & El Ghany, T. (2024). Evaluation of two different methods of fulvic acid application (seed priming and foliar spray) on growth, yield, and nutritional quality of pea (Pisum sativum L.). *Plants, 13*(23), 3380. https://doi.org/10.3390/plants13233380

Melgarejo, Y. (2019). *Respuesta del cultivo de holantao (Pisum sativum var.saccharatum) a la aplicación de dos bioestimulantes con tres dosis en el distrito de Yanahuanca Provincia de Daniel Carrión* (tesis de pregrado). Recuperado de http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1512

Moreau, C., Hofer, J., Eléouët, M., Sinjushin, A., Ambrose, M., Skøt, K., Ellis, T. (2018). Identification of *Stipules reduced*, a leaf morphology gene in pea (*Pisum sativum*). *New Phytologist, 220*(1), 288–299. Recuperado de https://doi.org/10.1111/nph.15286

Naz, S., Muhammad, H., Ramzan, M., Sadiq, B., Ahmad, R., Ali, S., & Altaf, M. (2023). Seaweed application enhanced the growth and yield of pea (Pisum sativum L.) by altering physiological indices. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 23*(4), 6183-6195. Recuperado de https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-023-01475-1

Nicho, P. (2020). *Validación de líneas promisorias de arveja Pisum sativum L. por rendimiento y calidad de vaina*. (tesis de pregrado) Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.12955/1705

Nicho, P. (2021). *Tecnología de manejo de cultivo de arveja (Pisum sativum L.)* Recuperado https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1269

Pari, A. (2015). *Efectos de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento del cultivo de arveja verde "INIA-102 Usui (Pisum sativum l.) en valle de Huaral – 2015".* (tesis de pregrado). Recuperado de https://1library.co/document/zxldo7vz-efectos-bioestimulantes-organicosrendimiento-cultivo-pisum-sativum-huaral.htm

Parlamento Europeo, & Consejo de la Unión Europea. (2019). Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE. *Diario Oficial de la Unión Europea, L 170*, 1–114. Recuperado de https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1009/oj

Pimentel. F. 1990. https://dokumen.pub/qdownload/curso-de-estatistica-experimental-1-15thnbsped-978-85-7133-055-9.html

Rathor, P., Upadhyay, P., Ullah, A., Warkentin, T., Gorim, L., & Thilakarathna, M. (2024). The biostimulatory effect of humic-based soil amendment on plant growth, root nodulation, symbiotic nitrogen fixation and yield of field pea (Pisum sativum L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Environment, 3*(3), e70001. https://doi.org/10.1002/sae2.70001

Rivas, A. (2020). *Efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) variedad INIA-Usui, bajo condiciones de costa central* (tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.ucss.edu.pe/item/1a6a39ce-f137-4a55-bc92-0e48be111c0a

Rojas, C. (2017). *"Producción de arveja verde "quantum" (Pisum sativum l.) con aplicaciones de humus de lombriz, guano de islas y biol en condiciones agroclimáticas de Tiabaya – Arequipa.* (tesis de pregrado). Recuperado de

http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2421/Agrohuca.pdf?sequence=1 &isAllowed=y

Romero, G., & Gallo, P. (2025). Bio-based surfactants and biosurfactants: An overview and main characteristics. *Molecules, 30*(4), 863. https://doi.org/10.3390/molecules30040863

Rouphael, Y., Colla, G., Giordano, M., El-Nakhel, C., Kyriacou, M., & De Pascale, S. (2017). Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. *Scientia Horticulturae, 226*, 353–360. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.007

Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2020). *Lista nacional del registro de cultivares comerciales*. Lima, Perú: SENASA. Recuperado de https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2020/10/3.10-Lista-Nacional-de-Registro-de-Cultivares-Comerciales.pdf

Shukla, P., Nivetha, N., Nori, S., Kumar, S., Critchley, A., & Suryanarayan, S. (2024). A biostimulant prepared from red seaweed Kappaphycus alvarezii induces flowering and improves the growth of Pisum sativum grown under optimum and nitrogen-limited conditions. *Frontiers in Plant Science, 14*, 1265432. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1265432

Smýkal, P., Aubert, G., Burstin, J., Coyne, C. J., Ellis, N. T. H., Flavell, A. J., Warkentin, T. D. (2012). Pea (*Pisum sativum* L.) in the genomic era. *Agronomy*, *2*(2), 74–115. https://doi.org/10.3390/agronomy2020074

Szpunar, E. (2022). Physiological response of pea (Pisum sativum L.) plants to foliar application of biostimulants. *Agronomy, 12*(12), 3189. https://doi.org/10.3390/agronomy12123189

Tricot, F., Crozat, Y., & Pellerin, S. (1997). Root system growth and nodule establishment on pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Experimental Botany, 48*(11), 1935–1941. Recuperado de https://doi.org/10.1093/jxb/48.11.1935

Trněný, O., Brus, J., Hradilová, I., Rathore, A., Das, R., Kopecký, P., Smýkal, P. (2018). Molecular evidence for two domestication events in the pea crop. *Genes, 9*(11), 535. https://doi.org/10.3390/genes9110535

United Nations Economic Commission for Europe. (2018). *UNECE standard FFV-27 concerning the marketing and commercial quality control of peas*. Geneva, Switzerland: United Nations. Recuperado de https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/27_Peas.pdf

United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. (s. f.). *Classification for Kingdom Plantae down to species Pisum sativum L.* PLANTS Database. Recuperado de https://plants.sc.egov.usda.gov/classification/81881}

United States Environmental Protection Agency. (2020). *Draft guidance for plant regulator products and claims, including plant biostimulants*. Recuperado de https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-11-30/pdf/2020-26299.pdf

University of California, Davis. (s. f.). *Snow and snap pea pods: Recommendations for maintaining postharvest quality*. Postharvest Research and Extension Center. Recuperado de https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/peas-snow-and-snap-pod

Vaca, P. (2011) *Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (Pisum sativum L) con el objetivo de evaluar tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (Pisum sativum l.)* (tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/793

Valdivia, L. (1994). *Efectos de un bioestimulante (2.5 Poli-d-Glucosamina) [Biorend], sobre el cultivo de arveja forrajera.* (tesis de pregrado) Recuperado de https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/54699cb3-d6b9-4e67-bf11-119d409d8bb4/content

Wang, Z., Luo, Y., Li, X., Wang, L., Xu, S., Yang, J., Luo, D. (2008). Genetic control of floral zygomorphy in pea (*Pisum sativum* L.). *Proceedings of the National Academy*

of Sciences of the United States of America, *105*(30), 10414–10419. Recuperado de https://doi.org/10.1073/pnas.0803291105

Zavaleta, D., Soriano, B., & López, M. (2020). Inoculante constituido por *Rhizobium leguminosarum*, *Burkholderia ubonensis* y *Trichoderma harzianum* incrementa el número de sitios activos para la nodulación de *Pisum sativum*. *Manglar*, *17*(1). Recuperado de https://revistas.untumbes.edu.pe/index.php/manglar/pt/article/download/152/261/866

Zhang, H., Sun, H., Tang, Z., & Wang, G. (2025). Integrated agronomy of pea (*Pisum sativum* L.): A review on cultivation, harvesting, and storage for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, *16*, 1670445. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1670445

ANEXOS

Tabla16.

Número de vainas por planta

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque II	Bloque II
T1: Ácido húmico	23,00	29,37	24,68	24,67
T4: Grow King	22,77	21,09	23,06	27,72
T3: Super G	20,68	17,48	18,84	17,24
T6: Fert. foliar	16,69	18,33	17,30	21,88
T5: Algas	16,13	18,05	19,18	22,32
T2: Trihormonal	19,58	22,16	16,90	21,16

Tabla17.

Datos de longitud de vaina

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque II	Bloque II
T1: Ácido húmico	8,33	7,80	8,25	8,34
T2: Trihormonal	8,30	8,36	8,17	8,75
T3: Super G	8,43	7,71	8,49	8,87
T4: Grow King	8,24	8,26	8,39	8,21
T5: Algas	8,13	8,35	8,07	8,56
T6: Fert. foliar	8,30	7,83	8,80	8,55

Tabla18.

Datos de peso de vaina

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque II	Bloque II
T1: Ácido húmico	7,55	6,60	7,02	7,13
T2: Trihormonal	6,62	8,26	6,30	6,51
T3: Super G	6,88	6,75	5,85	6,40
T4: Grow King	7,55	8,03	7,57	7,73
T5: Algas	8,54	7,34	6,71	5,84
T6: Fert. foliar	8,42	6,67	7,08	6,62

Tabla19.

Datos de número de granos por vaina

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque II	Bloque II
T1: Ácido húmico	6,75	5,75	6,25	5,25
T2: Trihormonal	5,75	6,00	5,75	6,25
T3: Super G	6,50	6,00	6,00	6,75
T4: Grow King	5,50	6,25	5,50	6,25
T5: Algas	6,50	5,75	6,25	5,00
T6: Fert. foliar	6,50	5,00	5,25	5,75

Tabla20.

Datos de rendimiento

Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque II	Bloque II
T1: Ácido húmico	7916,86	8848,25	9779,65	10711,04
T4: Grow King	9404,52	6951,16	7768,95	8586,73
T3: Super G	6017,7	7284,58	5384,26	6651,14
T6: Fert. foliar	6611,26	5981,62	7240,91	5351,97
T5: Algas	7225,86	6597,53	5340,86	5969,19
T2: Trihormonal	5266,06	7124,66	6505,13	5885,59

Tabla21.

Bioestimulantes

PRODUCTO	COMPOSICION	ACCION	SIEMBRA	CRECIMIENTO VEGETATIVO	INICIO DE APARICION DE BOTONES FLORALES	FORMACION DE VAINA	COSECHA
Grow King	Es un bioestimulante agrícola a base de protocitoquininas	estimulando la elongación y división celular en las plantas		**x**	**x**	**x**	
Fertilizante Foliar 20-20-20	Es un nutriente equilibrado que aporta un 20% de nitrógeno (N), 20% de fósforo (P_2O_5) y 20% de potasio (K_2O) en partes iguales	aporta un 20% de nitrógeno (N), 20% de fósforo (P_2O_5) y 20% de potasio (K_2O) directamente a través de las hojas, ofreciendo una nutrición equilibrada y de rápida asimilación		**x**	**x**	**x**	

		mejorando el rendimeinto y calidad de fruto					
Algas Marinas	Una gran variedad de nutrientes esenciales, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos	• Actúan como precursores naturales de fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas, lo que estimula el crecimiento y desarrollo de la planta sin usar hormonas sintéticas. • Enraizamiento y floración:		**x**	**x**	**x**	
Acidos Húmicos	Macromoléculas orgánicas complejas derivadas de la descomposición de la materia orgánica (como restos de plantas, animales o leonardita).	mejorar la estructura del suelo agrícola, aumentar la retención de humedad y facilitar que las plantas absorban los nutrientes de manera más eficiente		**x**	**x**	**x**	
Trihormonal	Contiene Auxinas Giberelinas y Citoquininas	Regula y estimula de forma integral el crecimiento de las plantas mediante la sinergia de tres fitohormonas esenciales: citoquininas, auxinas y giberelinas					
Super G	Ingrediente activo: Proteína G	Fertilizante enzimatico contiene la Proteina G que permite la sintesis de energia, Reparar y tratar las células de los organismos dañados y activar las células inactivas y facilita la absorción de la nutrición		**X**	**X**	**X**	

Fotos del experimento



Figura 1. *Preparacion de terreno*



Figura 2. *Sembrando*



Figura 3. Germinando



Figura 4. *Proceso de crecimiento*



Figura 5. Tomando datos



Figura 6. *Cosechando*

Figura7.
Muestra de suelo

Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200

INACAL DA - Perú

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE HORTALIZAS
Propietario / Productor	: INIA EEA DONOSO
Dirección del cliente	: PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACION DE HORTALIZAS
Procedencia de muestra(s) (***)	: LOTE 09-SUB LOTE 02-HUARAL-HUARAL-LIMA
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2024-06-20
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-06-24
Lugar de ensayo	: LABSAF DONOSO
Fecha(s) de análisis	: Del 2024-06-25 al 2024-07-16
Cotización del servicio Fecha de sion	: 112-25-DO
	: 2025-07-31

:

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU1574-DO-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada			Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2025-06-20	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			10:00	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente			SUB LOTE 02	-	-	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH	unid. pH	0,1	7,7	-	-	-	-	-
Conductividad Electrica	mS/m	1,0	41,8	-	-	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,2	1,1	-	-	-	-	-
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,5	2,6	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	0,80	47,80	-	-	-	-	-
Textura	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	69	-	-	-	-	-
Arcilla	%	-	8	-	-	-	-	-
Limo	%	-	23	-	-	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arenoso	-	-	-	-	-
Nitrógeno Total	%	-	0,1	-	-	-	-	-
Potasio Disponible	mg/kg	-	222,8	-	-	-	-	-