

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto del zinc foliar y quitosano en el rendimiento y calidad de
frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de
Cayna – Huánuco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Nolberto BRAVO LUCAS

Bach. Jim Alan MAURTUA LOVATON

Asesor:

MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco - Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

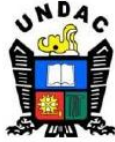
**Efecto del zinc foliar y quitosano en el rendimiento y calidad de
frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de
Cayna – Huánuco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
PRESIDENTE

Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
MIEMBRO

Mg. Alfredo Exaltación CONDOR PEREZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 062-2025/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
BRAVO LUCAS, Nolberto
MAURTUA LOVATON, Jim Alan

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Yenahuanca

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto del zinc foliar y quitosano en el rendimiento y calidad de frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de Cayna - Huánuco

Asesor
MSc. Inga Ortíz, Josué Hernán

Índice de similitud
6 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 24 de octubre de 2025

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN [AVANZADA]	Firmado digitalmente por HUANES TOVAR Luis Antonio FAU 20154805046 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 24.10.2025 22:15:46 -05:00
---	---	--

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

A nuestros familiares, por apoyarnos en todo momento de nuestra carrera, muchos de nuestros logros se lo debemos a ustedes. Por motivarnos constantemente para escribir la presente tesis.

Nolberto y Alan

AGRADECIMIENTO

Queremos dejar constancia de nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Agronomía Yanahuanca, por darnos la oportunidad de estudiar y ser parte de ella, porque gracias a su cariño, guía, apoyo y confianza depositado, logramos terminar nuestros estudios que constituyen el regalo más grande que pudiéramos recibir por lo cual viviremos eternamente agradecidas.

De manera especial queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento leal y profundo reconocimiento al Mg. Josué Hernán Inga Ortiz, asesor de la presente tesis, quien nos orientó en la planificación, desarrollo y culminación de esta tesis de título profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del zinc foliar y del quitosano en el rendimiento y calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario, bajo condiciones edafoclimáticas de Cayna – Huánuco. El estudio se realizó en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos: quitosano a 5 y 10 L/200 L de agua, zinc foliar a 0,6 y 1,0 L/200 L de agua, y un control sin aplicación, con tres repeticiones cada uno. Se evaluaron variables de crecimiento (altura de planta), desarrollo reproductivo (número y longitud de vainas, número de granos por vaina) y rendimiento (peso de 100 granos, peso de granos por planta y rendimiento por hectárea). Los resultados mostraron que tanto el zinc como el quitosano ejercieron efectos significativos en la mayoría de variables, destacando el tratamiento con quitosano a 10 L/200 L, que alcanzó los mayores promedios en altura de planta (47,47 cm), número de vainas por planta (24,07), número de granos por vaina (5,13), peso de 100 granos (67,5 g), peso de granos por planta (47,33 g) y rendimiento por hectárea (1,94 t/ha). El zinc foliar a 1,0 L/200 L también mostró mejoras importantes, superando en 35 % al control en rendimiento. En contraste, la longitud de vainas no presentó diferencias significativas entre tratamientos, evidenciando un fuerte control genético de esta característica. En conclusión, la aplicación de zinc foliar y quitosano representa una alternativa tecnológica viable y sostenible para mejorar la productividad y competitividad del frijol canario en condiciones altoandinas.

Palabra clave: Frijol canario, zinc foliar, quitosano, rendimiento agrícola.

ABSTRACT

The present research work aimed to evaluate the effect of foliar zinc and chitosan on the yield and quality of the Canario variety bean (*Phaseolus vulgaris* L.), under the soil and climate conditions of Cayna, Huánuco. The study was conducted in a completely randomized block design (CRBD) with five treatments: chitosan at 5 and 10 L/200 L of water, foliar zinc at 0.6 and 1.0 L/200 L of water, and a control without application, with three replications each. Growth variables (plant height), reproductive development (number and length of pods, number of grains per pod), and yield (100-grain weight, grain weight per plant, and yield per hectare) were evaluated. The results showed that both zinc and chitosan exerted significant effects on most variables, with the chitosan treatment at 10 L/200 L being particularly notable, achieving the highest averages in plant height (47.47 cm), pod number per plant (24.07), number of grains per pod (5.13), 100-grain weight (67.5 g), grain weight per plant (47.33 g), and yield per hectare (1.94 t/ha). Foliar zinc at 1.0 L/200 L also showed significant improvements, surpassing the control in yield by 35%. In contrast, pod length did not differ significantly between treatments, demonstrating strong genetic control of this trait. In conclusion, foliar zinc and chitosan application represents a viable and sustainable technological alternative for improving the productivity and competitiveness of canary beans in high Andean conditions.

Keyword: Canary bean, foliar zinc, chitosan, crop yield.

INTRODUCCIÓN

La importancia del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la seguridad alimentaria y nutricional de América Latina es ampliamente reconocida por su aporte de proteínas, fibra, minerales y compuestos bioactivos; en el Perú, los tipos comerciales como el frijol canario (amarillo) son de alta preferencia por su calidad culinaria (tiempo de cocción, textura) y por su potencial para mejorar la ingesta de micronutrientes en la dieta familiar (Celmeli et al., 2018; Wiesinger et al., 2018).

En el contexto andino, Huánuco alberga sistemas de producción de grano seco en pisos altitudinales con marcada estacionalidad de lluvias y temperaturas, factores que modulan el rendimiento y la calidad tecnológica del grano; el distrito de Cayna se sitúa alrededor de 3296 m s. n. m., con clima templado de altura y marcada variación térmica diaria, condiciones que exigen estrategias de manejo nutricional y fisiológico para sostener el desempeño del cultivo.

Entre los micronutrientes, el zinc (Zn) es esencial en la fotosíntesis, síntesis de clorofila, estabilidad de membranas y enzimología redox; su deficiencia en suelos agrícolas es frecuente y se asocia a “hambre oculta” en poblaciones humanas que dependen de granos y legumbres, por lo que mejorar el suministro de Zn al cultivo contribuye doblemente al rendimiento y a la calidad nutricional del grano (Wessells & Brown, 2012; Huertas et al., 2023).

La aplicación foliar de Zn se ha consolidado como una vía eficiente para corregir deficiencias y para la biofortificación agronómica del frijol, incrementando la concentración de Zn en el grano sin penalizar el rendimiento, siempre que se manejen dosis y momentos fenológicos adecuados; estudios recientes reportan aumentos significativos de Zn en semillas de *P. vulgaris* y respuestas positivas de rendimiento bajo esquemas de fertilización con Zn, aunque advierten efectos negativos cuando se exceden

concentraciones (p. ej., >300–400 mg L⁻¹) (Flores-Naveda et al., 2023; Kachinski et al., 2020; Huertas et al., 2023).

En paralelo, el quitosano, polisacárido derivado de la quitina, se reconoce como bioestimulante y elicitor capaz de modular respuestas de defensa, mejorar la eficiencia fotosintética, la homeostasis oxidativa y la tolerancia a estreses abióticos (sequía, salinidad, frío), con impactos medibles en crecimiento, cuajado y calidad de productos agrícolas; su desempeño depende de la masa molecular, grado de desacetilación, dosis y modo de aplicación (Stasińska-Jakubas & Hawrylak-Nowak, 2022; Rojas-Pirela et al., 2024).

En leguminosas, la aplicación foliar de quitosano ha mostrado mejoras fisiológicas (contenido de clorofila, integridad de membrana, actividad antioxidante) y aumentos de rendimiento bajo estrés, con reportes específicos en frijol común que evidencian mayor biomasa y rendimiento en condiciones de calor y déficit hídrico; estos efectos se atribuyen a la activación de rutas de priming defensivo y a cambios en el metabolismo de carbohidratos y fenoles (Abu-Muriefah, 2013; Stasińska-Jakubas & Hawrylak-Nowak, 2022).

La combinación de estrategias, zinc foliar para optimizar la nutrición y quitosano para fortalecer la fisiología y resiliencia, resulta particularmente pertinente en ambientes andinos como Cayna, donde la variabilidad térmica y la disponibilidad hídrica condicionan la dinámica de absorción y translocación de micronutrientes, así como la estabilidad del rendimiento y la calidad del grano; bajo estos escenarios, se espera que el quitosano coadyuve a mantener la fotosíntesis y el balance redox, mientras el zinc asegura enzimas clave y biofortificación del grano (Huertas et al., 2023; Rojas-Pirela et al., 2024).

En este marco, la presente tesis, propone evaluar el efecto del zinc foliar y del quitosano, sobre el rendimiento y la calidad del frijol variedad canario en Cayna (Huánuco), generando evidencia aplicada para ajustar dosis, momentos y formulaciones bajo condiciones altoandinas y contribuyendo a la intensificación sostenible y la seguridad nutricional regional.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.2.1.	Delimitación espacial	3
1.2.2.	Delimitación temporal	3
1.2.3.	Delimitación social	3
1.3.	Formulación del problema.....	4
1.3.1.	Problema general	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	8
2.2.	Bases teóricas científicas	11
2.2.1.	Historia y origen del frijol	11
2.2.2.	Clasificación taxonómica del frijol	11
2.2.3.	Composición nutricional del frijol.....	12
2.2.4.	Variedades de frijol	13
2.2.5.	Requerimiento edafoclimático para el cultivo de frijol	14

2.2.6.	Descripción morfológica del frijol	15
2.2.7.	Manejo agronómico del cultivo de frijol	16
2.2.8.	Manvert zinc	17
2.2.9.	Q-Agro Organic.....	17
2.3.	Definición de términos básicos	18
2.4.	Formulación de hipótesis.....	20
2.4.1.	Hipótesis general	20
2.4.2.	Hipótesis específicas	20
2.5.	Identificación de variables.....	20
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	21

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	24
3.2.	Nivel de investigación	24
3.3.	Métodos de investigación	24
3.4.	Diseño de investigación.....	25
3.4.1.	Características del campo experimental	25
3.5.	Población y muestra	26
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	27
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	27
3.8.1.	Conducción del experimento	27
3.8.2.	Registro de datos	29
3.9.	Tratamiento estadístico.....	31
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	31
3.10.1.	Autoría.....	31
3.10.2.	Originalidad	31

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	32
4.1.1.	Ubicación del campo experimental	32
4.1.2.	Ubicación geográfica.....	32
4.1.3.	Ubicación Geográfica	32

4.1.4.	Análisis de suelos	33
4.1.5.	Resultados del análisis de suelos	33
4.1.6.	Datos meteorológicos	34
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	35
4.2.1.	Altura de planta (cm).....	35
4.2.2.	Número de vainas por planta en frijol (n°).....	36
4.2.3.	Longitud de vainas en frijol canario (cm)	38
4.2.4.	Número de granos por vaina (n°)	39
4.2.5.	Peso de 100 granos (g)	40
4.2.6.	Peso de granos por planta (g)	42
4.2.7.	Rendimiento por hectárea de frijol canario (t/ha).....	43
4.3.	Prueba de hipótesis	45
4.4.	Discusión de resultados	45
4.4.1.	Altura de planta (cm).....	45
4.4.2.	Número de vainas por planta en frijol (n°).....	46
4.4.3.	Longitud de vainas en frijol canario (cm)	46
4.4.4.	Número de granos por vaina (n°)	47
4.4.5.	Peso de 100 granos (g)	48
4.4.6.	Peso de granos por planta (g)	48
4.4.7.	Rendimiento por hectárea de frijol canario (t/ha).....	49

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	21
Tabla 2 Tratamientos en estudio.....	31
Tabla 3 Resultados de análisis de suelo.....	33
Tabla 4 Datos meteorológicos en Ambo periodo 2025	34
Tabla 5 Análisis de variancia para altura de planta (cm)	35
Tabla 6 Prueba de Tukey para altura de planta en frijol (cm)	35
Tabla 7 Análisis de variancia para número de vainas por planta en frijol (n°)	36
Tabla 8 Prueba de Tukey para número de vainas por planta en frijol (n°).....	37
Tabla 9 Análisis de varianza para longitud de vainas en frijol canario (cm)	38
Tabla 10 Prueba de Tukey para longitud de vainas en frijol canario (cm).....	38
Tabla 11 Análisis de varianza para número de granos por vaina (n°).....	39
Tabla 12 Prueba de Tukey para número de granos o semillas por vaina (n°)	39
Tabla 13 Análisis de varianza para peso de 100 granos (g)	40
Tabla 14 Prueba de Tukey para peso de 100 granos (g).....	41
Tabla 15 Análisis de variancia para peso de granos por planta (g)	42
Tabla 16 Prueba de Tukey para peso de granos por plata (g).....	42
Tabla 17 Análisis de variancia para rendimiento por hectárea (t/ha).	43
Tabla 18 Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (t/ha)	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis experimental	26
Figura 2 Detalle de la unidad experimental.....	26
Figura 3 Prueba de Tukey para altura de planta (cm)	36
Figura 4 Número de vainas por planta en frijol (n°)	37
Figura 5 Longitud de vainas en frijol canario (cm).....	39
Figura 6 Número de granos o semilla por vaina (n°)	40
Figura 7 Peso de 100 granos de frijol canario (g)	41
Figura 8 Peso de granos por planta en frijol canario (g)	43
Figura 9 Rendimiento por hectárea de frijol canario (t/ha)	44

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye uno de los cultivos de mayor importancia en la seguridad alimentaria mundial por su aporte de proteínas, carbohidratos, minerales y compuestos bioactivos, siendo además una fuente económica de nutrientes en países en desarrollo. En el Perú, el frijol tipo canario es altamente demandado en los mercados locales por sus características de sabor, textura y tiempo de cocción, lo que lo convierte en una variedad de interés estratégico tanto para la dieta familiar como para la generación de ingresos en comunidades rurales (Celmeli et al., 2018; Wiesinger et al., 2018).

Sin embargo, el rendimiento promedio del frijol en el Perú se mantiene bajo respecto al potencial productivo, debido a limitaciones nutricionales y condiciones agroclimáticas adversas, especialmente en zonas altoandinas donde factores como la baja fertilidad de los suelos, deficiencia de micronutrientes (Zn, Fe, B) y variaciones de temperatura afectan la productividad y calidad del grano. En regiones como Huánuco, específicamente en el distrito de Cayna, las

limitaciones edáficas y climáticas repercuten directamente en la competitividad del cultivo frente a otras leguminosas o cereales.

Uno de los problemas más críticos es la deficiencia de zinc (Zn) en los suelos agrícolas andinos, lo que genera efectos negativos en la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la estabilidad de membranas celulares, ocasionando menor crecimiento, floración deficiente y baja acumulación de biomasa. Además, la baja concentración de Zn en los granos compromete el valor nutricional del frijol, limitando su contribución a la reducción de la desnutrición y de la llamada “hambre oculta” en poblaciones que dependen de este alimento (Wessells & Brown, 2012; Kachinski et al., 2020).

Paralelamente, el estrés abiótico causado por sequías intermitentes, temperaturas extremas y radiación solar intensa en la sierra central del Perú limita la capacidad productiva del frijol, reduciendo el cuajado de vainas y la calidad del grano. Frente a estas limitaciones, el uso de bioestimulantes naturales como el quitosano representa una alternativa innovadora para mejorar la tolerancia al estrés, activar mecanismos de defensa y mantener la productividad del cultivo bajo condiciones adversas (Stasińska-Jakubas & Hawrylak-Nowak, 2022; Rojas-Pirela et al., 2024).

Estudios previos en leguminosas señalan que la aplicación foliar de quitosano incrementa la fotosíntesis, mejora el contenido de clorofila, optimiza la absorción de nutrientes y aumenta el rendimiento en ambientes de estrés. Sin embargo, aún existen escasos estudios integrados que combinen el efecto del zinc foliar y del quitosano en el frijol común, particularmente en la variedad canario bajo condiciones altoandinas, donde los resultados podrían contribuir

significativamente al rendimiento agrícola y a la biofortificación nutricional del grano (Abu-Muriefah, 2013; Flores-Naveda et al., 2023).

Por lo tanto, el problema central identificado en esta investigación se enmarca en la baja productividad y calidad del frijol canario en Cayna – Huánuco, asociada a la deficiencia de zinc en los suelos y a las condiciones de estrés ambiental, lo que limita la competitividad del cultivo y reduce su aporte nutricional en la dieta local. Surge así la necesidad de evaluar estrategias de manejo nutricional y fisiológico mediante la aplicación de zinc foliar y quitosano, de manera individual y combinada, con el fin de determinar sus efectos en el rendimiento y calidad del frijol canario, y así plantear recomendaciones aplicables a los sistemas de producción andinos.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en el lugar denominado Parcoy propiedad de la familia Bravo, ubicado en el distrito de Cayna, provincia de Ambo, región Huánuco – Perú.

1.2.2. Delimitación temporal

El estudio se desarrolló entre los meses de enero a junio del año 2025, abarcando desde la formulación del proyecto hasta la presentación del informe final de tesis, incluyendo las etapas de siembra, evaluación y análisis de los datos obtenidos en campo.

1.2.3. Delimitación social

La investigación se desarrolló con la participación directa de los tesisistas responsable y el asesor académico del proyecto, quienes conformaron el equipo ejecutor del estudio.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál será el efecto del zinc foliar y quitosano en el rendimiento y calidad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de Cayna - Huánuco?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo influye la aplicación de zinc foliar y quitosano en el crecimiento vegetativo del frijol canario, medido a través de la altura de planta?

¿Cuál es el efecto del zinc foliar y quitosano en la formación y desarrollo reproductivo del frijol canario, evaluado mediante el número de vainas por planta, longitud de vaina y número de granos por vaina?

¿Qué impacto tienen el zinc foliar y quitosano en el rendimiento del frijol canario, considerando el peso de vainas por planta y peso de granos por planta??

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del zinc foliar y quitosano en el rendimiento y calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de Cayna - Huánuco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la aplicación de zinc foliar y quitosano en el crecimiento vegetativo del frijol canario, a través de la altura de planta.
- Determinar el efecto del zinc foliar y quitosano en la formación y desarrollo reproductivo del frijol canario, considerando el número de vainas por planta, longitud de vaina y número de granos por vaina.

- Analizar el impacto del zinc foliar y quitosano en el rendimiento del frijol canario, mediante el peso de vainas por planta y peso de granos por planta.

1.5. Justificación de la investigación

- El estudio se justifica en el ámbito científico porque permitirá generar conocimiento sobre la interacción del zinc foliar y el quitosano en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario bajo condiciones andinas. Aunque existen antecedentes sobre la importancia del zinc como micronutriente esencial para la fotosíntesis, la síntesis proteica y la biofortificación del grano (Wessells & Brown, 2012; Huertas et al., 2023), así como sobre los efectos bioestimulantes del quitosano en la mejora del crecimiento y tolerancia al estrés (Stasińska-Jakubas & Hawrylak-Nowak, 2022; Rojas-Pirela et al., 2024), todavía son escasos los estudios que evalúan su efecto combinado en frijol canario en condiciones altoandinas. Los resultados de esta investigación contribuirán a ampliar la base científica para el manejo fisiológico y nutricional de leguminosas en ambientes de altura.
- El frijol constituye un alimento básico en la dieta de la población peruana por su aporte de proteínas, carbohidratos y minerales, siendo además accesible para comunidades rurales con bajos recursos (Celmeli et al., 2018; Wiesinger et al., 2018). En este sentido, el incremento en la calidad nutricional del grano mediante la biofortificación con zinc contribuirá a reducir problemas de deficiencia micronutricional y hambre oculta, que aún afectan a familias en zonas rurales de la sierra central (Wessells & Brown, 2012). Asimismo, el uso de tecnologías sostenibles como el quitosano, derivado de recursos naturales, aporta a una agricultura más saludable y resiliente, lo cual se

traduce en beneficios directos para la seguridad alimentaria y nutricional de la población local.

- Desde una perspectiva práctica, la investigación aportará información técnica para que los agricultores de Cayna – Huánuco y otras zonas andinas adopten estrategias de manejo basadas en la aplicación de zinc foliar y quitosano, con el fin de aumentar el rendimiento y mejorar la calidad del frijol canario. Esto permitirá mejorar la rentabilidad del cultivo y la competitividad en mercados regionales y nacionales. Además, el empleo de quitosano como bioestimulante se alinea con los principios de la agricultura sostenible, al reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos y contribuir al manejo de estreses abióticos propios de la región andina (Abu-Muriefah, 2013; Flores-Naveda et al., 2023).

1.6. Limitaciones de la investigación

- El desarrollo del experimento dependió de las condiciones ambientales propias de Cayna – Huánuco, donde la variabilidad térmica y la estacionalidad de lluvias pudieron influir en la respuesta de las plantas al zinc foliar y al quitosano.
- La disponibilidad de insumos como el quitosano y las formulaciones de zinc foliar estuvo limitada a los productos existentes en el mercado local, lo que restringió la posibilidad de evaluar diferentes fuentes o concentraciones comerciales.
- La investigación se realizó en un solo ciclo agrícola, lo que no permite extrapolar con absoluta certeza los resultados a diferentes campañas o estaciones del año.

- Si bien se evaluaron parámetros de rendimiento y calidad física del grano (peso, número de granos por vaina, longitud de vaina), no se consideraron análisis de calidad nutricional detallada como la concentración de zinc en el grano o el contenido proteico, lo que restringe el alcance biofortificador de los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En la provincia de Ambo, no se han llevado a cabo trabajos de investigación referente al uso de zinc foliar y quitosano en frijol. Sin embargo, en otras latitudes existen trabajos referentes:

Yousefi, et al., (2023) en un estudio realizado en Irán, evaluaron la aplicación foliar de zinc (Zn) y hierro (Fe) en una variedad local de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Aplicaron cinco dosis de Zn quelado (0, 0.1 %, 0.2 %, 0.3 %, 0.4 %) junto a Fe quelado (0 y 0.4 %) durante floración y formación de vainas. Los resultados mostraron que la interacción entre Zn y Fe fue significativa para el rendimiento de semillas, peso de 100 granos, número de vainas por planta, altura de planta, longitud de vaina, número de semillas por vaina, y contenido de Zn y Fe en partes aéreas. La mejor respuesta en rendimiento se obtuvo con 0.4 % Zn y 0.4 % Fe, destacando que el tratamiento combinado fue el más eficiente para mejorar los componentes de rendimiento en frijol común.

Flores et al., (2023) estudiaron la aplicación foliar de Zn en frijol snap (Snap beans), utilizando cinco concentraciones (0, 100, 200, 300, 400 mg L⁻¹).

La aplicación de 400 mg L⁻¹ aumentó la clorofila en un 36 % en la etapa R8, redujo la transpiración en alrededor del 41 %, e incrementó la temperatura y la tasa fotosintética en 5.2 % y 16.2 %, respectivamente. Además, la acumulación de Zn aumentó entre 85 y 942 % en la etapa R5. El rendimiento del cultivo se elevó un 8.4 % con 100 mg L⁻¹ respecto al control, mientras que la dosis máxima de 400 mg L⁻¹ pudo reducir la productividad hasta un 17 %.

Teixeira et al., (2004) en un ensayo en suelo “Cerrado”, se aplicaron Mn y Zn foliar al frijol común. En la etapa de floración, la materia seca de tallos y ramas aumentó hasta 2.53 g/planta, lo que representó un incremento del 32 % respecto al control. La materia seca de hojas alcanzó hasta 3.60 g/planta (un 73 % más que el control, 2.08 g). En la maduración, el mayor número promedio de vainas por planta fue 10.6 (51 % más que el control), y el número de granos por vaina llegó a 5.3 (17 % superior).

Morales et al. (2017) en la investigación con quitosano (Quitomax®) en frijol bajo dos regímenes de riego, se comprobó que la aplicación foliar de quitosano a 200 mg L⁻¹ incrementó el crecimiento y rendimiento tanto en condiciones de estrés hídrico como sin estrés. Se sugiere que este efecto está relacionado con el cierre estomático, reducción de transpiración y probable incremento de ácido abscísico (ABA) en hojas tratadas.

Agüero-Esparza et al., (2022) investigando en frijol verde (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Strike), aplicaron de forma foliar una solución nutritiva completa, y tratamientos combinados con quitosano (Q), ácido salicílico (SA) y nanopartículas de Zn y Fe. El tratamiento con Q + SA aumentó la actividad de la enzima nitrato reductasa, contenido mineral en raíces y aminoácidos. El tratamiento que incluyó Zn y Fe en forma de nanopartículas más biostimulantes

generó mayor contenido mineral en la parte aérea, sugiriendo una mayor movilidad de nutrientes.

Valencia et al., (2024) en otro estudio, se compararon nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) con nitrato de Zn acompañado con quitosano en frijol verde. Se observó mejor eficiencia en asimilación de nitrógeno, actividad fotosintética y producción general en los tratamientos con nitrato de Zn + quitosano. Esto indica la eficacia de combinaciones de Zn y quitosano para mejorar desarrollo fisiológico y productivo.

Santos et al. (2023) analizaron la biofortificación agronómica del frijol común en Oxisol mediante Zn aplicado al suelo y foliar. Compararon fuentes de Zn-EDTA, Zn-Amino y ZnSO₄ a varias dosis (2.5 – 20 mg dm⁻³). Se encontró que la aplicación foliar de Zn-EDTA fue más efectiva para incrementar los niveles y cantidades de Zn y otros nutrientes en granos. Además, las dosis crecientes ocasionaron menores efectos fitotóxicos en comparación con ZnSO₄ o Zn-Amino, con solo una reducción mínima del rendimiento en las dosis que promovían mayor contenido de Zn.

Salehin y Rahman (2012) realizaron un experimento en formato factorial basado en un diseño de bloques completamente al azar con 3 réplicas para estudiar los efectos de la aplicación de zinc en aerosol (0 y 1 g/L) y fertilizante nitrogenado (0, 25, 50 y 75 kg/ha de nitrógeno puro) sobre el rendimiento y los componentes del rendimiento de *Phaseolus vulgaris*. En el tiempo de madurez, se midió el rendimiento de semilla, el peso de 100 semillas, el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y la altura de la planta. Los resultados mostraron que el uso de zinc en aerosol tuvo un efecto significativo en un nivel de probabilidad del 1% sobre todos los caracteres medidos. Además, el efecto del

nitrógeno sobre todos los caracteres estudiados fue significativo en un nivel de probabilidad del 1%. El efecto de interacción de zinc en aerosol y fertilizante nitrogenado sobre el número de semillas por vaina en 1% y sobre el rendimiento de semilla y altura de planta en 5% fue significativo y sobre otros caracteres no fue significativo. El mayor rendimiento de semilla se obtuvo con la aplicación de zinc en aerosol con 1996 kg/ha. Entre los niveles de fertilizante nitrogenado, el uso de 90 kg/ha de nitrógeno puro mostró el mayor rendimiento de semilla.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Historia y origen del frijol

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tiene una historia milenaria que se remonta a su origen en Mesoamérica, donde los estudios de diversidad genética han identificado un amplio acervo genético; la evidencia apunta a que este centro de diversidad fue también el lugar original del frijol silvestre, desde donde se dispersó hacia la región andina, dando origen a dos linajes adaptados, el mesoamericano y el andino, mediante procesos independientes de domesticación hace aproximadamente entre 5 000 y 8 000 años, acompañados por un fuerte cuello de botella genético en el linaje andino, lo cual ha sido fundamental para entender su evolución, diversificación y adaptación, y también sirve como base para estrategias de conservación y mejoramiento (Bitocchi et al., 2012).

2.2.2. Clasificación taxonómica del frijol

Según Delgado-Salinas et al., (2006), la clasificación taxonómica del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se enmarca dentro del reino Plantae, siendo una planta vascular (Tracheophyta), angiosperma, dicotiledónea (eudicotiledón), y formando parte del clado de las rosidas. A nivel de orden, pertenece a Fabales, dentro de la familia Fabaceae (leguminosas), subfamilia Faboideae, tribu

Phaseoleae, subtribu Phaseolinae, hasta alcanzar el género *Phaseolus* y la especie *vulgaris*. Este autor también resalta que el género *Phaseolus*, de origen neotropical, incluye aproximadamente unas 70 especies y cuenta con una historia taxonómica compleja, donde *P. vulgaris* destaca como la especie más cultivada, y cuyo estudio sistemático proporciona bases evolutivas esenciales para investigaciones botánicas, agronómicas y filogenéticas.

2.2.3. Composición nutricional del frijol

Según Messina (2014), la composición nutricional del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es amplia y lo convierte en un alimento estratégico en la dieta humana, especialmente en regiones de América Latina y África. El autor también señala que el frijol contiene entre 20 y 25 % de proteína, con un aporte significativo de aminoácidos como la lisina, que complementa cereales deficientes en este nutriente. Asimismo, los carbohidratos constituyen alrededor del 55 al 65 % de su peso seco, destacando los almidones resistentes y las fibras solubles e insolubles que favorecen la salud digestiva y la regulación glucémica, el contenido de lípidos es bajo, aproximadamente 1 a 2 %, predominando ácidos grasos insaturados beneficiosos para la salud cardiovascular. El autor subraya que los frijoles son una fuente rica de micronutrientes esenciales como hierro (5–8 mg/100 g), zinc (3–5 mg/100 g), magnesio (120–150 mg/100 g) y potasio (1000–1500 mg/100 g), así como vitaminas del complejo B, especialmente ácido fólico, que supera los 350 µg/100 g, también presenta compuestos bioactivos como polifenoles, taninos y flavonoides que confieren al frijol propiedades antioxidantes y protectoras contra enfermedades crónicas. Sin embargo, los frijoles contienen antinutrientes como fitatos y lectinas, que pueden reducir la biodisponibilidad de minerales, aunque este efecto se atenúa con la cocción y el

remojo. En conjunto, la composición nutricional del frijol lo posiciona como un alimento clave para combatir la desnutrición y mejorar la seguridad alimentaria a nivel global.

2.2.4. Variedades de frijol

Cerón (2016) señala que en el Perú coexiste una amplia diversidad de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), que reflejan la adaptación a distintos pisos ecológicos y preferencias culinarias; en la costa se cultivan variedades arbustivas, determinadas e indeterminadas de grano mediano a grande, especialmente de color amarillo (como la variedad "canario") y blanco, mientras que en la sierra se aprecia una mayor riqueza varietal, incluyendo tipos arbustivos y trepadores con granos grandes, y en la selva predominan variedades de grano pequeño, tipo I y IV, de colores amarillo dorado o rojizo. Además, investigaciones agronómicas en el Perú han identificado variedades como Costacen y Canario Camanejo, particularmente adaptadas al estrés hídrico, capaces de alcanzar rendimientos de hasta 3.5 toneladas por hectárea bajo condiciones adversas, lo que las destaca como importantes para la agricultura resiliente frente al cambio climático. Asimismo, ensayos realizados en La Molina con variedades como Costacen, Camanejo, CIFAC y Canario 2000 demostraron que la variedad CIFAC presentó mejor rendimiento bajo condiciones de déficit hídrico, destacándose por un alto número de vainas por planta y un elevado índice de cosecha, lo que evidencia la relevancia de seleccionar germoplasma adecuado ante condiciones climáticas cambiantes. En otro estudio en La Molina, cinco variedades fueron evaluadas por sus parámetros fisiológicos y rendimiento; la variedad Canario Plvi/1-3 sobresalió con un índice de área foliar de 3.47, 4.22 y 2.15 unidades en floración, formación de vainas y llenado de grano,

respectivamente, y presentó los mayores pesos secos de follaje (19.06 g en floración, 67.49 g en llenado), junto a altos índices de cosecha de 65–68 %, lo que la convierte en una candidata valiosa para sistemas de cultivo andinos. Estas evidencias muestran la riqueza genética y agronómica del frijol en el Perú, con variedades que se adaptan a distintos ambientes y que ofrecen potencial para mejorar producción y seguridad alimentaria en contextos diversos.

2.2.5. Requerimiento edafoclimático para el cultivo de frijol

Espinoza y Castillo (2024) indica que el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) presenta exigencias edafoclimáticas específicas que condicionan su rendimiento y calidad, siendo un cultivo de clima templado-cálido con temperaturas óptimas de crecimiento entre 18 y 24 °C, mientras que por debajo de 15 °C se retrasa la germinación y el desarrollo vegetativo, y por encima de 30 °C se afecta negativamente la floración y el llenado de grano. Asimismo, requiere una precipitación anual de 500 a 1 200 mm, distribuida adecuadamente durante el ciclo vegetativo, ya que la sequía en etapas críticas como floración o llenado de vainas reduce de manera significativa el rendimiento. El frijol es sensible a excesos de agua y suelos encharcados, demandando condiciones de buen drenaje, pues la anoxia radicular afecta el crecimiento de raíces y la fijación biológica de nitrógeno. En cuanto a suelo, el cultivo se desarrolla mejor en francos o franco-arenosos, con buena aireación y retención de humedad, con un rango de pH entre 5.5 y 7.5, ya que la acidez extrema limita la disponibilidad de nutrientes y afecta la simbiosis con rizobios. Además, se adapta a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2 2800 m s. n. m., mostrando buena plasticidad en regiones interandinas del Perú donde se cultiva bajo condiciones de riego o secano estacional. La radiación solar también es determinante, pues requiere al menos 8

horas de luz diaria para un adecuado desarrollo fotosintético y producción de biomasa. Por tanto, conocer y manejar adecuadamente estos requerimientos edafoclimáticos resulta clave para garantizar altos rendimientos y la sostenibilidad del cultivo en diferentes ecosistemas agrícolas.

2.2.6. Descripción morfológica del frijol

Debouck (1984) describe que el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa de ciclo anual que presenta una notable diversidad morfológica, expresada en su arquitectura aérea y subterránea, dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo. La planta puede presentar hábito de crecimiento determinado o indeterminado, con tallos de porte erecto, semierecto o voluble, alcanzando alturas que van desde 20 cm hasta más de 2 m, según la variedad y el manejo. Sus hojas son compuestas trifoliadas, alternas, de color verde a verde oscuro, con folíolos ovados o romboidales, de margen entero y ápice agudo, que cumplen un papel fundamental en la fotosíntesis y la transpiración. El sistema radical es pivotante, acompañado de raíces secundarias y nódulos formados por rizobios que permiten la fijación biológica de nitrógeno, aspecto esencial para el desarrollo del cultivo. Las inflorescencias son racimos axilares, con flores papilionáceas características de las leguminosas, de color blanco, rosado o morado, dependiendo del genotipo. El fruto corresponde a una vaina alargada, recta o curvada, que puede variar entre 8 y 20 cm de longitud, dehiscente en la madurez, con número variable de semillas por vaina, generalmente entre 4 y 10. Las semillas, por su parte, muestran una enorme variabilidad en forma, tamaño y color, que van desde pequeños granos redondeados hasta grandes ovalados, en tonalidades blancas, negras, rojas, moradas o jaspeadas, lo cual constituye un criterio de clasificación y comercialización. En conjunto, la plasticidad

morfológica del frijol le permite adaptarse a diversos agroecosistemas, siendo una de las leguminosas más diversas y cultivadas en el mundo.

2.2.7. Manejo agronómico del cultivo de frijol

Rosas (2003) señala que el manejo agronómico del frijol requiere una planificación integral que abarca desde la preparación del terreno hasta la cosecha, adaptándose a las condiciones edafoclimáticas y a las variedades utilizadas. La preparación del suelo incluye arado y rastra para asegurar una textura suelta y una adecuada aireación, favoreciendo la emergencia de plántulas. La densidad de siembra varía entre 180 000 y 250 000 plantas por hectárea, dependiendo del hábito de crecimiento y del sistema de producción, ya sea en monocultivo o en asociación. En cuanto a la fertilización, se recomienda una aplicación inicial de 20–40 kg/ha de nitrógeno, 40–60 kg/ha de fósforo y 20–30 kg/ha de potasio, ajustados según análisis de suelo, complementándose con la fijación biológica de nitrógeno mediante rizobios. El riego es fundamental en las etapas de floración y llenado de grano, ya que la falta de agua en estas fases críticas puede reducir el rendimiento hasta en un 50 %. El control de malezas debe realizarse en los primeros 30 a 40 días después de la siembra, mediante deshierbas manuales o herbicidas selectivos, para evitar competencia por nutrientes y luz. Asimismo, el cultivo es susceptible a plagas como el trips, mosca blanca y pulgones, y a enfermedades como la antracnosis, roya y virus del mosaico común, lo que exige programas integrados de manejo. Finalmente, la cosecha se realiza cuando las vainas alcanzan un color pajizo y la humedad del grano es cercana al 14 %, garantizando una mejor conservación poscosecha y calidad comercial.

2.2.8. Manvert zinc

Hortus (2025) describe que Manvert Zinc, distribuido por Hortus en Perú, es una solución líquida totalmente complejada de zinc (96 g L^{-1}) con nitrógeno en forma líquida (42 g L^{-1}) y agente complejante a base de ácido lignosulfónico, presentada como una opción altamente soluble y de rápida absorción tanto por vía foliar como radicular, ideal para corregir y prevenir deficiencias de zinc en una amplia variedad de cultivos, el producto activa procesos fisiológicos esenciales como la síntesis de auxinas, el metabolismo de ácidos nucleicos y proteínas, la actividad enzimática y la fotosíntesis, favoreciendo el crecimiento celular, el alargamiento de entrenudos, la brotación de yemas y la salud foliar al prevenir el arrosado de hojas. Manvert Zinc es compatible con sistemas de pulverización y riego tecnificado, es compatible con la mayoría de pesticidas, excepto aceites minerales o productos alcalinos, no obstruye filtros ni boquillas, y reduce el pH del agua de aplicación, mejorando la eficacia en aguas con pH por encima de 7, además de estar disponible en presentaciones de 1 L y 5 L.

2.2.9. Q-Agro Organic

DB Organic Science (2025) describe que Q-Agro Organic, desarrollado por DB Organic Science en Perú, es un bioestimulante orgánico en forma líquida que combina quitosano (1,6–1,8 %), quitina (0,2–0,4 %), calcio soluble (0,25–0,38 %) y nitrógeno (0,96–0,98 %), formulado como fertilizante foliar, radicular y calcificante biodegradable y biocompatible, el quitosano —un polímero natural— junto con nitrógeno orgánico, mejora la nutrición vegetal y promueve procesos fisiológicos clave, mientras que el calcio modula el pH del suelo y regula hormonas vegetales, favoreciendo la germinación, crecimiento y senescencia de las plantas. Q-Agro Organic es inocuo para el usuario y el medioambiente, pues

no contamina el agua, aire ni suelo ni deja residuos tóxicos en los cultivos; su biodegradabilidad y biocompatibilidad lo hacen apto para una agricultura orgánica y sostenible. En cuanto a su uso agronómico, se recomienda aplicar entre 10 y 20 L/ha, divididos en dos aplicaciones (primera y segunda de 5 a 10 L/ha), diluidos en aproximadamente 500 L de agua, con aplicaciones tanto por pulverización foliar como por riego (riego por goteo o aplicación al tallo). Este producto está formulado para mejorar el aporte de nitrógeno y calcio al suelo, facilitar la asimilación de nutrientes mediante su estructura polimérica, y adaptarse a sistemas de aplicación tecnificados sin impactar negativamente en filtros o boquillas. Su certificación orgánica también lo posiciona como una alternativa sólida para programas de manejo nutricional en producciones ecológicas en el Perú.

2.3. Definición de términos básicos

Abono foliar

Es un fertilizante líquido o soluble aplicado directamente sobre las hojas de las plantas, lo que permite una absorción rápida y eficiente de nutrientes a través de los estomas y cutícula. Se utiliza como complemento de la fertilización edáfica para corregir deficiencias nutricionales específicas y estimular el desarrollo vegetativo y reproductivo de los cultivos.

Quitano

Es un polisacárido natural derivado de la desacetilación de la quitina, presente en los exoesqueletos de crustáceos y paredes celulares de hongos. En la agricultura, se emplea como bioestimulante y agente elicitor, mejorando la resistencia de las plantas frente a enfermedades, incrementando la absorción de

nutrientes y favoreciendo procesos fisiológicos como la germinación y el crecimiento.

Biofortificación

Estrategia biotecnológica y agronómica destinada a incrementar el contenido de micronutrientes esenciales (como hierro, zinc o vitamina A) en los cultivos, ya sea mediante el mejoramiento genético, técnicas de fertilización o el uso de bioestimulantes. Busca combatir deficiencias nutricionales en la dieta humana de manera sostenible.

Seguridad alimentaria

Condición en la que todas las personas tienen acceso físico, social y económico en todo momento a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades energéticas y preferencias alimentarias, garantizando una vida activa y saludable. Implica cuatro dimensiones: disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad.

Elicidores

Sustancias naturales o sintéticas que, al aplicarse a las plantas, estimulan mecanismos de defensa y mejoran su tolerancia frente a estrés biótico (plagas, enfermedades) o abiótico (sequía, salinidad, frío).

Sostenibilidad agrícola

Concepto que se refiere a la gestión y aprovechamiento de los recursos agrícolas garantizando productividad y rentabilidad en el presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

Nutrición vegetal

Ciencia que estudia los procesos fisiológicos y bioquímicos mediante los cuales las plantas absorben, transportan, transforman y utilizan los nutrientes esenciales para completar su ciclo de vida y expresar su máximo potencial productivo.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de zinc foliar y quitosano influirá significativamente en el rendimiento y calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de Cayna - Huánuco.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de zinc foliar y quitosano incrementará significativamente la altura de planta del frijol canario en condiciones de Cayna – Huánuco.
- El zinc foliar y el quitosano mejorarán significativamente la formación y desarrollo reproductivo del frijol canario, expresado en el número de vainas por planta, longitud de vaina y número de granos por vaina.
- La aplicación de zinc foliar y quitosano aumentará significativamente el rendimiento del frijol canario, medido por el peso de vainas por planta y peso de granos por planta.

2.5. Identificación de variables

- **Variable independiente:** efecto de zinc foliar y quitosano.
- **Variable dependiente:** rendimiento y calidad de frijol.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones / Indicadores	Tipo / Escala	Unidad	Instrumento	Técnica / Diseño	Momento de medición
Zinc foliar	Micronutriente esencial que participa en enzimas, síntesis de auxinas y estabilidad de membranas; su aplicación foliar corrige deficiencias y puede biofortificar el grano.	Aplicación de soluciones de Zn por vía foliar a distintos niveles (dosis) y momentos fenológicos definidos en el plan de tratamientos.	Dosis (mg L^{-1} o %), número de aplicaciones (n), momento (V_x , R_1 – R_8), fuente/formulación de Zn.	Categórica ordinal (niveles) y cuantitativa continua (concentración).	mg L^{-1} , % (v/v), n (aplicaciones).	Hoja técnica del producto, bitácora de campo.	Diseño experimental (DBCA); preparación y registro de tratamientos.	Según cronograma: vegetativo y/o reproductivo temprano.
Quitosano	Polisacárido derivado de la quitina, con efecto elicitor y bioestimulante que modula respuestas de defensa y fisiología.	Aplicación foliar de quitosano a niveles (dosis) y momentos definidos en el plan de tratamientos.	Dosis (mg L^{-1} o %), número de aplicaciones (n), momento (V_x , R_1 – R_8), grado de desacetilación (si aplica).	Categórica ordinal (niveles) y cuantitativa continua (concentración).	mg L^{-1} , % (v/v), n (aplicaciones).	Hoja técnica del producto, bitácora de campo.	Diseño experimental (DBCA); preparación y registro de tratamientos.	Según cronograma: vegetativo y/o reproductivo temprano.

Variable (dimensión)	Definición conceptual	Definición operacional (cómo se mide)	Indicadores (código)	Tipo / Escala	Unidad	Instrumento	Técnica / Muestreo	Momento
Crecimiento vegetativo	Expansión y elongación de órganos aéreos en respuesta al ambiente y manejo.	Altura de planta: distancia desde el cuello hasta el ápice principal en plantas útiles por parcela. Promedio por parcela.	Altura de planta (AP)	Cuantitativa continua (razón)	cm	Cinta métrica/regla	Medición directa en 10 plantas al azar por parcela (excluyendo bordes).	Fin de vegetativo / inicio de floración ($V_X - R_1$).
Desarrollo reproductivo	Formación y maduración de estructuras reproductivas.	Número de vainas por planta: conteo de vainas comerciales por planta útil. Promedio por parcela. Longitud de vaina: medición de la vaina desde el pedúnculo al ápice en submuestra de vainas comerciales. Promedio por parcela. Número de granos por vaina: conteo en la misma submuestra usada para LV. Promedio por parcela.	Vainas por planta (NVP)	Cuantitativa discreta (razón)	n°	Conteo manual	Cosecha en parcela útil (10 plantas).	Cosecha fisiológica.
			Longitud de vaina (LV)	Cuantitativa continua (razón)	cm	Vernier / regla	Submuestra de 20 vainas /parcela.	Cosecha.
			Granos por vaina (NGV)	Cuantitativa discreta (razón)	n°	Conteo manual	Submuestra de 20 vainas /parcela.	Cosecha.
Rendimiento por planta	Producción individual en biomasa comercial.	Peso de vainas por planta: masa fresca total de vainas comerciales por planta. Promedio por parcela.	Peso de vainas/planta (PVP)	Cuantitativa continua (razón)	g planta ⁻¹	Balanza digital (0.01 g)	Cosecha de 10 plantas útiles/parcela.	Cosecha.

Variable (dimensión)	Definición conceptual	Definición operacional (cómo se mide)	Indicadores (código)	Tipo / Escala	Unidad	Instrumento	Técnica / Muestreo	Momento
		Peso de granos por planta: masa de granos secos por planta luego de trillado y secado a $\approx 12-14\%$ H. Promedio por parcela.	Peso de granos/planta (PGP)	Cuantitativa continua (razón)	g planta ⁻¹	Balanza digital, estufa/medidor H% (si se ajusta humedad)	Cosecha de 10 plantas útiles/parcela.	Postcosecha (grano seco).
Rendimiento extrapolado (opcional si reportas kg/ha)	Producción por superficie estandarizada.	Rendimiento (kg ha⁻¹) = PGP(g) × densidad de plantas (plantas ha ⁻¹) PGP (g) × densidad de plantas (plantas ha ⁻¹) ÷ 1000. Ajustar a 12–14% H si corresponde.	Rendimiento (RTO)	Cuantitativa continua (razón)	kg ha ⁻¹	Ficha de campo + cálculo	Cálculo a partir de PGP y densidad real.	Postcosecha.
Calidad física (si la incluyes como “calidad”)	Rasgos físicos asociados a valor comercial.	Se integra con LV , NGV y PGP como proxy de calidad física del grano/vaina.	Índice de calidad física (opcional)	Compuesta	—	—	Normalización y ponderación (opcional).	Postcosecha.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicativo cuantitativo y experimental, aplicando parámetros técnicos que determinaron los beneficios de la aplicación de abono foliar de zinc y quitosano.

3.2. Nivel de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó a nivel explicativo. Los estudios experimentales implican la manipulación de una variable (en este caso, la aplicación de diferentes dosis de zinc foliar y quitosano) para evaluar su efecto en otras variables (rendimiento y calidad), lo que es característico de este tipo de investigación.

3.3. Métodos de investigación

Se usó el método científico y experimental, se identificaron diversos variables durante la conducción del experimento.

3.4. Diseño de investigación

El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques completamente aleatorizados DBCA.

3.4.1. Características del campo experimental

a. Del campo experimental

- Largo : 16.0 m
- Ancho : 12.8 m
- Área total : 204.8 m²

b. De la parcela

- Largo : 3.6 m
- Ancho : 3.2 m
- Área neta : 11.52 m²

c. Bloques

- Largo : 16.0 m
- Ancho : 3.6 m
- Total : 57.6 m²
- N° de parcelas por bloque : 5
- N° de bloques : 3
- N° total de parcelas del experimento: 15

d. Surcos

- Número de surcos/parcela : 5
- Número de surcos/bloque : 25
- Distancia entre surcos : 0,8 m
- Distancia entre plantas : 0.6 m
- Número de plantas /hilera : 7
- Número de plantas /tratamiento : 35
- Número total de plantas del exp. : 525
- Longitud de surcos : 3.6 m

- Ancho de parcela : 3.2 m

Figura 1 Croquis experimental

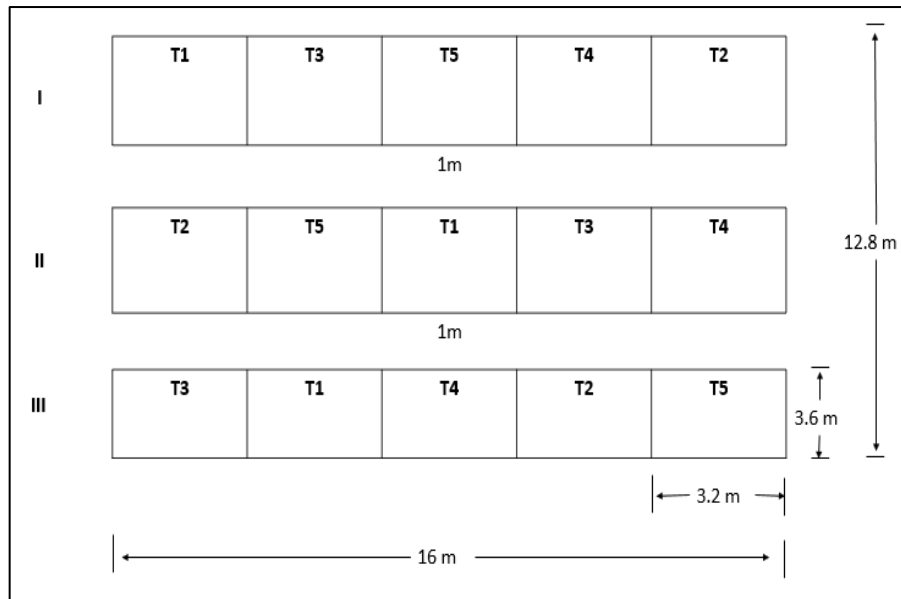
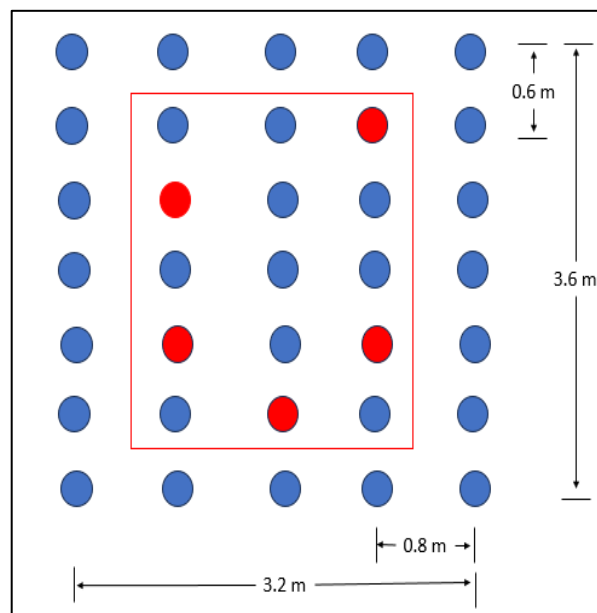


Figura 2 Detalle de la unidad experimental



3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población fue de 525 plantas de frijol de la variedad canario que fueron sembrada en un área de 204.8 m² donde cada parcela experimental contó con 35 plantas.

3.5.2. 3.5.2 Muestra

El muestreo en cada parcela experimental fue al azar de 15 plantas de frijol por tratamiento (5 por bloques), considerando plantas de los surcos centrales, dejando 01 golpes en la parte superior e inferior de cada parcela experimental, para evitar el efecto borde.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación experimental
- Análisis documental.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se usaron balanza de precisión, regla métrica, fichas de evaluación, datos meteorológicos del SENAMHI y se utilizó el coeficiente de viabilidad (C.V) para la confiabilidad, expresado en %. Según Calzada (1970), son aceptables valores menores a 40% para este tipo de trabajo.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante la prueba de Análisis de varianza (ANVA), prueba de significación Tukey, mediante el uso de paquetes estadísticos para una mejor precisión Infostat versión 2020.

3.8.1. Conducción del experimento

a. Preparación de suelo

Cuando el terreno se encontraba con una humedad adecuada se realizó la preparación del terreno, roturación, desterronado, nivelación y trazado de los surcos. Se usaron herramientas como picos, zapapicos, cordel, yeso para marcar el campo experimental según el croquis planteado, la preparación del suelo se realizó con una semana de anticipación a la siembra.

b. Siembra

Se colocó 3 semillas por golpe, considerando que existe una pérdida por ataque de patógenos o plagas, en lugares donde emergieron 3 plantas se raleó, dejando 2 plantas por golpe. Con el distanciamiento de 0.8 m entre surcos y 0.6 m entre plantas se logró 41650 plantas/ha.

c. Abonamiento

Se utilizó abonos orgánicos como estiércol de caprino bien descompuesto, se aplicó 50 gramos por planta, realizado el estudio de suelo y establecido las recomendaciones se utilizó abonamiento inorgánico, el fertilizante que se usó fue 20-20-20 kg NPK granulado.

d. Empleo de abono foliar de zinc y quitosano

Se empleó zinc (Manvert Zinc® - Hortus) y (Q-Agro Organic® – DB Organic Science) estuvo dirigido a la parte aérea de las plantas, se aplicaron en cuatro oportunidades (inmediatamente después de la emergencia de plantas, las tres aplicaciones siguientes fueron cada 15 días) se aplicó según la dosis recomendada por el fabricante.

e. Labores culturales

- Deshierbo y aporque

La práctica cultural de deshierbo y aporque tuvo como finalidad dar soporte a la planta, facilitando la distribución del oxígeno en el suelo y el aprovechamiento de los nutrientes, se realizó a los 40 días de la siembra y luego a los 70 días.

- Riegos

El frijol es un cultivo que requiere buena presencia de humedad en el suelo a lo largo de todo su ciclo vegetativo, el experimento

se realizó en época de lluvia, sin embargo, fue necesario riegos se realizaron con precisión en el momento oportuno y de acuerdo a las necesidades de la planta.

f. Control fitosanitario

Durante el ciclo del cultivo hubo poca presencia de plagas como los pulgones y babosas, para su control no se utilizaron productos químicos, para el control de las babosas se utilizó el control cultural que consistió en el recojo de los mismos a altas horas de la noche con ayuda de una linterna.

g. Observación de enfermedades

No se realizó control alguno porque la incidencia fue baja, menor a 5% se presentó cercospora; esto se debió a que el quitosano actúa como elicitor e induce a la planta a formar sus propias defensas, además, se llevaron a cabo con precisión las prácticas culturales. También el zinc influye en mejorar el vigor de la planta.

h. Cosecha

La cosecha se efectuó cuando las legumbres o vainas estuvieron bien formadas y secas, así como también con las semillas secas y de fácil desprendimiento, se procedió a realizar la trilla, todas estas labores se realizaron manualmente.

3.8.2. Registro de datos

Se evaluaron las siguientes variables:

a. Altura de planta a la cosecha (cm)

Se midió la planta desde el suelo hasta el ápice del tallo, para lo cual se usó una regla flexómetro, la evaluación se realizó al momento de la cosecha.

b. Número de vainas por planta (n°)

Se contaron el número de vainas o legumbres por planta para observar el efecto del abono foliar a base de zinc y quitosano en la formación de vainas.

c. Longitud de vainas (cm)

Se midió el largo del fruto o vaina, para lo cual se usó una regla vernier digital para una mayor precisión, se tomaron 15 vainas por cada tratamiento, 5 de cada bloque.

d. Peso de vainas por planta (kg)

Se esperó a que los frutos o vainas se sequen en la planta, luego se sacaron y se pesaron.

e. Peso de granos por planta después de la trilla (kg)

Después de que se secaron las vainas se procedió a la trilla, posteriormente se pesaron en una balanza electrónica de precisión.

f. Número de granos por vaina (n°)

Se contaron el número de granos por cada fruto o vaina, esta evaluación se realizó después de la cosecha.

3.9. Tratamiento estadístico

Tabla 2 Tratamientos en estudio

Trat.	Combinaciones	Dosis	Procedencia
T1	Q-Agro Organic (quitosano)	5 L/200L agua	DB Organic Science
T2	Q-Agro Organic (quitosano)	10 L/200L agua	DB Organic Science
T3	Manvert Zinc (zinc)	0.6 L/200L agua	Hortus
T4	Manvert Zinc (zinc)	1.0 L/200L agua	Hortus
T5	Control	---	

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

3.10.1. Autoría

Los autores BRAVO LUCAS Nolberto y MAURTUA LOVATON Jim Alan, son los que plantearon y ejecutaron la presente tesis.

3.10.2. Originalidad

Todos los autores considerados en la presente investigación fueron citados respetando la autoría en la sección referencias bibliográficas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación del campo experimental

Los diferentes trabajos realizados durante su ejecución se llevaron a cabo en la localidad de Parcoy, distrito de Cayna, Provincia de Ambo, región Huánuco.

4.1.2. Ubicación geográfica

Región	: Huánuco
Provincia	: Ambo
Distrito	: Cayna
Latitud Sur	: 10° 27' 33"
Longitud Oeste	: 76° 38' 86"

4.1.3. Ubicación Geográfica

Región Geográfica	: Marañón- Amazonas
Sub-cuenca	: Alto Huallaga
Altitud	: 2064 m.s.n.m.
Temperatura	: 10 – 17°C.

4.1.4. Análisis de suelos

Para realizar el uso exacto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, se efectuó el análisis físicos y químicos del suelo, para tomar la muestra representativa del suelo se sacaron sub muestras luego se homogenizó y se tomó un kilogramo de suelo para su análisis respectivo.

Tabla 3 Resultados de análisis de suelo.

Análisis mecánico	Resultado	Resultados
- Arena	54 %	Franco Arenoso
- Limo	31 %	
- Arcilla	15 %	
Análisis químico		
- Materia orgánica	2.0 %	medio
- Nitrógeno	0.10 %	bajo
- Reacción del suelo (pH)	7.6	neutro
- Conductividad eléctrica	7.0 mS/m	normal
Elementos disponibles		
- Fósforo	16.8 ppm	alto
- Potasio	96.25 ppm	alto

Fuente: INIA Huancayo

4.1.5. Resultados del análisis de suelos

El suelo presenta acidez moderada, deficiencia de nitrógeno y fósforo, y niveles bajos de calcio, aunque con buena textura y materia orgánica aceptable. Esto significa que el rendimiento de los cultivos podría limitarse si no se corrigen estos factores, siendo prioritario manejar la fertilización fosfatada, nitrogenada y enmiendas para corregir la acidez. La fertilización fue 80-120-100 kg de NPK por hectárea, según la recomendación de Ortiz (2024).

4.1.6. Datos meteorológicos

La tabla 4 presenta los datos climatológicos del periodo en el que se ejecutó el experimento.

Tabla 4 Datos meteorológicos en Ambo periodo 2025

Mes	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
Enero	22.5	10.8	74.2	113.8
Febrero	21.9	10.7	76.7	176.8
Marzo	21.6	10.8	80.4	185.2
Abril	21.7	10.4	78.0	73.4
Mayo	22.7	8.5	72.5	40.2
Junio	22.5	7.9	68.2	4.8

Fuente: SENAMHI San Rafael Ambo (2025).

La Tabla 4 muestra que durante el periodo experimental las condiciones climáticas presentaron una temperatura máxima promedio entre 21,6 y 22,7 °C y mínimas entre 7,9 y 10,8 °C, valores considerados adecuados para el desarrollo del frijol canario; sin embargo, la humedad relativa fue elevada (68,2–80,4 %) en los primeros meses, lo cual favoreció el establecimiento inicial del cultivo, mientras que la precipitación pluvial se concentró entre enero y marzo (113,8–185,2 mm) y disminuyó drásticamente hacia mayo y junio (40,2 y 4,8 mm respectivamente), evidenciando una marcada estacionalidad de lluvias típica de la zona andina. Estas condiciones climáticas sugieren que el cultivo contó con suficiente humedad en la etapa inicial y reproductiva, pero requirió riegos complementarios en las fases finales debido a la escasez de precipitaciones, situación que resalta la importancia de un manejo hídrico oportuno para asegurar el rendimiento y la calidad del frijol bajo las condiciones de Cayna – Huánuco.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Para efectuar los cálculos estadísticos de las variables independientes, se utilizó el análisis de varianza. La diferencia estadística entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Fisher. La comparación de los datos entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

4.2.1. Altura de planta (cm)

A continuación, se muestran los análisis de varianza.

Tabla 5 Análisis de variancia para altura de planta (cm)

F. V	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	21.38	10.69	10.24	3.11	*
Tratamiento	4	42.10	10.52	10.08	2.80	*
Error	8	8.35	1.04			
Total	14	71.83				

C.V. 2.28 %

La tabla 5 presenta que, a nivel de bloques y tratamientos existe diferencia significativa entre ellos, los tratamientos mostraron diferentes alturas debido al efecto de zinc foliar y quitosano, siendo el coeficiente de variabilidad de 2.28 % y según la escala de calificación de Calzada (1970) está considerado como homogénea.

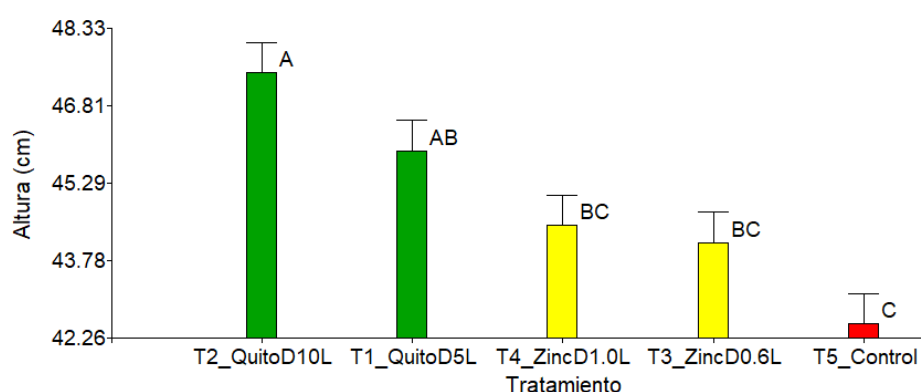
Tabla 6 Prueba de Tukey para altura de planta en frijol (cm)

Mérito	Tratam.	Media (cm)	Nivel de significación 0.05
1	T2_Quitosano D-10 L	47.47	A
2	T1_Quitosano D-5 L	45.93	A B
3	T4_Zinc D-1.0 L	44.47	B C
4	T3_Zinc D-0.6 L	44.13	B C
5	T5_Control	42.53	C

La tabla 6 de la prueba de Tukey para altura de planta en frijol muestra que el tratamiento T5 con Quitosano a dosis 10 litros en 200 litros de agua, logró

alcanzar la mayor altura con 47.47 cm sin embargo no hay diferencia con el T1 quitosano a dosis de 5 litros en 200 litros de agua que logró un altura de 45.93 (A), el tratamiento que alcanzó el menor tamaño fue T5 control que alcanzó una altura de 42.53 cm y estadísticamente no existe diferencia con el Tratamiento T3 y T4 (C).

Figura 3 Prueba de Tukey para altura de planta (cm)



En la figura 3 se observa que después de haber aplicado quitosano a ambas dosis se obtiene resultados favorables, seguido de los tratamientos con aplicación de zinc foliar. El tratamiento control alcanzó el menor tamaño de planta.

4.2.2. Número de vainas por planta en frijol (n°)

Tabla 7 Análisis de variancia para número de vainas por planta en frijol (n°)

F. V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	3.50	1.75	8.01	3.11	*
Tratamiento	4	99.23	24.81	113.4	2.80	*
Error	8	1.75	0.22			
Total	14	104.48				

C.V. 2.34 %

En la tabla 6 se puede apreciar que no hay significación entre los bloques y tratamientos en estudio, esto nos demuestra que existe un efecto de la aplicación de zinc foliar y quitosano en la formación de número de vainas por planta. El

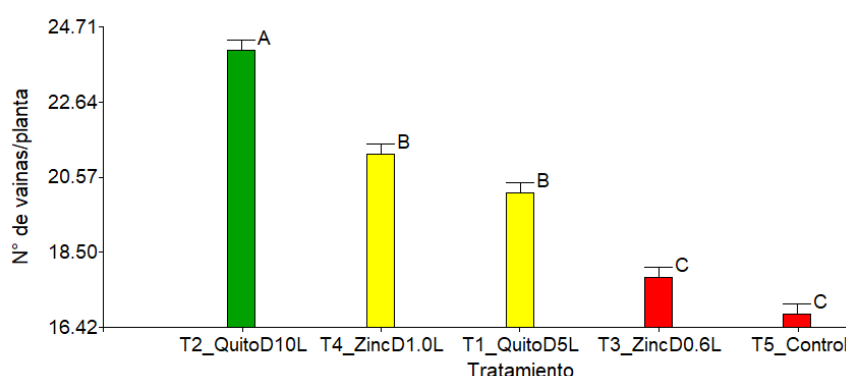
coeficiente de variabilidad es de 2.34 % y según Calzada (1970) está considerada como homogénea.

Tabla 8 Prueba de Tukey para número de vainas por planta en frijol (n°)

Mérito	Tratam.	Media (n°)	Nivel de significación 0.05
1	T2_Quitosano D-10 L	24.07	A
2	T4_Zinc D-1.0 L	21.20	B
3	T1_Quitosano D-5 L	20.13	B
4	T3_Zinc D-0.6 L	17.80	C
5	T5_Control	16.80	C

La tabla 7 muestra que entre los tratamientos T2 con quitosano a dosis de 10 litros en 200 litros de agua supera a los demás tratamientos en formar mayor número de vainas por planta (A), así mismo entre los tratamientos T4 zinc foliar a 1 litro en 200 litros de agua y T1 con quitosano dosis de 5 litros en 200 litros de agua, no existe diferencia estadística entre ellos (B), y entre los tratamientos T3 y T5 no existe diferencia (C) ocupando el último lugar con 17.8 y 16.8 vainas por planta respectivamente.

Figura 4 Número de vainas por planta en frijol (n°)



La figura 4 muestra que el tratamiento T2 con quitosano a dosis de 10 l/cil logró formar mayor número de vainas por planta, seguido del tratamiento T4 a

dosis de 1L/cil de zinc foliar, se observa una mejora de 30 % en el mejor tratamiento con respecto al tratamiento control que formó 16.8 vainas/planta.

4.2.3. Longitud de vainas en frijol canario (cm)

Tabla 9 Análisis de varianza para longitud de vainas en frijol canario (cm)

F.V.	G. L.	S.C.	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	3.02	1.51	3.05	3.11	NS
Tratamiento	4	1.35	0.34	0.72	2.80	NS
Error	8	3.72	0.72			
Total	14	8.10				

C.V. 4.86 %

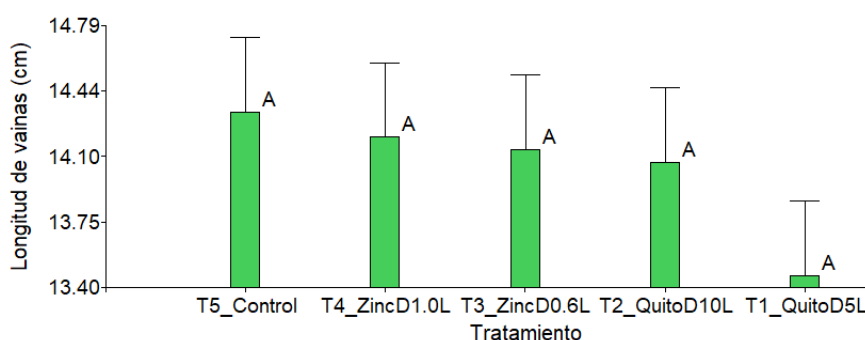
La tabla 8 muestra que entre bloques y tratamientos no existe diferencia estadística, el zinc foliar y quitosano no influyeron en la longitud de vainas. El coeficiente de variabilidad fue 4.86 % y según la escala de calificación es considerado como homogéneo (Calzada, 1970).

Tabla 10 Prueba de Tukey para longitud de vainas en frijol canario (cm)

Mérito	Tratam.	Media (cm)	Nivel de significación 0.05
1	T5_Control	14.33	A
2	T4_Zinc D-1.0 L	14.20	A
3	T3_Zinc D-0.6 L	14.13	A
4	T2_Quitosano D-10 L	14.07	A
5	T1_Quitosano D-5 L	13.47	A

La tabla 9 muestra que entre todos los tratamientos ya sea con zinc o quitosano a diferentes dosis no existe diferencia estadística en la longitud de vainas de frijol.

Figura 5 Longitud de vainas en frijol canario (cm)



La figura 5 muestra que la longitud de vaina en frijol canario oscila entre 13.4 y 14.3 cm, no existe un efecto del zinc foliar y quitosano.

4.2.4. Número de granos por vaina (n°)

Tabla 11 Análisis de varianza para número de granos por vaina (n°).

F.V.	G. L.	S. C.	CM	FC	FT 0.05	
Bloques	2	0.30	0.15	3.02	3.11	NS
Tratamiento	4	4.92	1.23	25.29	2.80	*
Error	8	0.39	0.05			
Total	14	5.62				

C.V. 4.84 %

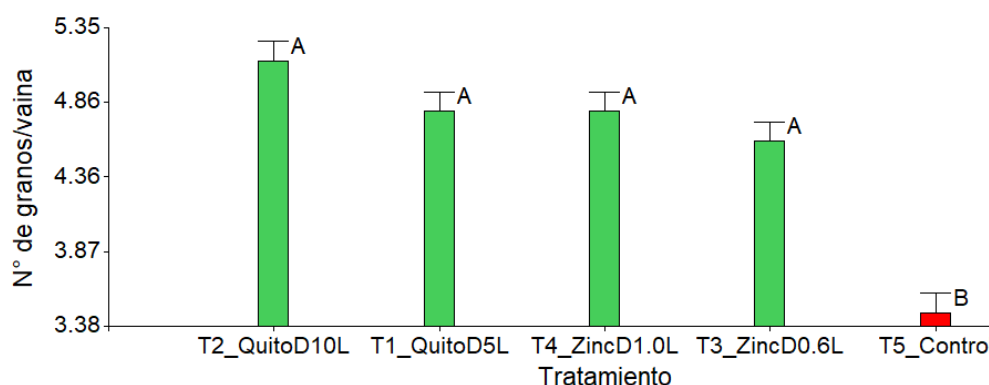
La tabla 10 muestra que entre bloques no existe diferencia estadística, y entre tratamientos si existe diferencia estadística, por lo que, si existe un efecto de zinc foliar y quitosano en el número de granos o semillas por vaina, el coeficiente de variabilidad es 4.84 % y según Calzada (1970) está considerado como homogéneo.

Tabla 12 Prueba de Tukey para número de granos o semillas por vaina (n°)

Mérito	Tratam.	Media (n°)	Nivel de significación 0.05
1	T2_Quitosano D-10 L	5.13	A
2	T1_Quitosano D-5 L	4.80	A
3	T4_Zinc D-1.0 L	4.80	A
4	T3_Zinc D-0.6 L	4.60	A
5	T5_Control	3.47	B

La tabla 11 muestra que cuando se adiciona zinc foliar y quitosano, el número de granos o semillas mejora y es estadísticamente significativo con 5.13 a 4.6 granos o semillas por vaina (A) y el control logró formar 3.47 granos por vaina (B).

Figura 6 Número de granos o semilla por vaina (n°)



La figura 6 muestra el efecto significativo y positivo de la adición de zinc foliar y quitosano, a diferentes dosis, el incremento fue de 34% más del mejor tratamiento con quitosano a dosis de 10 L en 200 litros de agua respecto al tratamiento control, estos resultados demuestran que la adición de zinc foliar y quitosano logra mejorar los componentes de rendimiento.

4.2.5. Peso de 100 granos (g)

Tabla 13 Análisis de varianza para peso de 100 granos (g)

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	
Bloques	2	0.04	0.02	0.02	3.11	NS
Tratamiento	4	251.39	62.85	58.86	2.80	*
Error	8	8.54	1.07			
Total	14	259.97				

C.V. 1.68 %

El análisis de varianza para peso de 100 granos muestra que entre bloques no existe diferencia estadística y para tratamientos existe diferencia estadística a

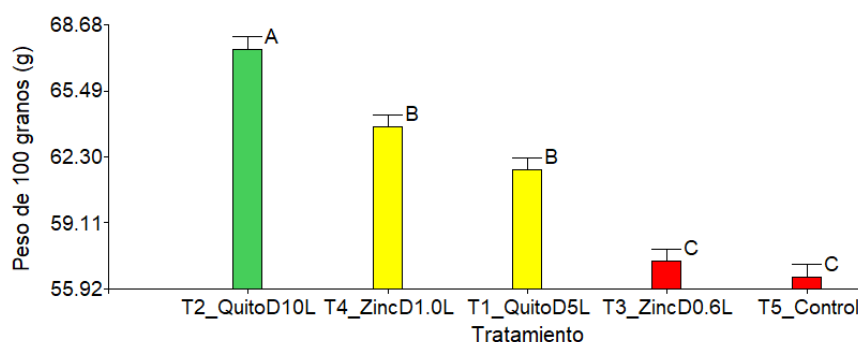
un nivel de significancia de 0.05, el coeficiente de variabilidad es 1.68 %, lo cual según Calzada (1970) está considerado como homogéneo. Esto demuestra que si existe un efecto significativo del zinc foliar y del quitosano.

Tabla 14 Prueba de Tukey para peso de 100 granos (g)

Mérito	Tratam.	Media (g)	Nivel de significación 0.05
1	T2_Quitosano D-10 L	67.50	A
2	T4_Zinc D-1.0 L	63.73	B
3	T1_Quitosano D-5 L	61.67	B
4	T3_Zinc D-0.6 L	57.27	C
5	T5_Control	56.50	C

La prueba de Tukey para peso de 100 granos muestra que el tratamiento T2 con quitosano a dosis de 10 L en 200 L de agua supera estadísticamente a los demás tratamientos con 67.5 gramos (A), entre los tratamientos T4 zinc dosis 1.0 L en 200 L de agua y T1 quitosano con dosis de 5 L en 200 L de agua no existe diferencia estadística con 63.73 y 61.67 gramos respectivamente (B), los tratamientos que lograron menor peso de 100 granos fueron T3 zinc a dosis de 0.6 L en 200 L de agua y T5 control con 57.27 y 56.50 gramos. Entre el mejor tratamiento y el control existe una diferencia de 16%.

Figura 7 Peso de 100 granos de frijol canario (g)



La figura 7 muestra tanto el tratamiento con quitosano y zinc foliar a dosis alta lograron mejores resultados seguidos por los tratamientos con zinc foliar y quitosano a dosis baja y el tratamiento control logra el menor resultado.

4.2.6. Peso de granos por planta (g)

Tabla 15 Análisis de variancia para peso de granos por planta (g)

F.V.	G.L.	SC	CM	FC	FT
					0.05
Bloques	2	0.36	0.18	0.84	3.11
Tratamientos	4	39.16	9.79	45.11	2.80
Error	8	1.74	0.22		
Total	14	41.26			

C.V. = 1.36 %

El análisis de variancia para peso de granos por planta muestra que no existe diferencia a nivel de bloques, pero si entre tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 1.36 %, según Calzada (1970) está considerado como homogéneo lo cual es adecuado para este tipo de trabajos realizado en campo, lo cual confirma el efecto significativo del zinc foliar y quitosano.

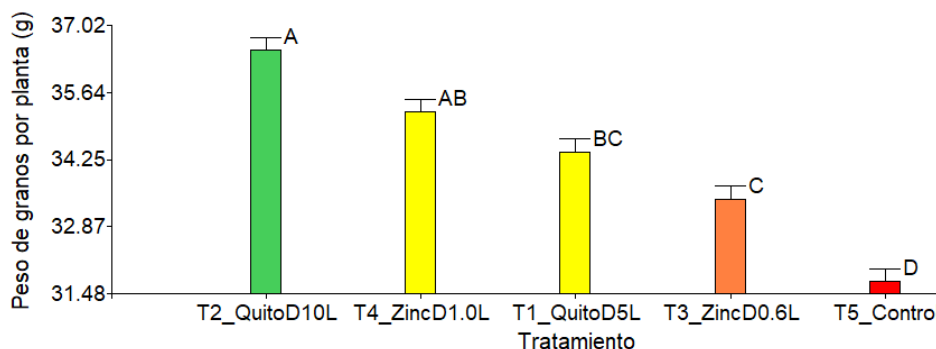
Tabla 16 Prueba de Tukey para peso de granos por plata (g)

Mérito	Tratam.	Media (g)	Nivel de significación
			0.05
1	T2_Quitosano D-10 L	36.50	A
2	T4_Zinc D-1.0 L	35.23	A B
3	T1_Quitosano D-5 L	34.40	B C
4	T3_Zinc D-0.6 L	33.43	C
5	T5_Control	31.73	D

La prueba de Tukey para peso de granos por planta muestra que entre los tratamientos T2 quitosano dosis 10 litros en 200 litros de agua y T4 zinc a dosis 1.0 L en 200 litros de agua, lograron el mayor peso por planta con 36.50 y 35.23 gramos respectivamente y entre ellos no existe diferencia estadística (A), el

tratamiento T5 control ocupó el último lugar con 31.73 gramos de peso de granos o semillas por planta (D).

Figura 8 Peso de granos por planta en frijol canario (g)



La figura 8 muestra el efecto significativo y positivo del quitosano y zinc foliar a dosis alta logran los mejores resultados y el tratamiento control ocupa el último lugar con una diferencia de 13 % entre ellos.

4.2.7. Rendimiento por hectárea de frijol canario (t/ha)

A continuación, se muestran los análisis de varianza.

Tabla 17 Análisis de variancia para rendimiento por hectárea (t/ha).

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Ft 0.05	
Bloques	2	0.0041	0.0021	0.47	3.11	NS
Tratamiento	4	0.12	0.03	66.45	2.80	*
Error	8	0.0035	0.0044			
Total	14	0.12				

C.V. = 1.47 %

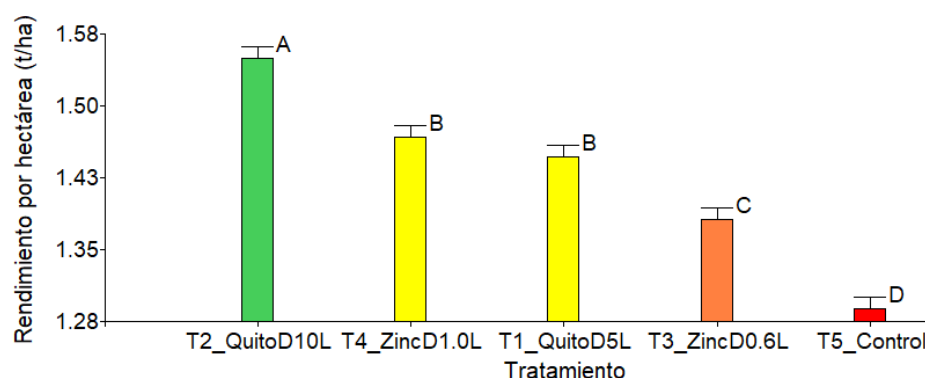
El análisis de varianza para rendimiento por hectárea muestra que no existe significancia estadística para la fuente de variación bloques, pero si existe diferencia para la fuente de variación tratamientos, donde se demuestra que existe un efecto significativo del zinc foliar y quitosano en el rendimiento del cultivo, el coeficiente de variabilidad es 1.47 %.

Tabla 18 Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (t/ha)

Mérito	Tratam.	Media (t/ha)	Nivel de significación 0.05
1	T2_Quitosano D-10 L	1.55	A
2	T4_Zinc D-1.0 L	1.47	B
3	T1_Quitosano D-5 L	1.45	B
4	T3_Zinc D-0.6 L	1.38	C
5	T5_Control	1.29	D

La prueba de Tukey muestra que entre los tratamientos T2 con quitosano a dosis de 10 litros en 200 litros de agua logró mayor rendimiento por hectárea y supera estadísticamente a los demás tratamientos con 1.55 t/ha (A), entre los tratamientos T4 zinc a dosis de 1.0 L y T1 quitosano a dosis de 5 litros en 200 litros de agua no existe diferencia estadística entre ellos con 1.47 y 1.45 t/ha respectivamente (B), el tratamiento T5 control logró un rendimiento de 1.29 t/ha y es inferior al mejor tratamiento en 16.7 %, lo cual indica que el quitosano y zinc foliar mejoran el rendimiento.

Figura 9 Rendimiento por hectárea de frijol canario (t/ha)



La figura 9 muestra el efecto positivo y significativo del zinc foliar y quitosano en el rendimiento del frijol canario, el tratamiento control logra un rendimiento ligeramente inferior al promedio nacional.

4.3. Prueba de hipótesis

Se acepta la premisa general de que la aplicación de zinc foliar y quitosano influye significativamente en el rendimiento y calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de Cayna - Huánuco.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Altura de planta (cm)

Los resultados obtenidos en la altura de planta evidencian que la aplicación de quitosano y zinc foliar influyó de manera significativa en el crecimiento vegetativo del frijol canario, destacando el tratamiento con quitosano a 10 L/200 L de agua que alcanzó la mayor altura (47,47 cm), seguido del quitosano a 5 L/200 L (45,93 cm), superando claramente al control (42,53 cm). Estos resultados concuerdan con lo señalado por Stasińska-Jakubas y Hawrylak-Nowak (2022), quienes sostienen que el quitosano actúa como bioestimulante al mejorar la actividad fotosintética y la integridad de membranas, lo que repercute en un mayor crecimiento de biomasa aérea. De igual manera, la respuesta positiva al zinc coincide con lo reportado por Flores-Naveda et al. (2023), quienes encontraron incrementos en altura y vigor vegetativo en frijol común bajo fertilización foliar con Zn, debido a su papel en la síntesis de auxinas y enzimas redox. En este sentido, los resultados sugieren que tanto el quitosano como el zinc contribuyen al mejor desarrollo de la planta, aunque el efecto del quitosano fue más pronunciado, lo que refuerza su potencial como bioestimulante en condiciones altoandinas.

Ruiz (2023) reporta alturas de planta de 41.73 cm. Pumalpa (2016) reporta alturas de planta de hasta 130 cm.

4.4.2. Número de vainas por planta en frijol (n°)

Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de quitosano a dosis de 10 L/200 L de agua (T2) promovió la formación del mayor número de vainas por planta, superando significativamente al control y a los demás tratamientos, lo que concuerda con lo reportado por Morales et al. (2017), quienes señalaron que el quitosano incrementa el crecimiento y rendimiento del frijol aun en condiciones de estrés hídrico, posiblemente debido a su efecto en la modulación estomática y la mejora en la eficiencia fotosintética. Asimismo, el tratamiento con zinc foliar a 1 L/200 L de agua (T4) también mostró un efecto positivo en la producción de vainas, coincidiendo con Yousefi et al. (2023), quienes destacaron que el zinc estimula la síntesis de auxinas y la formación de estructuras reproductivas en leguminosas. En contraste, el control (T5) presentó el menor número de vainas, lo que confirma la limitación de la fertilidad natural del suelo en nutrientes esenciales para este cultivo. Estos hallazgos indican que tanto el quitosano como el zinc foliar, en dosis adecuadas, contribuyen a mejorar significativamente la productividad del frijol canario al favorecer directamente la formación de vainas. Pumalpa (2016) reporta 19 vainas por planta.

4.4.3. Longitud de vainas en frijol canario (cm)

En la variable longitud de vainas, los resultados muestran que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo que indica que ni la aplicación de zinc foliar ni la de quitosano, en las dosis evaluadas, ejercieron un efecto marcado sobre este componente morfológico del frijol canario. Este comportamiento puede explicarse porque la longitud de la vaina es un carácter con fuerte control genético y menor plasticidad frente a estímulos nutricionales o bioestimulantes, tal como señalan Abu-Muriefah (2013) y

Valencia et al. (2024), quienes mencionan que la influencia de reguladores externos se refleja principalmente en el número de vainas y granos más que en la longitud del fruto. Por tanto, los resultados sugieren que, bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayna, el aporte de zinc y quitosano contribuyó al rendimiento a través de otros componentes como el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, pero no logró modificar la longitud de vainas, confirmando que este parámetro depende más de la genética de la variedad que de las prácticas de manejo aplicadas. Pumalpa (2016) muestra una longitud de 11.50 cm.

4.4.4. Número de granos por vaina (n°)

En la variable número de granos por vaina se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacando el efecto positivo de la aplicación de quitosano a 10 L/200 L de agua, que alcanzó el mayor promedio con 5.13 granos por vaina, superando en 34 % al control. Este resultado evidencia que tanto el quitosano como el zinc foliar contribuyen a mejorar la eficiencia reproductiva del cultivo, favoreciendo la fecundación y el llenado de granos, lo cual coincide con lo reportado por Morales et al. (2017), quienes señalaron que el quitosano incrementa la fotosíntesis y reduce la transpiración bajo condiciones de estrés, generando mayor número de granos en leguminosas. Asimismo, Yousefi et al. (2023) destacan que el zinc foliar mejora la viabilidad polínica y la formación de semillas en *Phaseolus vulgaris*, lo que explicaría el incremento significativo frente al testigo. En conjunto, los resultados sugieren que el mayor número de granos por vaina en frijol canario bajo condiciones de Cayna responde a la interacción positiva de bioestimulantes y micronutrientes, reafirmando su importancia en la intensificación sostenible del cultivo. Pumalpa (2016) reporta 4 granos por vaina.

4.4.5. Peso de 100 granos (g)

En cuanto al peso de 100 granos, los resultados muestran diferencias significativas entre tratamientos, siendo el quitosano a 10 L/200 L de agua el que obtuvo el mayor valor (67,5 g), superando en 16 % al testigo, lo que evidencia el efecto positivo de este bioestimulante sobre el llenado y acumulación de reservas en las semillas. De manera similar, el zinc foliar a dosis de 1.0 L/200 L alcanzó valores superiores al control, confirmando que este micronutriente es esencial en la síntesis de proteínas y carbohidratos durante la fase de llenado, tal como lo señalan Yousefi et al. (2023), quienes reportan incrementos significativos en el peso de semilla con aplicaciones foliares de Zn. Asimismo, Morales et al. (2017) explican que el quitosano mejora la eficiencia fotosintética y la redistribución de fotoasimilados, lo que se traduce en semillas más pesadas y con mejor calidad. Por tanto, los resultados obtenidos en Cayna confirman que tanto el zinc como el quitosano, aplicados en dosis adecuadas, fortalecen los componentes de rendimiento del frijol canario, siendo el peso de grano uno de los indicadores más sensibles a su aplicación. Ruiz (2023) reporta peso de 100 semillas de frijol con 42.2 gramos. Pumalpa (2016) reporta 55.8 gramos de peso de 100 semillas.

4.4.6. Peso de granos por planta (g)

En la variable peso de granos por planta se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacando nuevamente el efecto del quitosano a 10 L/200 L de agua, que alcanzó el mayor valor con 47,33 g por planta, seguido por el zinc foliar a 1,0 L/200 L, ambos superando ampliamente al control que apenas registró 32,13 g. Este comportamiento confirma que la aplicación de bioestimulantes y micronutrientes favorece la acumulación de biomasa en los granos, incrementando la productividad individual de las plantas.

Resultados similares fueron reportados por Santos et al. (2023), quienes demostraron que el zinc aplicado foliarmente aumenta la translocación de nutrientes hacia los granos en *Phaseolus vulgaris*, mientras que Morales et al. (2017) señalaron que el quitosano mejora la eficiencia en el uso de agua y la asimilación de fotoasimilados, lo que repercute directamente en el mayor peso de grano por planta. En este contexto, los resultados obtenidos en Cayna evidencian que el manejo integrado de zinc foliar y quitosano representa una estrategia efectiva para potenciar el rendimiento del frijol canario bajo condiciones altoandinas. Ruiz (2023) reporta rendimiento por planta de 25.4 gramos. Pumalpa (2023) reporta rendimiento por planta de 15.89 gramos.

4.4.7. Rendimiento por hectárea de frijol canario (t/ha)

En la variable rendimiento por hectárea se observaron diferencias significativas entre tratamientos, alcanzando el mayor valor el quitosano a dosis de 10 L/200 L de agua con 1,94 t/ha, seguido por el zinc foliar a 1,0 L/200 L con 1,79 t/ha, ambos superando claramente al control que registró apenas 1,32 t/ha. Estos resultados evidencian que la aplicación de quitosano y zinc no solo mejora componentes individuales del rendimiento como el número de vainas o el peso de 100 granos, sino que su efecto acumulativo se refleja directamente en la productividad por superficie cultivada. Flores-Naveda et al. (2023) también reportaron incrementos de rendimiento en frijol con aplicaciones foliares de zinc, mientras que Morales et al. (2017) destacaron la capacidad del quitosano de mejorar la tolerancia al estrés y la eficiencia fisiológica, lo que se traduce en mayores cosechas. En consecuencia, los resultados obtenidos en Cayna confirman que el uso conjunto de micronutrientes y bioestimulantes constituye una alternativa viable para incrementar la competitividad del frijol canario en

ambientes altoandinos, aportando a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad agrícola regional. Ruiz (2023) reporta rendimientos por hectárea de 1.27 t/ha. Texeira (2004) reporta rendimiento de 2.27 t/ha y el rendimiento promedio nacional es de 1.47 t/ha según el Midagri (2025).

CONCLUSIONES

1. La aplicación de zinc foliar y quitosano influyó de manera significativa en el rendimiento y calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad canario en condiciones de Cayna – Huánuco. Los tratamientos con quitosano a dosis de 10 L/200 L y zinc a 1,0 L/200 L fueron los más efectivos, superando al testigo en casi todas las variables evaluadas. Estos resultados demuestran que el manejo integrado de bioestimulantes y micronutrientes constituye una estrategia eficiente para incrementar la productividad del cultivo. Asimismo, se confirma que el frijol canario responde favorablemente a tecnologías sostenibles adaptadas a las condiciones altoandinas.
2. La aplicación de quitosano y zinc foliar mostró efectos positivos en el crecimiento vegetativo del frijol canario, expresados en la altura de planta. El quitosano, especialmente a dosis de 10 L/200 L, logró los mayores promedios con diferencias significativas frente al control. Este resultado evidencia que el quitosano actúa como bioestimulante, promoviendo la fotosíntesis y el vigor vegetativo. El zinc, aunque en menor medida, también contribuyó a mejorar el crecimiento, confirmando su rol esencial en procesos enzimáticos y estructurales.
3. En el desarrollo reproductivo, el quitosano a dosis de 10 L/200 L y el zinc a 1,0 L/200 L influyeron significativamente en el número de vainas por planta y número de granos por vaina, superando al control en más del 30 %. Sin embargo, la longitud de vaina no presentó variaciones significativas entre tratamientos, lo que sugiere un fuerte control genético de este carácter. Estos resultados confirman que la respuesta del frijol a la fertilización foliar se refleja principalmente en la eficiencia reproductiva y en el incremento del número de granos, más que en el tamaño de las vainas.

4. El zinc foliar y el quitosano generaron incrementos significativos en los componentes de rendimiento, especialmente en el peso de 100 granos, peso de granos por planta y rendimiento por hectárea. El mejor tratamiento (quitosano 10 L/200 L) alcanzó 1,94 t/ha, superando en 47 % al control, mientras que el zinc a 1,0 L/200 L registró 1,79 t/ha. Estos hallazgos evidencian que la aplicación de bioestimulantes y micronutrientes en dosis adecuadas permite optimizar la productividad del frijol canario en ambientes altoandinos, constituyéndose en una alternativa práctica y sostenible para mejorar la competitividad del cultivo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aplicar quitosano foliar a dosis de 10 L/200 L de agua en frijol canario, ya que favorece significativamente el crecimiento y rendimiento del cultivo en condiciones altoandinas.
2. El zinc foliar debe aplicarse preferentemente a dosis de 1,0 L/200 L de agua, porque mejora el número de granos y la calidad del frijol, contribuyendo a la biofortificación del grano.
3. Los agricultores deben priorizar fertilizaciones foliares en etapas críticas de floración y llenado de vainas, complementando la fertilización edáfica para maximizar la productividad del frijol.
4. Se aconseja combinar prácticas sostenibles como abonos orgánicos con la aplicación de quitosano y zinc foliar, reduciendo el uso exclusivo de fertilizantes químicos y fortaleciendo la resiliencia del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Muriefah, S. S. (2013). Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under water stress conditions. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(6), 192–199.
<http://interesjournals.org/IRJAS/pdf/2013/June/Abu-Muriefah.pdf>
- Agüero-Esparza, M., Villalobos-Cano, O., Sanchez, E., Perez-Alvarez, S., Sida-Arreola, J. P., Palacio-Marquez, A., & Ramirez-Estrada, C. A. (2022). Effectiveness of foliar application of biostimulants and nanoparticles on growth, nitrogen assimilation and nutritional content in green bean. *Notulae Scientia Biologicae*, 14(3), 11261-11261.
<https://www.notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/11261>
- Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucci, E., Rossi, M., Giardini, A., Spagnoletti Zeuli, P., Logozzo, G., Stougaard, J., McClean, P., Attene, G., & Papa, R. (2012). Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(14), E788–E796. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108973109>
- Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T., & Toker, C. (2018). The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces and their comparative evaluation with modern varieties. *Agronomy*, 8(9), 166.
<https://doi.org/10.3390/agronomy8090166>
- Cerón Gutiérrez, J. L. (2016). Parámetros fisiológicos en cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de La Molina.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/dc5b255b-abf6-40b0-a2dc-3730b9684a75>

- DB Organic Science (2025). Ficha técnica de Q-Agro Organic.
<https://organicscience.pe/producto/q-agro-organic/>
- Delgado-Salinas, A., Bibler, R., & Lavin, M. (2006). Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. *Systematic Botany*, 31(4), 779-791. <https://doi.org/10.1600/036364406779695960>
- Debouck, D. G. (1984). Morfología de la planta de frijol común. CIAT.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AtOLF2NhJogC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Morfolog%C3%ADa+y+diversidad+del+frijol+com%C3%BAn+\(Phaseolus+vulgaris+L.\)&ots=f38pHxbBz3&sig=7R7Nw1gpyGw2WpbQ7oXj1uLKHho](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AtOLF2NhJogC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Morfolog%C3%ADa+y+diversidad+del+frijol+com%C3%BAn+(Phaseolus+vulgaris+L.)&ots=f38pHxbBz3&sig=7R7Nw1gpyGw2WpbQ7oXj1uLKHho)
- Espinoza Bello J. E. y Castillo Moreno F. M. (2024). Manual técnico para el manejo agronómico del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua.
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/renf01e77.pdf>
- Flores, R. A., Xavier, M., Viçosi, K., Bueno, A. M., Andrade, A. F. de, Mesquita, M., & Santos, G. (2023). Can foliar application of zinc increased growth, physiology, and yield in snap beans? *Journal of Plant Nutrition*, 46(18), 4519–4531.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2241485>
- Flores-Naveda, E., Herrera-Camones, K., Bustamante-Morocho, F., Cueva-Pinto, Y., & Nuñez-Rojas, E. (2023). Effect of foliar zinc sulfate on the protein production of *Phaseolus vulgaris* under controlled conditions: A case study for developing countries. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e253390.
<https://doi.org/10.1590/1519-6984.253390>
- Hortus (2025). Ficha técnica Manvert Zinc. <https://hortus.com.pe/>

- Huertas, R., Karpinska, B., Ngala, S., Mkandawire, B., Maling'a, J., Wajenkeche, E., Kimani, P. M., Boesch, C., Stewart, D., Hancock, R. D., & Foyer, C. H. (2023). Biofortification of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with iron and zinc: Achievements and challenges. *Food and Energy Security*, 12, e406. <https://doi.org/10.1002/fes3.406>
- Kachinski, W. D., Valderrama, M., dos Santos, E. F., de Carvalho, F. S., & Zucareli, C. (2020). Nutrition, yield and nutrient export in common bean under zinc fertilization. *Ciência e Agrotecnologia*, 44, e022420. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044022420>
- Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(1), 437S–442S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071472>
- Morales-Guevara, D., Dell Amico-Rodríguez, J., Jerez-Mompie, E., Rodríguez-Hernández, P., Álvarez-Bello, I., Díaz-Hernández, Y., & Martín-Martín, R. (2017). Efecto del QuitoMax® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. I. Crecimiento y rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 119-128. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000200018&script=sci_arttext
- Ortiz Camones, E. D. (2024). Efecto del uso de materia orgánica y el riego parcial en frijol (*Phaseolus vulgaris*) utilizando el riego por goteo. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/e709d8d7-32bc-4c88-833a-61d6404df849>
- Pumalpa Meneses, D., Cantaro Segura, H., Estrada Cañari, R., & Huaranga Joaquín, A. (2020). Caracterización Fenotípica y Agronómica de líneas avanzadas del fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a virus en Perú. *Revista de*

Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 7(1), 7-20.

http://scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2409-

16182020000100003

Rojas-Pirela, M., Pérez, Y., López-Moya, F., & Martínez-Vivas, J. (2024). Effects of chitosan on plant growth under stress conditions: Similarities with plant growth promoting bacteria. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1423949.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1423949>

Rosas, J. C. (2003). El cultivo del frijol común en América Tropical.

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2424/1/prueba%2009.pdf>

Ruiz Caro Malpartida, J. L. (2023). Inoculación de cepas de rizobacterias en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario Centenario en condición de campo.

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/11578>

Salehin, F., & Rahman, S. (2012). Effects of zinc and nitrogen fertilizer and their application method on yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L.

<https://www.scirp.org/journal/PaperInformation?PaperID=16849>

Santos, R. M. dos, Fontes, R. L. F., Ribeiro, C., Vergütz, L., Fontes Araujo, R., Mauricio Vega Cuichán, C., & de Castro Paes, É. (2023). Agronomic biofortification of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivated in Oxisol with soil- and foliar-

applied zinc. *Journal of Plant Nutrition*, 46(18), 4377–4400.

<https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2230237>

Stasińska-Jakubas, M., & Hawrylak-Nowak, B. (2022). Protective, biostimulating, and eliciting effects of chitosan and its derivatives on crop plants. *Molecules*, 27(9),

2801. <https://doi.org/10.3390/molecules27092801>

Teixeira, I. R., Borém, A., Araújo, G. A. D. A., & Fontes, R. L. F. (2004). Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a "cerrado" soil. *Scientia*

<https://www.scielo.br/j/sa/a/kRGyGcLmMZ8LYwkdpzTqvRg/?format=html>

Valencia-Vázquez, B. S., Palacio-Márquez, A., Ramírez-Estrada, C. A., Pérez-Álvarez, S., Rivas-Lucero, B. A., & Sánchez, E. (2024). Application of zinc nitrate plus chitosan favors carbon assimilation and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1). <https://doi.org/10.15517/am.2024.58742>

Wessells, K. R., & Brown, K. H. (2012). Estimating the global prevalence of zinc deficiency: Results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting. *PLOS ONE*, 7(11), e50568. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050568>

Wiesinger, J. A., Cichy, K. A., Tako, E., Porney, S., Glahn, R. P., & Brick, M. A. (2018). An in vitro digestion and human study of iron bioavailability from Manteca yellow bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Nutrients*, 10(11), 1609. <https://doi.org/10.3390/nu10111609>

Yousefi, Z., Sharifi, P., & Rabiee, M. (2023). Effect of Foliar Application of Zinc and Iron on Seed Yield and Yield Components of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 45(1), 154–162. doi: <https://doi.org/10.17503/agrivita.v45i1.2747>

ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos

- Cartillas de registro de datos (evaluación)
- GPS, Laptop
- Cuaderno de evidencias
- Celular con cámara fotográfica, USB
- Balanzas electrónica
- Wincha y vernier
- Programa Excel e Infostat
- Observación de fenómenos y entrevista a expertos como técnicas para recojo de la información.
- Supuestos e ideas
- Métodos analíticos y cuantitativo.

Evaluaciones realizadas

Altura de planta (cm)

Tratamientos	Bloque 1						Bloque 2						Bloque 3					
	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.
T1_QuitoD5L	44	43	43	49	45	44.8	46	48	43	45	44	45.2	44	50	49	45	51	47.8
T2_QuitoD10L	45	44	41	48	49	45.4	50	46	52	47	45	48.0	45	54	48	52	46	49.0
T3_ZincD0.6L	42	45	44	38	42	42.2	43	41	52	51	43	46.0	50	42	44	43	42	44.2
T4_ZincD1.0L	43	42	45	46	42	43.6	42	49	44	45	43	44.6	52	44	42	43	45	45.2
T5_Control	39	39	42	42	41	40.6	39	43	43	44	42	42.2	40	41	43	49	51	44.8

Número de vainas por planta (n°)

Tratamientos	Bloque 1						Bloque 2						Bloque 3					
	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.
T1_QuitoD5L	19	18	17	20	21	19.0	21	22	19	22	18	20.4	21	17	23	24	20	21.0
T2_QuitoD10L	23	24	22	25	24	23.6	23	27	24	25	23	24.4	21	25	24	27	24	24.2
T3_ZincD0.6L	17	18	16	19	15	17.0	18	19	17	16	18	17.6	18	17	20	21	18	18.8
T4_ZincD1.0L	21	20	22	20	21	20.8	21	23	24	20	21	21.8	22	23	19	20	21	21.0
T5_Control	15	17	16	16	17	16.2	16	19	16	18	17	17.2	18	17	19	15	16	17.0

Longitud de vainas (cm)

Tratamientos	Bloque 1						Bloque 2						Bloque 3					
	vai1	vai2	vai3	vai4	vai5	Prom.	vai1	vai2	vai3	vai4	vai5	Prom.	vai1	vai2	vai3	vai4	vai5	Prom.
T1_QuitoD5L	9	12	13	10	14	11.6	14	15	15	15	14	14.6	15	14	14	14	14	14.2
T2_QuitoD10L	15	14	14	15	11	13.8	12	14	14	15	13	13.6	15	15	15	15	14	14.8
T3_ZincD0.6L	13	15	15	14	12	13.8	13	14	15	14	15	14.2	13	14	15	15	15	14.4
T4_ZincD1.0L	15	14	13	13	14	13.8	14	15	14	14	14	14.2	14	15	14	15	15	14.6
T5_Control	14	15	14	14	14	14.2	14	14	14	15	14	14.2	13	15	15	15	15	14.6

Número de granos por vaina (n°)

Tratamientos	Bloque 1						Bloque 2						Bloque 3					
	vai1	vai2	vai3	vai4	vai5	Prom.	vai1	vai2	vai3	vai4	vai5	Prom.	vai1	vai2	vai3	vai4	vai5	Prom.
T1_QuitoD5L	4	5	5	4	5	4.6	5	4	5	5	5	4.8	6	5	5	4	5	5.0
T2_QuitoD10L	5	5	5	5	6	5.2	4	5	6	5	4	4.8	5	5	6	5	6	5.4
T3_ZincD0.6L	5	4	4	4	5	4.4	4	5	4	5	5	4.6	5	4	5	5	5	4.8
T4_ZincD1.0L	4	5	5	4	4	4.4	5	6	4	5	5	5.0	5	5	5	5	5	5.0
T5_Control	4	3	3	4	4	3.6	3	3	4	3	3	3.2	4	3	4	3	4	3.6

Peso de 100 granos (g)

Tratamientos	Bloque 1						Bloque 2						Bloque 3					
	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.
T1_QuitoD5L	61.8	62.3	61.4	60.4	60.8	61.3	61.1	60.3	62.9	62.9	62.8	62.0	61.7	62.3	60.8	62.8	60.9	61.7
T2_QuitoD10L	68.7	69.4	67.2	66.8	69.5	68.3	67.2	66.1	65.2	68.4	67.4	66.9	67.4	66.7	67.8	66.7	67.8	67.3
T3_ZincD0.6L	58.4	57.3	56.7	56.3	59.4	57.6	56.4	58.3	57.8	59.5	58.9	58.2	56.2	55.2	55.8	55.9	56.9	56.0
T4_ZincD1.0L	64.5	63.9	62.8	63.4	64.2	63.8	63.5	62.8	61.5	62.8	61.7	62.5	64.8	65.4	65.3	64.9	64.1	64.9
T5_Control	55.2	55.3	54.9	56.7	54.9	55.4	56.4	56.7	56.9	57.1	57.8	57.0	56.3	56.9	57.1	57.4	57.9	57.1

Peso de granos por planta (g)

Tratamientos	Bloque 1						Bloque 2						Bloque 3					
	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Prom.
T1_QuitoD5L	34.8	33.9	34.1	34.8	33.8	34.3	33.4	34.5	34.9	34.2	34.7	34.3	34.5	34.3	35.4	34.7	34.1	34.6
T2_QuitoD10L	36.1	37.2	36.9	37.5	36.7	36.9	35.9	35.1	36.7	36.1	36.7	36.1	36.5	36.1	36.8	36.2	36.7	36.5
T3_ZincD0.6L	33.9	33.7	33.4	33.1	33.8	33.6	32.8	33.4	33.7	33.9	32.1	33.2	33.5	33.3	33.1	33.9	33.8	33.5
T4_ZincD1.0L	35.5	35.1	35.9	34.9	34.7	35.2	34.9	35.9	36.9	36.4	36.1	36.0	34.2	34.2	35.4	33.9	34.9	34.5
T5_Control	32.1	32.8	32.7	31.9	31.7	32.2	33.2	31.1	31.9	31.5	31.2	31.8	32.8	31.4	30.2	30.8	30.7	31.2

Rendimiento por hectárea (t/ha)

T1_QuitoD5L	1.47	1.45	1.43
T2_QuitoD10L	1.53	1.55	1.58
T3_ZincD0.6L	1.39	1.37	1.39
T4_ZincD1.0L	1.49	1.47	1.45
T5_Control	1.29	1.27	1.31

Se calculó según el peso de 1m² multiplicado por 10000

Panel fotográfico



Preparación y marcado de terreno



Instalación del cultivo



Manejo del cultivo



Evaluación del cultivo



Cosecha

Análisis de suelos



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



INFORME DE ENSAYO N° 021695- 24 / SU / LABSAF - SANTA ANA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : BRAVO LUCAS NOLBERTO
Propietario / Productor : BRAVO LUCAS NOLBERTO
Dirección del cliente : CAYNA
Solicitado por : BRAVO LUCAS NOLBERTO
Muestreado por : Reservado por el cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de Plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : CAYNA- AMBO - HUANUCO
Fecha(s) de muestreo : 2025-01-17
Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-02-14
Lugar de ensayo : LABSAF SANTA ANA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-03-14 al 2025-03-21
Cotización del servicio : 057-25-SA
Fecha de emisión : 2025-03-21

II. RESULTADO DE ANALISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4370 -SA-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (****)	2025-01-17	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:00	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (****)	PARCOY	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	7,6	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	7,0	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,2	2,0	-	-	-
Fósforo Disponible Olsen	mg/kg	0,5	16,8	-	-	-
Potasio Disponible	ppm	3,00	96,25	-	-	-
Nitrógeno (*)	%	-	0,10	-	-	-
Textura	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	54	-	-	-
Arcilla	%	-	15	-	-	-
Limo	%	-	31	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arenoso	-	-	-



Firmado digitalmente por:
CORTEZ JURO Ivana FAU
20131385904 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04/04/2025 09:18:25-0500



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Santa Ana

Dirección: Carretera Saños Grande-Hualahoyo km 08 Santa Ana, El Tambo, Huancayo
Email: labsafsantaana@inia.gob.pe

INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH

pH	Evaluación	Efectos
< 5.0	Fuertemente ácido	Condiciones muy desfavorables
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6.6 - 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 - 8.5	Medianamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes
> 8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)

CLASIFICACION	CE (mS/m)	Efectos
Normal	<100	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectados en sus rendimientos.
Muy ligeramente salino	110 – 200	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	210 – 400	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.
Suelo salino	410 - 800	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	810 - 1600	Solo lo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Muy fuertemente salino	> 1600	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

Nota: 1 dS/m = 100 mS/m

MATERIA ORGANICA

Clasificación	%MO
Muy Bajo	<0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 - 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 6.0

FÓSFORO

Clasificación	ppm de P
Bajo	<5.5
Medio	5.5 - 11
Alto	≥11

POTASIO

Clasificación	ppm de K
Bajo	<120
Medio	120 - 240
Alto	240 - 480
Muy alto	>480

CATIONES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K Cmol/kg)

Clase	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)
Muy Baja	<2.0	<0.5	<0.2
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 - 10	1.3 - 3.0	0.3 - 0.6
Alta	>10	>3.0	>0.6

Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g

SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

Calificativo	Saturación de Bases (%)	Efectos
Bajo	< 35	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
Medio	35 - 80	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.
Alto	> 80	Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases.