

IAN CERNA BECERRA

EFICIENCIA DE BIOPREPARADOS VEGETALES EN EL CONTROL DE LA ROYA (*Uromyces phaseoli*) EN FRIJOL (*Phas...*

 My Files

 My Files

 Universidad Nacional de Cajamarca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:546802482

43 páginas

Fecha de entrega

16 ene 2026, 12:57 p.m. GMT-5

9715 palabras

Fecha de descarga

16 ene 2026, 1:01 p.m. GMT-5

52.541 caracteres

Nombre del archivo

EFICIENCIA DE BIOPREPARADOS VEGETALES EN EL CONTROL DE LA ROYA (*Uromyces phaseoli*) E....docx

Tamaño del archivo

2.4 MB

14% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
3%  Publicaciones
8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

 **Texto oculto**

384 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
3% Publicaciones
8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

Rank	Type	Source	Percentage
1	Internet	repository.unc.edu.pe	6%
2	Internet	hdl.handle.net	<1%
3	Internet	www.gob.mx	<1%
4	Trabajos entregados	unsaac on 2025-07-03	<1%
5	Trabajos entregados	uncedu on 2025-06-09	<1%
6	Internet	1library.co	<1%
7	Trabajos entregados	uncedu on 2025-05-23	<1%
8	Internet	documentop.com	<1%
9	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	<1%
10	Internet	doaj.org	<1%
11	Trabajos entregados	uncedu on 2024-01-19	<1%

12	Internet	
	www.inifap.gob.mx	<1%
13	Trabajos entregados uncedu on 2025-07-17	<1%
14	Trabajos entregados Universidad Cesar Vallejo on 2022-08-11	<1%
15	Trabajos entregados Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion on 2023-04-25	<1%
16	Trabajos entregados Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco on 2025-12-24	<1%
17	Internet	
	tesis.ucsm.edu.pe	<1%
18	Internet	
	www.coursehero.com	<1%
19	Internet	
	revistas.uide.edu.ec	<1%
20	Trabajos entregados Universidad Nacional Agraria La Molina on 2023-11-07	<1%
21	Internet	
	cenida.una.edu.ni	<1%
22	Trabajos entregados uncedu on 2024-10-22	<1%
23	Trabajos entregados Universidad Nacional de Barranca on 2023-09-12	<1%
24	Trabajos entregados Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-12-30	<1%
25	Trabajos entregados University Of Tasmania on 2023-08-01	<1%

26	Internet	
repository.UDH.edu.pe		<1%
27	Internet	
v2.vlex.com		<1%
28	Internet	
www.chemagri.com		<1%
29	Internet	
www.engormix.com		<1%
30	Trabajos entregados	
Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion on 2022-05-09		<1%
31	Internet	
ebiltegia.mondragon.edu		<1%
32	Internet	
www.ciat.cgiar.org		<1%
33	Internet	
www.colibri.udelar.edu.uy		<1%
34	Internet	
www.lamolina.edu.pe		<1%
35	Internet	
www.slideshare.net		<1%
36	Publicación	
Langa Lomba, Natalia. "Sistemas para el control eficaz y sostenible de enfermedad..."		<1%
37	Trabajos entregados	
Universidad Nacional Autonoma Altoandina de Tarma on 2025-12-22		<1%
38	Trabajos entregados	
Universidad de Burgos UBUCEV on 2025-03-25		<1%
39	Trabajos entregados	
University of Wales Swansea on 2022-09-15		<1%

40 Internet

tumi.lamolina.edu.pe <1%

41 Internet

www.ellatino.com <1%

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una importante leguminosa perteneciente a la familia Phabaceae, con un potencial de exportación significativo impulsado por sus beneficios nutricionales y sus diversas aplicaciones en los mercados globales, la producción en el Perú ha evolucionado positivamente en términos de volumen y superficie cultivada, sin embargo para maximizar su potencial productivo y mejorar la rentabilidad, es esencial abordar los desafíos relacionados con la tecnología agraria y el cambio climático mediante un enfoque adecuado en investigación y desarrollo para que pueda seguir siendo un pilar importante tanto para la seguridad alimentaria como para la economía agrícola del país.

La roya (*Uromyces phaseoli*) en esta leguminosa representa una amenaza importante para la producción de frijol a nivel mundial; porque provoca pérdidas de rendimiento, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad y las condiciones ambientales propicias para el desarrollo del patógeno (Makhumbila et al. 2023; Abo-Elyousr et al. 2021). Los tratamientos con fungicidas brindan resultados rápidos en el control; sin embargo, la dependencia de estos generan problemas de resistencia (Zyton y Ahmed 2016), en cambio el uso de preparados naturales se consideran ideales por ser respetuosos con el medio ambiente, contribuyen con la supresión de enfermedades a largo plazo al promover la salud y la resiliencia a través de mecanismos como la competencia por los recursos y la inducción de resistencia sistémica en las plantas hospedantes (Cawoy et al. 2011).

Lo manifestado, nos ha motivado proponer el presente trabajo de investigación, para evaluar la eficiencia de los biopreparados infusión de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.), decocción de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y kombucha, en el control de *U. phaseoli*.

1.1. Formulación del problema

8 ¿Cuál es la eficiencia de la infusión de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*), la decocción de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y kombucha, en el control de *Uromyces phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris L.*)?

1.2. Objetivo general

8 Evaluar la eficiencia de la infusión de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*), la decocción de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y kombucha, en el control de *Uromyces phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).

1.2.1. Objetivo específico

- 8 – Determinar el biopreparado más eficiente en el control de roya (*Uromyces phaseoli*) de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).

1.3. Hipótesis

8 La infusión de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*), decocción de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y kombucha, son eficientes en el control de roya (*Uromyces phaseoli*) de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Biopreparados vegetales

2.1.1. Definición de biopreparados

Llamados también extractos vegetales, son sustancias concentradas presentes en la naturaleza obtenidas de las raíces, tallos, hojas, flores, frutos o semillas de plantas que han ganado atención significativa como soluciones factibles contra el manejo de fito enfermedades. El uso se reconoce cada vez más como una alternativa sostenible en la agricultura orgánica, la cual está impulsada por regulaciones que limitan el uso de pesticidas químicos. La eficacia puede variar significativamente dependiendo de las condiciones ambientales, humedad y temperatura, tanto del aire como suelo (Pylak et al. 2019; Rowińska et al. 2024).

2.1.2. Ventajas de los biopreparados

- Pueden servir como sustitutos o suplementos de los fertilizantes y pesticidas sintéticos, que suelen ser perjudiciales para el medio ambiente.
- Se alinean con la creciente demanda de productos ecológicos y orgánicos, lo que los hace adecuados para los mercados que priorizan la sostenibilidad (Godlewska et al. 2021).
- Actúan como bioestimulantes. Al mejorar la germinación de semillas, el desarrollo de raíces y el vigor general de las plantas, lo que genera mayores rendimientos y cultivos de mejor calidad (Carvalho et al. 2022).
- Ciertos biopreparados pueden inducir mecanismos de resistencia en las plantas, esto mejora la resiliencia de los cultivos, lo que les permite prosperar en condiciones difíciles (Mkindi et al. 2020).
- Mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo y su absorción.
- Son económicamente ventajoso para los agricultores, especialmente los pequeños productores, debido que pueden obtenerse localmente y a un costo reducido en comparación con los insumos sintéticos, lo que reduce la dependencia de productos químicos importados y costosos (Jang y Kuk 2019).

2.1.3. Desventajas de los biopreparados

- 38
- La eficacia puede variar significativamente según factores como las especies de plantas utilizadas, los métodos de extracción y las condiciones ambientales. Esta variabilidad puede generar resultados inconsistentes en el manejo de plagas y enfermedades, lo que dificulta que los agricultores confíen en ellos como solución principal.
 - Varios extractos vegetales pueden dirigirse únicamente a plagas o patógenos específicos, limitando su utilidad en diversos entornos agrícolas donde existen múltiples amenazas simultáneamente. (Carvalho et al. 2022)
 - Pueden estar contaminados con metales pesados o residuos de tratamientos químicos previos si no se obtienen de manera adecuada. Esto plantea riesgos tanto para la calidad de los cultivos como para la salud de los consumidores (Plaskova y Mlcek 2023).
 - La necesidad de conocimientos especializados para aplicar estos extractos de manera eficaz puede disuadir a algunos agricultores de adoptarlos.
 - Aunque suelen considerarse respetuosos con el medio ambiente, sigue existiendo el riesgo de que se produzcan vertidos en masas de agua durante las fuertes lluvias o riegos, provocando la contaminación de las fuentes acuíferas locales con fitoquímicos, teniendo consecuencias ecológicas para la vida acuática (Shahbaz et al. 2022).

2.2. Biopreparados utilizados en la presente investigación contra (*Uromyces phaseoli*)

2.2.1. Infusión de manzanilla

Contiene compuestos bioactivos presentes en sus extractos. Rica en flavonoides, en particular la apigenina y sus glucósidos que pueden contribuir a la inhibición del crecimiento radial (Ghoniem et al. 2021) y la germinación de esporas (Montes-Belmont et al. 2000) respectivamente. Se ha documentado la presencia de compuestos fenólicos como el ácido rosmarínico, cafeico y clorogénico conocidos por sus propiedades antioxidantes que también pueden presentar actividad antifúngica (Mailänder et al. 2022). Además, contiene

derivados de cumarina como la umbeliferona y la herniarina, que son reconocidos por sus actividades contra los hongos. Estos compuestos pueden actuar como fitoalexinas, proporcionando un mecanismo de defensa contra los estresores bióticos, como las infecciones fúngicas. (Molnar *et al.* 2017; Lee *et al.* 2022).

El aceite esencial de manzanilla demostró una inhibición dependiente de la dosis del crecimiento de *Aspergillus niger*, alcanzando aproximadamente un 92,5% de inhibición en la concentración (1000 µg/mL) más alta (Tolouee *et al.* 2010).

Los extractos acuosos inhibieron el crecimiento de *Fusarium culmorum*, con distintos grados de eficacia y la cepa específica del hongo analizado (EL-Hefny *et al.* 2019), así como de *Aspergillus fumigatus* y *Trichophyton mentagrophytes* en ciertas concentraciones (por ejemplo, 20 mg/ml) en condiciones específicas (Suliman 2020; Singh *et al.* 2011).

2.2.2. Decocción de cola de caballo

La eficacia antifúngica se debe principalmente a su alto contenido de ácido silílico que desempeña un papel en el fortalecimiento de las paredes celulares de las plantas. Contiene diversos compuestos fenólicos, conocidos por sus propiedades antioxidantes que pueden ayudar a mitigar el estrés oxidativo, mejorando así su resistencia a enfermedades. Se ha demostrado que los flavonoides presentes como la isoqueritrina poseen propiedades antifúngicas, de tal manera que contribuyen a los mecanismos de defensa contra diversos patógenos. Otra clase de compuestos que encontramos son las saponinas las cuales pueden alterar las membranas celulares de los hongos, inhibiendo el crecimiento de estos (Mimica-Dukic *et al.* 2008).

Un estudio realizado en Castellón, España, evaluó el uso del extracto de *Equisetum arvense* en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) afectados por mildiu (*Bremia lactucae*). Se realizaron dos aplicaciones del producto y los resultados mostraron una reducción del 90% en la severidad de la enfermedad tras la segunda aplicación. Además, la incidencia de plantas afectadas se redujo a la

mitad después de la primera aplicación, alcanzando un 70% de eficacia respecto al control tras la segunda aplicación (Sanidad 2019).

Investigaciones en el Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra en México han explorado la elaboración de un biofungicida a base de *Equisetum arvense*. Este estudio comparó tres métodos de extracción (destilación, cocción y maceración) para obtener equisetonina, un compuesto tóxico para hongos. Los resultados indicaron que el método de destilación proporcionó la mayor concentración de equisetonina, lo que sugiere su potencial como fungicida para el control de hongos foliares en cultivos como calabaza (Arreguin-Soto et al. 2017).

Un estudio también analizó los efectos del extracto hidroalcohólico de *Equisetum arvense* sobre la incidencia y severidad de *Botrytis cinerea* en cultivos de fresa (*Fragaria Vesca*). Los resultados mostraron que el extracto tenía un efecto significativo en la reducción tanto de la incidencia como de la severidad de esta enfermedad fúngica (Pazmiño Miranda 2018).

2.2.3. Kombucha

Ramos y Roncal (2023), evaluaron la efectividad para el control de la oidiosis (*Oidium leucoconium*) en rosas (*Rosa sp.*). Se evaluaron diferentes diluciones de kombucha (1/10 cc/l, 1/100 cc/l y 1/1000 cc/l) y se encontró que la dilución 1/10 cc/l fue la más efectiva, logrando un porcentaje de incidencia del 40.20% y una severidad del 17.89% en comparación con tratamientos convencionales.

Torres y Roncal (2016), realizó ensayos en condiciones "in vitro" deduciendo que, Kombucha concentrada aplicada sobre esclerocios de *Sclerotium cepivorum*, no permitieron la formación del micelio del hongo; indicando que los metabolitos de *Saccharomyces sp.* y *Zygosaccharomyces sp.*, inhibieron el brotamiento de éstos; además, concluye que Kombucha destruye filamentos e inactiva esclerocios en forma proporcional, siendo la dilución concentrada y 1/10 las más efectivas.

Kombucha, concentrado y diluido en 1/10 y 1/100, ensayados en condiciones in vitro, mostró antagonismo a *Verticillium* sp., *Alternaria* sp., *Rhizoctonia solani*, y menor a *Fusarium* sp.(Miranda y Roncal 2014).

2.3. “Roya” (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.)

2.3.1. Taxonomía

Clase *Pucciniomycetes*, orden *Pucciniales*, familia *Pucciniaceae*, género *Uromyces* (Gautam et al. 2022).

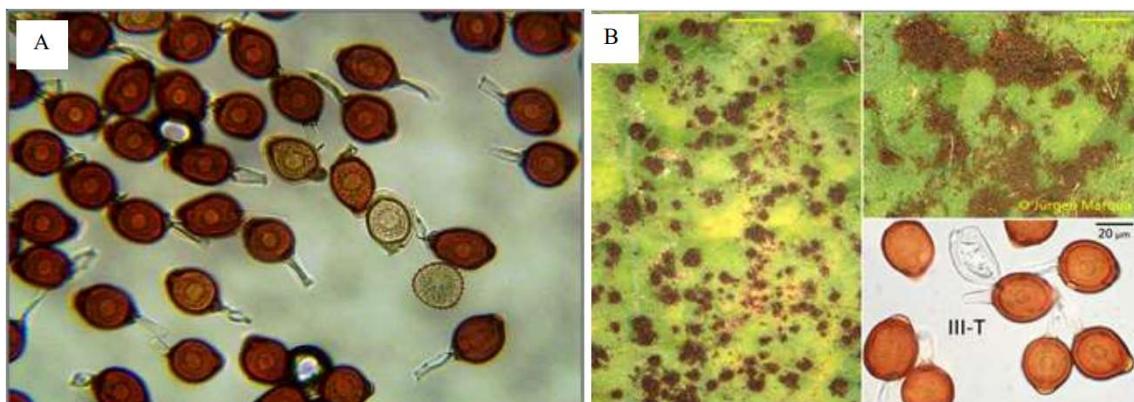
2.3.2. Morfología

Presenta una estructura vegetativa compleja compuesta principalmente por hifas intercelulares e intracelulares

El telio produce teliosporas ovoides, ampliamente elipsoides o globoides de 24 - 35 a 20 - 29 µm de tamaño. Tienen paredes gruesas de 2 - 4 µm de espesor en los 8 lados y de 5 - 11 µm de espesor en el umbo. El poro es definido, con pocas a numerosas verrugas distribuidas aleatoriamente o en crestas lineales o uniformes fusionadas, raramente lisas. El pedicelo de teliospora es hialino o incoloro y mide aproximadamente 45 µm de largo. Las dimensiones de la urediospora pueden oscilar entre 20 - 33 × 18 - 29 µm, pero suelen ser de 24 - 33 × 20 - 27 µm y de ovoides a elipsoides. Contienen una pared gruesa de 1,5 - 2,0 µm, equiolados, poros ecuatoriales o ligeramente por encima con sombreros lisos (Cummins 1978). Las picniosporas son elípticas, hialinas y de paredes lisas. Las eciosporas varían de 18 - 33 a 16 - 24 µm, elipsoides a elipsoides oblongas o globoides angulares. La pared de la eciospora (n + n) es de 1,0 - 1,5 µm de espesor, incolora y finamente verrugosa.

Figura 1.

Estructuras de *Uromyces phaseoli*



Nota. Estructuras de *Uromyces phaseoli* A) Uredioporas y teliosporas, B) Teliosporas. Tomado de (Kingston 2017, Marqua 2020).

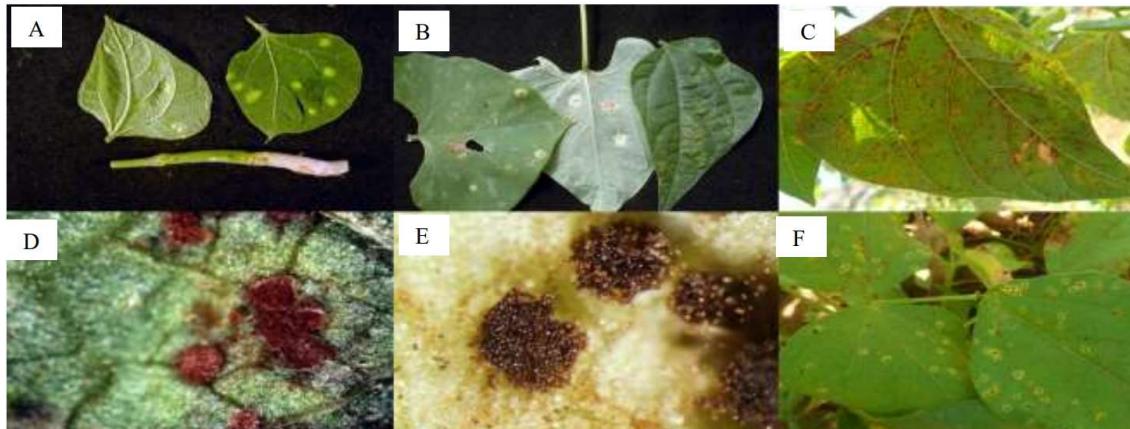
2.3.3. Epidemiología

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) como cualquier otro cultivo es susceptible a diversos factores bióticos (Divya et al. 2019), así la roya (*Uromyces phaseoli*) es considerada de importancia mundial como una enfermedad que disminuye su rendimiento, produce epidemias, especialmente en zonas subtrópicas debido a las condiciones climáticas propicias para la infección y la propagación (Burmeister y Hau 2009). El desarrollo del patógeno se ve favorecido a temperaturas que oscilan entre 17 y 27 °C, humedad relativa de más de 95 % por un periodo de 10 a 18 horas (Aghora et al. 2007).

2.3.4. Síntomas

El hongo *Uromyces phaseoli* principalmente se manifiesta **en el envés de las hojas, a manera de pequeños círculos color marrón rojizo** conocidos como pústulas llegando alcanzar diámetros de 1 a 2 mm las cuales en su maduración liberan masas de esporas que son diseminadas a través de aperos agrícolas, animales, insectos, pero fundamentalmente por la lluvia y el viento. Raramente afecta a vainas, tallos y ramas, en el caso de las flores no hubo reportes (Souza et al. 2008).

6

Figura 2.Síntomas de roya del frijol (*Uromyces phaseoli*)

3

Nota. Síntomas de roya del frijol (*Uromyces phaseoli*) en hojas y tallos. A y B) Síntomas iniciales en el haz y envés de la hoja. C, D, E) Síntomas secundarios y terciarios: pústulas con esporas (polvillo de color rojizo a marrón). F) Hojas con puntos de color oscuro y halo amarillo. Tomado de (Schwartz et al. 2018).

2.3.5. Patogenicidad

Los hongos *Uromyces* son patógenos biotróficos obligados, penetran en los tejidos del huésped, forman estructuras y extraen sus nutrientes. Esta relación parasitaria produce una necrosis extensa de las partes infectadas (Liebenberg y Pretorius 2011).

2.3.6. Patogénesis

Las teliosporas, luego de pasar por un periodo de latencia, germinan un promicelio que termina formando un basidio, en el que se produce la meiosis y se desarrollan basidiosporas haploides, éstas son arrastradas por el viento a las plantas susceptibles, se disponen en el haz de las hojas formando tubos germinativos que se convierten en apresorios, estructuras especializadas que facilitan la penetración a través de los estomas del huésped (Souza et al. 2008), se necesita de 22 a 26 °C para que se desarrolle una pequeña mancha clorótica que contiene el picnio donde se producen picniosporas. Una vez dentro de la planta, el patógeno entra en la fase parasitaria, durante la cual prolifera, luego de siete días se producen hifas adicionales que se extienden por todos los tejidos de la planta y es fundamental para establecer una infección sólida. El hongo extrae nutrientes del huésped, lo que reduce la fotosíntesis y en última instancia, afecta el desarrollo de las vainas y la producción de semillas (Kolmer et al. 2009),

iniciando la formación de aecio, de 8 a 10 días después, cada infección por aeciosporas produce un uredio llenos de urediosporas. Estas esporas son responsables de infecciones secundarias y pueden dar lugar a epidemias generalizadas si las condiciones ambientales son favorables (temperaturas entre 20 y 25 °C). El ciclo concluye con la formación de teliosporas, que permiten al patógeno pasar el invierno y persistir en ambientes agrícolas hasta que las condiciones sean adecuadas para la infección nuevamente (Hahn 2000).

2.3.7. Control

a) Cultural

Rotación de cultivos como maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum spp.*), papa (*Solanum tuberosum*). Eliminación oportuna de restos de cosecha, siembra en el momento óptimo entre marzo y mayo, adecuada densidad de plantas entre surcos e hileras. Otras prácticas que se pueden usar son adecuada fertilización, riego adecuado, eliminación de restos de cosecha, manejo de variedades resistentes como Pinto 114, Bayo Madero (Martínez *et al.*, 2007).

b) Varietal o genético

Las variedades resistentes en un lugar o año, pueden pasar a no resistente si cambia la raza del patógeno; sin embargo, se han identificado variedades resistentes a un gran número de razas. Es muy importante evitar sembrar una sola variedad de frijol en un área grande porque pueden no existir razas del patógeno que ataquen y destruyan el cultivo en toda el área sembrada (Bonilla 2000).

c) Químico

Se utilizan fungicidas como: Benomil (250 g ha⁻¹), Bitertanol (250-300 ml ha⁻¹), Oxicarboxin (600800 g ha⁻¹) ó Hexaconazol (200 ml ha⁻¹) Peralta *et al.* (2007).

Tamayo (2001) manifiesta que el patógeno de la roya es muy agresivo desde los primeros estados de desarrollo del cultivo y se disemina rápido por el viento. Afirma también que el control químico de la roya del frijol solo es efectivo cuando

se realiza durante los inicios de la enfermedad. Los fungicidas más recomendados son el caldo bórdales (3 a 4 gramos por litro), Elosal 720 SC (Azufre (3 cc/l), Plantvax 75 (Oxicarboxin (3 a 6 gramos por litro), Baycor DC 300 (Bitertanol (1.25 cc por litro) o Benlate WP (Benomil 0.5 gramos por litro).

Folicur (tebuconazol) ha demostrado una eficacia comparable a la de otros fungicidas sistémicos, entre ellos la azoxistrobina y el propiconazol. Estudios de campo han documentado que su aplicación contribuye a disminuir la incidencia de la roya y a mejorar el rendimiento del cultivo. Su efectividad se asocia con su modo de acción sistémico y su amplio espectro de control sobre diversos patógenos (Briones 2022).

2.4. Generalidades del cultivo

2.4.1. Origen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) fue domesticado de forma independiente en diferentes regiones de América, incluida los andes de Sudamérica, Argentina y México, por nativos americanos durante la época precolombina. Se estima que los frijoles domesticados más antiguos, encontrados en sitios arqueológicos en cada una de estas regiones, se cultivaron entre 7000 y 9600 años. Parientes silvestres del frijol crecen actualmente desde el norte de México hasta Argentina, a menudo en las mismas regiones como formas cultivadas (Schwartz *et al.*, 2005).

2.4.2. Condiciones ambientales para el cultivo de frijol

a) Luz

Crucial para la fotosíntesis, afecta la fenología de la planta, requiriendo días cortos para una adecuada maduración y floración (Arias *et al.* 2007).

b) Temperatura

Lardizabal et al. (2010) menciona que la temperatura ideal oscila entre 18 y 26 °C (Valladolid 2001), bajo 16 °C es sensible pero superior a 30°C perjudica la producción final del cultivo (Ministerio de Agricultura y Riego 2020).

c) Agua

González Cueto et al. (2017), refiere que es sensible al exceso y déficit de agua, siendo los períodos críticos la floración y el llenado de vainas (Peralta y Mazón 2010), con requerimientos entre 80 y 120 % de la evapotranspiración diaria (Flores-Pacheco et al. 2019).

d) Suelo

Salcedo (2008), hace mención que crecen bien en suelos profundos, fértiles, sueltos a ligeramente compactos, con buen drenaje y un pH óptimo entre 5,5 y 6,5 (Etana y Nebiyu 2023).

2.5. Tecnología de cultivo

2.5.1. Variedades

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) se cultiva en las tres regiones del Perú, con variedades resistentes a roya (*Uromyces phaseoli*) como INIA 404 CIFAC 90105 y Canario Centenario (Ministerio de Agricultura y Riego 2016).

2.5.2. Semillas

Para garantizar la calidad de la semilla es fundamental seleccionar los genotipos adecuados, teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la zona de cultivo y aplicar técnicas como la biopreparación (Muasya et al. 2006; Haleke Besaye y Galgaye 2022; Monalisa et al. 2017).

2.5.3. Densidad de siembra

La optimización de la densidad de siembra mejora la intercepción de la luz, las tasas de crecimiento y el rendimiento, reduciendo la competencia entre plantas. Una densidad de 250 000 plantas ha⁻¹ maximiza la biomasa y el rendimiento, mientras que densidades de 200 000 plantas ha⁻¹ producen más vainas por

planta (Musana et al. 2020). En regiones semiáridas de México, las variedades de frijol común responden positivamente a densidades de siembra de hasta 260,000 plantas ha⁻¹(Baez-Gonzalez et al. 2020).

2.5.4. Abonos

La incorporación de materia orgánica mejora la estructura del suelo, activa los procesos microbianos, proporciona aireación y aumenta la capacidad de retención de agua (Valladolid 2001). La fertilización con fósforo (P) mejora los resultados debido a su papel fundamental en el desarrollo de la planta y su disponibilidad limitada en suelos pobres en nutrientes (Chekanai et al. 2018).

2.5.5. Preparación del terreno

Debe realizarse con un mes de anticipación, incorporando restos de cosechas y hierbas para su descomposición (Valladolid 2001).

2.5.6. Siembra

El distanciamiento entre surcos en la siembra manual varía de 0,50 a 0,70 m, con una distancia entre plantas de 0,20 m, colocando tres **semillas por golpe a una profundidad de 4 a 6 cm** (Dirección Regional Agraria de Trujillo 2003; Valladolid 2001). **Según Salvador y Segura (2013), el frijol arbustivo se siembra en hileras sencillas de 0.45 m o en hilera doble a 0.90 m de distancia, con plantas a 0.20 m de distancia**

2.5.7. Deshierbo

El deshierbo manual a las dos y cinco semanas luego de la emergencia, reduce sustancialmente el peso seco de hierbas acompañantes y mejora los tiempos de floración, conduciendo a mayores rendimientos de grano (Mengesha et al. 2015).

2.5.8. Riego

Las investigaciones indican que retrasar el primer riego puede reducir significativamente los rendimientos, aproximadamente un 5 % por cada semana de retraso en campos regados por surcos (Allan 2011). En condiciones óptimas, puede requerir entre 300 y 375 mm de agua durante su evolución, al inicio se

utiliza 0,1 mm por día aumentando el uso de agua hasta casi 7 mm durante las etapas de crecimiento máximo (Schwartz H.F. et al. 1996).

2.5.9. Control de enfermedades y plagas

Enfermedades

- a. Antracnosis. causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.), afecta en todas las etapas de su desarrollo. Los primeros síntomas se dan en el envés de las hojas como manchas pequeñas y oscuras. En las vainas, las lesiones son redondeadas y pueden estar cubiertas por esporas de color rosa en condiciones húmedas. Las semillas infectadas pueden presentar decoloración y deformidades (Ferrufino 2008). Se disemina principalmente a través de semillas infectadas, pero también puede sobrevivir en residuos de cultivos y huéspedes alternativos (Arthrobotryum et al. 2009).

El manejo eficaz requiere una combinación de variedades resistentes, control químico, implementar buenas prácticas agrícolas, como la rotación de cultivos, mantener un espaciamiento adecuado entre plantas para la circulación del aire y garantizar un drenaje adecuado, el uso de agentes biológicos como *Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas fluorescens* puede ayudar a limitar el crecimiento del hongo (Rodríguez-Ortega et al. 2018; Escalante et al. 2021).

- b. Fusariosis. Provocada por diversas especies del género *Fusarium*. La pudrición de raíz es una de las manifestaciones más graves, donde los hongos pueden matar semillas antes de la germinación y causar la muerte prematura de plántulas. Esto puede resultar en pérdidas significativas, estimándose que la enfermedad puede reducir el rendimiento del frijol hasta en un 50% (González et al. 2005).

- ***Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli***. Esta especie induce marchitez, predomina en ambientes con temperaturas que oscilan entre 20 y 28 °C y períodos de sequía. Los síntomas suelen aparecer entre 7 y 9 días después de la infección, provocando la muerte de la planta en 21 días en caso de ataques severos. Los signos iniciales incluyen el amarillamiento y marchitamiento de las hojas inferiores, progresando hasta la defoliación (Navarrete-Maya et al. 2009).
- ***Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli***. Provoca podredumbre radicular seca, con síntomas visibles que comienzan en el hipocótilo y las raíces, presentándose como lesiones alargadas de color rojizo que se fusionan en áreas marrones. Las plantas afectadas muestran retraso en el crecimiento, marchitamiento y caída prematura de las hojas (Navarrete-Maya et al. 2009, González et al. 2005).

Para un manejo adecuado se requiere que las semillas pueden ser tratadas con fungicidas o agentes biológicos (*Trichoderma*) para reducir la carga de patógenos antes de la siembra, limpiar y desinfectar herramientas agrícolas para evitar la propagación del hongo, mejorar el drenaje del suelo para evitar el encharcamiento, ya que la humedad excesiva favorece el desarrollo de la enfermedad, retirar y destruir los restos de cultivos infectados para reducir la supervivencia del inóculo en el suelo (Segarra et al. 2013).

- c. Oidiosis. Causada por el hongo ***Erysiphe polymeri*** DC ex Merat, comúnmente conocido como mildiú polvoroso, prospera en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. Los síntomas iniciales se manifiestan como pequeñas manchas blancas en el haz de las hojas, que con el tiempo se transforman en una capa blanca polvorienta, puede extenderse rápidamente por toda la planta. A medida que avanza la enfermedad, las hojas afectadas pueden volverse amarillas y finalmente morir, lo que provoca defoliación y reducción del rendimiento (Wang et al. 2014).

Para prevenir la infección se pueden implementar diversas estrategias como la selección de variedades resistentes como Talamanca y Huetar,

reduciendo significativamente la incidencia de la enfermedad, aplicar silicio o calcio al suelo ayuda a fortalecer las paredes celulares de las plantas, lo que dificulta la penetración del hongo, evitar la aplicación excesiva de nitrógeno, ya que esto puede promover el crecimiento del hongo. Se sugiere una fertilización balanceada (Cruz-Triana et al. 2018).

Plagas

- a) Mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Abundante en época de sequía, se alimenta de la savia, responsable de transmitir el virus del mosaico dorado y amarillo del frijol, que son prevalentes en América Latina (Cuéllar y Morales 2006). El manejo de las infestaciones requiere un control biológico, cultural y monitoreo sustentable de poblaciones (da Silva et al. 2019).
- b) Lorito verde (*Empoasca kraemeri*). De importancia en varias regiones, particularmente en América Latina y el Caribe, en época de verano sus poblaciones aumentan afectando severamente el cultivo, provoca síntomas como bordes necróticos en las hojas y estrés general en la planta. (Lozano-Gutiérrez et al. 2017). Las estrategias de manejo incluyen el uso de semillas resistentes, métodos de control químico y prácticas culturales como el cultivo intercalado con maíz o el uso de cubiertas vegetales (García-González et al. 2018).
- c) Vaquita verde (*Diabrotica balteata*). Tanto larvas como escarabajos causan daños considerables durante los inicios de crecimiento, siendo las primeras, atacantes de las raíces, mientras que los adultos perforan las hojas evitando una fotosíntesis adecuada. El manejo eficaz requiere un enfoque multifacético que combine estrategias biológicas, culturales y químicas (Ramon y Valle 2022).

2.5.10. Cosecha

Los indicadores de cosecha se basan principalmente cuando las vainas cambian de verde a un color amarillento o marrón, las semillas incrustadas

deben sentirse firmes al apretarlas en caso contrario aún no están listas. De igual manera las hojas comenzarán a secarse y caerse a medida que la planta madure (Whittinghill et al. 2013).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del Experimento

El experimento se llevó a cabo en el Fundo La Victoria, propiedad de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado a 2635 m s. n. m., a 9 km al sureste de la ciudad de Cajamarca (vía a Cajabamba), en el distrito de Llacañora, provincia y región Cajamarca (Romero 2019). La localización geográfica corresponde a las coordenadas: 7°11'31" latitud norte y 78°27'18" longitud oeste.

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

El material biológico usado fue la semilla de frijol, flores de manzanilla, plantas de cola de caballo y las hojas de té (*Tea arábica*).

3.2.2. Material de campo

En la conducción del experimento se usaron los siguientes materiales: cal, rafia, estacas.

3.2.3. Herramientas y equipo de campo

Las herramientas y equipo, requeridos fueron: zapapico, lampa, mochila, balanza tipo reloj, calculadora, cámara fotográfica, GPS garmin 550.

3.2.4. Abonos

Se usaron: Fosfato diamónico (46 % de N y 18 % de P₂O₅), Urea (45 % de N), y Cloruro de potasio (60 % de K₂O).

3.2.5. Biopreparados utilizados y su manejo en la presente investigación

a) Infusión de manzanilla.

Contiene compuestos bioactivos como flavonoides y ácidos fenólicos, que contribuyen a sus propiedades antifúngicas, las cuales inhiben la germinación de esporas y el crecimiento micelial de *Uromyces phaseoli*, reduciendo así la propagación y su impacto (Bernal Cabrera et al. 2016; Moreira Palacios et al. 2019). Su preparación requiere 1 L de agua caliente, luego agregar 25 g de flores de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*) frescas o secas, dejando en reposo durante 30 minutos, posteriormente colar y aplicar inmediatamente usando un aspersor (Gonzalez 2013).

b) Decocción de cola de caballo

Eficaz contra diversas enfermedades provocadas por hongos, su acción específica contra *Uromyces phaseoli* está respaldada por sus propiedades antifúngicas generales. Al contener sílice, fortalece las paredes celulares de las plantas creando una barrera que impide el establecimiento de patógenos (Trebbi et al. 2021). Para prepararlo se necesita 150 g de porciones de tallo fresco de cola de caballo (*Equisetum arvense*) para 1 L de agua. Hervir durante 30 a 60 minutos, dejar enfriar y colar desechando los restos vegetales. Diluir el contenido en una proporción de 1:5 para luego aplicar mediante rociado (Gonzalez 2013).

c) Kombucha

“El líquido se obtiene por fermentación de la sacarosa por acción de diferentes microorganismos que conforman el cuerpo fructífero conocido como kombucha; de éstos destacan *Saccharomyces* sp., *Acetobacter xylinum* y otros hongos que prosperan en el agua azucarada del té (*Thea arabica L.*)” (Miranda y Roncal 2014).

Miranda y Roncal (2016) reporta que en 1 L de agua corriente se hiere 200 g de té (*Thea arabica L.*), durante cinco minutos, dando como resultado un líquido

color marrón amarillento, se procedió a enfriar al ambiente durante 1 hora, colocando el contenido en un depósito de vidrio, inmediatamente se agregó 600 g de sacarosa (azúcar comercial), colocando luego el cuerpo fructífero de kombucha, dejándolo fermentar durante siete días. La higiene de los utensilios y del ambiente es fundamental en la preparación para evitar el crecimiento de microorganismos indeseables.

1 3.2.6. Material y Equipo de laboratorio

Se usaron: balanza con aproximación a gramo, regla graduada, determinador de humedad, computadora.

33 3.3. Metodología

3.3.1. Tratamientos

Los tratamientos aplicados estuvieron conformados por los diferentes biopreparados vegetales; un testigo químico (Folicur) y un testigo absoluto (agua). En total fueron establecidos cinco tratamientos, con tres repeticiones para cada uno (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos en estudio

Tratamiento	Descripción
1	Infusión de manzanilla Infusión de las flores de manzanilla, fresca o seca. Aplicada sin diluir cada 4 días
2	Decocción de cola de caballo Decocción de plantas de cola de caballo. Aplicada diluyendo 1 litro en 5 litros de agua, cada 4 días.
3	Kombucha Para ser aplicada se diluye 1 litro en dos de agua, cada 4 días.
4	Folicur Fungicida químico. Se aplica a la dosis de 2.5 ml por litro de agua, cada 10 días
5	Testigo Sin ningún control de roya

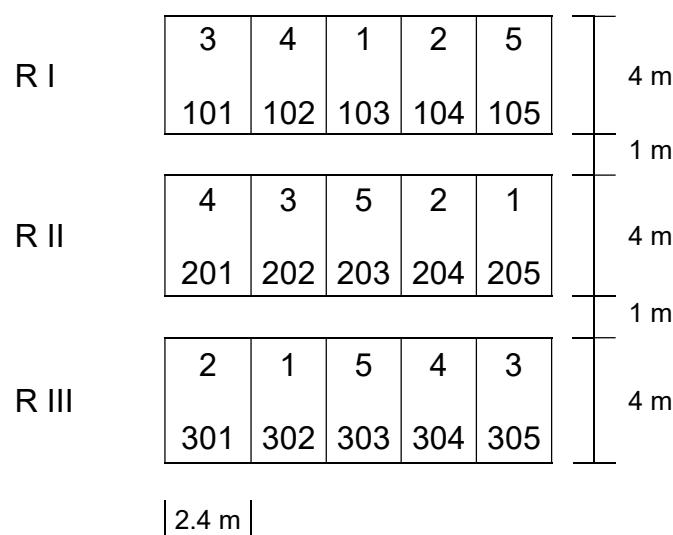
1

3.3.2. Diseño Experimental y Croquis de Campo

Se adoptó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones, con la finalidad de analizar el impacto de los diferentes tratamientos sobre las variables evaluadas, reduciendo la interferencia de factores no atribuibles directamente a estos. La elección de este enfoque responde a la posible presencia de variaciones sistemáticas, como diferencias en el suelo, humedad o luz, lo cual justifica la organización de las unidades experimentales en conjuntos homogéneos. Cada conjunto incluyó la totalidad de los tratamientos, distribuidos de manera aleatoria, lo que permitió mantener el rigor metodológico y controlar la variabilidad interna.

Figura 3.

Croquis del experimento:



Donde: RI, RII, RIII = Primera, segunda y tercera repetición.
1, 2, 3, 4, 5 = Número de tratamiento

3.3.3. Unidades Experimentales

Cada unidad experimental tuvo las siguientes dimensiones: 4 m largo, 2.4 m de ancho y un área total de 9.6 m², donde se trazaron 4 surcos de 0.60 m de ancho.

2

2

Considerando 5 unidades por repetición y 3 repeticiones, son 15 unidades experimentales, que ocupan un área neta de 144 m² y un área total de 180 m² (incluye 3 calles de 1 m de ancho).

1 3.3.4. Conducción del experimento

• Periodo del experimento

Tuvo una duración de 4 meses, iniciando con el sembrado a mediados de noviembre y culminando fines del mes de marzo con su cosecha.

1 7 • Trazado y rotulación de parcelas

Se delineó, usando estacas, cal y rafia. Primero se delimitó los bloques, dejando una calle de 1 m de ancho, separando los bloques. Seguidamente se trazaron los surcos de 0.60 m de ancho, en cada bloque. Finalmente se delimitarán las 5 unidades experimentales en cada bloque. Como se indica en el croquis del experimento.

1 • Siembra.

Se realizó inmediatamente después de trazar los surcos, terminando el primer bloque se continuó con el segundo y luego al tercero. El procedimiento es el siguiente: Primeramente, se distribuye el abono en el fondo del surco, el mismo que se tapa con una capa ligera de tierra. En seguida se distribuye la semilla de frijol, en golpes de dos semillas, distanciados en 0.30 m. Finalmente se tapa las semillas con una capa de tierra de aproximadamente 5 cm de espesor.

35 2 • Fertilización

La cantidad que se aplicó en cada unidad experimental, resultó del cálculo realizado a partir de las recomendaciones que nos brindó el laboratorio del INIA que hizo el análisis de suelos. Las cantidades específicas se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de abono aplicadas por unidad experimental (9.6 m²).

Tipo de abono	Nitrógeno	Fosforo	Potasio
Gallinaza	2.295 kg de G	0.083 Kg de ST	0.010 kg de CIK
Estíercol de vacuno	3.429 kg de EV	0.142 Kg de ST	0.022 kg de CIK
Abono químico	0.128 kg de urea	0.181 Kg de ST	0.064 kg de CIK

Nota. G = Gallinaza; EV = Estíercol de vacuno; ST = Superfosfato triple; CIK = Cloruro de potasio.

- Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos fitosanitarios se aplicaron con una bomba calibrada según las dosis establecidas para cada ensayo. Las pulverizaciones se realizaron en horas tempranas para minimizar efectos del viento y la radiación solar. Se garantizó una cobertura homogénea sobre toda la parte aérea de las plantas, asegurando la eficacia del tratamiento.

- Deshierbo

Se realizaron tres deshierbos manuales. (V3) aparición de primera hoja trifoliada, (R5) prefloración y (R6) floración. Para esta labor se utilizó la lampa.

- Riegos

Fue necesario realizar dos riegos: En (V4) cuando se despliega la tercera hoja trifoliada y en (R5) prefloración. El riego fue por gravedad.

- Cosecha

1 Fue cuando los granos ofrecían resistencia a ser rayados con la uña., seguidamente se tomaron las muestras de 10 plantas para registrar los datos de las variables, consideradas. Todas las plantas de los 2 surcos centrales se cosecharon juntas. Luego se adicionaron los granos de las 10 plantas de la muestra. Finalmente se pesó para determinar el peso de grano por parcela y con ese peso el rendimiento.

1

3.3.5. Variables e indicadores

Tabla 3. Resumen de variables e indicadores

Número	Variables	Indicadores
1	Altura de planta	Altura desde la superficie del suelo al ápice de la planta
2	Días a la floración	Número de días transcurridos desde la siembra
3	Severidad de roya	Escala
4	Plantas cosechadas	Número
5	Número de vainas por planta	Promedio de vainas de 10 plantas
6	Peso de grano por planta	Promedio del peso de los granos de 10 plantas
7	Peso de grano por parcela	Gramos
8	Rendimiento de grano	Kg ha ⁻¹

3.3.6. Toma de datos

- Altura de planta. La medición se hizo desde la superficie del suelo hasta el ápice distal del tallo, se consideró 10 plantas tomadas totalmente al azar en cada unidad experimental.
- Días a la floración. Se contabilizó el transcurrir de los días a partir de la siembra, hasta observar el 50 % de plantas con al menos una flor en cada parcela
- Severidad de roya. Variable más importante del estudio, ya que permite determinar la eficiencia de los tratamientos en el control de roya del frijol. Según la escala seleccionada, se realizaron tres evaluaciones. La primera se llevó a cabo en R6 (Floración) y posteriormente cada 15 días. La evaluación consistió en observar el área foliar para estimar la proporción que abarcaban las manchas necróticas (Tabla 4). Escala desarrollada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Schoonhoven y Pastor, 1987) (Figura 2).

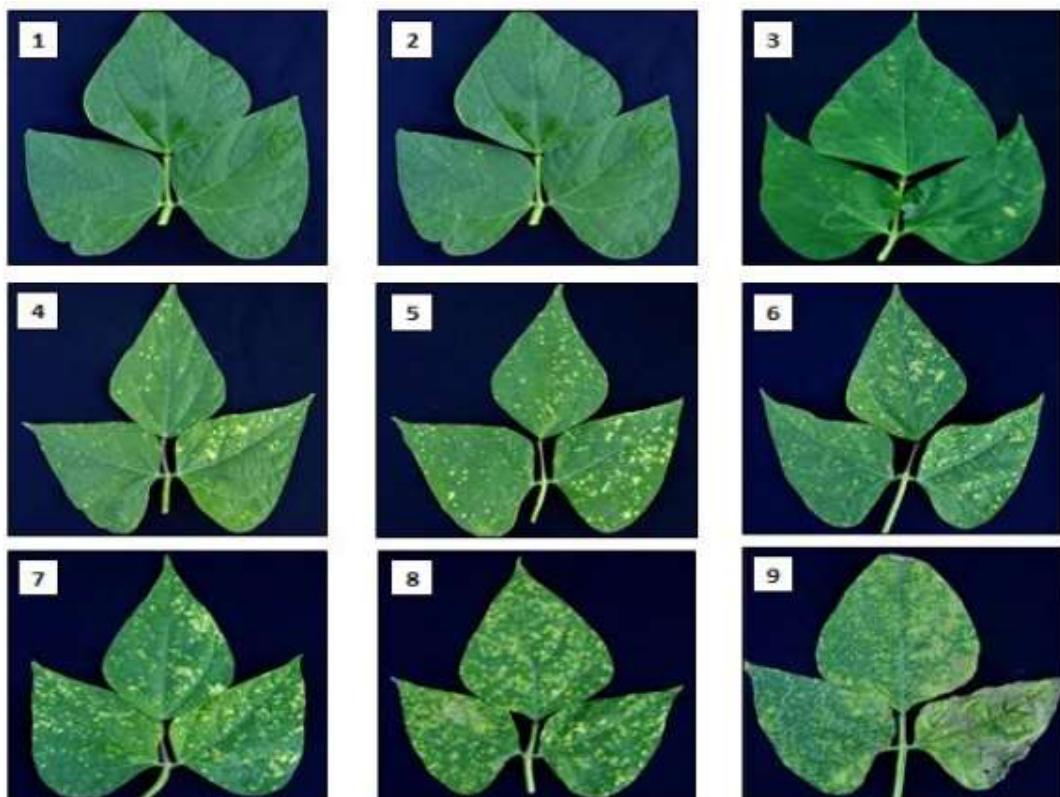
Tabla 4. Escala de evaluación de roya del frijol

Calificación	Categoría	Descripción
1		
2	Resistente	Síntomas no visibles o leves
3		
4		
5	Intermedio	Síntomas visibles y conspicuos que sólo ocasionan un daño económico limitado
6		
7		
8	Susceptible	Síntomas severos que causan pérdidas considerables en rendimiento o la muerte de la planta
9		

32 Se contó con la ayuda de la siguiente escala fotográfica desarrollada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

6 Figura 4.

Escala 1 – 9 del CIAT (1987)



6 Nota. Escala 1 – 9 del CIAT (1987) para evaluación de la severidad de daños causados por la roya del frijol. (1)= 0%, (2)= 5-10%, (3)=10-20%, (4)=20-30%, (5)=30-40%, (6)=40-50%, (7)=50-60%, (8)=60-80 y (9)= 80%.

22
$$\text{Severidad} = \frac{\sum[(\text{Nº de plantas de grado } n)(\text{mayor grado})]}{\text{Nº total de plantas evaluadas}} \times 100$$

15

10

10

21

- d) Número de vainas por planta. De las 10 plantas tomadas totalmente al azar en cada unidad experimental se promedió el número de vainas por planta.
- e) Peso de grano por planta. Se determinó utilizando las plantas de la variable anterior registrando el promedio del peso de grano por planta.
- f) Rendimiento de grano. Se obtuvo pesando los granos por cada unidad experimental para luego convertirlo a kg ha^{-1} .

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 8 4.1. Eficiencia de la infusión de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*), la decocción de cola de caballo (*Equisetum arvense*) y kombucha, en el control de roya (*Uromyces phaseoli*) de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).

A. Severidad de roya

7 Primera evaluación de la severidad de roya en frijol

1 Tabla 5. Análisis de varianza (ANVA) de la primera evaluación de severidad de roya en frijol (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular
Repeticiones	2	0.0009	0.0005	0.11 NS	4.46
Tratamientos	4	0.1309	0.0327	8.61 **	3.84
Error Experimental	8	0.0304	0.0038		
Total	14	0.1622			

CV = 5.2 %. **= alta significación estadística. ns = no significativo.

El ANVA para la primera evaluación de severidad de roya en frijol (Tabla 5) evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Este resultado indica que, al menos uno, produce un efecto distinto y estadísticamente discernible respecto a los demás, justificando plenamente la necesidad de profundizar en comparaciones mediante la prueba de Tukey para identificar cuáles son responsables de dicha diferencia. En contraste, el factor “repeticiones” no mostró significancia estadística, lo cual sugiere ausencia de variabilidad sistemática entre las unidades experimentales replicadas y refleja una adecuada homogeneidad en las condiciones de ejecución del ensayo. Esta ausencia de efecto de repetición refuerza la validez interna del diseño experimental, ya que minimiza la posibilidad de sesgos derivados de fluctuaciones temporales, espaciales o de manejo durante la implementación del estudio. El coeficiente de variación obtenido (CV = 5,2 %) se encuentra dentro del rango considerado aceptable para ensayos agronómicos realizados en condiciones de campo, lo que sugiere una adecuada precisión experimental.

Tabla 6. Prueba de Tukey de la primera evaluación de severidad de roya.

Tratamientos	Roya (en grados transformados)	Porcentaje %	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Infusión de manzanilla	1.12	12.44	A
Folicur (fungicida)	1.18	13.11	AB
Decocción de Cola de Caballo	1.21	13.44	AB
Kombucha	1.21	13.44	AB
Testigo	1.34	14.89	B

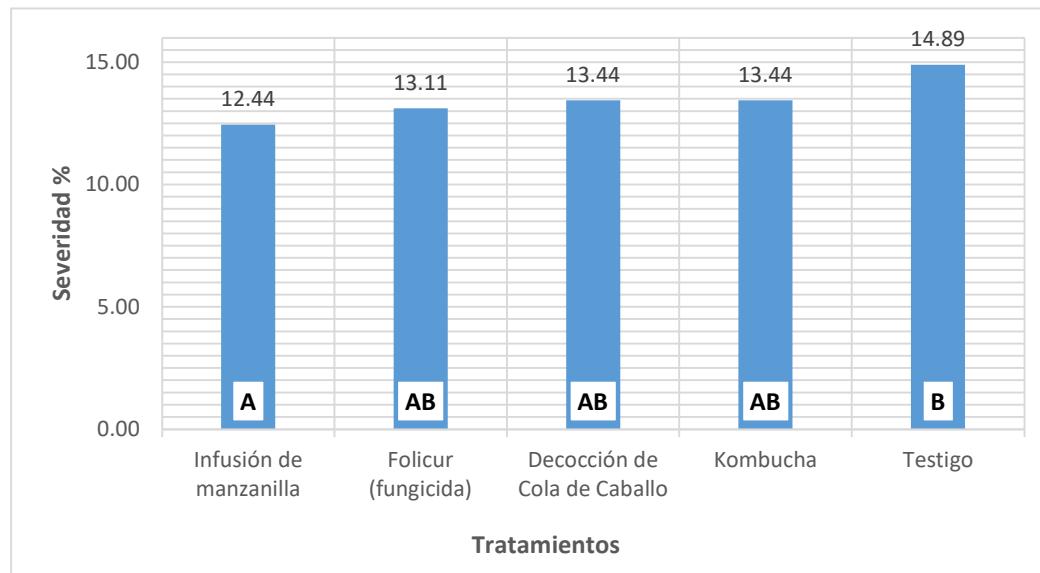
La asignación de letras mediante la prueba de Tukey reveló que infusión de manzanilla se ubicó en el grupo A, diferenciándose significativamente de los tratamientos con letras AB y B, lo cual indica mayor reducción de la severidad de la roya. Este hallazgo concuerda con estudios previos que destacan las propiedades antifúngicas de *Matricaria chamomilla* L. atribuidas a compuestos como apigenina, ácido salicílico y flavonoides, capaces de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos Cruz (2015). En línea con esto, Lindo et al. (2021) reportaron que la dosis de 150 gramos de flores de manzanilla con adherente fue la más eficaz para reducir la incidencia del mildiu (*Perenospora variabilis*) en el cultivo de quinua.

Por otro lado, folicur, compartió la letra AB con decocción de cola de caballo y kombucha, lo que sugiere que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Este resultado es coherente con investigaciones recientes que cuestionan la superioridad absoluta de los fungicidas químicos frente a alternativas naturales. Según Cerna et al. (2019), en un estudio publicado en *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, formulaciones a base de extractos vegetales mostraron eficacias comparables a fungicidas convencionales en el control de roya en cultivos de café, sin generar resistencia ni residuos tóxicos. Asimismo, la decocción de *Equisetum arvense* ha demostrado actividad antifúngica por su alto contenido en silicio y ácidos fenólicos Mimica-Dukic et al. (2008), mientras que la kombucha ha sido documentada por sus propiedades antimicrobianas derivadas de ácido acético, glucurónico y metabolitos bacterianos (Hou et al. 2021). Estos trabajos respaldan la idea de que los tratamientos naturales pueden actuar

sinérgicamente o con mecanismos complementarios, explicando su agrupamiento en la categoría AB.

Figura 5.

Severidad de roya. Primera evaluación.



Segunda evaluación de la severidad de roya en frijol

14
1 Tabla 7. Análisis de varianza (ANVA) de la segunda evaluación de severidad de roya en frijol (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular
Repeticiones	2	0.0019	0.0009	0.18 NS	4.46
Tratamientos	4	0.4942	0.1235	23.20 **	3.84
Error Experimental	8	0.0426	0.0053		
Total	14	0.5386			

CV = 4.8 %. **= alta significación estadística. ns = no significativo.

El ANVA para la segunda evaluación de severidad de roya en frijol (Tabla 7) reveló una significación estadística alta para el factor “tratamientos”, indicando que al menos un tratamiento difiere significativamente del resto en su efecto sobre la variable respuesta así el factor “repeticiones” no muestra significancia, lo cual sugiere homogeneidad en las repeticiones y validez del diseño experimental. Los resultados respaldan la hipótesis de que los tratamientos generan efectos diferenciados. Por lo tanto, es necesario

1
4
4

realizar pruebas de comparación de medias de Tukey para identificar cuáles son los tratamientos significativos. El coeficiente de variación obtenido (CV = 4.8 %) se encuentra dentro del rango considerado aceptable para ensayos agronómicos realizados en condiciones de campo, lo que sugiere una adecuada precisión experimental.

Tabla 8. Prueba de Tukey de la segunda evaluación de severidad de roya.

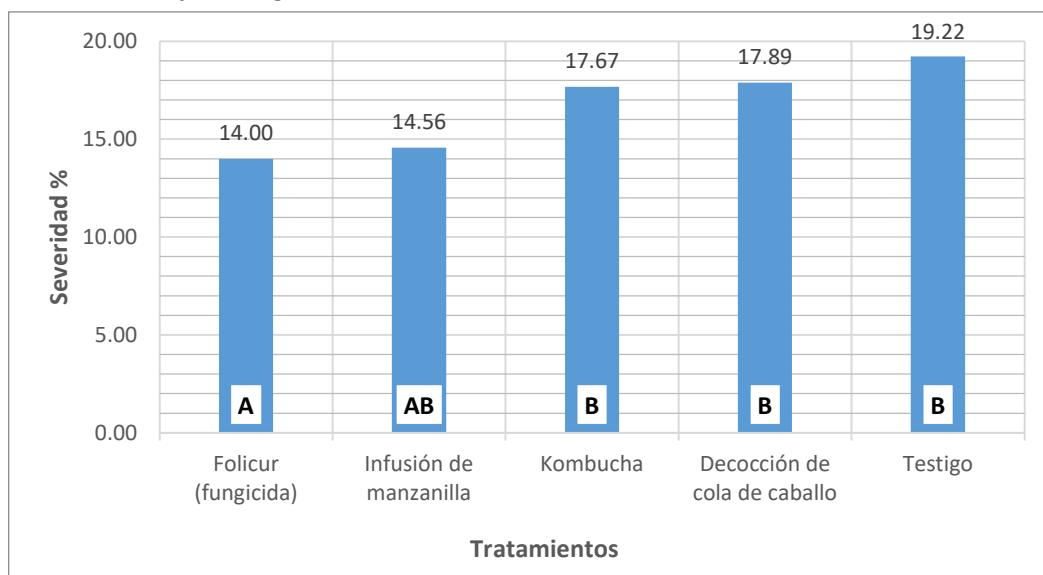
Tratamientos	Roya (en grados transformados)	Porcentaje %	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Folicur	1.26	14.00	A
Manzanilla	1.31	14.56	AB
Kombucha	1.59	17.67	B
Decocción de cola de caballo	1.61	17.89	B
Testigo	1.73	19.22	B

La comparación de los tratamientos mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) reveló diferencias significativas en la severidad de la roya, evidenciadas por la asignación de letras distintas a los niveles de respuesta. El tratamiento con folicur se ubicó en el grupo A, indicando que fue estadísticamente superior (menor severidad de la enfermedad) respecto a los tratamientos asignados a los grupos B (kombucha, decocción de cola de caballo y testigo). Por su parte, la infusión de manzanilla compartió la letra AB, lo que sugiere que no difirió significativamente de folicur ni de los tratamientos del grupo B, posicionándose como un tratamiento intermedio.

Lo comentado se muestra objetivamente en la (figura 4), donde se aprecia que el mejor tratamiento (folicur), alcanza la barra de menor altura.

Figura 6.

Severidad de roya. Segunda evaluación.



Tercera evaluación de severidad de roya en frijol

14 Tabla 9. Análisis de varianza (ANVA) de la tercera evaluación de severidad de roya en frijol (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	0.0078	0.0039	1.22 NS	4.46
Tratamientos	4	0.4707	0.1177	36.62 **	3.84
Error Experimental	8	0.0257	0.0032		
Total	14	0.5042			

1 CV = 3.2 %. **= alta significación estadística. ns = no significativo.

14 El ANVA para la tercera evaluación de severidad de roya en frijol (Tabla 9) exhibe una significación estadística aún más contundente para “tratamientos”, lo que confirma diferencias marcadas entre al menos dos tratamientos. Relacionado a las “repeticiones” no son significativas, reforzando la consistencia interna del experimento. Estos resultados son altamente confiables, se requiere aplicar contrastes múltiples para determinar qué tratamientos difieren específicamente. La magnitud del efecto es considerable, lo que aumenta el impacto científico de los hallazgos.

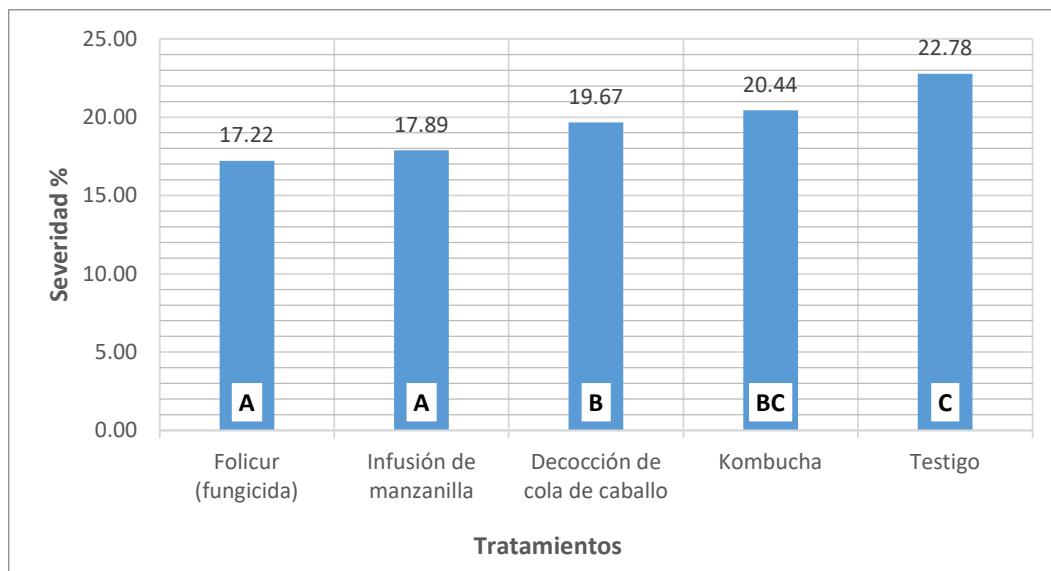
4 El coeficiente de variación obtenido (CV = 3,2 %) se encuentra dentro del rango considerado aceptable para ensayos agronómicos realizados en condiciones de campo, lo que sugiere una adecuada precisión experimental.

Tabla 10. Prueba de Tukey de la tercera evaluación de severidad de roya.

Tratamientos	Roya (en grados transformados)	Porcentaje %	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Folicur	1.55	17.22	A
Manzanilla	1.61	17.89	A
Decocción de cola de caballo	1.77	19.67	B
Kombucha	1.84	20.44	BC
Testigo	2.05	22.78	C

Los resultados de la prueba de Tukey (tabla 10) permiten distinguir claramente los niveles de eficacia de los distintos tratamientos frente a la roya. Tanto folicur como infusión de manzanilla se agruparon en la categoría A, lo que significa que, desde el punto de vista estadístico, su desempeño fue equivalente: ambos lograron contener la enfermedad de manera significativa en relación de las otras opciones evaluadas. Este hallazgo es particularmente relevante, ya que sitúa a *Matricaria chamomilla* L. al mismo nivel que un fungicida sintético ampliamente utilizado en la agricultura convencional.

La decocción de cola de caballo, por su parte, se ubicó en el grupo B, mostrando un efecto intermedio: aunque no alcanzó la eficiencia del grupo A, sí redujo la severidad de la enfermedad en comparación con el testigo. Mientras que kombucha presentó una respuesta más variable: al compartir letras BC, no se diferenció ni del tratamiento anterior ni del testigo, lo que sugiere que, bajo las condiciones del experimento, su acción fue limitada o inconsistente. Finalmente, el testigo se clasificó en el grupo C, confirmando el desarrollo pleno de la enfermedad en ausencia de intervención.

Figura 7.*Severidad de roya. Tercera evaluación.*

Al haber realizado las 3 evaluaciones cada 15 días a partir de R6, se ha cubierto las etapas fenológicas R6 (Floración), R7 y R8 (formación y llenado de vainas) respectivamente; lo cual concuerda con el periodo usado por Garcés et al. (2012), en el cual encontró diferencias significativas para la severidad de roya. Para las tres evaluaciones realizadas de roya, debemos considerar que la reacción de la planta de frijol es una variable cualitativa que define la presencia de genes mayores de resistencia, eficientes, en cuyo caso la reacción queda en los grados 1, 2, 3; mientras que, en ausencia de estos genes, la reacción llega a los grados 4, 5, 6 (Carrillo Paz y Miño 2014). Entonces el haber tenido hasta grado 5 de severidad, descarta la posibilidad que la variedad sembrada posea resistencia a roya. A su vez nos indica que ha sido una variedad adecuada para el estudio.

Las diferencias significativas en severidad de roya en las tres evaluaciones, concuerdan con Martínez et al. (2008) y Peralta et al. (2007); quienes sostienen que los daños que provoca la roya llegan a ser cuantiosos, como consecuencia de una alta severidad de ataque.

B. Peso de grano por parcela

Constituye una de las variables de mayor importancia en el estudio, dado a que la eficiencia en el control de roya por los tratamientos, se traduce en beneficio real cuando los efectos del control, aumentan el valor de esta variable o al menos no lo disminuyen. Entonces el análisis de esta variable nos permitirá conocer la efectividad del control y el efecto sobre el rendimiento de frijol.

Tomando los datos de esta variable, se realizó el análisis de varianza, obteniendo los resultados que se dan en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis de varianza del peso de grano seco de frijol por parcela.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	780484.933	390242.467	5.05 *	4.46
Tratamientos	4	490560.933	122640.233	1.59 NS	3.84
Error Experimental	8	617661.067	77207.633		
Total	14	1888706.930			

CV = 26.2 %. **= alta significación estadística. ns = no significativo.

El ANVA para el peso de grano seco en frijol por parcela (Tabla 11) evidenció que sólo el factor “Repeticiones” mostró un efecto estadísticamente significativo ($F = 5.05$, $p < 0.05$), mientras que los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas entre sí ($F = 1.59$, $p > 0.05$). Este resultado sugiere que la variabilidad observada en el rendimiento del cultivo se debe principalmente a factores asociados a la repetición experimental, más que a las diferencias entre los tratamientos aplicados. El coeficiente de variación (CV = 26.2 %) indica una variabilidad moderada en los datos, posiblemente causada por condiciones de campo no controladas. Aunque el valor es aceptable, puede dificultar la detección de diferencias entre tratamientos. Los resultados deben interpretarse con cautela. Se recomienda mejorar el manejo experimental en estudios futuros.

Portilla (2021) reporta que el extracto de *Equisetum arvense* y *Matricaria chamomilla* L. pueden reducir la incidencia de enfermedades en frijol, pero los efectos sobre rendimiento y peso de grano están condicionados por la

concentración y método de aplicación; podemos afirmar entonces que el ataque de roya en los niveles de severidad encontrados en las tres evaluaciones realizadas, no ha llegado a afectar al rendimiento del cultivo. Lo cual discrepa con Martínez et al. (2008), quienes sostienen que los daños que provoca la roya llegan a ser cuantiosos, mucho más si la infección se da antes de la floración.

En el caso de la severidad de roya, sería porque en el presente trabajo llegó sólo a grado 5; según el CIAT (1987), sólo ocasiona un daño económico limitado el cual puede superarse en el futuro, aumentando el número de repeticiones y el área de la unidad experimental.

1 Tabla 12. Peso de grano y rendimiento de frijol.

Tratamientos	Peso de grano por parcela (g)	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Folicur (fungicida)	1282.3	2671.1	A
Infusión de Manzanilla	1233.0	2568.3	A
Kombucha	1007.3	2098.3	A
Testigo	1002.0	2087.2	A
Decocción de Cola de Caballo	780.7	1626.1	A

2 Por lo tanto, se concluye que el peso de grano por parcela (rendimiento), no se ha visto afectado por el control de roya con los tratamientos aplicados.

C. Peso de grano por planta

El ANVA para el peso de grano por planta (Tabla 13) reveló que tanto las repeticiones como los tratamientos ejercen un efecto estadísticamente significativo sobre la variable respuesta evaluada ($p < 0.05$). La prueba F mostró valores superiores a los críticos tabulares lo que permite rechazar la hipótesis nula de igualdad entre tratamientos y confirmar la existencia de diferencias significativas entre ellos. El coeficiente de variación ($CV = 8.5\%$) es un indicador clave que refleja la consistencia de los datos obtenidos. Este valor sugiere que la conducción del experimento fue adecuada y que los resultados son confiables.

1 Tabla 13. Análisis de varianza del peso de grano por planta de frijol.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	81.9693	40.9846667	8.0803 *	4.46
Tratamientos	4	121.5427	30.3856667	5.9907 *	3.84
Error Experimental	8	40.5773	5.07216667		
Total	14	244.0893			

CV = 8.5 %. **= alta significación estadística. ns = no significativo.

Esto implica que los tratamientos aplicados generaron respuestas distintas en la variable medida, lo cual constituye un hallazgo clave para la investigación. Para identificar específicamente qué tratamientos difieren entre sí. Para identificar a los mejores tratamientos fue necesario aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey (tabla 14).

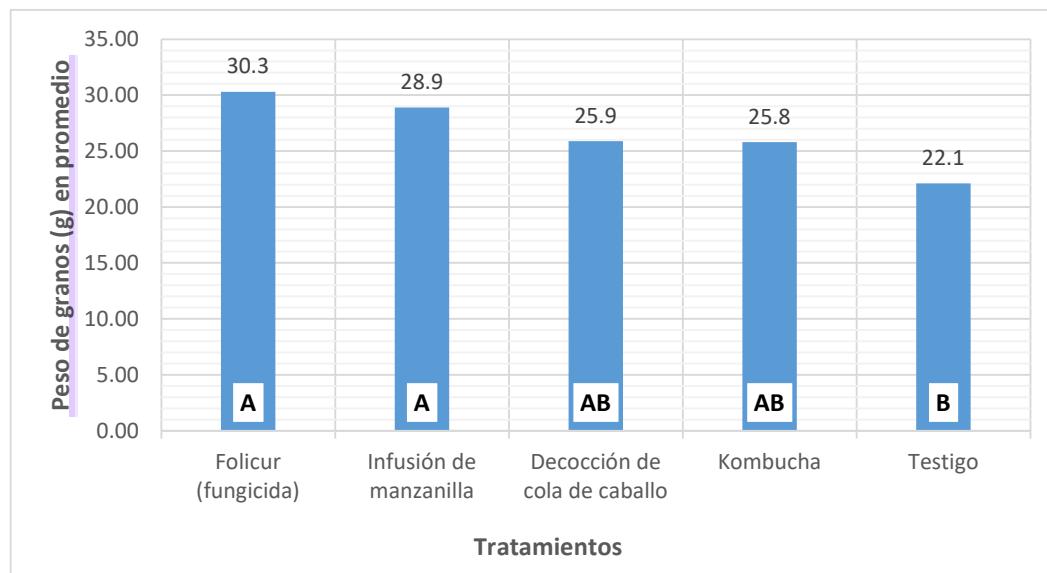
1 Tabla 14. Prueba de Tukey del peso de grano por planta de frijol.

Tratamientos	Peso de grano (g) (\bar{x})	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Folicur (fungicida)	30.3	A
Infusión de manzanilla	28.9	A
Decocción de cola de caballo	25.9	AB
Kombucha	25.8	AB
Testigo	22.1	B

12 La prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) evidenció diferencias significativas entre opciones evaluadas, organizadas con letras. El conjunto A, que comprendió fungicida e infusión de manzanilla, mostraron igualdad en desempeño. El grupo AB, exhibió resultados intermedios sin conclusiones claras. El testigo que recibió la letra B, presentó menor rendimiento. La equivalencia entre producto químico y preparado natural subraya el valor de este último como alternativa. Por otra parte, los biopreparados de cola de caballo y kombucha requieren ajustes para mejorar resultados. Estos hallazgos apoyan el uso de bioinsumos como sustitutos de insumos convencionales, destacando a *Matricaria chamomilla L.* como una opción viable.

Figura 8.

Peso de grano por planta de frijol.

**D. Número de vainas por planta**

Es otra característica, considerada como componente del rendimiento de frijol en grano. El análisis de varianza aplicado arroja los resultados que se dan en la tabla 15.

Tabla 15. Análisis de varianza del número de vainas por planta de frijol.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular
Repeticiones	2	0.5000	0.2500	3.00 NS	4.46
Tratamientos	4	0.8867	0.2217	2.66 NS	3.84
Error Experimental	8	0.6674	0.0834		
Total	14	2.0540			

CV = 8.3 %. **= alta significación estadística. ns = no significativo.

El coeficiente de variación (CV = 8,3 %) es un indicador clave que refleja la consistencia de los datos obtenidos. Este valor sugiere que la conducción del experimento fue adecuada y que los resultados son confiables.

El análisis de varianza (tabla 15), indica que no hay diferencias significativas en el número de vainas por planta, debido a los tratamientos. Resultado que se observa visualmente en la tabla 16, donde hay poca variación de las medias. Se

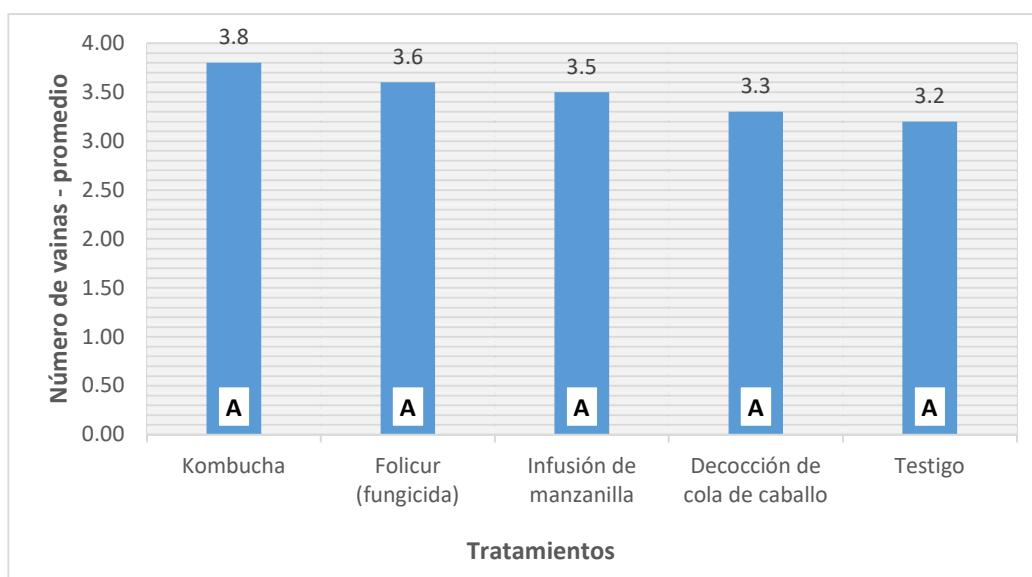
observa lo mismo, en la figura 7. El motivo de la falta de significación se debe probablemente al nivel medio de severidad al que llegó el ataque de roya.

20 Tabla 16. Prueba de Tukey del número de vainas por planta de frijol.

Tratamientos	Número vainas (\bar{x})	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Kombucha	3.8	A
Folicur (fungicida)	3.6	A
Infusión de manzanilla	3.5	A
Decocción de cola de caballo	3.3	A
Testigo	3.2	A

1 Figura 9.

Número de vainas por planta de frijol.



23 La prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$) evidenció que no se
26 detectaron variaciones significativas en el promedio de vainas por planta entre los tratamientos aplicados, ya que todos compartieron la misma categoría estadística. Esto indica que las diferencias observadas en las medias no fueron lo suficientemente amplias para considerarse distintas desde el punto de vista estadístico. Al parecer, es otra posible razón que contribuyó a la falta de diferencias significativas entre los tratamientos en el rendimiento del frijol; porque según López (1986) y Voysest (1979), mencionado por Espinoza (2009), donde refiere “a mayor número de vainas por planta el rendimiento se incrementa” y viceversa. En nuestro caso al presentarse un número comparable de vainas en

los diferentes tratamientos, se proyecta que los rendimientos obtenidos sean consistentemente similares. Sin embargo, la tendencia positiva observada con el uso de kombucha podría estar relacionada con su contenido de compuestos bioactivos, como ácidos orgánicos, enzimas y microorganismos benéficos, los cuales han sido documentados como promotores del crecimiento vegetal en ciertos contextos (Alcaraz-Férez et al. 2025).

30

5

11

E. Número de grano por planta

El análisis de varianza aplicado a esta característica, arroja los resultados que se dan en la tabla 17, donde se puede observar que hay diferencias significativas para la fuente tratamientos. Lo cual significa, que las medias de los tratamientos han variado de acuerdo al tratamiento aplicado.

Tabla 17. Análisis de varianza del número de granos por planta de frijol. (datos transformados)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	0.9977	0.4988	7.32 *	4.46
Tratamientos	4	1.5117	0.3779	5.55 *	3.84
Error Experimental	8	0.5451	0.0681		
Total	14	3.0545			

CV = 4.6 %. **= alta significación estadística. ns = no significativo.

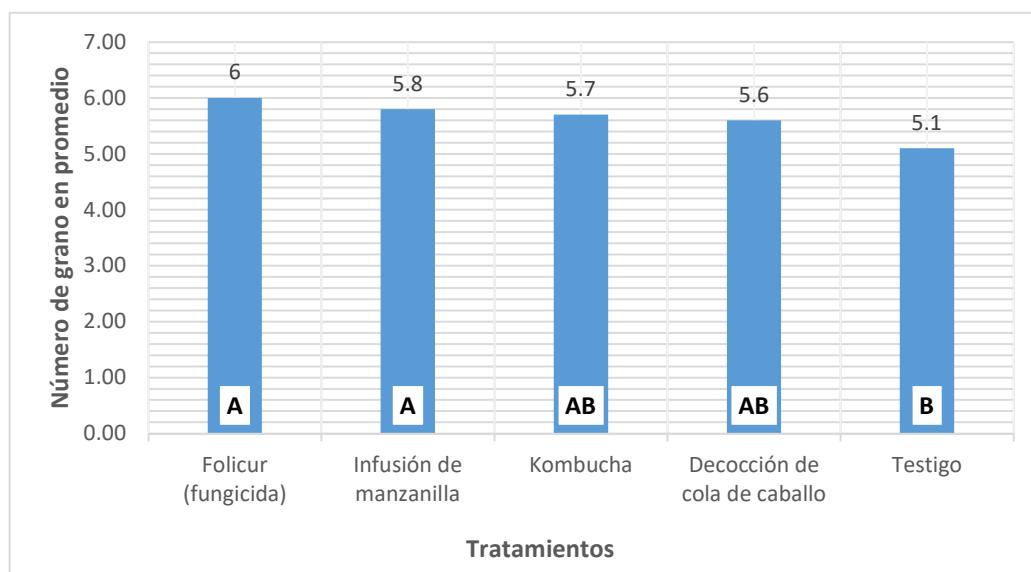
El coeficiente de variación (CV = 4,6 %) es un indicador clave que refleja la consistencia de los datos obtenidos. Este valor sugiere que la conducción del experimento fue adecuada y que los resultados son confiables

1 Al aplicar la comparación de medias de Tukey, se obtuvo los resultados que se dan en la tabla 18.

Tabla 18. Prueba de Tukey del número de granos por planta de frijol.

Tratamientos	Número de grano (\bar{x})	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Folicur (fungicida)	6.0	A
Infusión de manzanilla	5.8	A
Kombucha	5.7	AB
Decocción de cola de caballo	5.6	AB
Testigo	5.1	B

Tomando la tabla 18, encontramos que los 4 tratamientos han recibido la letra A y solo el testigo no, lo cual significa que sus medias son semejantes y superiores al testigo. Pero al mismo tiempo hay dos tratamientos que también recibieron la letra B, de manera que nos queda tomar a los dos tratamientos que no recibieron esta letra B; entonces podemos indicarlos como los mejores y corresponden al control químico con folicur y a la aplicación de infusión de manzanilla; para el control de roya. Lo manifestado se observa objetivamente en la figura 8, donde los tratamientos indicados tienen las barras más altas.

Figura 10.*Número de granos por planta de frijol.*

F. Altura de planta

5

5

El análisis de varianza de los datos registrados de esta variable, arrojaron los resultados que se dan en la tabla 19.

Tabla 19. Análisis de varianza de la altura de planta de frijol.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	74.6179	37.3089	17.01 **	4.46
Tratamientos	4	33.6313	8.4078	3.83 NS	3.84
Error Experimental	8	17.5446	2.1931		
Total	14	125.7938			
CV = 5.04%					

El coeficiente de variación ($CV = 5.04\%$) es un indicador clave que refleja la consistencia de los datos obtenidos. Este valor sugiere que la conducción del experimento fue adecuada y que los resultados son confiables.

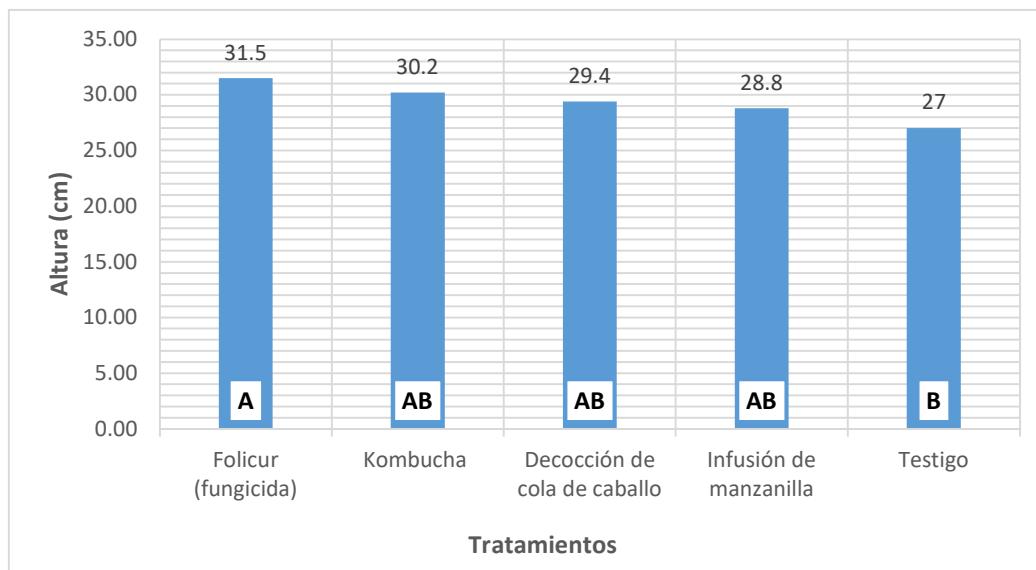
En la tabla 19, encontramos que no hay diferencias significativas entre tratamientos, para esta variable; lo cual se debe probablemente a que el ataque de roya ocurre cuando la planta ha culminado su desarrollo vegetativo, además porque según Gallardo (1972), referido por Espinoza Montesinos (2009), la altura de planta se ve más afectada por la densidad de plantas como consecuencia de una mayor competencia por luz y nutrientes.

La ausencia de diferencias significativas se observa en la tabla 20 donde los promedios numéricamente varían muy poco; observándose lo mismo en la figura 9 donde las barras no difieren mucho en la altura que alcanzan.

13
13

Tabla 20. Prueba de Tukey de altura de planta de frijol.

Tratamientos	Altura (cm)	Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$)
Folicur (fungicida)	31.5	A
Kombucha	30.2	AB
Decocción de cola de caballo	29.4	AB
Infusión de manzanilla	28.8	AB
Testigo	27.0	B

Figura 11.*Altura de planta de frijol.*

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- 5.1. Se determinó que la eficiencia de los biopreparados evaluados como tratamientos, debido a que tuvieron menor ataque, referente a la severidad por roya; fueron infusión de manzanilla con 12.44 % en la primera y en la tercera evaluación con 17.22 % seguido de decocción de cola de caballo con 19.67 %.
- 5.2. Respecto a la evaluación de las otras variables, infusión de manzanilla generó diferencias estadísticamente significativas en el peso de granos por planta (28.9 g) y en el número de granos por planta con 5.8, superando al tratamiento testigo, que registró 22.1 g. y 5.1, respectivamente.
- 5.3. La infusión de manzanilla mostró la mayor eficiencia entre los biopreparados, superando significativamente a los demás tratamientos.

RECOMENDACIONES

1. Se considera pertinente replicar la investigación en una escala ampliada, incrementando la superficie experimental, permitiendo evaluar la reproducibilidad de los resultados obtenidos y analizar con mayor precisión su eficiencia.
2. Se propone la adopción de biopreparados, específicamente infusión de manzanilla y decocción de cola de caballo, como estrategia para el manejo fitosanitario de la roya, debido a su eficiencia en la reducción de dicha enfermedad.
3. Estos tratamientos naturales no sólo contribuyen a disminuir el impacto de la roya, sino que también ofrecen una alternativa sostenible y de bajo costo e impacto ambiental en comparación con los productos fitosanitarios químicos convencionales.