



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO

**“NIVELES DE POTASIO EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Vigna unguiculata* L.) EN
EL CANTÓN EL CARMEN”**

AUTOR: PARDO CEDEÑO JHON ISRAEL

TUTOR: Ing. JOSÉ RANDY CEDEÑO ZAMBRANO, PhD

El Carmen-Manabí-Ecuador.

AGOSTO, 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página II de 54

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión de El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de integración curricular, bajo la autoría del estudiante **Pardo Cedeño Jhon Israel** legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2026 (1), cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación, cuyo tema del proyecto de investigación es **“NIVELES DE POTASIO EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Vigna unguiculata* L.) EN EL CANTÓN EL CARMEN”**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 15 de Agosto del 2023.

Lo certifico,



Ing. José Randy Cedeño Zambrano, PhD.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**"NIVELES DE POTASIO EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Vigna unguiculata* L.) EN EL
CANTÓN EL CARMEN"**

AUTOR: PARDO CEDEÑO JHON ISRAEL

TUTOR: CEDEÑO ZAMBRANO JOSÉ RANDY

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Mg. Klever Fernando Mejía Chanaluisa _____

Mg. Jorge Sifrido Vivas Cedeño _____

Mg. Nexar Vismar Cobeña Loor _____

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Pardo Cedeño Jhon Israel** con cédula de ciudadanía **235021070-0**, estudiante de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión el Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy autora de la tesis titulada **“NIVELES DE POTASIO EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Vigna unguiculata* L.) EN EL CANTÓN EL CARMEN”**, esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total en su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría están debidamente citados y referenciados.

Atentamente,



Jhon Israel Pardo Cedeño

DEDICATORIA

«Todo alimento comienza con las semillas, por lo que la libertad de las semillas es la base de la libertad alimentaria». — **Vandana Shiva**

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para continuar durante cada etapa de mi formación universitaria. Su presencia fue mi guía en los momentos difíciles y me permitió mantenerme firme hasta alcanzar una de las metas más importantes de mi vida: convertirme en Ingeniero Agropecuario.

A mi familia, por ser el pilar fundamental de mi vida y por acompañarme durante estos años de esfuerzo, sacrificio y aprendizaje. Cada palabra de aliento y cada muestra de apoyo fueron importantes para no rendirme y continuar avanzando hacia mis objetivos.

De manera especial, dedico este logro a mi hijo, quien se convirtió en mi mayor motivación para seguir adelante. Su existencia me inspira a ser mejor cada día, a trabajar con responsabilidad y a demostrarle que, con perseverancia y dedicación, es posible alcanzar las metas propuestas. Este logro también es para él y representa el esfuerzo por construir un mejor futuro.

AGRADECIMIENTO

«Comer es un acto agrícola». — **Wendell Berry**

Agradezco profundamente a Dios por concederme la vida, la salud y la fortaleza para culminar esta etapa de mi formación profesional. A lo largo de este camino enfrenté diferentes desafíos que me permitieron crecer como persona y como futuro profesional.

A mi familia, mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional, paciencia y confianza. Gracias por acompañarme en cada etapa de mi carrera universitaria y por brindarme las palabras necesarias para continuar cuando el camino se tornaba difícil. A mi hijo, por ser mi principal fuente de inspiración y la razón que me impulsa a superarme constantemente.

A mis amigos y compañeros, quienes compartieron conmigo experiencias, aprendizajes y momentos que permanecerán como parte importante de mi vida universitaria. Gracias por la amistad, el compañerismo y el apoyo brindado durante estos años.

Expreso también mi agradecimiento a la Universidad y a los docentes que formaron parte de mi preparación académica, por compartir sus conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a mi formación como Ingeniero Agropecuario.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Problema científico.....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.3. Hipótesis	16
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. El frijol (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	17
2.2. Importancia agronómica de <i>Vigna unguiculata</i> L.	17
2.3. Taxonomía del frijol	18
2.4. Clasificación del frijol según el hábito de crecimiento	18
2.5. Aspectos generales del frijol.....	19
2.6. Morfología del frijol	20
2.6.1. Raíz	20
2.6.2. Tallos y ramas	20
2.6.3. Hojas	20
2.6.4. Inflorescencia y flor	21
2.6.5. Fruto.....	21
2.7. Requerimientos agroambientales del cultivo de frijol.....	22
2.8. Etapas de crecimiento de la planta	23
2.8.1. Fase vegetativa.....	23
2.8.2. Fase reproductiva	23
2.8.3. Fertilización	24
2.9. Potasio	25
2.9.1. Rol del potasio	25
2.9.2. Absorción de potasio en asociación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA)	25
2.9.3. Absorción de P en asociación con HMA	26

2.9.4. Disponibilidad del potasio en el suelo	26
2.9.5. Interacción del potasio y nitrógeno en las plantas	26
2.10. INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Localización de la unidad experimental	30
3.2. Caracterización agroecológica de la zona	30
3.3. Variables	31
3.3.1. Variables independientes	31
3.3.2. Variables dependientes	31
3.4. Métodos	31
3.5. Frecuencia de aplicación	32
3.6. Unidad Experimental.....	32
3.7. Tratamientos	32
3.8. Características de las Unidades Experimentales	33
3.9. Análisis Estadístico.....	33
3.10. Instrumentos de medición.....	34
3.10.1. Materiales y equipos de campo	34
3.10.2. Materiales de oficina y muestreo	34
3.11. Manejo del ensayo	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Variables fenológicas	36
4.1.1. Altura de planta.....	36
4.1.2. Diámetro de tallo.....	37
4.1.3. Ritmo emisión foliar	38
4.1.4. Días a floración y días a la cosecha	39
4.2. Variables de producción	40
4.2.1. Vainas.planta-1	40
4.2.2. Peso de semillas vainas-1.....	41
4.2.3. Longitud de vainas.planta-1	42
4.2.4. Número de semillas. vainas-1	43
4.3. Análisis económico de los tratamientos evaluados y su rentabilidad.....	44
5. CONCLUSIONES	46
6. RECOMENDACIONES	47
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
8. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del frijol.....	18
Tabla 2. <i>Clasificación del frijol de acuerdo con el hábito de crecimiento</i>	19
Tabla 3 Características ambientales del cultivo de frijol	23
Tabla 4. Principales nutrientes requeridos por el cultivo de frijol	25
Tabla 5. Características agroecológicas de la localidad	31
Tabla 6. Disposiciones de los tratamientos de estudio	33
Tabla 7. Características de la unidad experimental	33
Tabla 8. Características de la unidad experimental	34
Tabla 9. Promedios del diámetro del tallo del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio y días de evaluación.....	38
Tabla 10. Ritmo de emisión foliar del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio. 39	
Tabla 11. <i>Días a floración y periodo hasta la cosecha del cultivo de frijol según los tratamientos evaluados</i>	40
Tabla 12. Costos de los tratamientos aplicados.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología y formación de vainas en <i>Vigna unguiculata</i> L.	21
Figura 2. Desarrollo y formación de vainas en el cultivo de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	22
Figura 3. Fases de crecimiento y desarrollo fenológico del cultivo de frijol	24
Figura 4. Promedio de la variable altura de planta.....	37
Figura 5. <i>Número promedio de vainas por planta del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio</i>	41
Figura 6. <i>Peso promedio de semillas del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio</i>	42
Figura 7. <i>Longitud promedio de vainas del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio</i>	43
Figura 8. <i>Número promedio de semillas por vaina del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio</i>	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. ADEVA de la variable Vainas.planta ⁻¹	52
Anexo 2. Cultivo de frijol	52
Anexo 3. Floración.....	53
Anexo 4. Cosecha	53
Anexo 5. Vainas de frijol	54

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de potasio sobre el crecimiento, desarrollo, producción y rentabilidad del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L.) en el cantón El Carmen, provincia de Manabí. La investigación se ejecutó en condiciones de campo mediante un diseño de bloques completamente al azar, conformado por cuatro tratamientos y cinco repeticiones. T1 correspondió al testigo 0-0-0; T2 recibió 105-30-100; T3, 105-30-110; y T4, 105-30-120, con tres aplicaciones edáficas en los tratamientos fertilizados. Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 %. A los 15 y 30 días no se detectaron diferencias significativas en la altura ni en el diámetro del tallo. Sin embargo, a los 45 días T4 alcanzó 126,70 cm de altura y 17,05 mm de diámetro, mientras T1 obtuvo 82,00 cm y 12,56 mm, respectivamente. Los tratamientos fertilizados iniciaron la floración a los 45 días, siete días antes que el testigo. En las variables productivas, T4 registró 79,01 vainas por planta, 12,01 g de semillas por vaina, 27,09 cm de longitud de vaina y 18,09 semillas por vaina, superando los valores de T1. Asimismo, T4 presentó la mayor utilidad neta, con \$440,51, y una relación beneficio/costo de 1,45. Se concluye que el nivel aplicado en T4 favoreció notablemente el desarrollo agronómico evaluado, incrementó los componentes de producción y generó la mayor rentabilidad, por lo que constituyó la alternativa más eficiente bajo las condiciones evaluadas.

Palabras clave: frijol, potasio, crecimiento, producción, rentabilidad, fertilización.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different potassium levels on the growth, development, production, and profitability of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in El Carmen canton, Manabí Province. The research was conducted under field conditions using a randomized complete block design comprising four treatments and five replications. The arrangement included twenty plots, with sixteen plants per plot and four useful plants selected for agronomic and productive evaluations. T1 was the 0-0-0 control; T2 received 105-30-100; T3, 105-30-110; and T4, 105-30-120, with three soil applications in the fertilized treatments. Data were processed through analysis of variance and Tukey's test at the 5% significance level. At 15 and 30 days, no significant differences were detected in plant height or stem diameter. However, at 45 days, T4 reached a height of 126.70 cm and a stem diameter of 17.05 mm, whereas T1 recorded 82.00 cm and 12.56 mm, respectively. The fertilized treatments began flowering at 45 days, seven days earlier than the control. Regarding production variables, T4 recorded 79.01 pods per plant, 12.01 g of seeds per pod, a pod length of 27.09 cm, and 18.09 seeds per pod, exceeding the values obtained by T1. Furthermore, T4 generated the highest net profit, reaching \$440.51, and a benefit-cost ratio of 1.45. It is concluded that the potassium level applied in T4 notably promoted agronomic development, increased production components, and generated the greatest profitability. Therefore, this treatment represented the most efficient alternative under the evaluated conditions.

Keywords: cowpea, potassium, growth, production, profitability, fertilization, *Vigna unguiculata*.

1. INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna, mantener la fertilidad del suelo y reponer los nutrientes extraídos por los cultivos constituye una práctica fundamental para incrementar la producción y favorecer la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Miquilena & Moros, 2012). Según Andia-Medina (2025) señala que el potasio desempeña funciones importantes en el crecimiento y producción del frijol caupí, debido a su participación en diferentes procesos fisiológicos de la planta. La fertilización potásica puede influir en el desarrollo foliar y en los componentes productivos del cultivo; sin embargo, la respuesta depende de la disponibilidad del nutriente en el suelo y de los niveles aplicados (Legua-Cardenas et al., 2019).

El potasio es uno de los macronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal y participa en la regulación osmótica, apertura y cierre de los estomas, activación enzimática y transporte de fotoasimilados (Verduga et al., 2023). Para Verduga et al., (2023) determinaron que la disponibilidad de potasio y la humedad del suelo influyen en el crecimiento vegetativo de *Vigna unguiculata*, destacando la importancia de este nutriente en las relaciones hídricas de la planta. Asimismo, una nutrición potásica adecuada puede favorecer la eficiencia en el uso del agua y la respuesta del cultivo frente a condiciones de estrés hídrico (Legua-Cardenas et al., 2019).

Manrique (2021), evaluaron el crecimiento y la producción del frijol caupí bajo fertilización potásica y observaron respuestas del cultivo relacionadas con el área foliar y los componentes productivos. Estos resultados evidencian que el suministro de potasio puede modificar el comportamiento agronómico de *Vigna unguiculata* (Verduga et al., 2023). No obstante, la aplicación de este nutriente debe realizarse considerando los niveles disponibles en el suelo, debido a que la respuesta de las plantas puede variar según las condiciones edáficas, ambientales y el manejo agronómico empleado (Legua-Cardenas et al., 2019).

Con base en los fundamentos presentados, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de potasio en el cultivo de *Vigna unguiculata* en el cantón El Carmen. La evaluación de la fertilización potásica permitirá determinar la respuesta agronómica y productiva del cultivo frente a los niveles aplicados. El potasio cumple funciones esenciales en la regulación hídrica, la actividad enzimática y el transporte de carbohidratos, procesos relacionados directamente con el crecimiento y la formación de estructuras productivas de la planta (Legua-Cardenas et al., 2019). Por ello, la determinación de un nivel adecuado de potasio puede contribuir al mejoramiento del manejo nutricional y del rendimiento del cultivo en las

condiciones edafoclimáticas de la zona.

1.1. Problema científico

En el cantón El Carmen, el manejo de la fertilización del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata*) se realiza con limitada información técnica relacionada con los niveles adecuados de potasio. Esta situación constituye una dificultad para establecer dosis ajustadas a las necesidades del cultivo y a las condiciones propias de la zona.

La aplicación de potasio sin un nivel definido puede generar un suministro insuficiente o excesivo del nutriente. Como consecuencia, la planta puede presentar diferencias en su crecimiento, desarrollo y comportamiento productivo, debido a que este elemento participa en procesos relacionados con la regulación hídrica, la actividad enzimática y el transporte de compuestos producidos durante la fotosíntesis (Verduga et al., 2023).

Otro aspecto que agrava esta problemática es la falta de resultados experimentales obtenidos bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón El Carmen. La ausencia de información local dificulta recomendar niveles específicos de fertilización potásica y favorece la aplicación de prácticas basadas principalmente en la experiencia del productor o en recomendaciones utilizadas para otras zonas (Andia-Medina, 2025).

Como efecto de esta situación, pueden presentarse respuestas variables en el cultivo y un aprovechamiento poco eficiente de los fertilizantes aplicados. Esto también puede incrementar los costos de producción cuando se utilizan cantidades de potasio superiores a las requeridas, o limitar el desarrollo del cultivo cuando el suministro resulta insuficiente.

Por esta razón, existe la necesidad de evaluar diferentes niveles de potasio en el cultivo de *Vigna unguiculata*, con la finalidad de determinar su efecto y establecer cuál nivel presenta una mejor respuesta bajo las condiciones del cantón El Carmen.

De acuerdo con lo expresado anteriormente, finalmente se ha optado por saber: ¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de potasio en el cultivo del frijol (*Vigna unguiculata*) en el cantón El Carmen?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de los niveles de potasio en la producción del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata*) en el cantón El Carmen.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de diferentes niveles de potasio sobre el desarrollo del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata*).
- Identificar el nivel de potasio que genere la mejor respuesta en las variables agronómicas y productivas evaluadas.
- Analizar económicamente los tratamientos evaluados en función de los costos y la rentabilidad obtenida.

1.3. Hipótesis

Las hipótesis de la investigación se enfocan en determinar lo siguiente:

- H_i : Los niveles de potasio influyen significativamente en el rendimiento productivo del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata*) en el cantón El Carmen.
- H_0 : Los niveles de potasio no influyen significativamente en el rendimiento productivo del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata*) en el cantón El Carmen.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El frijol (*Vigna unguiculata* L.)

Estudios de Basak et al. (2022) establecen que *Vigna unguiculata* L. es una especie perteneciente a la familia Fabaceae y al género *Vigna*, cuyo origen y proceso de domesticación se encuentran asociados al continente africano. A partir de su domesticación, el cultivo se difundió hacia distintas regiones geográficas, generándose una amplia diversidad de materiales vegetales y formas cultivadas que presentan diferencias en sus características fenotípicas y agronómicas (Anago et al., 2023).

Según García-Hernández et al. (2005) señalan que *Vigna unguiculata* L. posee una elevada diversidad morfológica entre sus poblaciones y variedades locales. Esta variabilidad se manifiesta en características relacionadas con el porte de la planta, duración del ciclo, floración y rasgos de las semillas (Melo et al., 2020). La diversidad existente dentro de la especie constituye un aspecto importante para la selección de materiales con características agronómicas específicas y para los programas de conservación y mejoramiento vegetal (Aliyu et al., 2023).

Para Aliyu et al. (2023) describen al frijol caupí como una leguminosa anual de estación cálida que puede presentar hábitos de crecimiento erectos, semierectos o rastreros. La arquitectura de la planta varía de acuerdo con el genotipo y se expresa mediante diferencias en la longitud del tallo, número y distribución de las ramas y conformación del dosel vegetal (Aliyu et al., 2023). Estas características morfológicas influyen en la respuesta de los materiales frente al manejo agronómico y las condiciones del ambiente (Anago et al., 2023).

Adegbite et al. (2021) determinaron que el sistema radical de *Vigna unguiculata* presenta variabilidad en su arquitectura y morfología entre genotipos. Las diferencias en la disposición, ángulo y desarrollo de las raíces están relacionadas con la exploración del suelo y la capacidad de la planta para acceder a los recursos disponibles. Asimismo, en las raíces pueden desarrollarse nódulos asociados con bacterias simbióticas que intervienen en la fijación biológica del nitrógeno (Anago et al., 2023).

2.2. Importancia agronómica de *Vigna unguiculata* L.

Según Kaur et al. (2024) señala que el género *Vigna* forma parte de la familia *Fabaceae* y comprende una amplia diversidad de especies distribuidas en diferentes regiones del mundo.

Entre las especies de interés agrícola se encuentran *V. radiata*, *V. mungo*, *V. angularis*, *V. subterranea*, *V. aconitifolia*, *V. umbellata* y *V. unguiculata*. Esta última, denominada comúnmente frijol caupí, posee origen africano y posteriormente amplió su distribución hacia ambientes tropicales y subtropicales. Su incorporación en los sistemas agrícolas se relaciona con la capacidad de establecerse bajo diferentes condiciones de producción y formar asociaciones simbióticas vinculadas con la fijación biológica de nitrógeno (Andia-Medina, 2025). Asimismo, la composición nutricional de sus granos y sus características agronómicas han favorecido su aprovechamiento como cultivo alimentario y alternativa productiva para unidades agrícolas de pequeña escala (López et al., 2011).

2.3. Taxonomía del frijol

La clasificación taxonómica permite ubicar a *Vigna unguiculata* L. dentro de los grupos botánicos correspondientes y diferenciarla de otras especies pertenecientes al género *Vigna*. Kaur et al. (2024) menciona que la clasificación del frijol caupí considerando su ubicación dentro de la familia Fabaceae, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. *Taxonomía del fríjol*

Reino	Vegetal
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledónea
Orden	Leguminosa
Familia	Fabácea
Género	Vigna
Especie	<i>Unguiculata</i> (L). Walp (Ospina 1995)
Nombre científico	<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp
Nombre común	Caupí, cabecita negra, castilla, cuarentón

Nota. Información adaptada del estudio realizado por Andia-Medina (2025).

2.4. Clasificación del frijol según el hábito de crecimiento

Para Kaur et al. (2024) las plantas de frijol pueden diferenciarse de acuerdo con su hábito de crecimiento, característica relacionada con la forma que adopta la planta, el desarrollo del tallo principal y la capacidad de continuar su crecimiento después de la floración. Esta

clasificación permite reconocer cuatro tipos principales, que comprenden plantas arbustivas de crecimiento determinado e indeterminado, así como materiales de crecimiento postrado o trepador (López et al., 2011). El conocimiento del hábito de crecimiento es importante para definir prácticas de manejo como la distancia de siembra, el establecimiento del cultivo y el aprovechamiento del espacio disponible (Andia-Medina, 2025).

Tabla 2. *Clasificación del frijol de acuerdo con el hábito de crecimiento*

Tipo	Hábito de crecimiento	Características generales
Tipo I	Determinado arbustivo	Presenta porte compacto y crecimiento limitado del tallo principal. La fase vegetativa disminuye al iniciarse la floración y la planta desarrolla una estructura predominantemente erecta.
Tipo II	Indeterminado arbustivo	Posee crecimiento continuo del tallo después del inicio de la floración. Mantiene un porte relativamente erecto y desarrolla mayor cantidad de ramas y nudos vegetativos.
Tipo III	Indeterminado postrado	Se caracteriza por presentar tallos de mayor longitud que tienden a extenderse sobre la superficie del suelo. Su crecimiento continúa durante la etapa reproductiva y puede ocupar una mayor área horizontal.
Tipo IV	Indeterminado trepador	Desarrolla tallos largos y flexibles con capacidad para crecer verticalmente mediante el apoyo en estructuras o plantas cercanas. Su desarrollo vegetativo puede continuar conjuntamente con la floración y formación de vainas.

Nota. Información adaptada del estudio realizado por Andia-Medina (2025).

2.5. Aspectos generales del frijol

Nounagnon et al. (2024) indican que las características reproductivas del frijol presentan variación entre los materiales genéticos, especialmente en la floración y morfología de las semillas. Después de la fecundación se desarrollan las vainas, estructuras que contienen las semillas y constituyen uno de los principales componentes productivos del cultivo. Las diferencias genéticas en los caracteres fenológicos y productivos permiten identificar genotipos con respuestas distintas durante el ciclo del cultivo (Legua-Cardenas et al., 2019).

Adnan & Shittu, (2025) sostienen que el comportamiento fenológico y morfológico de *Vigna unguiculata* L. depende de la interacción entre las características genéticas del material

vegetal y las condiciones de cultivo. Variables como la duración de las etapas fenológicas, el crecimiento de la planta y los componentes de producción pueden diferir entre genotipos. Por esta razón, la caracterización del cultivo constituye una base para interpretar su respuesta frente a factores de manejo, incluida la nutrición mineral (Andia-Medina, 2025).

2.6. Morfología del frijol

2.6.1. Raíz

El sistema radical del frijol está formado por una raíz principal de tipo pivotante, la cual puede alcanzar hasta 1,5 m de profundidad en el suelo, dependiendo de las condiciones edáficas y ambientales (Tello-Coley et al., 2023). De esta raíz principal se desprenden numerosas ramificaciones laterales originadas en el hipocótilo, las cuales permiten una mayor exploración del suelo y una mejor absorción de agua y nutrientes. En estas raíces se desarrollan nódulos en los que habitan bacterias del género *Rhizobium*, microorganismos encargados de fijar nitrógeno atmosférico y transformarlo en formas asimilables por la planta, contribuyendo de manera significativa a su nutrición y al enriquecimiento del suelo (Olguin-Sánchez et al., 2025).

2.6.2. Tallos y ramas

El tallo del frijol es cilíndrico, de consistencia herbácea y, en algunas variedades, presenta un hábito semi-voluble. Su longitud puede alcanzar hasta 1,5 m en materiales tradicionales, mientras que en variedades mejoradas normalmente no supera el metro de altura (Manrique, 2021). Generalmente, el tallo es ramificado desde la base y puede presentar crecimiento semi-erecto (Manrique, 2021). El número de entrenudos en las ramas laterales varía según el tipo de cultivo, especialmente en los genotipos de crecimiento indeterminado, donde las ramas tienden a enredarse o enrollarse sobre otros soportes (Andia-Medina, 2025). La ramificación suele iniciarse entre los 15 y 20 días después de la emergencia, lo que influye en el desarrollo estructural y productivo de la planta (Manrique, 2021).

2.6.3. Hojas

Las hojas del frijol presentan una estructura característica que cambia durante el desarrollo de la planta. Las hojas primarias son unifoliadas y crecen de manera opuesta, mientras que las hojas verdaderas son trifoliadas, compuestas por tres folíolos (Tello-Coley

et al., 2023). Estos foliolos pueden tener forma lineal, lanceolada u ovalada, dependiendo de la variedad y de las condiciones de cultivo (Legua-Cardenas et al., 2019). A medida que la planta avanza en su desarrollo, el área foliar aumenta considerablemente, lo que favorece la captación de luz y el proceso fotosintético (Calero-Hurtado et al., 2018). Debido a su rápido crecimiento y producción de biomasa, en algunos sistemas agrícolas el follaje del frijol también puede aprovecharse como forraje o como abono verde, aportando materia orgánica al suelo (Manrique, 2021).

Figura 1. *Morfología y formación de vainas en Vigna unguiculata L.*



Nota. Información adaptada del estudio realizado por Andia-Medina (2025).

2.6.4. Inflorescencia y flor

La inflorescencia del frijol se origina en las axilas ubicadas entre el tallo y las hojas, generalmente en la parte media de la planta. Las flores se disponen en pequeños racimos y su color puede variar según la variedad cultivada (Rego et al., 2023). Morfológicamente, presentan cinco pétalos diferenciados: un estandarte, dos alas y dos pétalos soldados que forman la quilla, estructura típica de las leguminosas (Legua-Cardenas et al., 2019). Las flores son hermafroditas y, en la mayoría de los casos, autógamias, lo que significa que la polinización ocurre dentro de la misma flor. Este mecanismo favorece la autoproducción de semilla y mantiene la uniformidad genética de muchas variedades cultivadas (Manrique, 2021).

2.6.5. Fruto

El fruto del frijol es una vaina de tipo legumbre, que puede ser lineal o ligeramente curvada. Su longitud oscila entre 10 y 25 cm, mientras que su diámetro varía entre 1,5 y 3,2

cm, dependiendo de la variedad y de las condiciones de manejo (Legua-Cardenas et al., 2019). Cada vaina puede contener entre 6 y 21 semillas, cuya forma, tamaño y color también presentan variaciones varietales. La vaina puede ser verde en estado inmaduro o mostrar tonalidades moteadas de color púrpura o rojizo en ciertas variedades. Este fruto representa la estructura de mayor interés económico, ya que en él se desarrollan las semillas destinadas al consumo humano y a la reproducción del cultivo (Manrique, 2021).

Figura 2.Desarrollo y formación de vainas en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L.)



Nota. Información adaptada del estudio realizado por Andia-Medina (2025).

2.7. Requerimientos agroambientales del cultivo de frijol

Manrique, (2021) señala que el desarrollo de *Vigna unguiculata* está condicionado por la interacción entre la temperatura, precipitación y propiedades del suelo. El cultivo se establece en diferentes ambientes tropicales y presenta capacidad de crecimiento en suelos de variada textura; sin embargo, muestra preferencia por suelos ligeros y con adecuado drenaje, debido a que no tolera periodos prolongados de inundación (Legua-Cardenas et al., 2019). Asimismo, las temperaturas cálidas favorecen su desarrollo, aunque la respuesta puede variar según el genotipo y la etapa fenológica (Manrique, 2021).

Tabla 3 *Características ambientales del cultivo de frijol*

Características	Requerimientos
PH	5,5
Tipo de suelo	Franco
Temperatura (°C)	20-35
Humedad Relativa (%)	85
Velocidad del viento (Km/h)	55,8
Precipitación media anual (mm)	300-400
Altitud (msnm)	0-500

Nota. Información adaptada del estudio realizado por Manrique, (2021)

2.8. Etapas de crecimiento de la planta

El desarrollo del frijol comprende una serie de fases sucesivas que van desde la siembra hasta la cosecha. La duración de cada etapa depende de factores como la temperatura ambiental y el genotipo de la planta (Rego et al., 2023). Durante su crecimiento, el cultivo experimenta cambios en su tamaño, forma, actividad fisiológica y composición química, los cuales influyen en su capacidad de respuesta ante condiciones adversas como enfermedades, sequía, defoliación o fertilización. De manera general, el ciclo del frijol se divide en dos fases principales: vegetativa y reproductiva (Calero-Hurtado et al., 2018).

2.8.1. Fase vegetativa

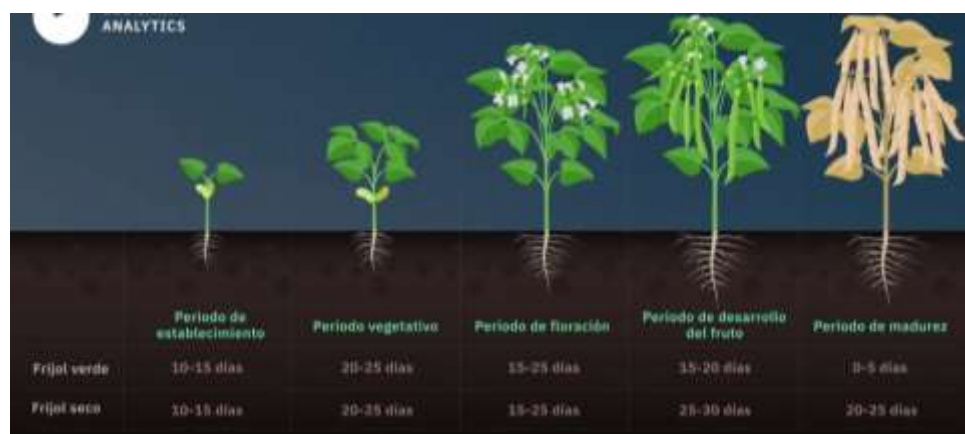
La fase vegetativa comienza cuando la semilla encuentra las condiciones adecuadas para germinar y finaliza con la aparición de los primeros botones florales. En esta etapa, la planta forma la estructura básica que le permitirá sostener su desarrollo posterior y llevar a cabo la reproducción (Tello-Coley, 2020). Durante la emergencia, los cotiledones se hacen visibles sobre la superficie del suelo en aproximadamente la mitad de las plántulas. Luego, en el estado V2, aparecen las primeras hojas primarias completamente desarrolladas. Más adelante, en el estado V4, la planta presenta la tercera hoja trifoliada visible en al menos el 50% de los individuos observados. Este avance refleja el fortalecimiento de la parte aérea y el incremento de la superficie foliar, esenciales para una mayor actividad fotosintética (Calero-Hurtado et al., 2018).

2.8.2. Fase reproductiva

La fase reproductiva inicia con la formación de los primeros racimos florales y termina cuando la planta alcanza la madurez fisiológica, momento en el que el cultivo está listo para la

cosecha (Tello-Coley, 2020). En el caso de las variedades de crecimiento indeterminado, el desarrollo vegetativo puede continuar simultáneamente con la reproducción, aunque con menor intensidad (Maia, 2023). En el estado R5 se observa la formación inicial de yemas o racimos florales en al menos la mitad de las plantas. Posteriormente, en R6, comienza la apertura de las flores. Una vez que la corola cae, se inicia la formación de vainas, correspondiente al estado R7 (Calero-Hurtado et al., 2018). En R8 ocurre el llenado de las vainas, que alcanzan aproximadamente el 50% de desarrollo de semilla. Finalmente, en R9, se presenta la madurez fisiológica, caracterizada por el cambio de color en una parte importante de las vainas, que pasan de verde a amarillo uniforme o pigmentado (Santana-Baños et al., 2023).

Figura 3. Fases de crecimiento y desarrollo fenológico del cultivo de frijol



2.8.3. Fertilización

Este proceso consiste en incorporar los fertilizantes al suelo o en la zona cercana a la raíz, con el fin de facilitar su absorción por parte de la planta. En la práctica agrícola suelen utilizarse fertilizantes sólidos o granulados, los cuales liberan los nutrientes de manera progresiva y prolongan su permanencia en el suelo, favoreciendo una nutrición más sostenida (Calero-Hurtado et al., 2018). La eficiencia de la fertilización depende de la relación entre la cantidad de nutriente absorbido por la planta y la dosis total aplicada. Para optimizar este proceso es necesario considerar variables como el tipo de suelo, el clima, la especie cultivada, su estado fenológico, el método de aplicación, el manejo agronómico, los costos y la disponibilidad de insumos (Olguin-Sánchez et al., 2025).

Además, la respuesta del suelo a la fertilización está influida por factores como el contenido de materia orgánica, el pH y la capacidad de intercambio catiónico, ya que estos

determinan la disponibilidad y retención de nutrientes (Basak et al., 2022). Por esta razón, antes de aplicar fertilizantes resulta indispensable realizar un análisis de suelo que permita identificar deficiencias y establecer un plan de nutrición adecuado (Manrique, 2021).

Tabla 4. Principales nutrientes requeridos por el cultivo de frijol

Nutriente	Nivel de requerimiento	Función principal
Nitrógeno	Alto	Crecimiento vegetativo y síntesis de proteínas.
Potasio	Alto	Regulación hídrica, transporte de azúcares y producción.
Calcio	Alto	Formación y estabilidad de los tejidos.
Fósforo	Moderado	Desarrollo radical y transferencia de energía.
Magnesio	Moderado	Formación de clorofila y fotosíntesis.
Azufre	Moderado	Síntesis de aminoácidos y proteínas.
Hierro	Bajo	Participación en procesos metabólicos y formación de clorofila.
Manganeso	Bajo	Activación enzimática y fotosíntesis.
Zinc	Bajo	Crecimiento y funcionamiento enzimático.
Cobre	Bajo	Procesos enzimáticos y metabólicos.

Nota. Información adaptada del estudio realizado por Manrique, (2021)

2.9. Potasio

2.9.1. Rol del potasio

Ragel et al. (2019), señalan que el potasio es un macronutriente esencial que las plantas absorben principalmente en forma de ion K^+ a través del sistema radical. Su ingreso a las células está regulado por canales y proteínas transportadoras localizadas en las membranas celulares, cuya actividad responde a la concentración del elemento en el medio (Félix et al., 2024). Una vez absorbido, el potasio interviene en el mantenimiento del potencial osmótico, la regulación de la turgencia celular y la activación de diferentes procesos metabólicos relacionados con el crecimiento vegetal (Medina et al., 2026).

2.9.2. Absorción de potasio en asociación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA)

Medina et al. (2026), indican que el potasio disponible para las plantas se encuentra principalmente en las fracciones soluble e intercambiable del suelo. El transporte de K^+ hacia la superficie radical ocurre especialmente mediante difusión, proceso condicionado por la

humedad, la textura y la concentración del nutriente en la solución del suelo (Medina et al., 2026). En suelos arenosos, la menor capacidad de retención puede incrementar las pérdidas de potasio, mientras que la dinámica del elemento en suelos con mayor contenido de arcilla depende de las reservas y sitios de intercambio existentes (Ruelas-Islas et al., 2023).

2.9.3. Absorción de P en asociación con HMA

Ruelas-Islas et al. (2023), explican que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) establecen asociaciones simbióticas con las raíces y amplían la zona de exploración del suelo mediante el desarrollo de hifas. Esta relación puede favorecer la adquisición de agua y elementos minerales por las plantas. Estudios recientes han evidenciado que la simbiosis micorrízica puede intervenir en la absorción y transporte de K^+ mediante cambios en la expresión de transportadores de potasio, aunque la magnitud de la respuesta depende de la especie vegetal y del hongo asociado (Bedoya & Maldonado, 2022).

2.9.4. Disponibilidad del potasio en el suelo

Bedoya & Maldonado (2022), sostienen que la disponibilidad de potasio está determinada por el equilibrio entre las fracciones presentes en la solución del suelo, el K intercambiable y las reservas minerales. Las formas soluble e intercambiable constituyen los indicadores más utilizados para estimar el suministro inmediato del nutriente a los cultivos. Sin embargo, las propiedades físicas y químicas del suelo influyen en la liberación, retención y reposición del K absorbido por las raíces, por lo que su disponibilidad debe determinarse mediante el análisis del suelo (de la Cruz Lázaro et al., 2024).

2.9.5. Interacción del potasio y nitrógeno en las plantas

Mayén-Villa et al. (2023), manifiestan que el nitrógeno y el potasio mantienen una estrecha relación durante el crecimiento vegetal, debido a que ambos intervienen en procesos vinculados con la fotosíntesis, síntesis de proteínas y acumulación de biomasa. El K participa en la activación enzimática, regulación osmótica y transporte de azúcares, mientras que el N constituye un componente esencial de proteínas y estructuras metabólicas (Bedoya & Maldonado, 2022). Un suministro equilibrado de ambos nutrientes favorece su aprovechamiento por la planta; en contraste, los desequilibrios nutricionales pueden disminuir la eficiencia de la fertilización y limitar el crecimiento (de la Cruz Lázaro et al., 2024).

2.10. INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Velasco-Trejo et al. (2023), desarrollaron una investigación con el objetivo de evaluar el crecimiento y la producción del frijol caupí (*Vigna unguiculata*) sometido a diferentes dosis de potasio en un suelo de Cerrado de Amapá, Brasil. El experimento consideró la aplicación de 0, 45, 90, 135 y 180 kg ha⁻¹ de K₂O, con el propósito de determinar la respuesta de la variedad BRS Tumucumaque a la nutrición potásica. Durante el estudio se analizaron variables relacionadas con el crecimiento vegetativo y los componentes productivos de las plantas. Los resultados demostraron que la dosis de 90 kg ha⁻¹ de K₂O favoreció la altura de planta, con 98,75 cm, y el diámetro del tallo, con 10,0 mm. En las variables productivas, la aplicación de 135 kg ha⁻¹ produjo una respuesta superior en el peso de los granos y la materia seca de las vainas. Los autores observaron que el incremento progresivo del fertilizante no generó una respuesta uniforme en todas las características evaluadas. En consecuencia, concluyeron que el frijol caupí responde de manera diferenciada a los niveles de potasio y que la dosis adecuada depende de la variable agronómica considerada. Este antecedente demuestra la importancia de evaluar niveles de K bajo condiciones específicas de suelo y ambiente.

Chiamaka et al. (2021), evaluaron el efecto combinado de la inoculación con *Bradyrhizobium*, fósforo y potasio sobre el crecimiento y rendimiento del frijol caupí en suelos de sabana de Ghana. La investigación se desarrolló en dos tipos de suelo, un Lixisol férrico y un Luvisol férrico, donde se establecieron tratamientos que combinaron el inoculante con dosis de P₂O₅ y K₂O. Como parte de la metodología se determinaron el rendimiento de grano, producción de materia seca, nodulación y absorción de nitrógeno, fósforo y potasio. Los resultados indicaron que la incorporación conjunta del inoculante y los fertilizantes P y K incrementó el rendimiento de grano en más del 200 % y la producción de materia seca aproximadamente en 50 %. La adición de potasio mejoró la respuesta obtenida con la inoculación y el fósforo, principalmente en suelos con baja disponibilidad inicial de nutrientes. No se observaron incrementos significativos del rendimiento cuando el K₂O superó 20 kg ha⁻¹ en las condiciones estudiadas. Los autores concluyeron que una nutrición equilibrada, basada en la aplicación de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 20 kg ha⁻¹ de K₂O junto con el inoculante, puede favorecer la producción del caupí. Por tanto, el estudio evidencia que el potasio debe evaluarse según las características químicas del suelo y su interacción con otros nutrientes.

Viandari et al. (2024), realizaron un estudio orientado a determinar la respuesta del frijol caupí al manejo de fuentes nutricionales capaces de incrementar el potasio intercambiable del suelo y el rendimiento del cultivo en campos de arroz de secano. El experimento se estableció mediante un diseño de bloques al azar, con seis repeticiones y seis tratamientos de fertilización, entre los que se incluyeron estiércol bovino compostado, fertilización NP, combinaciones de abono orgánico con NP y tratamientos con NPK. Las variables evaluadas comprendieron altura de planta, componentes del rendimiento, producción de semillas, absorción de K y concentración de potasio intercambiable en el suelo. Los resultados mostraron diferencias en el comportamiento del cultivo según el manejo nutricional empleado. El tratamiento combinado con estiércol bovino compostado y NPK presentó la mejor respuesta productiva. En comparación con el testigo, el uso del abono orgánico solo o combinado con fertilizantes minerales incrementó el rendimiento de grano entre 54 y 104 %. Asimismo, la absorción de K alcanzó valores entre 40,9 y 68,2 kg K ha⁻¹ y el potasio intercambiable del suelo aumentó entre 37,8 y 101,3 %. Los investigadores concluyeron que la integración de fuentes orgánicas y minerales mejora el suministro de potasio y favorece la productividad del frijol caupí.

Sruthy et al. (2023), desarrollaron una investigación con el objetivo de determinar la respuesta del frijol caupí a diferentes niveles de fósforo y potasio complementados con fertilización foliar. El experimento se realizó en Kerala, India, entre diciembre de 2022 y febrero de 2023, utilizando la variedad PGCP-6. Metodológicamente, se empleó un experimento factorial bajo diseño de bloques al azar, conformado por dos niveles de fósforo, tres niveles de potasio, dos fuentes de nutrición foliar y un tratamiento control, con tres repeticiones. La fertilización basal incluyó materia orgánica, fósforo, potasio y una fracción del nitrógeno, mientras las aplicaciones foliares se efectuaron a los 20 y 40 días después de la siembra. Se analizaron el área foliar, índice de área foliar, acumulación de materia seca y rendimiento de semillas. Los resultados evidenciaron diferencias entre las combinaciones nutricionales, registrándose un rendimiento máximo de 1 642 kg ha⁻¹ de semilla en uno de los tratamientos. Además, las dosis superiores de P y K combinadas con nutrición foliar favorecieron la producción de materia seca. Los autores concluyeron que la aplicación equilibrada de nutrientes edáficos y foliares puede mejorar el rendimiento del caupí. Este estudio confirma que el nivel de potasio forma parte de los factores nutricionales que modifican la respuesta productiva del cultivo.

Viandari et al. (2024) analizaron el efecto de diferentes intervalos de riego y niveles de sulfato de potasio sobre los componentes del rendimiento de *Vigna unguiculata*. El estudio

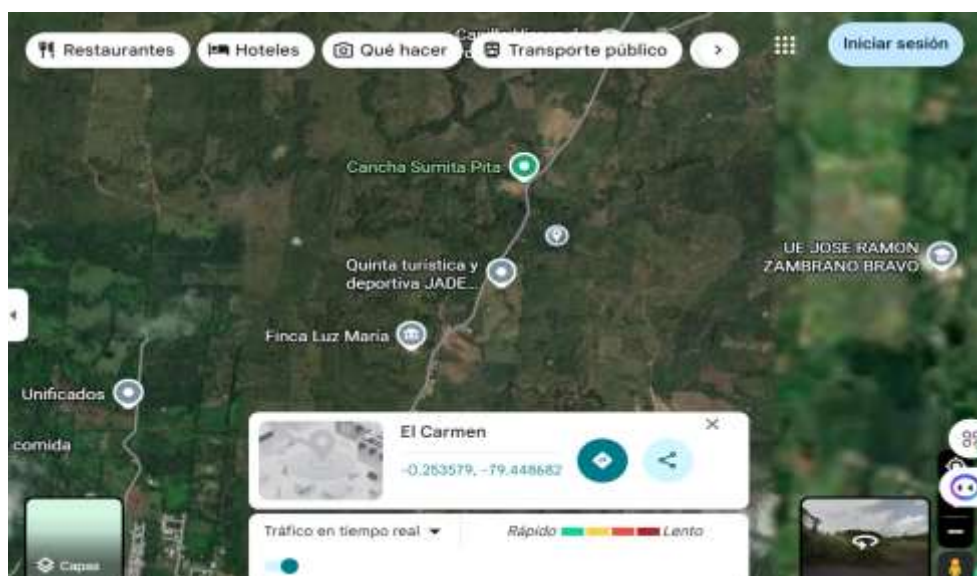
consideró intervalos de riego de 6, 11 y 16 días, combinados con niveles de 0, 60, 100 y 140 kg ha⁻¹ de fertilizante potásico. Se evaluaron el número de vainas por planta, semillas por vaina, longitud de vaina, peso de semillas y rendimiento del cultivo. Los resultados demostraron que tanto el régimen hídrico como la fertilización potásica influyeron significativamente en varias características productivas. La aplicación de al menos 60 kg ha⁻¹ de sulfato de potasio incrementó en 7,27 % el número de vainas por planta frente al tratamiento sin fertilización. El mayor peso de semillas se obtuvo con 140 kg ha⁻¹, alcanzando 231,94 g, mientras el testigo presentó 207,02 g. Los rendimientos con 60, 100 y 140 kg ha⁻¹ fueron de 1 307,58; 1 467,83 y 1 479,91 kg ha⁻¹, respectivamente, frente a 1 204,75 kg ha⁻¹ del control. No se encontraron diferencias importantes entre 100 y 140 kg ha⁻¹ para el rendimiento. Los autores concluyeron que el suministro de potasio puede favorecer los componentes productivos del caupí, aunque la respuesta se encuentra condicionada por la disponibilidad de agua.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló con un enfoque experimental bajo condiciones de campo y mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Se efectuó el análisis del suelo y se aplicaron diferentes niveles de fertilización potásica para evaluar su efecto sobre las variables agronómicas y productivas del cultivo de frijol.

3.1. Localización de la unidad experimental

La investigación se desarrolló en el sector Sumia, vía Pita, kilómetro 2, perteneciente al cantón El Carmen, provincia de Manabí. En esta área se estableció la unidad experimental destinada a evaluar la respuesta del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L.) a diferentes niveles de potasio.



Nota. Imagen obtenida del buscador Google Maps.

3.2. Caracterización agroecológica de la zona

El cantón El Carmen presentó condiciones climáticas cálidas y húmedas, caracterizadas por temperaturas relativamente estables y una marcada distribución estacional de las precipitaciones. La época de mayor presencia de lluvias se concentró principalmente durante los primeros meses del año, mientras que en el segundo semestre se registró una reducción de las precipitaciones. Estas características determinaron las condiciones de humedad del suelo y

podieron influir directamente en el establecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas de la zona.

Tabla 5. *Características agroecológicas de la localidad*

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Nota. Información obtenida del informe del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2025)

3.3. Variables

3.3.1. Variables independientes

- Indicadores de niveles de potasio

3.3.2. Variables dependientes

- Altura de planta (cm).
- Diámetro del tallo (mm).
- Número de hojas por planta.
- Días a floración.
- Días a cosecha.
- Número de vainas por planta.
- Peso de semillas por vaina (g).
- Longitud de la vaina (cm).
- Número de semillas por vaina.

3.4. Métodos

Los tratamientos se establecieron mediante la aplicación de diferentes niveles de fertilización potásica en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L.). Las dosis de potasio se definieron de acuerdo con los tratamientos planteados, mientras que las aplicaciones de nitrógeno y fósforo se mantuvieron uniformes en las unidades experimentales fertilizadas. El

potasio constituyó el factor principal de estudio y permitió evaluar su influencia sobre el crecimiento, el desarrollo y la producción del cultivo.

3.5. Frecuencia de aplicación

La fertilización se realizó de forma edáfica mediante la incorporación directa de los nutrientes al suelo. El nitrógeno, el fósforo y el potasio se aplicaron de acuerdo con el programa establecido; sin embargo, únicamente los niveles de K_2O variaron entre los tratamientos. La fertilización potásica se fraccionó en tres aplicaciones efectuadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, con la finalidad de mantener la disponibilidad del nutriente durante las principales etapas de desarrollo de las plantas.

3.6. Unidad Experimental

El experimento se estableció en condiciones de campo abierto y estuvo conformado por 20 unidades experimentales, distribuidas en cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por 16 plantas de frijol, de las cuales se seleccionaron cuatro como plantas útiles para evaluar las variables agronómicas y productivas. Las plantas restantes funcionaron como bordes para reducir la influencia de factores externos sobre las observaciones.

3.7. Tratamientos

Se establecieron cuatro tratamientos para evaluar diferentes niveles de potasio en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L.). Se suministraron nitrógeno, fósforo y potasio mediante urea, fosfato diamónico (DAP) y cloruro de potasio (KCl), respectivamente. Las dosis de nitrógeno y fósforo se mantuvieron constantes en los tratamientos fertilizados, mientras que el nivel de potasio constituyó el factor variable. El tratamiento T1 correspondió al testigo 0-0-0; T2 recibió 105-30-100; T3, 105-30-110; y T4, 105-30-120. La dosis total de cada tratamiento se fraccionó en tres aplicaciones durante el ciclo del cultivo.

Tabla 6. Disposiciones de los tratamientos de estudio

Tratamientos	Interacciones	Método	Frecuencias
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (Kg·ha ⁻¹)		
T1	0-0-0	Testigo	0
T2	105-30-100	Edáfica	3
T3	105-30-110	Edáfica	3
T4	105-30-120	Edáfica	3

Nota. La tabla presentó la descripción de los tratamientos diseñados.

3.8. Características de las Unidades Experimentales

El experimento se llevó a cabo en campo, se utilizaron semillas de frijol (*Vigna unguiculata*), las dimensiones estuvieron establecidas en la tabla 5.

Tabla 7. Características de la unidad experimental

Características de las unidades experimentales	
Superficie del ensayo	1280 m ²
Número de parcelas	20
Plantas por parcela	16
Plantas a evaluar	4
Repeticiones	5
Población del ensayo	320

Nota. La tabla presentó las características de la unidad experimental.

3.9. Análisis Estadístico

La investigación se desarrolló mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales. Los datos de las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza (ADEVA). Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significación de 0,05. La información se procesó mediante el programa estadístico InfoStat. El modelo estadístico utilizado fue: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$, donde Y_{ij} representó la observación del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque; μ , la media general; τ_i , el efecto del tratamiento; β_j , el efecto del bloque; y ε_{ij} , el error experimental.

Tabla 8. *Características de la unidad experimental*

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	4
Bloques (repeticiones)	5
Error experimental	12
Total	16

Nota. La tabla presentó las características de la unidad experimental. Elaborado por: autor de investigación.

3.10. Instrumentos de medición

3.10.1. Materiales y equipos de campo

- Semillas
- Fertilizantes (Urea, DAP, KCl)
- Bomba mochila
- Insecticidas
- Funguicidas
- Balanza digital
- Machete
- Calibrador
- Alambres de acero
- Cinta métrica

3.10.2. Materiales de oficina y muestreo

- Hojas de papel bond
- Esferográficos
- Computadora
- Regla
- Calculadora

3.11. Manejo del ensayo

Antes del establecimiento del cultivo se delimitaron y reconocieron el área experimental. Posteriormente, se efectuaron labores de limpieza y control de malezas, además de prácticas preventivas para reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Antes de la siembra se realizó un análisis de suelo para conocer las condiciones químicas del terreno y la disponibilidad inicial de nutrientes.

La siembra se estableció con una distancia de 2 m entre hileras y 1 m entre plantas. El experimento estuvo constituido por 320 plantas distribuidas en 20 unidades experimentales, con 16 plantas por unidad. De cada parcela se seleccionaron cuatro plantas útiles para evaluar las variables agronómicas y productivas. Las unidades experimentales se identificaron y rotularon de acuerdo con el tratamiento y la repetición correspondiente.

Durante el desarrollo del cultivo se colocaron estacas y alambre como sistema de soporte para facilitar la conducción de las plantas. La fertilización se realizó considerando la composición de las fuentes empleadas: urea con 46 % de N, fosfato diamónico con 18 % de N y 46 % de P_2O_5 , y cloruro de potasio con 60 % de K_2O . Las dosis de nitrógeno y fósforo se mantuvieron uniformes, mientras que el potasio constituyó el factor variable entre los tratamientos.

Los fertilizantes se aplicaron de manera edáfica, directamente al suelo y cerca de la zona radicular. Se evaluaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones cada uno. El tratamiento T1 correspondió al testigo 0-0-0; T2 recibió 105-30-100; T3, 105-30-110; y T4, 105-30-120. La dosis total de KCl de cada tratamiento se fraccionó en tres aplicaciones realizadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos a partir de la aplicación de diferentes niveles de potasio en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata*). Se analiza la respuesta agronómica y productiva de las plantas mediante las variables evaluadas durante el desarrollo del experimento.

4.1. Variables fenológicas

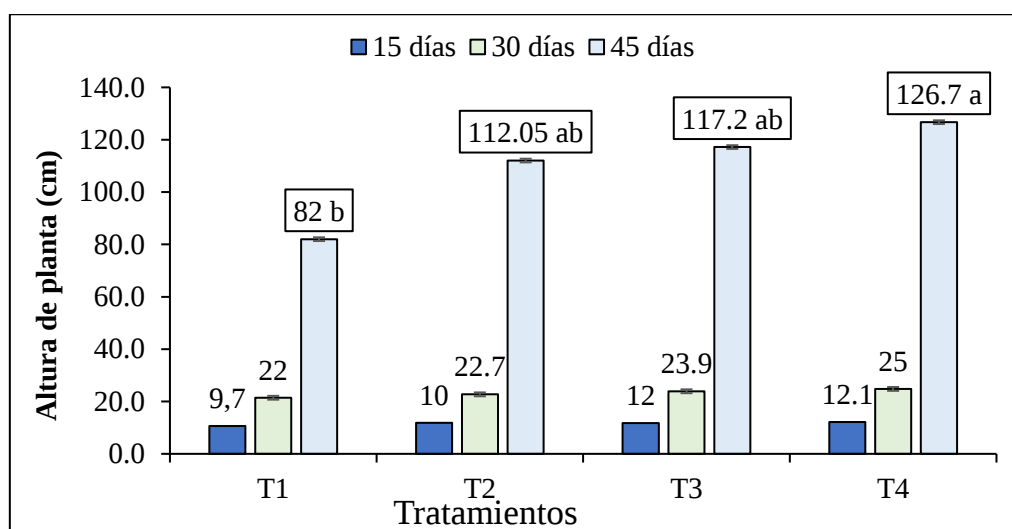
4.1.1. Altura de planta

En la Figura 4 se presentan los valores promedio de altura de planta del cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L.) evaluados a los 15, 30 y 45 días. A los 15 días no se determinaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p = 0,0781$), con un coeficiente de variación de 12,45 %. Los valores oscilaron entre 10,60 cm en T1 y 12,10 cm en T4, observándose numéricamente una mayor altura en el tratamiento con el nivel superior de potasio.

De igual manera, a los 30 días no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p = 0,9021$). El coeficiente de variación fue de 16,71 % y las alturas registradas variaron desde 22,0 cm en T1 hasta 25,0 cm en T4. Aunque se observó un incremento numérico progresivo en la altura conforme aumentaron los niveles de potasio, las diferencias entre las medias no fueron estadísticamente significativas.

A los 45 días se determinaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0001$), con un coeficiente de variación de 19,71 %. El T4 alcanzó la mayor altura de planta con 126,70 cm y se ubicó en el grupo estadístico a, mientras que T1 presentó el menor promedio con 82,00 cm y correspondió al grupo b. Los tratamientos T2 y T3 registraron 112,05 y 117,20 cm, respectivamente, y compartieron el grupo ab, por lo que no difirieron estadísticamente de T1 ni de T4. Estos resultados evidencian que el efecto de los niveles de potasio sobre la altura de planta se manifestó principalmente a los 45 días de evaluación, destacándose numéricamente el tratamiento T4.

Figura 4. Promedio de la variable altura de planta



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

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de diferentes niveles de potasio influyó sobre la altura de las plantas de *Vigna unguiculata* principalmente a los 45 días, cuando el T4 alcanzó 126,70 cm y superó estadísticamente al testigo, que registró 82,00 cm. Estos valores presentan una tendencia similar a la reportada por Costa et al. (2023) quienes encontraron que la fertilización con 90 kg ha⁻¹ de potasio favoreció el crecimiento del frijol caupí y permitió alcanzar una altura de 98,75 cm.

4.1.2. Diámetro de tallo

Los resultados del diámetro del tallo mostraron que, a los 15 días, no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p = 0,0601$), con un coeficiente de variación de 3,04 %. Los valores oscilaron entre 3,10 mm en T2 y 5,50 mm en T4, siendo este último el tratamiento que presentó el mayor valor numérico.

A los 30 días tampoco se determinaron diferencias estadísticas significativas ($p = 0,061$), registrándose un coeficiente de variación de 4,59 %. El T4 alcanzó el mayor diámetro con 8,98 mm, seguido de T3 con 8,25 mm, T1 con 8,10 mm y T2 con 8,00 mm. Por tanto, durante esta evaluación los tratamientos presentaron un comportamiento estadísticamente similar.

A los 45 días se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p = 0,001$), con un coeficiente de variación de 9,19 %. El mayor diámetro del tallo

se registró en T4 con 17,05 mm, mientras que T1 presentó el menor valor con 12,56 mm. Los tratamientos T2 y T3 alcanzaron diámetros de 15,75 y 15,21 mm, respectivamente. Estos resultados evidencian que el efecto de los niveles de potasio sobre el diámetro del tallo se manifestó principalmente a los 45 días de evaluación.

Tabla 9. Promedios del diámetro del tallo del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio y días de evaluación

Tratamientos	Diámetro (mm)		
	15 días	30 días	45 días
T1	3.6 a	8.1 a	12,56 b
T2	3.1 a	8.0 a	15,75 ab
T3	3.7 a	8.25 a	15,21 ab
T4	5.5 a	8.98 a	17,05 a
P valor	0,0601	0,061	0,001
CV	3.04%	4.59%	9.19%

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

Los resultados obtenidos a los 45 días evidenciaron que el T4 alcanzó el mayor diámetro del tallo con 17,05 mm, mientras que el testigo T1 registró 12,56 mm. Estos resultados son superiores a los reportados por Costa et al. (2023), quienes, al evaluar diferentes dosis de potasio en *Vigna unguiculata*, encontraron que la aplicación de 90 kg ha⁻¹ de K₂O permitió alcanzar un diámetro del tallo de 10,0 mm. Los autores determinaron que la fertilización potásica modificó significativamente esta característica de crecimiento.

4.1.3. Ritmo emisión foliar

En la Tabla 10 se presentan los resultados del ritmo de emisión foliar del cultivo de frijol. En la primera evaluación no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p = 0,0901$), debido a que todos registraron un promedio de 2,00 hojas y un coeficiente de variación de 0,00 %. Este comportamiento evidencia una respuesta uniforme de las plantas durante la fase inicial de evaluación.

En la segunda evaluación tampoco se determinaron diferencias estadísticas significativas ($p = 0,0701$), con un coeficiente de variación de 18,10 %. Los valores oscilaron entre 3,20 hojas en T1 y 3,90 hojas en T4. De manera similar, en la tercera evaluación los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas ($p = 0,904$), registrándose un coeficiente de variación de 17,24 %. El T4 obtuvo numéricamente el mayor promedio con 7,70 hojas, seguido de T3, T2 y T1 con 7,50; 7,40 y 6,35 hojas, respectivamente. Por tanto, los niveles de potasio

evaluados no modificaron significativamente el ritmo de emisión foliar.

Tabla 10. *Ritmo de emisión foliar del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio*

Tratamientos	Ritmo emisión foliar		
	1 días	2 días	5 días
T1	2.0 a	3.2 a	6.35 a
T2	2.0 a	3.8 a	7.40 a
T3	2.0 a	3.85 a	7.50 a
T4	2.0 a	3.9 a	7.70 a
P valor	0.0901	0.0701	0.904
CV	0.00%	18.10%	17.24%

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

Al-Furtuse et al. (2019) reportaron que el incremento de la fertilización potásica hasta 129 kg ha^{-1} produjo diferencias significativas en el crecimiento y área foliar del caupí, alcanzando $3\,455,91 \text{ cm}^2$ de área foliar en el tratamiento de mayor respuesta. A diferencia de dicho estudio, en la presente investigación no existieron diferencias estadísticas en el ritmo de emisión foliar. Esta variación puede estar asociada con las dosis evaluadas, el material vegetal y las condiciones de cultivo, considerando que la respuesta del caupí al potasio puede diferir entre ambientes y variedades.

4.1.4. Días a floración y días a la cosecha

Los días a floración se determinaron a partir del tiempo transcurrido desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas de cada unidad experimental presentó flores. Los tratamientos T2, T3 y T4 iniciaron esta etapa a los 45 días, mientras que el tratamiento testigo T1 alcanzó la floración a los 52 días. Estos resultados evidenciaron una diferencia descriptiva de siete días entre el testigo y los tratamientos con fertilización potásica, observándose mayor precocidad en T2, T3 y T4.

Para determinar los días a cosecha se registró el periodo requerido por las plantas para alcanzar la condición de recolección después del periodo de evaluación establecido. Los tratamientos T2, T3 y T4 necesitaron 15 días para llegar a cosecha, mientras que T1 requirió 21 días. Por tanto, el tratamiento testigo presentó seis días adicionales respecto a los tratamientos con aplicación de potasio.

Los resultados muestran que T2, T3 y T4 presentaron un periodo más corto hasta la cosecha. En investigaciones realizadas con frijol se han reportado diferencias en la duración del

ciclo y la maduración entre tratamientos y materiales vegetales; por ejemplo, se han registrado valores de 59,10 a 63,44 días a maduración, mientras otro estudio reportó materiales con cosecha temprana alrededor de los 74 días desde la siembra.

Tabla 11. *Días a floración y periodo hasta la cosecha del cultivo de frijol según los tratamientos evaluados*

Tratamiento	Días a floración	Días a cosecha	Comportamiento general
T1	52	21	Mayor duración del ciclo
T2	45	15	Mayor precocidad
T3	45	15	Mayor precocidad
T4	45	15	Mayor precocidad

Nota. Los días a floración se determinaron cuando el 50 % de las plantas presentó flores. Los días a cosecha corresponden al periodo registrado hasta alcanzar la condición establecida para la recolección del cultivo.

Nandang-Manggoel (2012) analizaron caracteres agronómicos vinculados con la variabilidad y precocidad de materiales de caupí, considerando la floración como una característica importante para diferenciar el comportamiento de los genotipos. Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que los tratamientos T2, T3 y T4 alcanzaron la floración a los 45 días, mientras que T1 presentó un comportamiento más tardío con 52 días. De manera comparativa, otro estudio en frijol registró valores de 34,25 a 39,38 días a floración, lo que confirma que esta variable puede presentar diferencias de acuerdo con el manejo nutricional y las condiciones del cultivo.

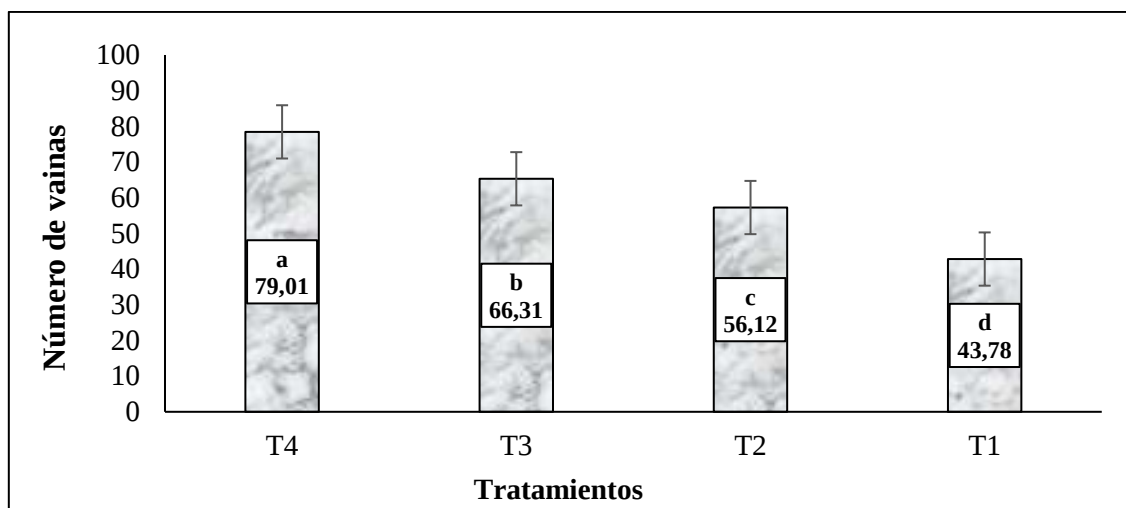
4.2. Variables de producción

4.2.1. Vainas.planta-1

En la Figura 5 se observa una respuesta diferenciada entre los tratamientos para el número de vainas por planta ($p < 0,0001$). El T4 alcanzó el mayor promedio con 79,01 vainas planta⁻¹, correspondiente al grupo estadístico a, seguido del T3 con 66,31 vainas planta⁻¹ y el grupo b. El T2 registró 56,12 vainas planta⁻¹, ubicándose en el grupo c, mientras que T1 presentó el menor valor con 43,78 vainas planta⁻¹ y correspondió al grupo d. La separación de las medias en grupos estadísticos distintos evidencia diferencias significativas entre todos los tratamientos evaluados. Además, T4 produjo aproximadamente 80,5 % más vainas que el

tratamiento testigo, mostrando la mayor respuesta productiva frente a los niveles de potasio aplicados.

Figura 5. Número promedio de vainas por planta del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio



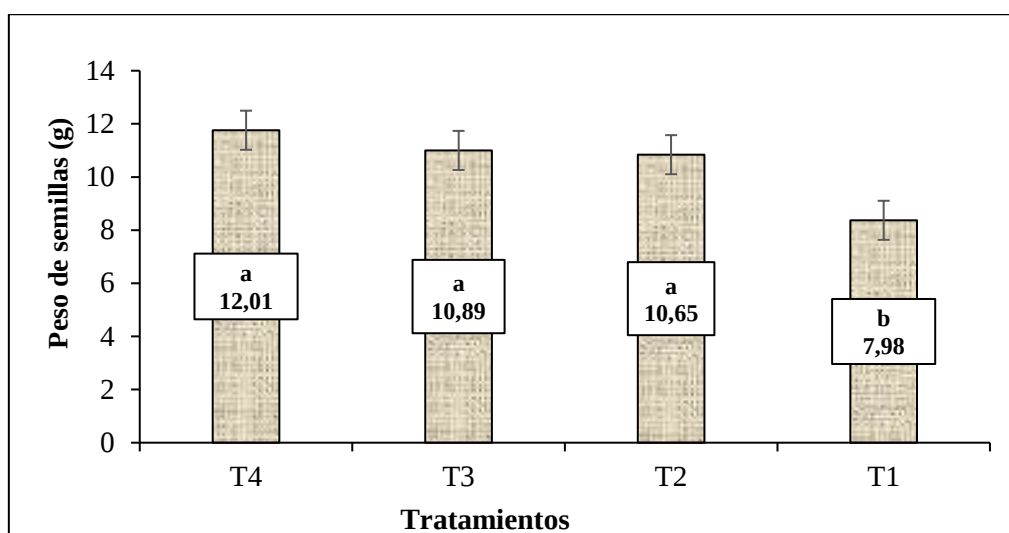
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los resultados obtenidos muestran que el número de vainas por planta aumentó conforme se incrementaron los niveles de potasio, alcanzando 79,01 vainas planta⁻¹ en T4. Costa et al. (2023) también determinaron una respuesta del frijol caupí a la fertilización potásica y reportaron cambios en variables productivas, incluido el número de vainas, al evaluar dosis entre 0 y 180 kg ha⁻¹ de K₂O. Estos resultados coinciden en evidenciar que la disponibilidad de potasio puede modificar los componentes de producción de *Vigna unguiculata*.

4.2.2. Peso de semillas vainas-1

En la Figura 6 se observa que el peso de las semillas presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados p de 0,0001. El T4 registró el mayor promedio con 12,01 g, seguido de T3 y T2 con 10,89 y 10,65 g, respectivamente; estos tratamientos compartieron el grupo estadístico a, por lo que no difirieron significativamente entre sí. En contraste, T1 obtuvo el menor peso con 7,98 g y se ubicó en el grupo b. Los resultados muestran que los tratamientos con aplicación de potasio presentaron mayor peso de semillas respecto al testigo, aunque T2, T3 y T4 mostraron un comportamiento estadísticamente similar.

Figura 6. Peso promedio de semillas del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio



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

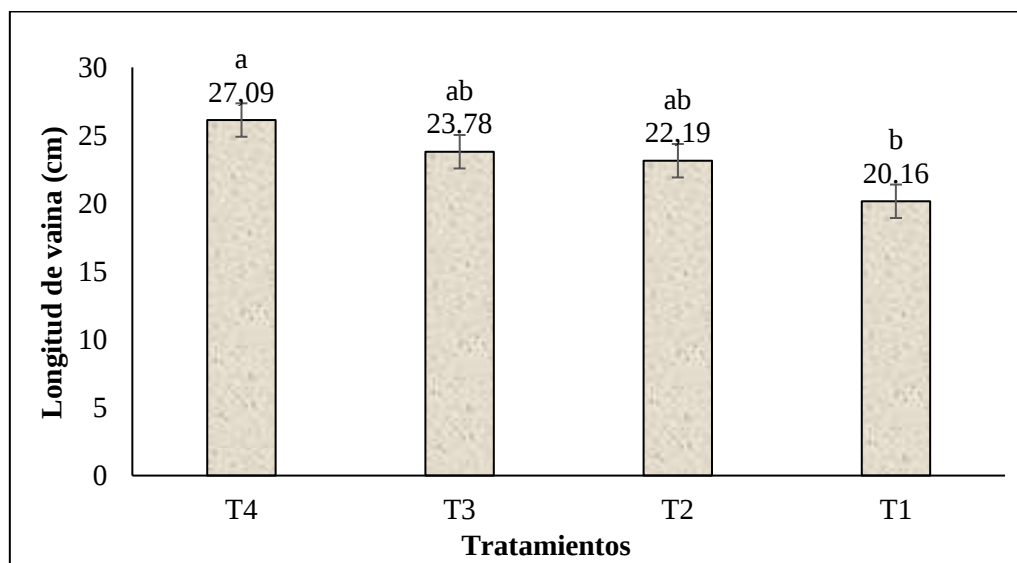
Los resultados obtenidos son comparables con Shokoohfar (2015) quien evaluó diferentes niveles de sulfato de potasio en *Vigna unguiculata* y determinaron que la fertilización potásica y su interacción con el intervalo de riego influyeron significativamente en el peso de 1 000 semillas.

Por otra parte, Al-Furtuse et al. (2019) reportaron diferencias significativas en el peso de 100 semillas del caupí bajo distintos niveles de potasio; sin embargo, encontraron el mayor peso, 45,11 g, en el tratamiento sin K, evidenciando una respuesta diferente a la observada en el presente estudio.

4.2.3. Longitud de vainas.planta-1

La longitud de vaina presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0,0001$), con un coeficiente de variación de 22,56 %. El T4 alcanzó la mayor longitud promedio con 27,09 cm y se ubicó en el grupo estadístico a, mientras que T1 registró el menor valor con 20,16 cm y correspondió al grupo b. Los tratamientos T3 y T2 presentaron valores de 23,78 y 22,19 cm, respectivamente, y compartieron el grupo ab, por lo que no difirieron estadísticamente de T4 ni de T1. En términos numéricos, T4 superó al testigo en aproximadamente 34,4 %.

Figura 7. Longitud promedio de vainas del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio



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

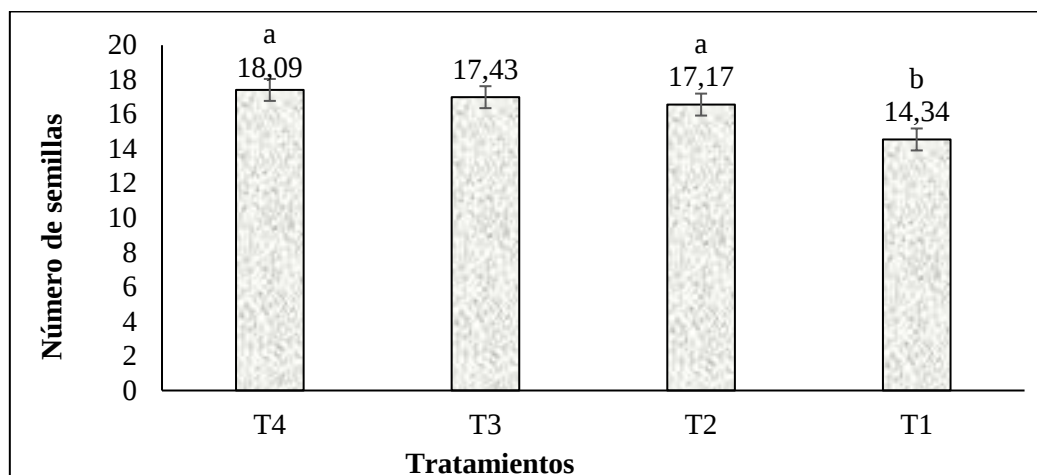
Mansouri y Shokoohfar (2015) reportaron que la fertilización potásica influyó sobre la longitud de las vainas de *Vigna unguiculata*, mostrando respuestas diferenciadas según el manejo nutricional. Estos resultados son similares a los obtenidos en la presente investigación, donde T4 alcanzó la mayor longitud con 27,09 cm.

Al-Furtuse et al. (2019) también observaron variaciones en los componentes productivos del caupí frente a diferentes niveles de potasio. La respuesta obtenida en T4 confirma que el suministro de K puede favorecer el desarrollo de las vainas, aunque su efecto depende de la dosis aplicada y de las condiciones de cultivo.

4.2.4. Número de semillas. vainas-1

El número de semillas por vaina presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0,0001$), con un coeficiente de variación de 34,56 %. El T4 alcanzó el mayor promedio con 18,09 semillas vaina⁻¹, seguido de T3 y T2 con 17,43 y 17,17 semillas vaina⁻¹, respectivamente. Estos tres tratamientos compartieron el grupo estadístico a, por lo que no difirieron entre sí. En contraste, T1 registró el menor promedio con 14,34 semillas vaina⁻¹ y se ubicó en el grupo b. Los resultados evidencian una respuesta superior de los tratamientos con fertilización potásica respecto al testigo.

Figura 8. *Número promedio de semillas por vaina del cultivo de frijol en función de los niveles de potasio*



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

Al-Furtuse et al. (2019) encontraron que la fertilización potásica incrementó significativamente el número de semillas por vaina en caupí, alcanzando 8,76 semillas vaina⁻¹ con el nivel de mayor respuesta. Este resultado coincide con la tendencia obtenida en la presente investigación, aunque los valores registrados fueron superiores, con un máximo de 18,09 semillas vaina⁻¹ en T4.

4.3. Análisis económico de los tratamientos evaluados y su rentabilidad

El análisis económico mostró que todos los tratamientos presentaron una relación beneficio/costo superior a 1,00. El T4 alcanzó la mayor relación B/C con 1,45, equivalente a un retorno neto de \$0,45 por cada dólar invertido, seguido de T3 con 1,40. El T1 presentó la menor rentabilidad con una relación de 1,20. En términos económicos, T4 mostró el comportamiento más favorable entre los tratamientos evaluados.

A continuación, se presentan los costos de cada uno de los tratamientos aplicados:

Tabla 12. *Costos de los tratamientos aplicados*

DETALLE	T1	T2	T3	T4
Urea (kg/ha)	0	108	90,5	72,9
DAP (kg/ha)	0	53	106	159
K ₂ O (kg/ha)	0	130	130	130
Siembra	60	60	60	60
Manejo del cultivo	225	225	225	225
Control de arvenses	120	120	120	120
Herbicidas	32	32	32	32
Insecticidas	64	64	64	64
Fungicidas	56	56	56	56
Cosecha	60	60	60	60
Total gastos (\$)	617	908	943,5	978,9
Total ingresos (\$)	740,4	1.180,40	1.320,90	1.419,41
Utilidad neta (\$)	123,4	272,4	377,4	440,51
Beneficio/costo	1,2	1,3	1,4	1,45
Retorno neto por cada \$1 invertido	0,2	0,3	0,4	0,45

5. CONCLUSIONES

- Se concluye que los diferentes niveles de potasio influyeron en el desarrollo agronómico del frijol (*Vigna unguiculata*), especialmente a los 45 días, donde se observaron diferencias significativas en altura y diámetro del tallo.
- El tratamiento T4 presentó la mejor respuesta agronómica y productiva, con mayores valores en altura de planta, diámetro del tallo, número de vainas, longitud de vainas, número de semillas y peso de semillas.
- El análisis económico determinó que T4 fue el tratamiento de mayor rentabilidad, con una relación beneficio/costo de 1,45, equivalente a un retorno neto de \$0,45 por cada dólar invertido

6. RECOMENDACIONES

- Aplicar el nivel de fertilización potásica correspondiente al tratamiento T4 en condiciones agroecológicas similares a las del cantón El Carmen.
- Realizar análisis de suelo antes de la fertilización para ajustar las dosis de potasio según la disponibilidad inicial del nutriente.
- Evaluar el tratamiento T4 en diferentes épocas de siembra y localidades para confirmar su respuesta productiva y económica.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adegbite, E. A., Atere, C. T., & Olayinka, A. (2021). Growth, nitrogen fixation and yields of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and chemical properties of an acid Alfisol in response to applications of organic amendments and inorganic N. *Journal of Plant Nutrition*, 44(5), 692-703.
- Adnan, A., & Shittu, E. (2025). Relationship Between Spectral Traits and Crop Vigour Scores to Grain Yield of Diverse Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Genotypes. *World News of Natural Sciences*, 58, 150-162.
- Al-Furtuse, A. K., Aldoghachi, K. A., & Jabail, W. A. (2019). Response of Three Varieties of Cowpea (*Vigna sinensis* L.) to Different levels of potassium fertilizer under southern region conditions of Iraq. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 32, 25-34. <https://doi.org/10.37077/25200860.2019.254>
- Aliyu, O. M., Abioye, T. A., Abdulkareem, Y. F., & Ibrahim, A. (2023). Understanding the nexus of genotype, root nodulation, and soil nutrients for shoot biomass production and seed yield in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2), 2566-2584.
- Anago, F. N., Agbangba, E. C., Dagbenonbakin, G. D., & Amadji, L. G. (2023). Continuous assessment of cowpea [*Vigna unguiculata* L. Walp.] nutritional status using diagnosis and recommendation integrated system approach. *Scientific Reports*, 13(1), 14446.
- Andia Medina, J. H. (2025). *Efecto de la aplicación de tres dosis de potasio en el rendimiento grano fresco de frijol caupí (Vigna unguiculata L.) en el distrito de Alto Larán, provincia de Chíncha Alta, Ica* [Tesis de grado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga.]. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/7233>
- Basak, B., Maity, A., Ray, P., Biswas, D., & Roy, S. (2022). Potassium supply in agriculture through biological potassium fertilizer: A promising and sustainable option for developing countries. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68(1), 101-114.
- Bedoya, R. A., & Maldonado, M. E. (2022). Características nutricionales y antioxidantes de la especie de frijol petaco (*Phaseolus coccineus*). *Revista chilena de nutrición*, 49(1), 34-42.
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Pérez-Díaz, Y., Castro-Lizazo, I., Jiménez, J., & López-Dávila, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 5-10.
- Chiamaka, O., Akintola, O. A., Tetteh, F. M., & Babalola, O. O. (2021). Combined Application

- of Inoculant, Phosphorus and Potassium Enhances Cowpea Yield in Savanna Soils. *Agronomy*, 11(1), 15. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010015>
- Costa, K. S. Q., Oliveira, C. F., Melo, M. P., Lima, H. C., Ferreira, R. L. C., Melo, N. C., Moraes, F. K. C., Cruz, F. J. R., Souza, L. C., & Nascimento, V. R. (2023). Growth and production of cowpea beans under potassium doses in soil of cerrado in Amapá, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e273777. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273777>
- de la Cruz Lázaro, E., Félix, J. W., Sánchez-Chávez, E., Tosquy-Valle, O., Preciado-Rangel, P., & Márquez-Quiroz, C. (2024). Biofortificación de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Variedad Verdín con Quelato y Sulfato de Hierro. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 42.
- Félix, J. W., Sánchez-Chávez, E., Tosquy-Valle, O., Preciado-Rangel, P., Márquez-Quiroz, C., & Cruz-Lázaro, E. de la. (2024). Biofortificación de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Variedad Verdín con Quelato y Sulfato de Hierro. *Terra Latinoamericana*, 42.
- García-Hernández, J. L., Valdez-Cepeda, R. D., Avila-Serrano, N. Y., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Magallanes-Quintanar, R., Larrinaga-Mayoral, J., & Troyo-Diéguez, E. (2005). Preliminary compositional nutrient diagnosis norms for cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) grown on desert calcareous soil. *Plant and Soil*, 271(1), 297-307.
- Kaur, G., Kaur, J., & Walia, S. S. (2024). Effect of Integrated Nutrient Management on Soil Health, Soil Quality, and Production of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Journal of Basic Microbiology*, 64(11), e2400225.
- Legua Cardenas, J. A., Palomares Román, J. Y., Cruz Nieto, D. D., Espinoza Montesinos, F., & Ramírez Maldonado, J. del C. (2019). Aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar Kaliumax en el cultivo de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) para mejorar su rendimiento. *Aporte Santiaguino*, 12(2 (Julio-Diciembre)), 200-213. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7178729>
- López, T., Cid, G., González, F., & Herrera, J. (2011). *Modelación de la eficiencia del uso del agua en maíz y frijol en diferentes condiciones de suelos y disponibilidad hídrica*. 1(2).
- Maia, F. R. (2023). Cowpe bean production-(*Vigna unguiculata* (L.) walp). A drought-resistant plant is very common in regions of the brazilian semi-arid. *Journal of Interdisciplinary Debates*, 4(04), 242-263.
- Manrique, B. C. (2021). *Evaluación de tres niveles de fertilización potásica en el rendimiento del frijol caupí (Vigna unguiculata l. Walp.) en condiciones de costa central Los Anitos – Barranca* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Barranca.

- Mayén-Villa, R. I., Morales-Rosales, E. J., Morales-Morales, E. J., & López-Sandoval, J. A. (2023). Rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*) en función de fosfito de potasio como fertilizante foliar. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2).
- Medina, B. P., Baldeón, I. S., Leandro, N. N. R., Castro, H. D. R., & Mollehuara, E. A. R. (2026). Fertilización inorgánica y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad capsula en Cajabamba, Huacrachuco. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 10(29), 1-15.
- Melo, F. de B., Souza, H. A. de, Bastos, E. A., & Cardoso, M. J. (2020). Critical levels and sufficiency ranges for leaf nutrient diagnosis in cowpea grown in the Northeast region of Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, 51, e20196954.
- Miquilena, E., & Moros, A. H. (2012). Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3), 730-740.
- Nandang Manggoel. (2012). *Variabilidad genética, correlación y análisis de coeficientes de trayectoria de algunos componentes de rendimiento de diez accesos de caupí [Vigna unguiculata (L.) Walp]*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/profile/Williams-Manggoel>
- Nounagnon, M., Roko, G., Agbodjato, N. A., Dah-Nouvlessounon, D., Babalola, O. O., & Baba-Moussa, L. (2024). Cowpea (*Vigna unguiculata*). *Potential Pulses: Genetic and Genomic Resources*, 58-77.
- Olguin-Sánchez, M. L., Felipe-Victoriano, M., Lucio-Ruiz, F., Joaquín-Cancino, S., & Garay-Martínez, J. R. (2025). Rendimiento, morfometría y germinación de semillas de frijol mungo (*Vigna radiata* L.) en respuesta a dos densidades de plantas. *Revista interdisciplinaria de ingeniería sustentable y desarrollo social*, 11(1), 191-201.
- Rego, C. H. Q., Cicero, S. M., Silva, F. F., & Gomes, F. G. (2023). Morphology and germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Seeds. *Journal of Seed Science*, 45, e202345011.
- Ruelas-Islas, J. del R., Peinado-Fuentes, L. A., Romero-Félix, C. S., Mendoza-Pérez, C., Celaya-Michel, H., Preciado-Rangel, P., Ayala-Armenta, Q. A., & Núñez-Ramírez, F. (2023). Rol de *Bacillus subtilis* y dosis de fósforo en la concentración, distribución y absorción de macronutrientes en frijol común. *Terra Latinoamericana*, 41.
- Santana-Baños, Y., Carrodegua-Díaz, S., Sosa-Peña, L. L., Rodríguez-Espinosa, F. L., Lopetegui-Moreno, C. M., & Díaz-Barrio, M. (2023). Respuesta agronómica de cultivares de frijol caupí [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] en San Juan y Martínez, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 44(1), cu-id.

- Shokoohfar, S. (2015). *Effect of potassium fertilizer and irrigation intervals levels on yield and yield components of cowpea (Vigna unguiculata) in Ahvaz condition.*
- Sruthy, H., Pillai, P. S., Shimi, G. J., Bindhu, J. S., & Sajeena, A. (2023). *Crecimiento y rendimiento del garbanzo caupí (Vigna unguiculata sub sp. Cylindrica) en respuesta a la nutrición foliar y a niveles graduados de fósforo y potasio | Revista Internacional de Medio Ambiente y Cambio Climático.*
<https://journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/3580>
- Tello Coley, A. J. (2020). *Modelos alométricos para la medición no destructiva del área foliar del frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp.) sometido a condiciones de estrés* [Tesis de grado]. Universidad de Córdoba.
- Tello Coley, A. J., Barros Santos, J. N., & Jarma Orozco, A. (2023). Efecto del estrés ambiental en la morfología y área foliar en frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Temas Agrarios*, 28.
- Velasco-Trejo, J. A., Alarcón-Gutiérrez, E., García-Pérez, J. A., del Rosario Pineda-López, M., & Flores-Estévez, N. (2023). Factors affecting the nitrogen fixation in the Inga spp.-Rhizobia system in shade coffee plantations. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(1).
- Verduga, K. A., Fernández, R. D. R., & Cuenca, E. W. C. (2023). Efecto de distintos niveles de fertilización en el comportamiento agronómico del frejol caupí INIAP-463. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 13(2), 73-78.
- Viandari, N. A., Harsanti, E. S., Suprptomo, E., & Wihardjaka, A. (2024). Utilization of cattle manure and potassium fertilizer on soil potassium availability and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in rainfed rice. *SAINS TANAH - Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 21(2), 156-164. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v21i2.85535>

8. ANEXOS

Anexo 1. ADEVA de la variable Vainas.planta⁻¹

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	822 295,03	7	117 470,72	4,68	0,0097
Tratamientos	822 295,03	3	274 098,34	10,91	0,0010
Bloques (repeticiones)	0,00	4	0,00	0,00	1,0000
Error	301 375,63	12	25 114,64		
Total	1 123 670,67	19	No aplica		

Anexo 2. Cultivo de frijol



Anexo 3. Floración



Anexo 4. Cosecha



Anexo 5. Vainas de frijol





compilatio Jhon Pardo

ID : f1f737edefe6f3c020171a597759a27bf50dcb8f



6%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : compilatio Jhon Pardo.txt
Tamaño del archivo original : 5,19 MB
Número de palabras : 12,033

Depositante : Jose Cedeño Zambrano
Fecha de depósito : 31 de julio de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 31 de julio de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Similitudes

6%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA

6%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos

0%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.
Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :



Textos entre comillas

<1%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

Fuentes de similitudes (sección 2/2)



Similitudes

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.

6%



Fuente principal detectada

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
1	Pinargote Yuliana tesis antiplagio #4833b4 Viene de de mi biblioteca	2%	
2	repositorio.uleam.edu.ec repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/7252/1/ULEAM-AGRO-03... ↗	2%	
3	Documento de otro usuario #007cb1 Viene de de otro grupo	<1%	
4	Bioestimulante orgánico y su influencia en la producción de (Vign... repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/20.500.12874/65025/1/TESIS%2... ↗	<1%	
5	Biofortificación de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) Variedad Verdín... doi.org/10.28940/terra.v42i0.1831 ↗	<1%	
6	TESIS-FINAL-CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE Balsa con ... #766e77 Viene de de mi grupo	<1%	
7	Documento de otro usuario #0bfa0 Viene de de otro grupo	<1%	
8	Efecto de dosis nitrogenadas, potásicas en el rendimiento de fres... hdl.handle.net/20.500.12819/4349 ↗	<1%	
9	Evaluación de tres niveles de fertilización potásica en el... hdl.handle.net/20.500.12935/103 ↗	<1%	
11	Study on The Effect of Organic and Inorganic Fertilizer on Growth... doi.org/10.51470/fab.2026.7.1.94 ↗	<1%	

Fuente mencionada (sin similitudes detectadas)

Handwritten signature: Ramiro Basteri

N°	Descripciones
1	https://doi.org/10.3390/agronomy11010015
2	https://doi.org/10.1590/1519-6984.273777
3	https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7178729
4	https://www.researchgate.net/profile/Williams-Mangoel
5	https://journalijec.com/index.php/IJECC/article/view/3580