UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ"
CARRERA AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE FREJOL DE PALO *(Cajanus cajan)* EN CANTÓN MILAGRO, GUAYAS

AUTORA

MARTÍNEZ MUGUERZA KARLA GABRIELA

TUTOR

ING. ÁVILA FRANCO ALBINO DECIDERIO Msc.

GUAYAQUIL - ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE FREJOL DE PALO *(Cajanus cajan)* EN CANTÓN MILAGRO, GUAYAS**, realizado por la estudiante **MARTÍNEZ MUGUERZA KARLA GABRIELA**; con cédula de identidad N°**2350431934** de la carrera **AGRONOMÍA** Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

_____
Ing. Ávila Franco Albino Deciderio M.Sc.
Tutor

Guayaquil, 24 de abril del 2025

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ"
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE FREJOL DE PALO *(Cajanus cajan)* EN CANTÓN MILAGRO, GUAYAS"**, realizado por la estudiante **MARTÍNEZ MUGUERZA KARLA GABRIELA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Víctor Ileer Santos, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Danilo Valdez Rivera, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Henry Villon Leoro, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Ávila Franco Albino Deciderio, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 28 de marzo del 2025

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Daysi y Juan por ser la base fundamental en todo este proceso de cinco años para poder cumplir todas mis metas.

A mis compañeros y profesores presentes en todo momento que me formaron como la profesional de hoy en día.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque él fue el que me puso en este camino donde me dio la fuerza y fortaleza para continuar y llegar hasta aquí. Gracias a mi Mami ya que sin ella también todo esto no hubiera sido posible, por estar siempre a mi lado en este camino importante para la vida profesional que me espera. A la Universidad Agraria del Ecuador por ser parte en este proceso de aprendizaje, a mi tutor Ing. Albino Ávila por ser la guía en todo momento en la elaboración de mi tesis y no menos importante a todos mis amigos de la universidad que marcaron estos cinco años con experiencias y el compartir, no fue fácil, pero se logró la meta muchas gracias con todos.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **MARTÍNEZ MUGUERZA KARLA GABRIELA**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE FREJOL DE PALO *(Cajanus cajan)* EN CANTÓN MILAGRO, GUAYAS**" para optar el título de **INGENIERA AGRÓNOMA**, por la presente autorizo a **la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 24 de abril del 2025

_____

MARTÍNEZ MUGUERZA KARLA GABRIELA

C.I. 2350431934

Resumen

El cantón Milagro se realiza la producción del cultivo de fréjol de palo (*Cajanus cajan*) para consumo propio, por lo cual hay muchos agricultores que no utilizan la fertilización en el cultivo, por falta de conocimiento. La fertilización con Urea es fundamental para maximizar la producción de los cultivos, donde ocupa el tercer lugar después del agua y la temperatura en la producción. Este elemento químico clave impacta tanto en la cantidad como en la calidad de la cosecha donde estimula el crecimiento vegetal. En esta investigación se evaluó diferentes dosis de fertilización nitrogenada para poder determinar con que dosis se incrementó el rendimiento en el cultivo de fréjol de palo en el cantón Milagro, provincia del Guayas. El diseño experimental fue un diseño de bloques completo al azar (DBCA). Se utilizó cinco tratamientos, con cuatro repeticiones. Se aplicó un análisis de varianza para cada variable evaluada, este análisis estadístico se realizó por medio del programa InfoStat. En el cual se obtuvo el resultado que a partir de dosis de 120 kg/ha hasta 200 kg/ha se evidencia que, si influyó en el crecimiento de altura, diámetro y la productividad del frejol de palo en el cantón Milagro.

Palabras claves: *Frejol de palo, fertilización, Urea, Cajanus cajan, tratamientos, producción.*

ABSTRACT

In canton of Milagro, the production of pole beans (*Cajanus cajan*) is carried out for own consumption, so there are many farmers who do not use fertilization in the crop, due to lack of knowledge. Urea fertilization is fundamental to maximize crop production, where it ranks third after water and temperature in production. This key chemical element impacts both the quantity and quality of the crop where it stimulates plant growth. In this research, different doses of nitrogen fertilization were evaluated in order to determine with which doses yield increased in the cultivation of pole bean in canton Milagro, province of Guayas. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD). Five treatments were used, with four replications. An analysis of variance was applied for each variable evaluated; this statistical analysis was carried out using the InfoStat program. The results showed that from a dose of 120 kg/ha to 200 kg/ha, it is evident that it did influence the growth in height, diameter and productivity of pole beans in Milagro canton.

Key words: *pole beans, fertilization, Urea, Cajanus cajan, treatments, production.*

ÍNDICE GENERAL

PORTADA i
APROBACIÓN DEL TUTOR ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
Autorización de Autoría Intelectual vi
ÍNDICE GENERAL ix
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICES DE FIGURAS xiii
1. INTRODUCCIÓN 15
1.1 Antecedentes del problema 15
1.2 Planteamiento y formulación del problema 16
1.2.1 Planteamiento del problema *16*
1.2.2 Formulación del problema *16*
1.3 Justificación de la investigación 16
1.4 Delimitación de la investigación 16
1.5 Objetivo general 16
1.6 Objetivos específicos 17
1.7 Hipótesis o idea a defender 17
2. MARCO TEÓRICO 18
2.1 Estado del arte *18*
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática *19*
2.2.1 Generalidades del cultivo *19*
2.2.2 Origen e importancia *20*
2.2.3 Taxonomía y morfología *20*
2.2.3.1. Raíz *21*
2.2.3.2. Tallo *21*
2.2.3.3. Hojas *21*
2.2.3.4. Flores *21*
2.2.3.4. Vaina *22*
2.2.4 Requerimientos edafoclimáticas *22*
2.2.5 Fertilización del cultivo de frejol de palo *22*

2.2.5.1. Nitrógeno *22*
2.2.6 Relación beneficio costo de los tratamientos aplicados *23*
2.3 Marco legal **24**
3. MATERIALES Y MÉTODOS **25**
3.1.1 ***Tipo y alcance de la investigación*** ***25***
3.1.1.1. Investigación documental ***25***
3.1.1.2. Investigación experimental ***25***
3.1.1.3 Alcance de la investigación ***25***
3.1.2 ***Diseño de investigación*** ***25***
3.2.1 ***Variables*** ***25***
3.2.1.1. Variable independiente **25**
3.2.1.2. Variable dependiente **26**
3.2.1.2.1. Altura de la planta cm. ***26***
3.2.1.2.2. Diámetro del tallo cm. ***26***
3.2.1.2.3. Cosecha. ***26***
3.2.1.2.4. Peso de vainas. ***26***
3.2.3 Tratamientos ***26***
3.2.4 Diseño experimental ***26***
3.2.5 Recolección de datos ***28***
3.2.5.1. Recursos **28**
3.2.5.2. Métodos y técnicas **28**
3.2.5.2.1. Métodos de investigación. **28**
3.2.5.2.2. Técnicas de investigación. **29**
3.2.6Análisis estadístico ***30***
4. RESULTADOS **31**
4.1 Análisis de las características agronómicas en cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)* según los tratamientos planteados. **31**
4.1.1 Altura de plantas 30 días (cm) ***31***
4.1.2 Altura de plantas 50 días (cm) ***31***
4.1.3 Altura de plantas 60 días (cm) ***32***
4.1.4 Diámetro de plantas 30 días (cm) ***32***
4.1.5 Diámetro de plantas 50 días (cm) ***33***
4.1.6 Diámetro de plantas 60 días (cm) ***33***

4.2 Determinación del tratamiento es el más eficaz con la aplicación de fertilizante en el cultivo de frejol de palo 34

4.2.1 Peso 100 granos (vainas)..... 34

4.2.2 Productividad..... 35

4.3.1 Análisis económico 36

5. DISCUSIÓN 37

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39

6.1 Conclusiones..... 39

6.2 Recomendaciones..... 40

BIBLIOGRAFÍA 41

ANEXOS 45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos 27
Tabla 2. Andeva 27
Tabla 3. Esquema de ensayo 27
Tabla 4. Presupuesto 28
Tabla 5. Altura 30 días (cm) 31
Tabla 6. Altura 50 días (cm) 32
Tabla 7. Altura 60 días (cm) 32
Tabla 8. Diámetro 30 días (cm) 33
Tabla 9. Diámetro 50 días (cm) 33
Tabla 10. Diámetro 60 días (cm) 34
Tabla 11. Peso 100 granos (vainas) 35
Tabla 12. Productividad 36
Tabla 13. Análisis costo/beneficio 36

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Satelital del cantón Milagro provincia del Guayas..... 45
Figura 2. Croquis de campo 45
Figura 3. Diseño de parcela 46
Figura 4. Ficha técnica..... 46
Figura 5. Análisis de suelo 47
Figura 6. Análisis de suelo 47
Figura 7. Altura de planta (cm) a los 30 días 48
Figura 8. Altura de planta (cm) a los 30 días 48
Figura 9. Altura de planta (cm) a los 50 días 49
Figura 10. Altura de planta (cm) a los 50 días..... 49
Figura 11. Altura de planta (cm) a los 60 días..... 50
Figura 12. Altura de planta (cm) a los 60 días..... 50
Figura 13. Diámetro de planta (cm) a los 30 días 51
Figura 14. Diámetro de planta (cm) a los 50 días 52
Figura 15. Diametro de planta (cm) a los 60 días 53
Figura 16. Peso 100 granos (vainas) 54
Figura 17. Productividad 55
Figura 18. Medición del terreno..... 55
Figura 19. Limpieza del terreno y delimitación de parcelas 56
Figura 20. Semillas de frejol de Palo..... 56
Figura 21. Siembra del frejol de palo 57
Figura 22. Revisión de germinación..... 57
Figura 23. Crecimiento del frejol de palo..... 58
Figura 24. Fertilización con Urea 46% 58
Figura 25. Toma de Diámetro en 30 días (cm)..... 59
Figura 26. Toma de altura en 30 días (cm) 59
Figura 27. Medición de diámetro y altura 60
Figura 28. Limpieza de la parcelas 60
Figura 29. Toma de datos de frejol de palo..... 61
Figura 30. Crecimieto del frejol de palo..... 61
Figura 31. Parcelas de estudio..... 62
Figura 32. Toma de diámetro a los 60 días (cm)..... 62
Figura 33. Toma de altura a los 60 dias (cm)..... 63

Figura 34. Vainas del estudio 63
Figura 35. Vainas cosechadas 64
Figura 36. Productividad del frejol de palo 64
Figura 37. Pesado de 100 granos vainas 65
Figura 38. Visita del tutor 65

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

Cedeño y Gavilánez (2022) indican que en el Ecuador se produce el frejol de palo conocido también como gandul en los diferentes sectores, el cual se ve involucrado en varios problemas que son: las sequias por la parte costa, heladas en la región andina y suelos pobres en cuanto a la fertilidad. Lo cual genera una merma en la producción, lo que genera pérdidas económicas para el productor y la reducción del consumo en las familias.

Araujo (2021) Menciona que el frejol de palo, también conocido como *Cajanus cajan*, es una leguminosa relevante en la agricultura debido a sus características distintivas como textura, color, sabor y valor nutricional. Durante su procesamiento industrial y enlatado, se pueden resaltar sus atributos naturales y nutritivos, donde se agrega valor al producto final para satisfacer las necesidades del consumidor en términos de conveniencia y calidad alimentaria.

El nitrógeno es uno de los elementos fundamentales en la nutrición del cultivo, a diferencia de cuando se aplica nitrógeno en combinación con otros elementos, en la mayoría de los casos, el suelo contiene más nutrientes de los que el cultivo necesita para crecer. Sin embargo, la disponibilidad de estos nutrientes puede estar limitada debido a la movilidad reducida en el suelo. Por lo tanto, la presencia de los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas depende en gran medida de las propiedades físicas y químicas del suelo (Chávez, 2020).

Los fertilizantes que contienen nitrógeno son indispensables para potenciar la producción de los cultivos, ocupando el tercer lugar en importancia después del agua y la temperatura en la producción de alimentos vegetales. El nitrógeno, un elemento químico clave, tiene un impacto directo en la producción agrícola tanto en cantidad como en calidad. Es por ello que el nitrógeno favorece el crecimiento de los cultivos al estimular el desarrollo de las hojas, la expansión foliar, el grosor de las hojas y la tasa de fotosíntesis. Al proporcionar nitrógeno, se optimiza el proceso fotosintético, lo que se traduce en una prolongación de la vida útil de las hojas, un aumento en la tasa de asimilación neta, una mayor producción de biomasa y, en última instancia, un incremento en el rendimiento de los cultivos (Morales et al., 2021).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La falta de conocimiento técnico entre los pequeños y medianos productores sobre cómo optimizar el cultivo de frejol de palo constituye un obstáculo significativo para aumentar la producción. Sin embargo, mediante la aplicación de una dosis adecuada de fertilización nitrogenada, se puede lograr un incremento notable en la productividad, lo que permitiría a los productores mejorar sus rendimientos y contribuir significativamente a la seguridad alimentaria.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál sería el efecto de la fertilización nitrogenada para mejorar la productividad del cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)* en el cantón Milagro?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación tiene como finalidad ofrecer una opción para renovar la productividad en uno de los cultivos no tradicionales, como lo es el frejol de palo, y así mismo aporte para garantizar la soberanía alimentaria en la comunidad. El frejol es un producto agrícola alto en proteínas, vitaminas, fibras y minerales, que puede compararse con la carne en cuanto a su valor nutricional; Es por ello el cultivo de frejol se ha vuelto un cultivo de interés en el Ecuador.

Con la aplicación de una correcta fertilización con su dosis adecuada y control durante la etapa de crecimiento hasta la reproductiva de la misma obtendríamos una excelente producción la cual nos dejaría un producto de calidad y un margen de ganancia.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Finca “Los Arce” cantón Milagro, Guayas coordenadas: -2.142890.-79527997.
- **Tiempo:** Seis meses desde agosto 2024 hasta enero 2025 durante el periodo académico.
- **Población:** El presente proyecto beneficia a la comunidad agrícola, estudiantes de diferentes áreas investigativas y el público en general.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)* en la finca “Los Arce” cantón Milagro, Guayas.

1.6 Objetivos específicos

- Analizar las características agronómicas en cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)* según los tratamientos planteados.
- Determinar que tratamiento es el más eficaz con la aplicación de fertilizante en el cultivo de frejol de palo.
- Realizar un análisis costo-beneficio sobre los tratamientos en estudio.

1.7 Hipótesis o idea a defender

• Hipótesis nula (Ho): Ninguno de los tratamientos mostrara efecto en el rendimiento del cultivo de frejol de palo en la aplicación de diferentes dosis de fertilizante.

• Hipótesis alterna (Ha): Al menos uno de los tratamientos mostrara efecto en la productividad del cultivo de frejol de palo en la aplicación de diferentes dosis de fertilizante.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Según los resultados de Rezende et al. (2023) al evaluar la productividad del frejol de palo con pasto sometidos a cuatro dosis de nitrógeno aplicadas como cobertura (0, 80, 160 y 240kg ha $^{-1}$) donde se midieron la altura de planta y masa seca de gandul, altura de planta, número de macollos, masa seca, observaron que no se requiere de dosis altas de fertilizante a base de N. Donde influye así de manera significativa negativa con dosis altas de fertilización con N.

Llanga et al. (2023) demuestran que la utilización de la labranza convencional y la aplicación de 100 % (N_2) y 150 % (N_3) de la fertilización nitrogenada en una leguminosa (fréjol), se pudo observar un incremento en la actividad enzimática de la β-glucosidasa. A comparación de no aplicar la fertilización nitrogenada en el cultivo de fréjol incidió de manera negativa genera la reducción de la activa enzimática.

López et al. (2018) Evaluaron dos variedades de gandul (var. Negro y EGV2) con y sin fertilización nitrogenada para obtener la producción y eficiencia del crecimiento, donde aplicaron tratamientos con N con un diseño experimental completo al azar con arreglo factorial 2x2 y análisis de regresión. En la cual observaron una diferencia ($P < 0.05$) entre variedades para número de nódulos, altura de planta, tasa relativa de crecimiento y tasa de crecimiento del cultivo, donde el mayor promedio de altura de planta lo obtuvo la variedad EGV22. Para el factor nitrógeno, su aplicación disminuyó la disminución ($P < 0.05$) en número nódulos, y altura de planta. Tienen como conclusión que la variedad Negro tuvo una buena producción.

Las dosis de nitrógeno, aplicadas a los cultivos asociados que se estableció con el cultivo de maíz y el cultivo de frejol de palo se obtuvo un mayor rendimiento con la aplicación de la dosis de 90 kg N/ha, a diferencia de lo usual que se utiliza, superando las expectativas en el rendimiento al sistema convencional fertilizado con 180 kg N/ha produjo una mayor cantidad de vainas en el cultivo de frejol de palo, conocido también como gandul en diferentes partes, además de ello al momento de aplicar la dosis que se obtuvo un resultado favorable se llevó a cabo con la aplicación de buenas prácticas agrícolas (Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], 2023).

De acuerdo Sucunuta (2023) menciona que el uso de urea en una cantidad de 90 kg/ha produjo los mejores resultados en cuanto al peso de 100 granos, rendimiento y análisis económico. La eficiencia agronómica fue similar con dosis de urea de 80 y 90 kg/ha. Por lo tanto, se sugiere utilizar 90 kg/ha de urea como fuente de fertilización química en el cultivo de frejol. Se plantea la promoción de los beneficios del uso de nitrógeno en las leguminosas para así poder aumentar los rendimientos entre los agricultores.

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Generalidades del cultivo

El cultivo de frejol de palo proporciona diferentes beneficios en varias áreas ya sea por su variedad y aportes ambientales donde se puede observar que sus sistemas productivos son de gran importancia ya que permiten y mejoran el suelo mediante la cobertura forestal que proporciona la misma la cual ayuda a impedir la erosión ya sea por las condiciones climáticas y evita escorrentías. Además de ello cuenta con un sistema radicular el cual mejora la estructura del suelo al fijar nitrógeno produciendo mejores rendimientos a comparación de otros cultivos en donde brinda proteínas a la dieta cotidiana y permite que el agricultor obtenga remuneración económica y alimento para el ganado (González et al., 2016).

De acuerdo CIMMYT (2024) el chícharo o gandul es capaz de mejorar la estructura de los suelos compactados gracias a su raíz que es pivotante, robusta y crece en línea recta hacia abajo. Además, gandul no requiere de agua en abundancia, ya que es resistente a la sequía, además de ello también inhibe el crecimiento de las malezas y ayuda a la infiltración de agua. Por estas cualidades, el chícharo o gandul se impulsa como una alternativa para diversificar cultivos.

En Ecuador, la familia Fabaceae, rica en géneros y especies, incluye una leguminosa de consumo masivo a nivel nacional, constituyendo una importante fuente de ingresos para pequeños y medianos productores. El cultivo, generalmente bajo condiciones de seco en terrenos de ladera, se realiza frecuentemente en asociación con maíz, en suelos de baja fertilidad, afectados por plagas y enfermedades, y con limitaciones en el manejo agronómico óptimo. La mayoría de los cultivadores son agricultores de pequeña escala, priorizando la producción para autoconsumo, aunque también existen áreas de producción orientadas al mercado (Felipe, 2013).

2.2.2 Origen e importancia

Esta especie es conocida como guandú o guandul, y en algunas partes recibe los nombres; gandul, frijol de palo, peas, poroto palito. El frejol de palo tiene un origen no establecido lo cual tiene una contrariedad, pero se han encontrado semillas en China, India y Egipto siendo así la más antigua la de India con 2 500 años (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

Una de las leguminosas con mayor demanda en el mundo es el frejol debido a sus cualidades agronómicas que permiten una buena adaptación y la mejora de los suelos mediante la fijación de nitrógeno, siendo así una fuente de alta producción y contenido de proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y fibras solubles ya sea para el consumo humano y animal (Cantaro et ., 2019).

Cultivado intensivo y en asociación con otros cultivos en pequeñas superficies, este grano se comercializa durante todo el año, ofreciendo una rica fuente de proteínas, almidones, fibra y fitonutrientes. Sus semillas se utilizan enteras, descortezadas o en harina, también sirviendo como forraje y abono verde. Su utilidad económica se basa en su alto valor proteico. La comercialización se realiza a través de diversos canales, llegando a consumidores individuales, industrias de alimentos procesados, y productores de alimentos animales. La flexibilidad en la forma de comercialización, ya sea a granel, envasado o procesado, permite adaptarse a las diferentes demandas del mercado y asegurar la rentabilidad del cultivo a lo largo del año, maximizando el aprovechamiento de la cosecha y la generación de ingresos para los productores (Navarro et al., 2014).

2.2.3 Taxonomía y morfología

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabácea

Género: Cajanus

Especie: C. cajan (Robledo, 2010)**.**

2.2.3.1. Raíz

Sameer et al. (2017) Definen al frejol de palo conocido también como gandul un árbol leñoso que cuenta con un sistema radicular profundo, donde las raíces primaras llegan a dos metros. El gandul llega a desarrollarse hasta cuatro metros de altura en el cual la ramificación del tallo puede llegar a variar según el tipo de la variedad del frejol.

La popularidad de los frijoles se debe, en parte, a una característica única: sus raíces albergan una abundante población de microorganismos fijadores de nitrógeno. Esta simbiosis permite a los frijoles producir sus propios aminoácidos, contribuyendo a su alto valor nutricional ya su importancia en la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria mundial. La fijación biológica de nitrógeno reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos, impactando positivamente en el medio ambiente (Torres y Yamali, 2024).

2.2.3.2. Tallo

El tallo del frejol de palo es un arbusto leñoso, anual, erecto, acostillado cuando la planta se encuentra en su etapa de crecimiento también se caracteriza ya que cuenta con alturas que van de 1 a 4 m, con raíz pivotante profunda (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], 2022).

2.2.3.3. Hojas

Las hojas se encuentran en un par de hojillas (estípulas) que tienen forma triangular con un largo de 6 mm. También las hojas son alternas, compuestas de foliolos, las dos laterales de forma elíptica con un largo y 11 ancho de hasta 12 y 4,5 cm. Por lo cual cada foliolo tiene un par de estípulas que son angostas de 4mm de largo y los peciolos cuentan con una longitud de 8 mm de largo (Burgos, 2014).

2.2.3.4. Flores

Cuenta con una floración semideterminada donde las inflorescencias estan compuestas por racimos con pedúnculos de 4 cm a 12 cm de largo y de 5 a 10 flores nacidas en el pedúnculo axilar. Las flores cambian de color según la variedad: donde pueden ser amarillas, naranjas, rojas sangre o amarillas con estrías moradas. Tiene surcos longitudinales y transversales que le dan una similitud rugosa. Son zigomorfas. La corola tiene entre 20 mm y 25 mm, con la bandera de 18 mm a 20 mm de ancho, y el cáliz de 10 mm a 12 mm de largo con cinco dientes lineares (FAO, 2018).

El ovario de la flor, cuenta con una posición inferior y que contiene entre tres y diez óvulos, presenta un pistilo notablemente engrosado en su parte central. Este pistilo, curvado en su extremo superior, exhibe una superficie cubierta de finos pelos. La estructura floral se completa con diez estambres, nueve de ellos fusionados y uno libre, todos con anteras de apariencia similar (Castillo et al., 2016).

2.2.3.4. Vaina

Las vainas, suelen ser indehiscentes, planas, oblongas y terminan en una punta afilada. Tienen de 5 cm a 13 cm de largo, 12 mm a 17 mm de ancho y están deprimidas profunda en los septos entre las dos a nueve semillas que contiene. Las vainas pueden ser de color verde o con estrías moradas (FAO, 2018).

2.2.4 Requerimientos edafoclimáticas

El frejol de palo es una planta de clima caluroso y húmedo donde su temperatura está en 18 °C y 30 °C, en la cual llega a soportar temperaturas hasta los 35 °C, ya que se adapta a suelos pobres y sequias no obstante no soporta las heladas o temperaturas bajas ya que esto provocaría congelamiento que ocasionaría que la planta no resista, esto se debe a la altura de su follaje (FAO, 2018).

Cook et al. (2020) menciona como cultivo, el guandul es resistente a la sequía por lo cual es capaz de crecer con una temporada seca de seis meses y con una precipitación menor de 300 mm; por lo ende es tolerante a condiciones de calor, pues gracias a ello crece a temperaturas mayores de 35 °C cuando la humedad y la fertilidad del suelo son adecuadas, y puede también crecer entre 0 y 2.000 m s. n. m., aunque su crecimiento se ve frenado por las bajas temperaturas ya que el cultivo de gandul así lo requiere.

2.2.5 Fertilización del cultivo de frejol de palo

En los suelos, el N es el elemento más importante para garantizar y asegurar la producción de cultivos, ya que es limitante para el crecimiento de las plantas. Dada la importancia de este elemento, no es extraño que se dediquen más recursos y esfuerzos a la gestión del N que a cualquier otro nutriente. Es por ello la importancia de la utilización del mismo (FAO, 2021)

2.2.5.1. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes más demandados por los cultivos de mayor producción. La dinámica del nitrógeno en el suelo implica pérdidas y

transformaciones, donde, la lixiviación y la desnitrificación, hacen que el manejo de la fertilización nitrogenada sea más complejo y costoso. El uso racional de fertilizantes nitrogenados es una de las estrategias para minimizar los impactos económicos y ambientales, mediante la estimación del nitrógeno potencial mineralizable del suelo, o la estimación del nitrógeno fácil, se puede utilizar en la recomendación de fertilizantes nitrogenados para contribuir a la necesidad del cultivo que sea una alternativa más práctico, simple y accesible (Dantas, 2023).

El nitrógeno, es el elemento que más es absorbido por las plantas. Ya que es un elemento esencial usado por las plantas para producir aminoácidos y ADN, y es parte de la molécula de clorofila, clave en la fotosíntesis lo cual nos va a permitir que los cultivos tengan un correcto desarrollo dando como resultado buenos rendimientos (Artal Smart Agriculture, 2020)

2.2.6 Relación beneficio costo de los tratamientos aplicados

El análisis costo-beneficio (ACB) sirve para poder evaluar de manera detallada los costos y beneficios de un proyecto ya sea a corto, mediano o largo plazo donde el objetivo principal es determinar si el proyecto es viable desde el punto de vista del bienestar social o económico, donde los costos y beneficios deben ser cuantificados, y expresados en unidades monetarias, con el fin de poder calcular los beneficios netos del proyecto para la sociedad en su conjunto (Ortega Aguaza, 2012).

Según Palacios y Chóez, (2021) El estudio reveló que todos los participantes se dedican al cultivo de gandul, principalmente pequeños productores con parcelas de uno a cinco hectáreas, obtiene rendimientos de cinco a diez quintales por hectárea. La principal venta es de vaina verde, comercializada mayormente en mercados mayoristas y procesadoras, a un precio de $12.00 por quintal. Esta fluctuación de precios a lo largo de la cadena de comercialización genera incertidumbre sobre la rentabilidad. No obstante, la actividad genera empleo local y un aumento en la producción podría impulsar significativamente el desarrollo socioeconómico de los productores de gandul, mejorando sus ingresos y su calidad de vida, a través de una mejor organización y acceso a mercados más amplios y competitivos. La implementación de estrategias de comercialización eficientes es crucial para asegurar la sostenibilidad de este cultivo vital para la economía local.

2.3 Marco legal

2.3.1 La Constitución de la República 2008

Título VI
Régimen de Desarrollo
Principios generales
CAPÍTULO PRIMERO

Art. 275.- El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socioculturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del sumak kawsay. El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente. El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza. (Constitución de la República del Ecuador, 2008, [Art. 275], p.135)

2.3.2 Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura

Capitulo II
Protección de la agrodiversidad

Art. 8.- Derechos en el ámbito de la agrobiodiversidad. La presente Ley garantiza los siguientes derechos individuales y derechos colectivos de 32 comunas, comunidades, pueblos y nacionalidad: c) Derecho de las personas naturales o jurídicas a la libre asociación para investigar, producir, comercializar semillas nativas, tradicionales y certificadas. (p.4)

Art. 49.- Prácticas y tecnologías. Constituyen prácticas y tecnologías de agricultura sustentable, destinadas al uso de alternativas de innovación tecnológica, que debe fomentar el Estado las siguientes: d) Prevenir y controlar las plagas y enfermedades mediante el uso de biopreparados, repelentes y atrayentes, así como la diversificación, introducción y conservación de enemigos naturales; e) Difundir mediante programas y campañas de educación e información pública los beneficios que reporta esta producción agrícola, tanto para productores como para consumidores. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p. 2,4,7)

2.3.3 Código Orgánico del Ambiente

Art.74.- de la Constitución de la República del Ecuador dispone que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a benefi ciarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p.4)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

El presente proyecto se realizó con una investigación de tipo experimental y de campo, donde se determinó que dosis cuenta con una mayor producción.

3.1.1.1. Investigación documental

Esta investigación fue de tipo documental donde se seleccionó la información de artículos científicos, revistas y sitios web para poder realizar el proyecto.

3.1.1.2. Investigación experimental

Esta investigación fue experimental, por el cual se estableció el cultivo en campo donde se observó los diferentes resultados con las dosis aplicadas.

3.1.1.3 Alcance de la investigación

El alcance de la investigación fue proporcionar más información sobre el cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)*, en Ecuador existe poca información de este cultivo. También beneficio a los agricultores de la zona, esta investigación se realizó en la finca “Los Arces” en el cantón Milagro, Guayas. Además de proporcionar información sobre el cultivo desde sus características morfológicas y sobre su nutrición con nitrógeno, el cual es la fertilización más utilizada por los agricultores.

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación fue de tipo experimental ya que se estableció el cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)* en el cantón Milagro desde la germinación usando así el (DBCA) donde se realizaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones con varias dosis de la fertilización nitrogenada.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Fertilización Urea 46% (Nitrógeno)

Frejol de palo *(Cajanus cajan)*

3.2.1.2. Variable dependiente

3.2.1.2.1. Altura de la planta cm.

Se midió la altura de planta a los 30, 50 y 60 días.

3.2.1.2.2. Diámetro del tallo cm.

Se midió los tallos de las plantas a los 30, 50 y 60 días.

3.2.1.2.3. Cosecha.

Se realizó la cosecha una vez que estuvieron listas las vainas.

3.2.1.2.4. Peso de vainas.

Se efectuó la medición del peso de 100 granos (vainas) en cada uno de los tratamientos en granos para obtener los resultados del estudio.

3.2.3 Tratamientos

Los tratamientos a usarse fueron cinco tratamientos con cuatro repeticiones con varias dosis de la fertilización nitrogenada.

3.2.4 Diseño experimental

La investigación fue de tipo descriptiva y experimental donde se realizó el diseño de bloques completo al azar (DBCA) en el cual se empleó con parcelas de 5 m x 4 m^2 en un total de área experimental de 20x20 m^2 donde cada tratamiento de los cuales fueron cinco contaron con cuatro repeticiones donde cada parcela tuvo diferentes dosis a aplicación donde se pudo comprobar que cantidad se obtuvo una mayor producción del frejol de palo *(Cajanus cajan)* en el estudio experimental en el cantón Milagro.

Tabla 1.

Descripción de los tratamientos

N°	Tratamiento	Dosis kg/ha	Dosis/parcela gr	Época de aplicación d.d.s
T1	Testigo Absoluto	-	-	-
T2	Urea/N	120 kg/ha	0.062	7-15-25días
T3	Urea/N	140 kg/ha	0.073	7-15-25 días
T4	Urea/N	160 kg/ha	0.083	7-15-25 días
T5	Urea/N	200 kg/ha	0.104	7-15-25 días

Elaborado por: La Autora, 2025

Tabla 2.

Andeva

Fuente de Variación	Formula	Desarrollo	Grados de Libertad (GL)
Bloques	b−1	4−1	3
Tratamientos	t−1	5−1	4
Error	(b-1) (t-1)	(4-1) (5-1)	12
Total	b.t -1	(4x5) -1	19

Elaborado por: La Autora, 2025

Tabla 3.

Esquema de ensayo

Diseño experimental	DBCA
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	4
Número de parcela	20
Forma de la parcela (5mx4m)	20 m²
Área total del experimento	676 m²
Largo de la parcela	5m
Ancho de la parcela	4m
Área útil de la parcela	3m²
Distanciamiento entre hileras	0.80m
Distanciamiento entre repeticiones	0.60m
Población de plantas a evaluar	42
Plantas a evaluar	10

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos

- Flexómetro
- Machete
- Guantes
- Bomba de fumigación
- Pala
- Celular
- Cuaderno
- Esfero
- Software
- Letreros
- **Económico**

Tabla 4.

Presupuesto

Implementos	Cantidad	Total ($)
Limpieza de terreno	1	270
Arado	1	30
Análisis de suelo	1	52
Semillas de frejol de palo	1	50
Flexómetro	1	8
Cinta métrica	1	8
Fertilizante urea 46% (Nitrógeno)	1	54
Libreta	1	1
Esferos	2	1
Letreros	20	20
Total		494

Elaborado por: La Autora, 2025

3.2.5.2. Métodos y técnicas

3.2.5.2.1. Métodos de investigación.

Método inductivo: Se analizo en base lo investigado para ponerlo en práctica.

Método deductivo: Se junto la información adecuada sobre las dosis a fertilizar en el frejol de palo *(Cajanus cajan).*

Método analítico: El método analítico demostró a través del análisis de datos donde se usó el software Infostat donde se obtuvieron los resultados y se realizó un análisis sobre ellos.

Método experimental: Se observó que dosis tuvo una buena producción en el cultivo de frejol de palo.

3.2.5.2.2. Técnicas de investigación.

Selección de terreno

Se realizó la selección del terreno en un área de 676 m² en el cantón Milagro, Guayas.

Limpieza de terreno

Se realizó la limpieza del área de forma manual y con el uso de herramientas agrícolas las cuales permitió dejar el terreno apto para la siembra.

Análisis de suelo

El análisis se lo realizo antes de la siembra para conocer la cantidad de nutrientes presentes en el suelo.

Riego

El riego se realizó antes de la siembra y cuando el cultivo lo necesitaba utilizando una bomba de caudal de dos pulgadas con tubos.

Siembra

La siembra fue directa de forma manual con la ayuda de un espeque donde se depositó dos semillas por golpe, la distancia fue de 0.60 cm entre hileras y 0,80 cm entre plantas.

Control de malezas

Para el control de malezas se realizó deshierbas manuales con el fin de mantener el cultivo libre de malezas a los después de la siembra.

Control fitosanitario

Para el control de plagas fue necesario evaluar ya que en el cultivo de frejol de palo no tiene un índice económico que sea afectado.

Fertilización

La fertilización se hizo a los 7-15-25 días después de la siembra, donde se utilizó como fuente nitrogenada Urea.

Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual cuando las vainas estén listas para comercializar.

3.2.6 Análisis estadístico

Se analizó el análisis de varianza al modelo de Tukey a 5% de error donde se demostró que el experimento fue altamente significativo esto se obtuvo gracias a Infostat que emplea análisis paramétricos de mayor potencia y precisión al estimar parámetros poblacionales, siempre y cuando se cumplan sus supuestos (normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de las observaciones). Estos métodos ofrecen pruebas estadísticas más eficientes para detectar diferencias o relaciones significativas entre variables. Sin embargo, si estos supuestos no se cumplen, la utilización de análisis paramétricos puede conducir a conclusiones erróneas, esta es la principal razón del uso.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de las características agronómicas en cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)* según los tratamientos planteados.

4.1.1 Altura de plantas 30 días (cm)

En la tabla 5 se detalla la variable altura a los 30 días, donde cada tratamiento presentó diferencias significativas. El mejor tratamiento con mayor desarrollo vegetativo fue T5 con una altura de 31.90 cm, seguido de los tratamientos T4 (Urea 160 kg/ha) con 23.40 cm y T3 (Urea 140 kg/ha) con 22.05 cm, los menores crecimientos fueron para el T2 (Urea 120 kg/ha) con 12.30 cm y T1 (Testigo absoluto) con 6.93 cm. Además, se detalla que posee un coeficiente de variación de 3.85%.

Tabla 5.

Altura 30 días (cm)

#Tratamiento	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	31.90	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	23.40	b
T3	Urea 140 kg/ha	4	22.05	b
T2	Urea 120 kg/ha	4	12.30	c
T1	Testigo	4	6.93	d
Coeficiente variación (%)			3.85	
	P valor		0.0001	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.2 Altura de plantas 50 días (cm)

La tabla 6 muestra la variable de altura a los 50 días, donde cada uno de los tratamientos mostró diferencias significativas en el crecimiento. Donde se obtiene el mejor resultado el T5 (Urea 200 kg/ha) con una altura 80.75 cm seguido de los tratamientos T4 (Urea 160 kg/ha) con 75.88 cm y T3 (Urea 140 kg/ha) con 70.80 cm y con menos crecimiento se encontraron el T2 (Urea 120 kg/ha) con 47.23 cm y T1(testigo) 37.00 cm y a su vez se muestra el coeficiente de variación de 2.20%.

Tabla 6.

Altura 50 días (cm)

#Tratamiento	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	80.75	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	75.88	b
T3	Urea 140 kg/ha	4	70.80	c
T2	Urea 120 kg/ha	4	47.23	d
T1	Testigo	4	37.00	e
Coeficiente variación (%)			2.90	
	P valor		0.0001	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)
Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.3 Altura de plantas 60 días (cm)

Los valores de la tabla 7, muestran la altura promedio de las plantas a los 60 días, donde indicó diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento T5 presentó la mayor altura promedio con 121.10 cm de altura, seguido del T4 (Urea 160 kg/ha) con 119.48cm mientras el T3 (Urea 140 kg/ha) con 117.38cm y T2 (Urea 120 kg/ha) con 113.45cm, siendo el más bajo el T1 el cual fue testigo con 90.80 cm, donde se mostró un coeficiente de variación de 1.03%.

Tabla 7.

Altura 60 días (cm)

#Tratamiento	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	121.10	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	119.48	a b
T3	Urea 140 kg/ha	4	117.38	b
T2	Urea 120 kg/ha	4	113.45	c
T1	Testigo	4	40.80	d
Coeficiente variación (%)			1.03	
	P valor		0.0001	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)
Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.4 Diámetro de plantas 30 días (cm)

En la tabla 8 se detalló a los 30 días el diámetro más alto fue el T5 (Urea 200 kg/ha) con 0.57 cm seguido del T4 (Urea 160kg/ha) con 0.36cm luego T3 (Urea 140kg/ha) con 0.28cm y T2 (Urea 120kg/ha) con 0.24 mientras que el T1 (testigo) fue el más bajo con 0.18cm donde se obtuvo como coeficiente de variación 14.56%.

Tabla 8.

Diámetro 30 días (cm)

#Tratamiento	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	0.57	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	0.36	b
T3	Urea 140 kg/ha	4	0.28	b c
T2	Urea 120 kg/ha	4	0.24	c
T1	Testigo	4	0.18	c
Coeficiente Variación (%)			14.56	
	P valor		0.0001	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)
Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.5 Diámetro de plantas 50 días (cm)

En la tabla 9 detalla que el diámetro fue de 1.00 cm tanto como en los tratamientos T5 (200kg/ha), T4 (Urea 160/ha), y T3 (Urea 140/ha) dando como resultado que no hubo una mayor significancia en los tres tratamientos a comparación con el T2 (Urea 120 kg/ha) con 0.83cm siendo así el testigo el más bajo con 0.35cm, es por ello que se obtuvo el coeficiente de variación 5.78%.

Tabla 9.

Diámetro 50 días (cm)

#Tratamiento	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	1.00	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	1.00	a
T3	Urea 140 kg/ha	4	1.00	a
T2	Urea 120 kg/ha	4	0.83	b
T1	Testigo	4	0.35	c
Coeficiente variación (%)			5.78	
	P valor		0.0001	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)
Elaborado por: La Autora, 2025

4.1.6 Diámetro de plantas 60 días (cm)

En la tabla 10 a los 60 días del cultivo de frejol de palo *(Cajanus cajan)* se obtuvieron medidas que fueron significativas, donde el Tratamiento 5 (Urea 200kg/ha) con 1.33 cm siendo el mejor que se obtuvo resultados en el diámetro seguido del Tratamiento T4 (Urea 160kg/ha) con 1.15cm, T3 (Urea140kg/ha)

1.10cm y T2 (Urea 120kg/ha) con 1.00cm hasta ser el testigo el que obtuvo la más baja con 0.50 donde se detalla un coeficiente de variación de 6.49%.

Tabla 10.

Diámetro 60 días (cm)

#Tratamiento	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	1.33	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	1.15	b
T3	Urea 140 kg/ha	4	1.10	b c
T2	Urea 120 kg/ha	4	1.00	c
T1	Testigo	4	0.50	d
Coeficiente Variación (%)			6.49	
	P valor		0.0001	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)
Elaborado por: La Autora, 2025

4.2 Determinación del tratamiento más eficaz con la aplicación de fertilizante en el cultivo de frejol de palo

4.2.1 Peso 100 granos (vainas)

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 11, el tratamiento T5, al aplicar una dosis, obtuvo la mayor productividad en términos de rendimiento de vainas. Donde se específica, que se registró el peso de 100 granos (vainas) con un peso total de 152.50 gramos. Este resultado destaca la superioridad del tratamiento T5 a la dosis de 200 kg/ha en comparación con los otros tratamientos evaluados en el estudio que fueron el T4 (Urea 160 kg/ha) con 139.00 gr, seguido del T3 (Urea 140 kg/ha) 129.75 gr. Los menores pesos fueron el T2 (Urea 120kg/ha) con 98.00 gr. y el T1 (Testigo) con 93.25 gr. Fue importante considerar que este alto rendimiento podría ser atribuido a diversos factores, donde se incluye, pero sin limitarse a, la optimización de la dosis del tratamiento y las condiciones ambientales durante el período experimental que fueron al inicio de la siembra en época seca posterior a la última estaba empezaron las lluvias durante el periodo de las plantas, o la interacción de ambos factores. La relación entre la dosis aplicada y el rendimiento obtenido, como se muestra para el tratamiento T5, proporciona información clave para optimizar la aplicación del tratamiento y maximizar la productividad en futuras investigaciones o aplicaciones a campo.

Tabla 11.

Peso 100 granos (vainas)

#Tratamientos	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	152.50	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	139.00	a b
T3	Urea 140 kg/ha	4	129.75	a b
T2	Urea 120 kg/ha	4	98.00	b
T1	Testigo	4	93.25	b
Coeficiente Variación (%)			16.89	
P valor			0.0058	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)

Elaborado por: La Autora, 2025

4.2.2 Productividad

En la tabla 12 que trata sobre el rendimiento de un cultivo de fríjol de palo en respuesta a diferentes tratamientos indica que el tratamiento T5, a una dosis de 200 kg/ha, resultó en el mayor rendimiento de vainas, con el peso de 100 granos vainas que peso 152.50 gramos en total. Este hallazgo sugiere una compensación positiva entre la dosis aplicada del tratamiento T5 y el rendimiento del cultivo de frejol de palo en las condiciones específicas del experimento. Sin embargo, es crucial destacar que este resultado no puede generalizarse sin más investigación, dado que los factores como las condiciones ambientales precipitación, temperatura, radiación solar, la calidad del suelo en el canton Milagro, podrían influir de manera significativa en los resultados obtenidos. Un análisis estadístico completo, donde se incluye pruebas de significancia, es necesario para determinar si la diferencia en el rendimiento entre el tratamiento T5 y los demás tratamientos es estadística significativa. Además, se requiere un estudio más amplio que incluya réplicas y diferentes ubicaciones geográficas para validar estos resultados y determinar la aplicabilidad óptima del tratamiento T5 en la producción del frejol de palo a escala comercial. Para finalizar, es importante considerar el costo-beneficio de la aplicación del tratamiento T5 a 200 kg/ha para determinar su viabilidad económica en la producción del frejol de palo.

Tabla 12.

Productividad

#Tratamientos	Descripción	N	Medias	Significancia
T5	Urea 200 kg/ha	4	528.64	a
T4	Urea 160 kg/ha	4	492.35	b
T3	Urea 140 kg/ha	4	426.86	b
T2	Urea 120 kg/ha	4	417.65	b
T1	Testigo	4	366.89	c
Coeficiente variación (%)			3.51	
	P valor		0.0001	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05)
Elaborado por: La Autora, 2025

4.3 Análisis de costo-beneficio sobre los tratamientos en estudio.

4.3.1 Análisis económico

El análisis económico, cuyos resultados se presentan en la Tabla 13, evalúa el rendimiento de cada unidad experimental en términos de su relación beneficio-costo. Este análisis permite determinar la rentabilidad de cada tratamiento aplicado, mostrando cuántos dólares de beneficio se obtuvieron por cada dólar invertido. En donde se especifica, que se cuantificó el retorno de la inversión para cada tratamiento y se considera el total de egresos representados por los costos de producción asociados a cada uno. Es por ello que la tabla proporciona información crucial para comparar la eficiencia económica de los diferentes tratamientos estudiados.

Tabla 13.

Análisis costo/beneficio

Descripción	T1	T2	T3	T4	T5
Producción (kg/ha)	366.89	417.65	426.86	492.35	528.64
Costo Total ($/ha)	649.00	679.00	679.00	679.00	679.00
Precio kg	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Beneficio Bruto ($/ha)	733.78	835.30	853.72	984.70	1057.28
Beneficio neto ($/ha)	84.73	156.30	174.72	305.70	378.28
Relación Beneficio-Costo	**1.13**	**1.23**	**1.26**	**1.45**	**1.56**

Elaborado por: La Autora, 2025

5. DISCUSIÓN

El presente estudio se enfoca en la fertilización nitrogenada, y se considera las condiciones climáticas, fue fundamental para maximizar la productividad del frejol de palo. Como resultado de los tratamientos aplicados se obtuvo datos donde se demuestra que el tratamiento T5 (Urea 200kg/ha) fue el mejor en el desarrollo vegetativo en la altura y el diámetro, por ende del T5 (Urea 200kg/Ha) el cual tuvo un buen resultado difiere con la investigación de Rezende et al. (2023) al evaluar la productividad del frejol de palo con pasto sometidos a cuatro dosis de nitrógeno aplicadas como cobertura (0, 80, 160 y 240kg ha $^{-1}$) donde se mide la altura de planta y masa seca de gandul, altura de planta, número de macollos, masa seca, se observa que no se requiere de dosis altas de fertilizante a base de N. además del mismo modo no se concuerda con Llanga et al. (2023) dado que hallazgos no coinciden con lo observado en el ensayo debido a diferentes dosis aplicadas donde el afirma que mediante la utilización de la labranza convencional y la aplicación de 100 % (N_2) y 150 % (N_3) de la fertilización nitrogenada, se pudo observar un incremento en la actividad enzimática de la β-glucosidasa. A comparación de no aplicar la fertilización nitrogenada en el cultivo de fréjol incidió de manera negativa se genera la reducción de la activa enzimática.

Es así que la aplicación de dosis altas se obtuvo un resultado favorable en el estudio indican que la aplicación de 200 kg/ha de fertilizante Urea produjo los mejores resultados en el cultivo de frejol de palo, donde supera el rendimiento con otras dosis en productividad y peso de 100 granos vainas. Esta dosis optimizó el crecimiento y la producción del cultivo lo cual no concuerda con Sucunuta (2023) dado que menciona que el uso de urea en una cantidad de 90 kg/ha produjo los mejores resultados en cuanto al peso de 100 granos, rendimiento y análisis económico. La eficiencia agronómica fue similar con dosis de urea de 80 y 90 kg/ha. Por lo tanto, se sugiere utilizar 90 kg/ha de urea como fuente de fertilización química en el cultivo de frejol.

En cuanto el costo beneficio se obtuvo a partir de los tratamientos aplicados con dosis de 120 y 200 (Urea kg/ha) se obtiene un beneficio del mismo en el cual no se concuerda con dado que son diferentes dosis la evaluación realizada ya que CIMMYT refuerza la idea de que un enfoque equilibrado en la fertilización nitrogenada, con dosis ajustadas como 90 kg N/ha, junto con buenas prácticas agrícolas, puede resultar en una producción más alta y sostenible del frejol de palo.

Esto no solo maximiza el rendimiento del cultivo, sino que también mejora la salud del suelo y reduce los costos asociados a la fertilización excesiva.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

El análisis de las características morfológicas reveló un crecimiento vegetativo significativo mayor en las plantas de frejol de palo aplicadas con las dosis de 200 kg/ha con (121.10 cm) y 160 kg/ha con (119.48 cm) de fertilizante nitrogenada. Por lo tanto, la altura como el diámetro de las plantas muestra incrementos positivos, que evidencia un efecto significativo de la fertilización nitrogenada en el desarrollo del cultivo.

La aplicación de nitrógeno en dosis de 200 kg/ha demuestra ser favorable para la producción del frejol de palo, que logra un aumento significativo en la producción, especialmente en términos de mayor número de vainas con (528.64 gr). Esta dosis permite un desarrollo equilibrado entre el crecimiento vegetativo y reproductivo del cultivo, superando los rendimientos obtenidos con dosis más bajas o sin fertilización nitrogenada, cabe recordar que estos resultados se obtienen en base a las condiciones climáticas y el terreno donde se estableció.

Los resultados obtenidos confirman la importancia crucial de la investigación y la implementación de prácticas agrícolas eficientes, como la fertilización nitrogenada, para lograr una producción rentable y sostenible del frejol de palo. Este enfoque contribuye de manera significativa al desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales, mejora de sus ingresos y su calidad de vida. El análisis costo-beneficio revela que el tratamiento con urea, en dosis de 200 kg/ha, genera un retorno económico favorable, optimizando la productividad y la rentabilidad del cultivo. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para determinar la dosis óptima de urea que maximice el rendimiento y la eficiencia económica, considerando las variaciones en las condiciones agroecológicas y la sostenibilidad a largo plazo del sistema productivo.

Los resultados confirman la hipótesis, que indica que la aplicación de fuentes nitrogenadas favorece la productividad del cultivo de frejol de palo, el tratamiento T5 (200 kg/ha de urea) fue el más efectivo, que muestra un rendimiento superior en el desarrollo vegetativo, altura, diámetro y productividad del frejol de palo, en comparación con los demás tratamientos.

6.2 Recomendaciones

Para agilizar la toma de datos en campo, se recomienda contar con todos los materiales necesarios de manera previa. Esto es fundamental para optimizar el proceso de recolección de información, como la medición del diámetro y la altura de las plantas de frejol de palo.

Además de la optimización de las dosis de urea, se recomienda aumentar la distancia entre plantas para reducir la densidad de siembra y evitar la competencia intraespecífica. Este ajuste en la densidad poblacional permitirá que cada planta tenga un mayor acceso a los recursos (luz, agua y nutrientes), que favorece a un mejor desarrollo individual y una mayor productividad. Este factor, en conjunto con las diferentes dosis de urea aplicadas, permitió una evaluación más completa del impacto de ambos parámetros en el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de frejol de palo, que ofrece una perspectiva más precisa para la optimización del manejo agronómico.

La superioridad del tratamiento T5 (200 kg/ha de fertilizante nitrogenado) sugiere en el cultivo de frejol de palo un buen resultado. Sin embargo, se requiere investigación complementaria para determinar la dosis óptima que maximice el rendimiento y la rentabilidad, considerando la relación costo-beneficio. Estudios futuros deberían profundizar en el análisis de la relación entre diferentes tipos y formulaciones de fertilizantes nitrogenados, y las condiciones climáticas locales para refinar aún más las recomendaciones de dosificación y maximizar los rendimientos de manera sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

Araujo, M. (2021). *Estudio comparativo del efecto del tratamiento térmico sobre la calidad física del frejol de palo (Cajanus cajan) en diferentes estados de maduración en la zona de Babahoyo.* Babahoyo, Ecuador: [Tesis de Maestria, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional.https://cia.uagraria.edu.ec/

Artal Smart Agriculture. (2020). *Artal Smart Agriculture*. https://www.artal.net/es/

Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Ley Organica de Agrobiodiversidad Semillas y Fomento de Agricultura. Articulo 8 y 49 [Capitulo II]. Registro oficial 983 de 12 de abril del 2017. https://www.ambiente.gob.ec/

Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Articulo 74 [Título III] Registro oficial Registro oficial 983 de 12 de abril del 2017. https://www.ambiente.gob.ec/

Burgos. (2014). Actualizacion del Catalago de la Flora Vascular Silvestre. *Botánica Iberica, 11*(12). https://jolube.wordpress.com/

Cantaro, H., Huaringa, A., & Zúñiga, D. (2019). Efectividad simbiótica de dos cepas de Rhizobium sp. en cuatro variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en Perú. *Scielo, 37*(4). https://www.scielo.cl/

Castillo, C., Narváez, W., & Hahn-von, C. (2016). agro-morphology and uses of Cajanus cajan L. *Scielo*. doi:https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.5

Cedeño Diéguez , J., & Gavilánez Travéz, L. (2022). *Respuesta agronómica de frejol de palo (Cajanus cajan L.) con abonos orgánicos.* La Maná-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). http://repositorio.utc.edu.ec/

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT. (2024). Chícharo gandul, opción para lograr parcelas diversificadas y mejorar la nutrición. *CIMMYT*. https://www.cimmyt.org/es/

Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT. (2023). Cultivo de leguminosas ayuda a optimizar la fertilización nitrogenada. *Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT*. https://www.cimmyt.org/es/

Chávez, R. (2020). *Respuesta del cultivo de frijol común a bajo contenido de fósforo en el suelo: Revisión de Literatura.* Honduras: [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. https://bdigital.zamorano.edu/

Cook, B., Pengelly, B., Schultze-Kraft,, R, T., Burkart, S., Cardoso Arango, J., Peters, M. (10 de 6 de 2020). *Tropical forages: An interactive selection tool. International Center for Tropical Agriculture (ciat); International Livestock Research Institute (ilri).* Tropical Forages: https://www.tropicalforages.info/

Corporación colombiana de investigación agropecuaria - (AGROSAVIA). (2022). Manual técnico para la producción de semilla de guandul (Cajanus cajan (L.) Huth) en Colombia. *Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA*. doi:https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405255

Dantas, R. d. (2023). Los cultivos de cobertura afectan las fracciones de nitrógeno del suelo y la capacidad de respuesta del maíz al nitrógeno en la región del Cerrado. *Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*. doi:https://doi.org/10.11606/T.11.2023.tde-07112023-153516

Felipe, G. (2013). Cuantificacion de enfermedades en lineas promisorias ya variedades de frejol en Quevedo, Ecuador. *Redalyc*, 196-207. doi:https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=380878968022

González, L., Rey, A., & Fallas, A. (2016). El gandul (Cajanus cajan (L.) Mill sp.) una excelente alternativa para Sistemas Agrosilvopastoriles. *Portal de revistas UNED, 19*(2), 8-9. https://revistas.uned.ac.cr/

Constitución de la República del Ecuador (2008). Artículo 275 [Título 6] Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. https://www.defensa.gob.ec/

Llanga, L., Avila Salem, M.,Montesdeoca, F., Humberto, A., Lenin Ron, G., Espinosa, J.,Alvarado Ochoa, S. (2023). Efecto de la labranza y fertilización nitrogenada en los cultivos de fréjol y maíz sobre indicadores biológicos de la calidad de un suelo andino del Ecuador. *Universidad Central del Ecuador, 10*(1), 10-11. http://scielo.senescyt.gob.ec/

López Hidalgo, H., Martínez González , J., Balseca Guzmán, D., Gusqui Vilema, L., & Cienfuegos Rivas, E. (2018). Crecimiento inicial de dos variedades de gandul (Cajanus cajan (L.) Millsp.)en el trópico de Ecuador. *Abanico Veterinario, 8*(2), 33–46. https://www.mendeley.com/

Morales Morales, E., Martín Rubí, M., López Sandova, J., Martínez Campos, Á., & Morales Rosales, E. (5 de 2 de 2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas , 10*(8). doi:https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732

Navarro, C., Restrepo, D., & perez , J. (2014). el guandul (Cajanus cajan) una alternativa en la industria de los alimentos. *Scielo, 12*(2). http://www.scielo.org.co/

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2018). *Nuetras Lemgumbres pequeñas semillas, grandes soluciones*. Recuperado el 5 de 20 de 2024, de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO: https://openknowledge.fao.org/

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2021). *El carbono orgánico del suelo y nitrógeno: revisión de los retos para la mitigación y adaptación al cambio climático en sistemas agroalimentarios.* Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO: https://www.fao.org/

Ortega Aguaza, B. (2012). Análisis Coste-Beneficio. *eXtoikos*(5), 147-149. https://dialnet.unirioja.es/

Palacios, A., & Chóez, G. (2021). Producción del fréjol gandul (cajanus cajan) y su aporte al desarrollo socio-económico de los productores del cantón pedro carbo. *Universidad estatal del sur de Manabi*. http://repositorio.unesum.edu.ec/

Rezende, P. R., Rodrigues, L. M., Backes, C., Teodoro, A. G., Santos, A. J., Fernandes, P. B., Bessa, S. V. (s.f.). Productivity and nutrient extraction by Paiaguás palisadegrass, single and intercropping with pigeon pea, submitted to doses of nitrogen. *74*(6). doi:https://doi.org/10.1590/1678-4162-12827

Robledo, L. (2010). Gandul Cajanus cajan (L.) Mill Leguminosea. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 1-2. Recuperado el 10 de Junio de 2024, de https://es.scribd.com/doc/31118870/Cajanus-Cajan-Gandul

Sameer Kumar, C., Satheesh Naik, S., Mohan, N., Rachit, K., Saxena, K., Rajeev, K., & Varshney. (2017). Botanical Description of Pigeonpea. *Springer*, 17-29. https://oar.icrisat.org/

Sucunuta Palma, M. (2023). *Evaluación de diferentes dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de frejol cuarentón (Phaseolus vulgaris L.), en la zona de la Isla de Bejucal.* Babahoyo,Ecuador de Babahoyo: [Tesis de pregrado, Universidad Técnica]. Repositorio institucional http://dspace.utb.edu.ec/

Torres, D., & Yamali, J. (2024). Determinación de los componentes nutricionales de las semillas de Cajanus cajan (frejol de palo), producido en el valle de Ica. *Universidad Nacional San Luis Gonzaga*. https://hdl.handle.net/

ANEXOS

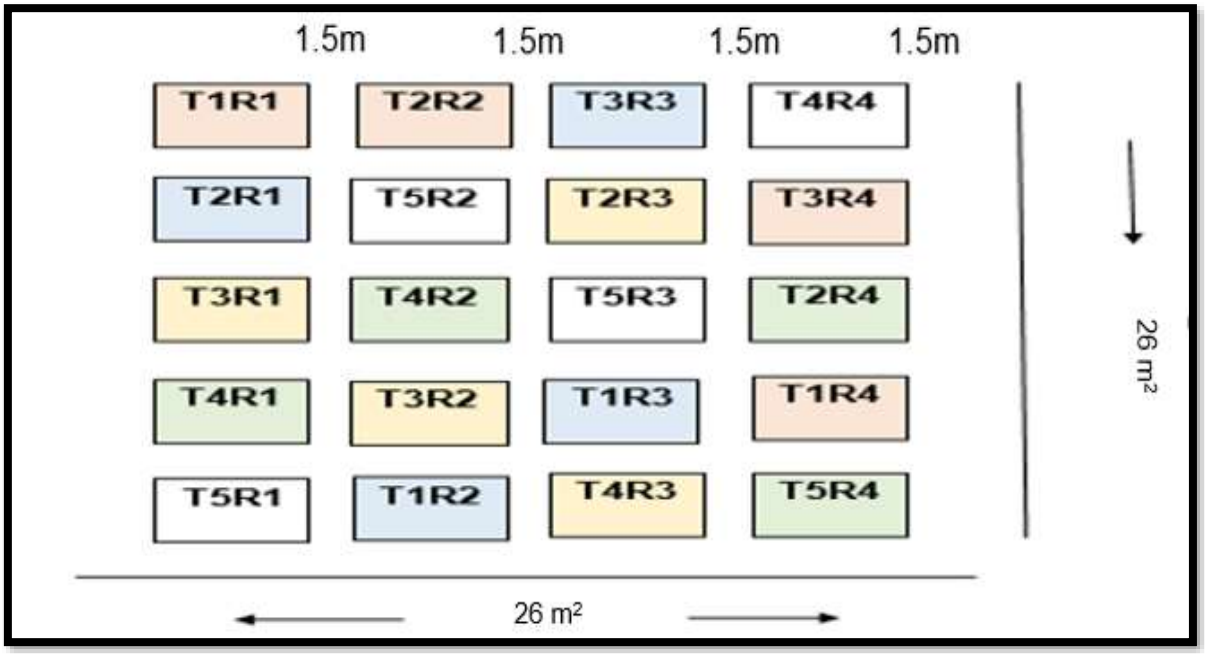
Figura 1.

Satelital del cantón Milagro provincia del Guayas

Fuente: Google Earth, 2024 **Elaborado: La Autora, 2025**

Figura 2.

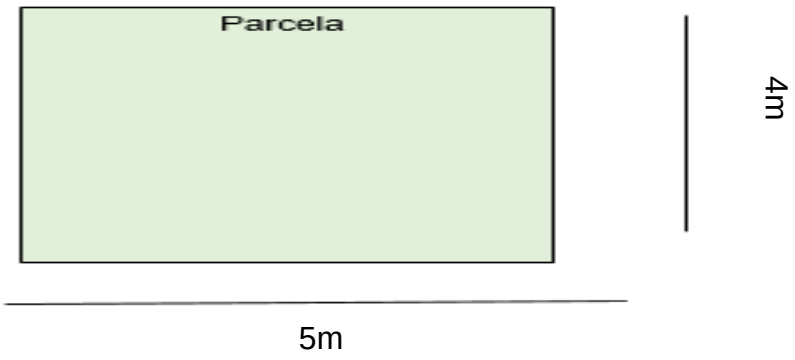
Croquis de campo



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 3.

Diseño de parcela



Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 4.
Ficha técnica

FERMAGRI
INNOVACIÓN EN FERTILIZANTES

UREA GRANULAR
46% N
FERTILIZANTE EDÁFICO

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÁMETRO	CONTENIDO
Fórmula Química	$CO(NH_2)_2$
Peso Molecular	60.6
Nitrógeno Total (N)	46 %
Nitrógeno Ureico ($N\text{-}NH_2$)	46 %
Biuret	1 % máx.
Granulometría	90% 2 - 4 mm
Densidad Aparente	1000 - 1200 kg/m³
Angulo de reposo	26 – 28 grados
Presentación Física	Perlas esféricas blancas
pH (solución al 10%)	9,2 - 9.5
Solubilidad (20 °C)	1.080 g/litro
Humedad	0.5 % máx.
Humedad Relativa Crítica (30°C)	72 %
Índice de Salinidad	75

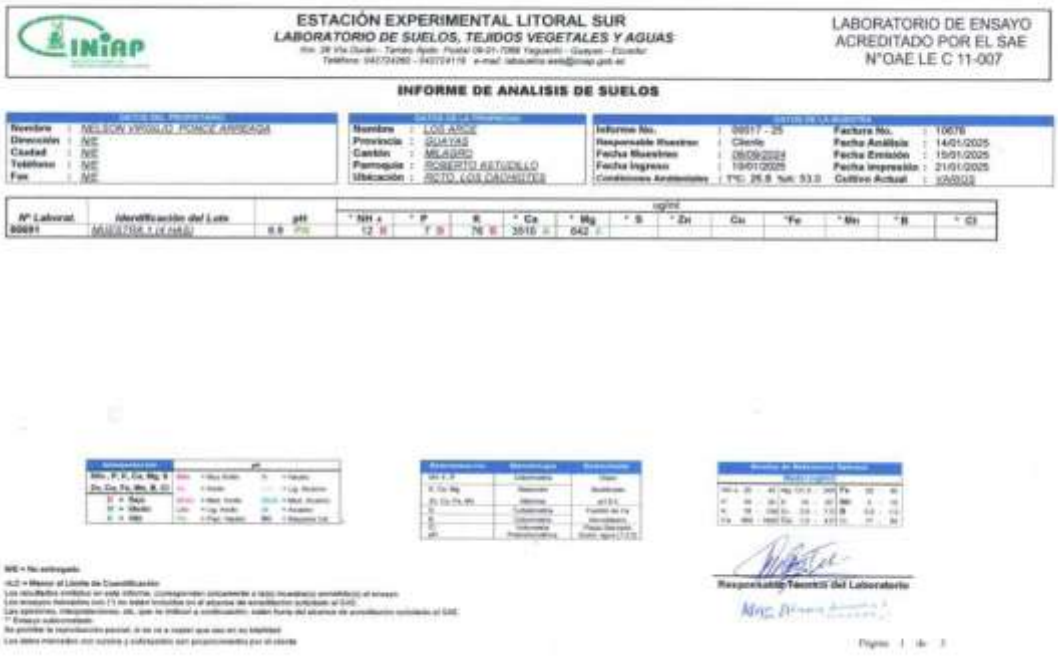
- ✓ Fertilizante granulado que aporta nitrógeno en forma ureica.
- ✓ Entre los fertilizantes sólidos la urea es la fuente nitrogenada de más alta concentración en el mercado.
- ✓ El nitrógeno es esencial para la síntesis de la clorofila y por ende está involucrado con los procesos fotosintéticos, estando directamente relacionado con el crecimiento y desarrollo vde la planta.

PRESENTACIÓN
Sacos de 50 kg

ORIGEN
RUSIA

Fuente: Farmagri **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 5.
Análisis de suelo



ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE N°OAE LE C 11-007

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Nombre	NELSON VIRGILIO PONCE ARREAGA	Nombre	LOS ANGE
Dirección	N/E	Provincia	GUAYAS
Ciudad	N/E	Cantón	MILAGRO
Teléfono	N/E	Parroquia	ROBERTO ASTUDILLO
Fax	N/E	Ubicación	RECTO, LOS CACHOTES

Informe No.	00017 - 25	Factura No.	10676
Responsable Muestreo	Cliente	Fecha Análisis	14/01/2025
Fecha Muestreo	09/09/2024	Fecha Emisión	15/01/2025
Fecha Ingreso	10/01/2025	Fecha Impresión	21/01/2025
Condiciones Ambientales	T°C: 26.8 %H: 53.0	Cultivo Actual	MAÍZCS

Nº Laborat.	Identificación del Lote	pH	NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Cl
00001	MUESTRA 1 (4 HAS)	6.9	12	7	76	3816	642							

Responsable Técnico del Laboratorio

Fuente: Iniap Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 6.
Análisis de suelo

ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE N°OAE LE C 11-007

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Nombre	NELSON VIRGILIO PONCE ARREAGA	Nombre	LOS ANGE
Dirección	N/E	Provincia	GUAYAS
Ciudad	N/E	Cantón	MILAGRO
Teléfono	N/E	Parroquia	ROBERTO ASTUDILLO
Fax	N/E	Ubicación	RECTO, LOS CACHOTES

Informe No.	00017 - 25	Factura No.	10676
Responsable Muestreo	Cliente	Fecha Análisis	14/01/2025
Fecha Muestreo	09/09/2024	Fecha Emisión	15/01/2025
Fecha Ingreso	10/01/2025	Fecha Impresión	21/01/2025
Condiciones Ambientales	T°C: 26.8 %H: 53.0	Cultivo Actual	MAÍZCS

Nº Laborat.	Identificación	Textura (%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	*AHH	*AU	*Ra	C.E.	*M.O.	K	*Ca	*Mg	Σ Bases	Cu	Mg	Carbón
00001	MUESTRA 1 (4 HAS)										5.19	17.56	6.25	23.00	3.30	27.1	3.917

Responsable Técnico del Laboratorio

Fuente: Iniap Elaborado por: La Autora, 2025

Figura 7.
Altura de planta (cm) a los 30 días

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura de plantas 30 días ..	20	1,00	0,99	3,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1546,82	7	220,97	398,87	<0,0001
Tratamientos	1541,09	4	385,27	695,44	<0,0001
Bloques	5,73	3	1,91	3,45	0,0516
Error	6,65	12	0,55		
Total	1553,47	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,67757

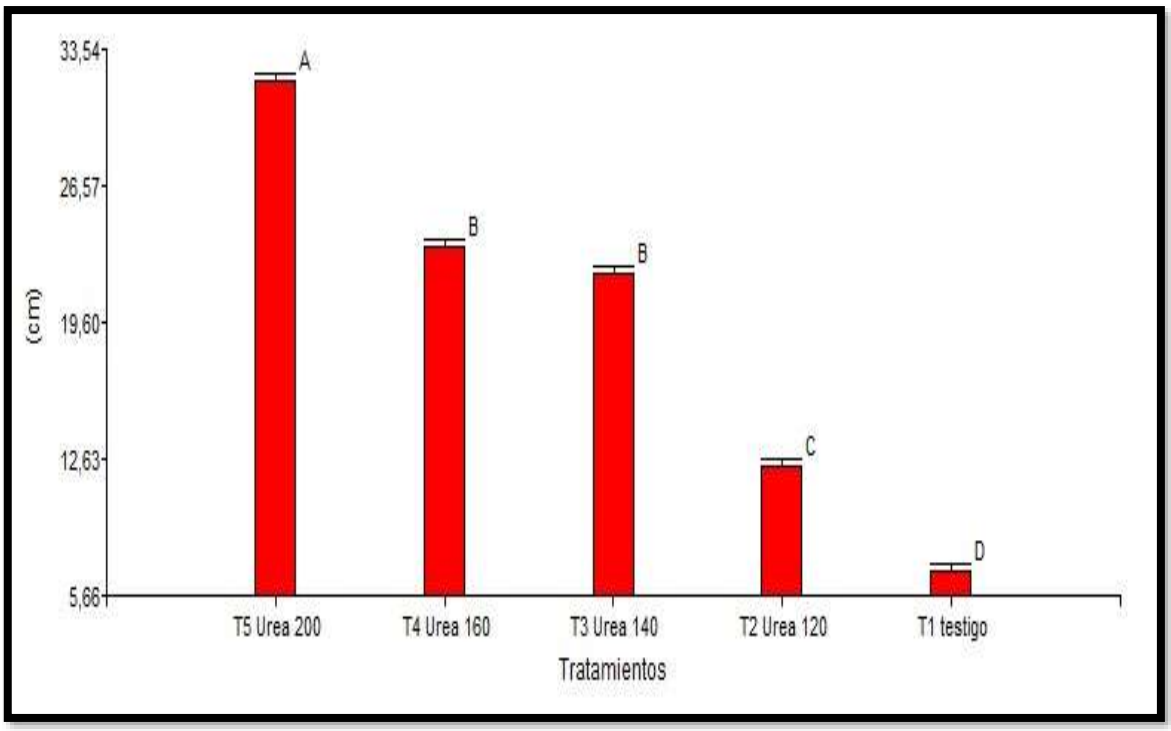
Error: 0,5540 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T5 Urea 200	31,90	4	0,37	A			
T4 Urea 160	23,40	4	0,37		B		
T3 Urea 140	22,05	4	0,37		B		
T2 Urea 120	12,30	4	0,37			C	
T1 testigo	6,93	4	0,37				D

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 8.
Altura de planta (cm) a los 30 días



Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 9.
Altura de planta (cm) a los 50 días

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Altura 50 días (cm)	20	0,99	0,99	2,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5889,07	7	841,30	257,97	<0,0001
Tratamientos	5857,10	4	1464,27	448,99	<0,0001
Bloques	31,97	3	10,66	3,27	0,0591
Error	39,14	12	3,26		
Total	5928,20	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,07022

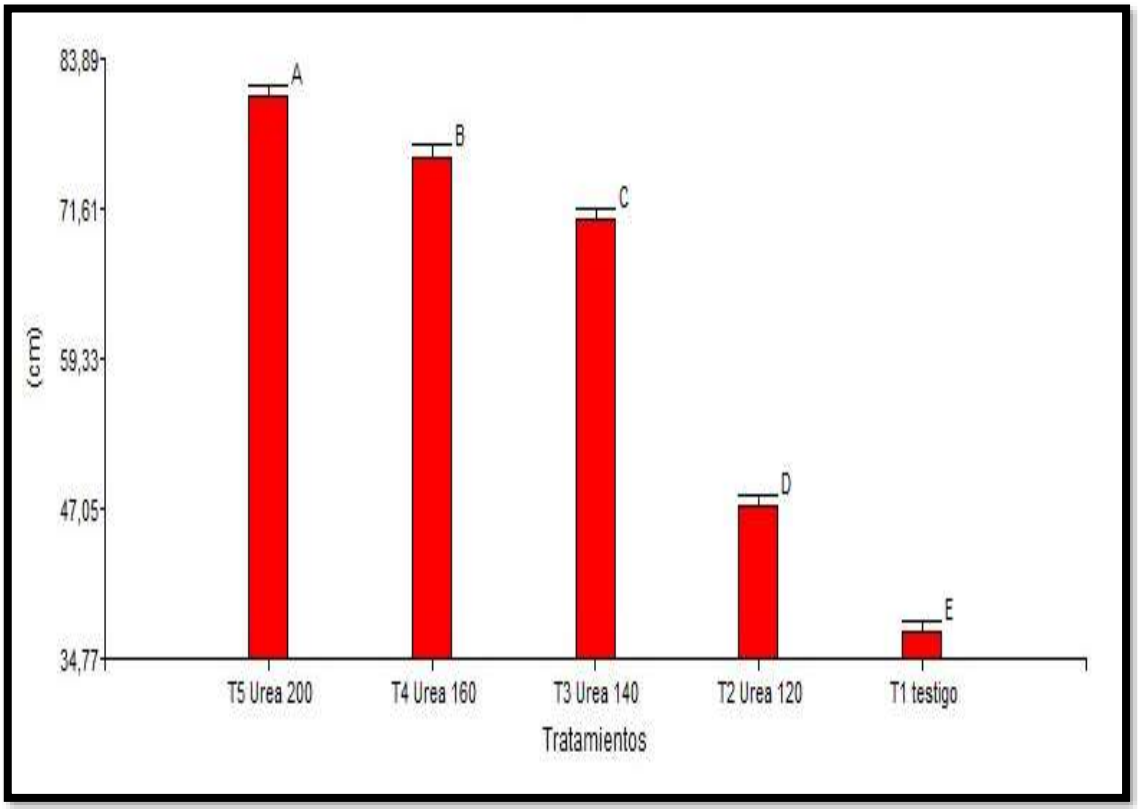
Error: 3,2613 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T5 Urea 200	80,75	4	0,90	A			
T4 Urea 160	75,88	4	0,90		B		
T3 Urea 140	70,80	4	0,90			C	
T2 Urea 120	47,23	4	0,90				D
T1 testigo	37,00	4	0,90				E

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 10.
Altura de planta (cm) a los 50 días



Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 11.
Altura de planta (cm) a los 60 días

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Altura de plantas 60 días ..	20	0,99	0,99	1,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2476,94	7	353,85	265,30	<0,0001
Tratamientos	2472,60	4	618,15	463,47	<0,0001
Bloques	4,34	3	1,45	1,08	0,3927
Error	16,00	12	1,33		
Total	2492,95	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,60293

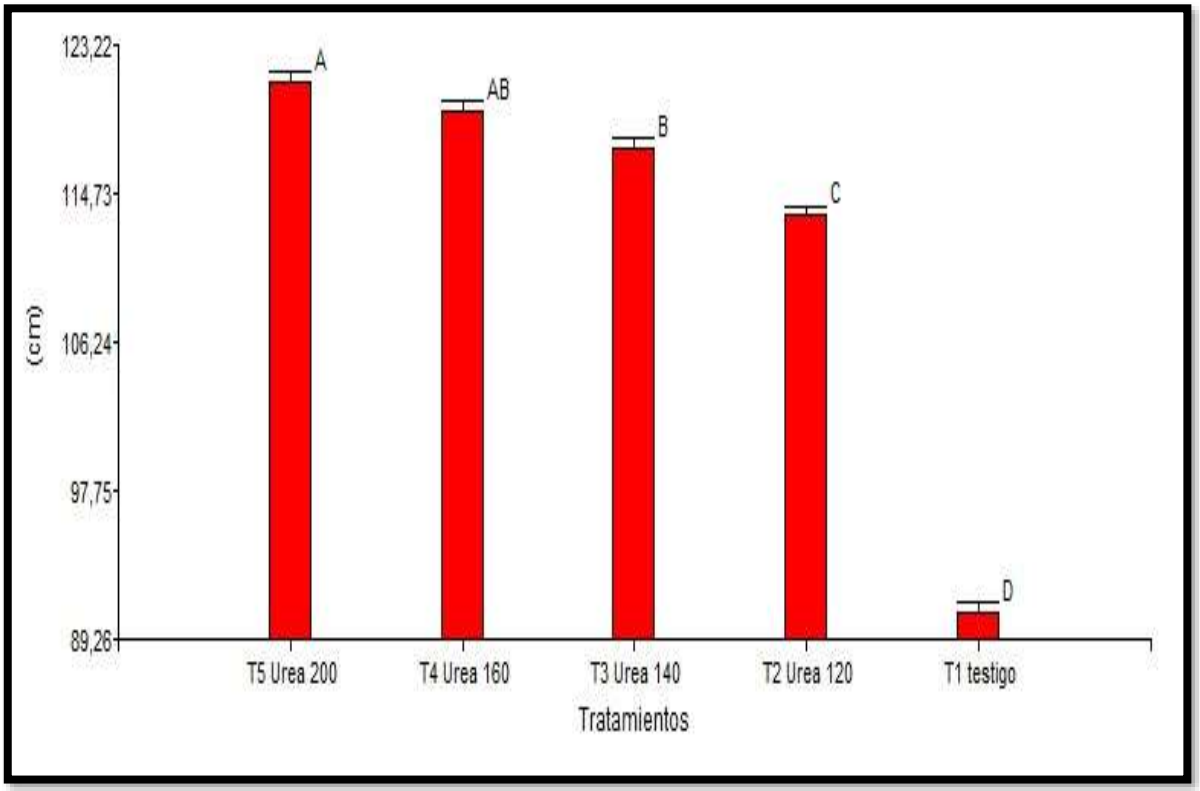
Error: 1,3337 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T5 Urea 200	121,10	4	0,58	A			
T4 Urea 160	119,48	4	0,58	A	B		
T3 Urea 140	117,38	4	0,58		B		
T2 Urea 120	113,45	4	0,58			C	
T1 testigo	90,80	4	0,58				D

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 12.
Altura de planta (cm) a los 60 días



Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 13.
Diámetro de planta (cm) a los 30 días

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Diametro 30 días (cm)	20	0,93	0,89	14,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,37	7	0,05	23,77	<0,0001
Tratamientos	0,36	4	0,09	40,25	<0,0001
Bloques	0,01	3	4,0E-03	1,79	0,2027
Error	0,03	12	2,2E-03		
Total	0,40	19			

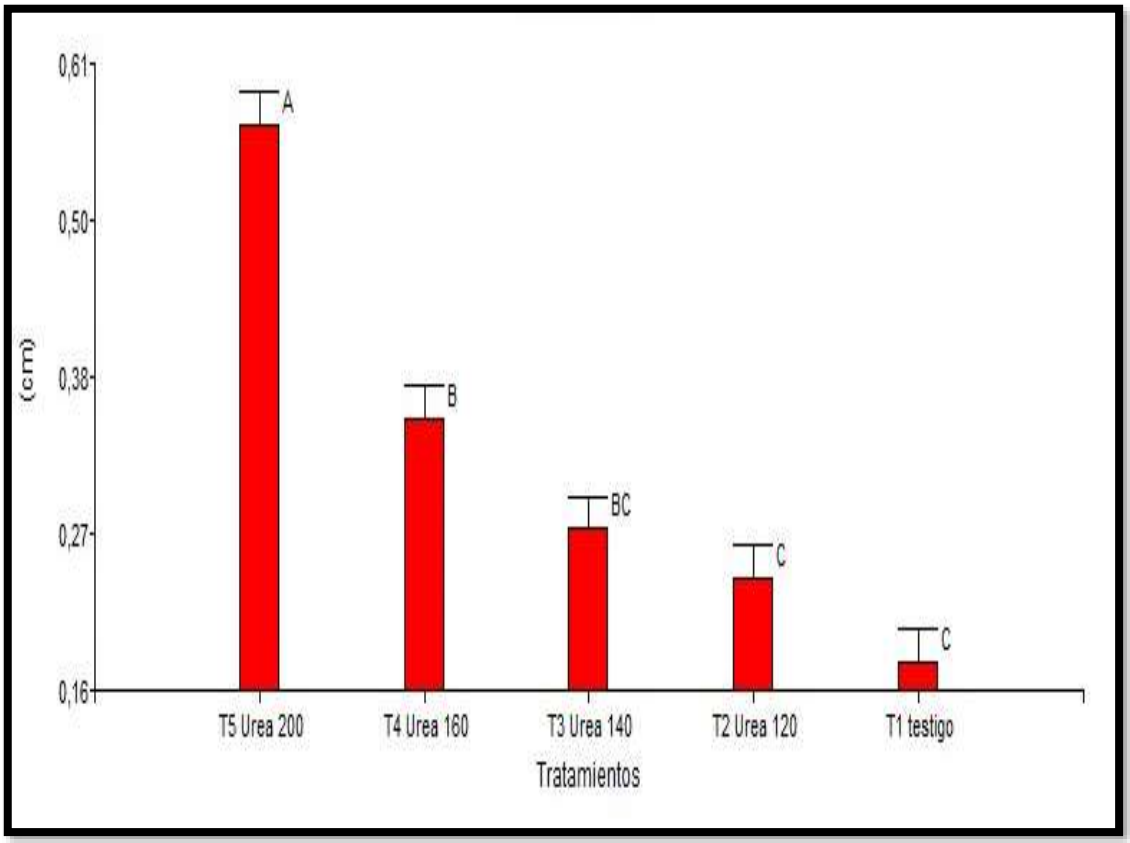
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10611

Error: 0,0022 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T5 Urea 200	0,57	4	0,02	A		
T4 Urea 160	0,36	4	0,02		B	
T3 Urea 140	0,28	4	0,02		B	C
T2 Urea 120	0,24	4	0,02			C
T1 testigo	0,18	4	0,02			C

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**



Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 14.
Diámetro de planta (cm) a los 50 días

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Diámetro 50 días (cm)	20	0,98	0,97	5,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,28	7	0,18	78,21	<0,0001
Tratamientos	1,27	4	0,32	135,86	<0,0001
Bloques	0,01	3	3,2E-03	1,36	0,3026
Error	0,03	12	2,3E-03		
Total	1,31	19			

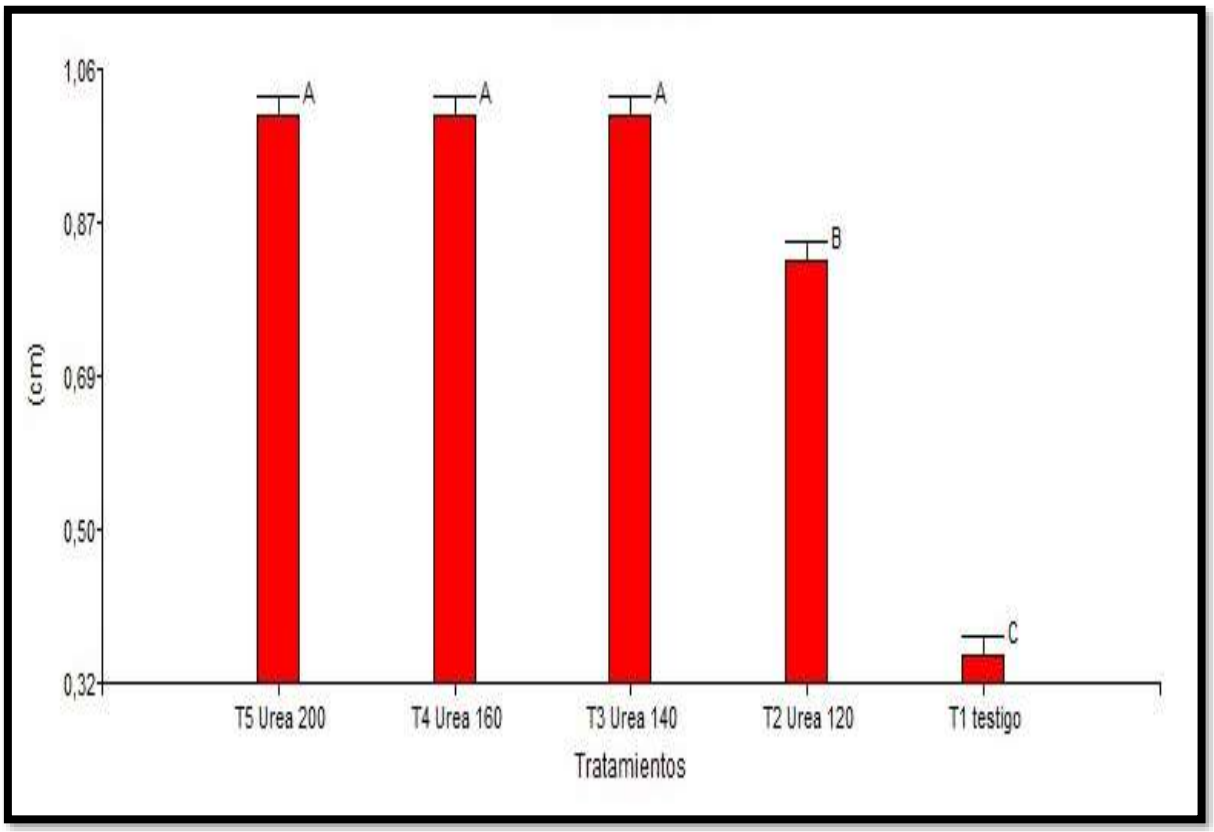
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10887

Error: 0,0023 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.			
T5 Urea 200	1,00	4	0,02	A		
T4 Urea 160	1,00	4	0,02	A		
T3 Urea 140	1,00	4	0,02	A		
T2 Urea 120	0,83	4	0,02		B	
T1 testigo	0,35	4	0,02			C

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**



Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 15.
Diametro de planta (cm) a los 60 días

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Diametro 60 días (cm)	20	0,97	0,95	6,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,55	7	0,22	51,21	<0,0001
Tratamientos	1,55	4	0,39	89,31	<0,0001
Bloques	0,01	3	1,8E-03	0,42	0,7399
Error	0,05	12	4,3E-03		
Total	1,61	19			

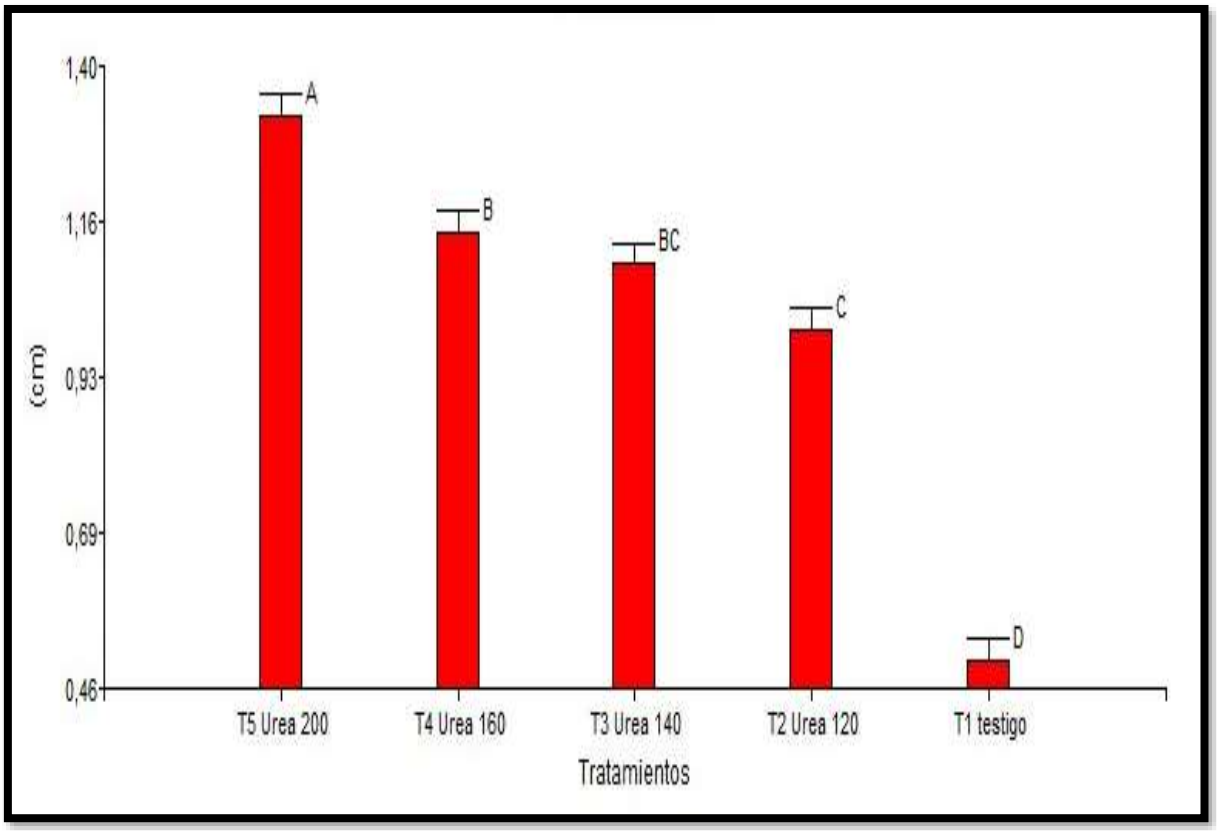
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14837

Error: 0,0043 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.				
T5 Urea 200	1,33	4	0,03	A			
T4 Urea 160	1,15	4	0,03		B		
T3 Urea 140	1,10	4	0,03		B	C	
T2 Urea 120	1,00	4	0,03			C	
T1 testigo	0,50	4	0,03				D

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 202**



Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 16.
Peso 100 granos (vainas)

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso (gr)	20	0,87	0,79	16,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33268,30	7	4752,61	11,10	0,0002
Tratamiento	10722,50	4	2680,63	6,26	0,0058
Bloque	22545,80	3	7515,27	17,56	0,0001
Error	5136,70	12	428,06		
Total	38405,00	19			

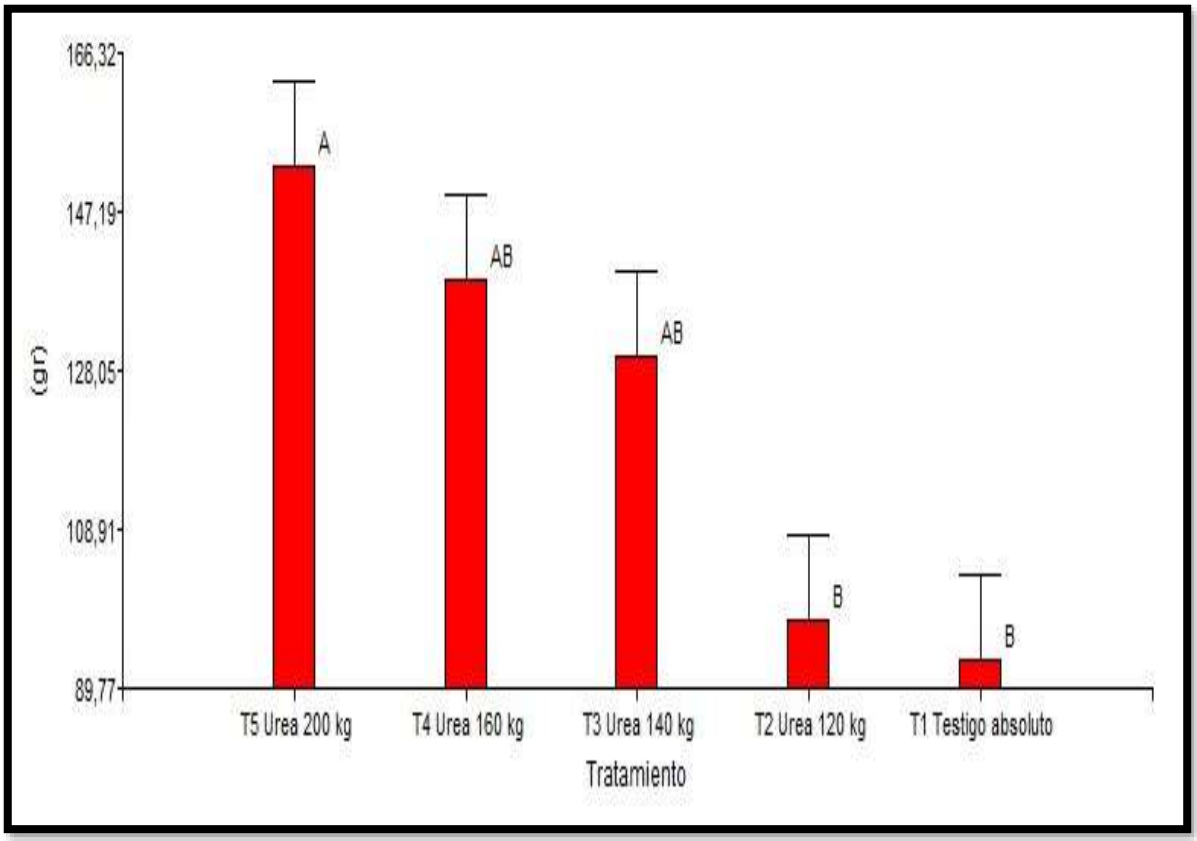
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=46,63129

Error: 428,0583 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T5 Urea 200 kg	152,50	4	10,34	A	
T4 Urea 160 kg	139,00	4	10,34	A	B
T3 Urea 140 kg	129,75	4	10,34	A	B
T2 Urea 120 kg	98,00	4	10,34		B
T1 Testigo absoluto	93,25	4	10,34		B

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**



Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 17.
Productividad

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Rendimiento	20	0,95	0,93	3,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66093,09	5	13218,62	53,83	<0,0001
Tratamiento	66093,09	5	13218,62	53,83	<0,0001
Error	3437,72	14	245,55		
Total	69530,80	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=45,32784

Error: 245,5513 gl: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T5 Urea 200 kg	528,64	4	7,84	A		
T4 Urea 160 kg	492,35	4	7,84	A		
T3 Urea 140 kg	426,86	4	7,84		B	
T2 Urea 120 kg	417,65	3	9,05		B	
T2 Urea 120kg	410,28	1	15,67		B	C
T1 Testigo absoluto	366,89	4	7,84			C

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

Fuente: Infostat **Elaborado por: La Autora, 2025**

Figura 18.
Medición del terreno

La Autora, 2025

Figura 19.
Limpieza del terreno y delimitación de parcelas

La Autora, 2025

Figura 20.
Semillas de frejol de Palo

La Autora, 2025

Figura 21.
Siembra del frejol de palo

La Autora, 2025

Figura 22.
Revisión de germinación

La Autora, 2025

Figura 23.
Crecimiento del frejol de palo

La Autora, 2025

Figura 24.
Fertilización con Urea 46%

La Autora, 2025

Figura 25.
Toma de Diámetro en 30 días (cm)

La Autora, 2025
Figura 26.
Toma de altura en 30 días (cm)

La Autora, 2025

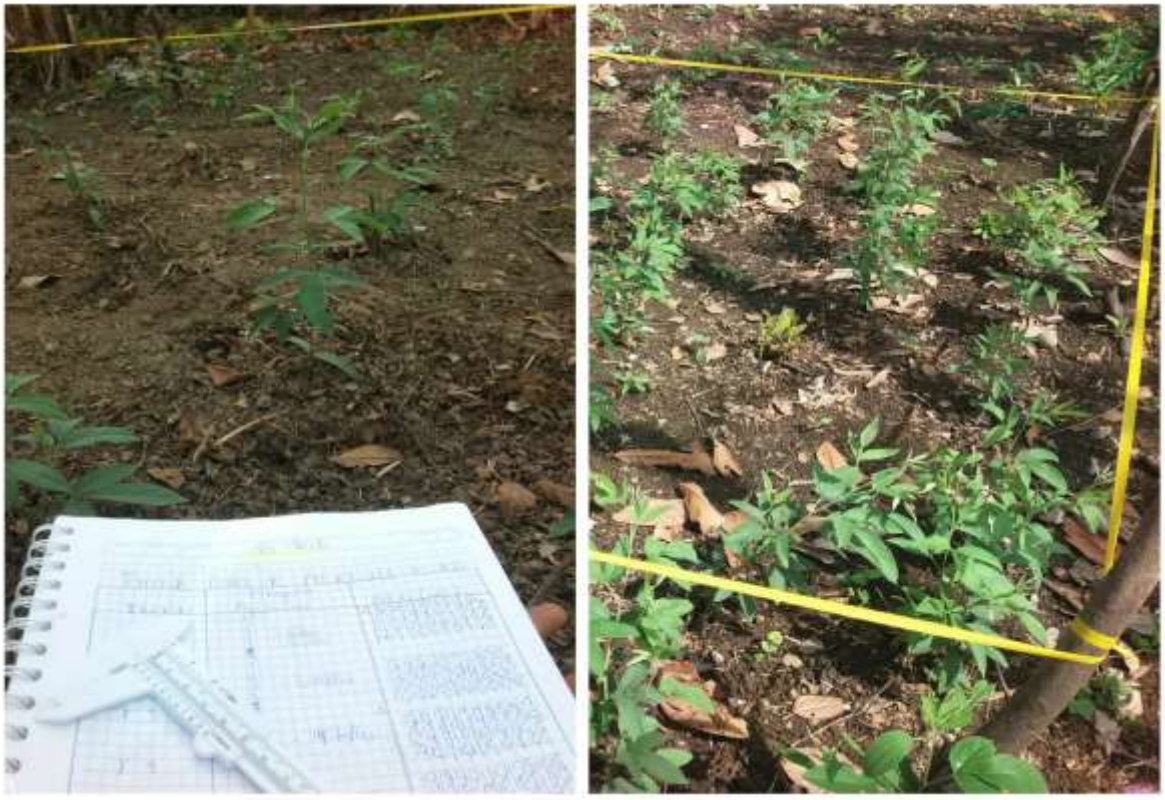
Figura 27.
Medición de diámetro y altura

La Autora, 2025

Figura 28.
Limpieza de la parcelas

La Autora, 2025

Figura 29.
Toma de datos de frejol de palo



La Autora, 2025

Figura 30.
Crecimiento del frejol de palo

La Autora, 2025

Figura 31.
Parcelas de estudio

La Autora, 2025

Figura 32.
Toma de diámetro a los 60 días (cm)

La Autora, 2025

Figura 33.
Toma de altura a los 60 dias (cm)

La Autora, 2025

Figura 34.
Vainas del estudio

La Autora, 2025

Figura 35.
Vainas cosechadas

La Autora, 2025

Figura 36.
Productividad del frejol de palo

La Autora, 2025

Figura 37.
Pesado de 100 granos vainas

La Autora, 2025

Figura 38.
Visita del tutor

La Autora, 2025