# 

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

**Efecto de la fertilización química con macronutrientes sobre la producción de dos variedades de frejol caupí (*Vigna Unguiculata* L.).**

**AUTOR:**

Daniel Eduardo Anchundia Anchundia

**TUTOR:**

Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca PhD.

Santa Ana – Manabí – Ecuador

2022

**DEDICATORIA**

A Dios, por haberme dado la sabiduría, la constancia, la virtud y la fortaleza de llegar a culminar la carrera Universitaria.

A mis padres por haberme dado la oportunidad que pocos tienen de estudiar y superarse, para estar mejor capacitados al servicio de la sociedad, en el contexto de la conservación de los recursos naturales, como buenos profesionales, quienes son la razón de seguir día a día esforzándome, en bien de mi superación profesional.

A mi hermana por apoyarme en mi formación moral y profesional. A mis familiares quienes de una u otra forma me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y a mis mejores amigos.

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica del Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica y a todos los docentes y personal administrativos que me brindaron su apoyo necesario para culminar el ciclo universitario.

Al tutor: Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca PhD, agradecido por sus acertadas sugerencias al realizar la tesis.

A mis compañeros por su compañía en todo el proceso de formación profesional.

# CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO

Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca. PhD.

**CERTIFICO:**

Que la tesis de grado titulada “Efecto de la fertilización química con macronutrientes sobre la producción de dos variedades de frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.)**”** es trabajo original del señor egresado Anchundia Anchundia Daniel, el cual fue realizado bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones y reglamentos establecidos en su ejecución.

Santa Ana, mayo del 2022

**-----------------------------------------------­­­­--------------------**

Ing. Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca PhD.

**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

# CERTIFICACIÓN DEL REVISOR DEL TRABAJO

Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar. PhD.

CERTIFICO:

Que he revisado estilo y ortografía del trabajo de titulación **“Efecto de la fertilización química con macronutrientes sobre la producción de dos variedades de frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.)”** elaborado por Anchundia Anchundia Daniel, el presente trabajo ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y sintaxis vigentes **“en el reglamento de la unidad de titulación especial de la Universidad Técnica de Manabí”.**

**-------------------------------------------------------------------**

Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar PhD.

**REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

# CERTIFICACIÓN DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TEMA**

Efecto de la fertilización química con macronutrientes sobre la producción de dos variedades de frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.)

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Sometida a consideración del Tribunal de Seguimiento y Evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

-------------------------------------------------------------

Dr. George Cedeño García PhD.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**-------------------------------------------------------------**

Dra. Adriana Celi Soto PhD.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**-------------------------------------------------------------**

Dr. Freddy Zambrano Gavilanes PhD.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

# DECLARACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR

Anchundia Anchundia Daniel, declaro bajo juramento que es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual del autor.

------------------------------------------------------------

Anchundia Anchundia Daniel

**EGRESADO**

**Índice de contenido**

[certificación del director del trabajo iv](#_Toc104874846)

[certificación del revisor del trabajo v](#_Toc104874847)

[certificación de la comisión de revisión y evaluación vi](#_Toc104874848)

[declaración sobre derechos de autor vii](#_Toc104874849)

[resumen xiii](#_Toc104874850)

[abstract. xiv](#_Toc104874851)

[1. Introducción. 1](#_Toc104874852)

[4.- objetivos. 3](#_Toc104874853)

[4.1.- general. 3](#_Toc104874854)

[4.2.- específicos. 3](#_Toc104874855)

[5.- marco teórico 4](#_Toc104874856)

[5.1.- generalidades del cultivo de frejol. 4](#_Toc104874857)

[5.2.- taxonomía y origen del frejol 4](#_Toc104874858)

[5.3.- morfología 4](#_Toc104874859)

[5.3.1. Características de las variedades de frejol iniap-462 y iniap-463 5](#_Toc104874860)

[5.3.2. Importancia del frejol a nivel nacional y mundial 5](#_Toc104874861)

[5.4.- condiciones edafoclimáticas para el cultivo de frejol 6](#_Toc104874862)

[5.4.1.- temperatura 6](#_Toc104874863)

[5.4.1.2.- agua 6](#_Toc104874864)

[5.4.1.3 suelo 6](#_Toc104874865)

[5.4.1.4 luminosidad 6](#_Toc104874866)

[5.4.1.5 manejo agronómico del cultivo de frejol caupí 6](#_Toc104874867)

[5.4.1.6 preparación de terreno 6](#_Toc104874868)

[5.4.1.7 semilla 7](#_Toc104874869)

[5.4.1.8 riegos 7](#_Toc104874870)

[5.5 aspectos nutricionales 7](#_Toc104874871)

[5.5.1. Nitrógeno (n) 7](#_Toc104874872)

[5.5.2 fósforo (p) 8](#_Toc104874873)

[5.5.3. Potasio (k) 8](#_Toc104874874)

[5.5.4 azufre (s) 9](#_Toc104874875)

[5.6. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes 9](#_Toc104874876)

[5.7. Eficiencia de uso de nutrientes 10](#_Toc104874877)

[5.8. Eficiencia agronómica 10](#_Toc104874878)

[5.9 eficiencia de recuperación de nutrientes 11](#_Toc104874879)

[5.10. La eficiencia fisiológica 12](#_Toc104874880)

[5.11. Estudios relacionados a la fertilización y nutrición del cultivo de frejol 12](#_Toc104874881)

[6. Metodología 15](#_Toc104874882)

[6.1. Ubicación 15](#_Toc104874883)

[6.2. Material genético 15](#_Toc104874884)

[6.3. Análisis de suelo 15](#_Toc104874885)

[6.4. Diseño de investigación 15](#_Toc104874886)

[6.5. Delineamiento experimental 16](#_Toc104874887)

[6.6. Manejo del ensayo 16](#_Toc104874888)

[6.6.1. Preparación de suelo 16](#_Toc104874889)

[6.6.2 siembra 16](#_Toc104874890)

[6.6.3 fertilización 16](#_Toc104874891)

[6.6.4 control de malezas 17](#_Toc104874892)

[6.6.5 riego 17](#_Toc104874893)

[6.6.6 cosecha 17](#_Toc104874894)

[6.7 variables a evaluar 17](#_Toc104874895)

[6.7.2 longitud de planta (cm) 17](#_Toc104874896)

[6.7.3 diámetro de tallo (mm) 17](#_Toc104874897)

[6.7.4 materia seca de órganos del frejol (g/pl) 17](#_Toc104874898)

[6.7.5 numero de vainas por planta 18](#_Toc104874899)

[6.7.6 numero de granos por vainas 18](#_Toc104874900)

[6.7.7. Numero granos en 100 gramos 18](#_Toc104874901)

[6.7.8 rendimiento (kg/ha) 18](#_Toc104874902)

[3.7.9 eficiencia agronómica de nutrientes (ean) 18](#_Toc104874903)

[3.8 análisis estadístico de la información 18](#_Toc104874904)

[7. Resultados y discusión 19](#_Toc104874905)

[7.1 evaluación del desarrollo de variedades de frejol caupí 19](#_Toc104874906)

[7.2 evaluación del rendimiento en dos variedades de frejol caupí 25](#_Toc104874907)

[7.3 evaluación de la eficiencia agronómica de nutrientes en dos variedades de frejol 27](#_Toc104874908)

[8. Conclusiones 30](#_Toc104874909)

[9. Recomendaciones 31](#_Toc104874910)

[10. Referencias bibliográficas 32](#_Toc104874911)

**Índice de tablas**

[**Tabla 1.** Tratamientos para cada variedad de frejol (INIAP-462 - INIAP-463) 15](#_Toc104876082)

[**Tabla 2.** Análisis de varianza y contraste del testigo vs el resto de tratamientos de longitud de planta y diámetro de tallo en dos variedades de frejol 19](#_Toc104876083)

[**Tabla 3.** Evaluación de longitud de planta y diámetro de tallo en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes. 20](#_Toc104876084)

[**Tabla 4.** Prueba de T de longitud de planta y diámetro de tallo en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes. 22](#_Toc104876085)

[**Tabla 5.** Análisis de varianza y contraste del testigo vs el resto de tratamientos de materia seca de raíz, tallo y hoja en dos variedades de frejol. 22](#_Toc104876086)

[**Tabla 6.** Evaluación de materia seca de raíz, tallo y hoja en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes. 24](#_Toc104876087)

[**Tabla 7.** Prueba de T de materia seca de raíz, tallo y hoja en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes. 24](#_Toc104876088)

[**Tabla 8.** Análisis de varianza y contraste del testigo vs el resto de tratamientos del rendimiento de dos variedades de frejol. 25](#_Toc104876089)

[**Tabla 9.** Evaluación del rendimiento de dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes 26](#_Toc104876090)

[**Tabla 10.** Prueba de T del rendimiento de dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes. 27](#_Toc104876091)

[**Tabla 11.** Evaluación de la eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en dos variedades de frejol. 28](#_Toc104876092)

[**Tabla 12.** Prueba de T de la eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en dos variedades de frejol. 29](#_Toc104876093)

**Índice de Anexos**

[**Anexo 1.** Muestra análisis de suelo 37](#_Toc104876774)

[**Anexo 2.** Equipo de medición 37](#_Toc104876775)

[**Anexo 3.** Diámetro del tallo 37](#_Toc104876776)

[**Anexo 4.** Diámetro del tallo 38](#_Toc104876777)

[**Anexo 5.** Altura de planta 38](#_Toc104876778)

[**Anexo 6.** Muestra órganos vegetales húmedo 38](#_Toc104876779)

[**Anexo 7.** Secado de órganos vegetales 39](#_Toc104876780)

[**Anexo 8.** Peso seco del tallo y ramas 39](#_Toc104876781)

[**Anexo 9.** Peso fresco de granos 39](#_Toc104876782)

[**Anexo 10.** Peso seco de granos 40](#_Toc104876783)

[**Anexo 11.** Peso fresco de vainas 40](#_Toc104876784)

[**Anexo 12.** Peso seco de vainas 40](#_Toc104876785)

[**Anexo 13.** Análisis de suelo 41](#_Toc104876786)

# 

# RESUMEN

El frejol caupí es una leguminosa de grano importante que puede contribuir potencialmente a mejorar la ingesta dietética (seguridad alimentaria) del ser humano. La pérdida de la fertilidad del suelo causada por sobreexplotación y manejo inadecuado del suelo, es un problema que acarea al ser humano, por el cual se debe desarrollar alternativas para mejorar la fertilidad del suelo con el fin de obtener buena producción. El presente trabajo de investigación experimental se realizó en Lodana, Santa Ana, Manabí, tuvo como objetivo evaluar el efecto de las dosis de fertilización química con macronutrientes sobre la producción de las variedades INIAP 465 y INIAP 463 de frejol caupí, los tratamientos establecidos fueron dosificaciones de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre. Se evaluó la Longitud de planta, diámetro del tallo, materia seca de órganos del frejol, numero de vainas por planta, número de granos por vaina, rendimiento kg/ha y eficiencia agronómica de nutrientes. Los resultados mostraron que la dosis de fertilización con 37-3,2-31-9 kg/ha de N, P, K y S respectivamente influenció en las variables de desarrollo. Por otra parte, las variedades de frejol INIAP-462 e INIAP-463 obtuvieron sus más altos rendimientos y sus mejores eficiencias agronómicas de NPKS cuando se aplicó el nivel más bajo de fertilización, lo que indica que estas variedades de frejol no necesitan de altas dosis de nutrientes para expresar su máximo potencial de rendimiento, mientras que la variedad de frejol INIAP 465 fue la que obtuvo el mayor rendimiento con 2490 kg/ha.

**Palabras Claves:** Nutrición, eficiencia agronómica, rendimiento.

# 

# ABSTRACT

The cowpea bean is an important grain legume that can make a powerful contribution to improving dietary intake (food security) in humans. The loss of soil fertility caused by overexploitation and inadequate soil management is a problem that affects the human being, for which alternatives must be developed to improve soil fertility in order to obtain good production. The present experimental research work was carried out in Lodana, Santa Ana, Manabí, its objective was to evaluate the effect of the doses of chemical fertilization with macronutrients on the production of the INIAP 465 and INIAP 463 varieties of cowpea beans, the treatments were dosages Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Sulphur. Plant length, stem diameter, dry matter of bean organs, number of seeds per plant, number of grains per seed, yield kg/ha and agronomic efficiency of nutrients were evaluated. The results showed that the fertilization dose with 37-3.2-31-9 kg/ha of N, P, K and S, respectively, influenced the development variables. On the other hand, the INIAP-462 and INIAP-463 bean varieties obtained their highest yields and their best agronomic NPKS efficiencies when the lowest level of fertilization was applied, indicating that these bean varieties do not need high doses. of nutrients to express its maximum yield potential, while the INIAP 465 bean variety was the one that obtained the highest yield with 2490 kg/ha.

**Keywords:** Nutrition, agronomic efficiency, yield.

# 

# INTRODUCCIÓN

El frejol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) pertenece a las fabáceas, se desarrolla en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Meena, 2015), siendo un cultivo de importancia puesto que es considerada como una de las leguminosas que son de alimento para la población de los países en desarrollo (Olunike, 2014). El cultivo de frejol en el Ecuador de suma importancia, especialmente en el área rural, donde constituye una de las alternativas para la sobrevivencia y generación de ingresos económicos, sin embargo, se estima que, mediante procesos no competitivos de producción, este cultivo se perfila como un producto que se mantendrá como una de las actividades económicas de sustento nacional (Garver, 2008).

Por otra parte, el frejol en el país se encuentra plantado en 32.817 hectáreas, correspondiendo 25.253 ha para frejol seco y 7.564 ha para frejol tierno (ESPAC, 2019), por lo este cultivo genera un aporte entre el 40 y 70% de los ingresos económicos para los agricultores, además es un producto no perecible que se consume durante todo el año, donde la producción que se genera en el país es consumida en un 20%, mientras que el 80% restante es destinado para la exportación a países como Colombia (Peralta et al., 2011).

A lo expresado, el frejol durante los últimos años ha visto limitado su rendimiento por una serie de problemas que son ocasionado por el deterioro del suelo, exceso de humedad, sequía, y no solo esto ocasiona afectaciones si no también la temperatura y la aplicación inadecuada de fertilizantes (Ramírez, 2014); por ello, en el país los rendimientos de este cultivo son bajos, registrando valores de 655 kg de frejol seco por hectárea (ESPAC, 2019).

En tales circunstancias, hay que tomar en cuenta que los nutrientes que inciden en el desarrollo del frejol, tanto en el rendimiento como en la calidad y para realizar una buena fertilización hay que considerar algunos aspectos que se relacionan con la disponibilidad de nutrientes en el suelo y los requerimientos del cultivo de frejol. Por lo que se recomienda fraccionar la aplicación del fertilizante en dos fracciones, las que se realizan durante el ciclo del cultivo, con la finalidad de aportar N y P para el crecimiento, así como asegurar la calidad del grano, K que es unos de los activadores de muchas enzimas para la fotosíntesis y de la respiración, así como para la transformación de almidón y de proteína (Ramírez et al., 2017).

En este sentido, es indudable que el mal manejo de fertilizantes en el cultivo de frejol sería uno de los factores de mayor importancia que limitan expresar sus más altos rendimiento y actualmente existe escasa información a nivel nacional sobre las dosis correctas que se deben aplicar al cultivo de frejol (FAO, 2017), es así que esta investigación toma mucha importancia, puesto que es fundamental encontrar las dosis adecuadas para nutrir de buena forma el cultivo de frejol.

# 4.- OBJETIVOS

## 4.1.- General.

Evaluar el efecto de las dosis de fertilización química con macronutrientes sobre la producción de las variedades de frejol caupí.

## 4.2.- Específicos.

* Determinar el efecto de las dosis de fertilización química sobre el desarrollo de las variedades de frejol caupí.
* Analizar la influencia de las dosis de fertilización química sobre el rendimiento de las variedades de frejol caupí.
* Evaluar la eficiencia agronómica de N, P, K y S de las dosis de fertilización química en las variedades de frejol caupí.

# 5.- MARCO TEÓRICO

## 5.1.- Generalidades del cultivo de frejol.

El género *Vigna*compete a la familia Fabaceae, que comprende más de 200 especies distribuidas internacionalmente, el cultivo de mayor importancia agrícola es*V. unguiculata* (Morales, 2019), se conoce como frejol caupí, y su eje de origen es África, aunque se desconoce la región exacta (Martínez et al., 2020). Se cultiva principalmente en países o regiones tropicales y subtropicales (IICA, 2009), ya que es una planta flexible a la sequía, además presenta buena facultad de fijación de nitrógeno y se adecúa a diferentes métodos de cultivo (Andrade et al., 2016), su fruto es rico en proteínas y carbohidratos, se considera un cultivo económicamente provechoso para los pequeños horticultores (Guamán, 2013).

## 5.2.- Taxonomía y origen del frejol

La clasificación taxonómica del frijol según (Ospina, 2020), es la siguiente

Nombre científico: [*Vigna unguiculata* (L). Walp]

Nombre común: frijol vara, frejol vaco, frijol caupí, frijol castilla

Reino: Vegetal

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Leguminosae

Familia: Papilionaceae (Fabaceae)

Género: *Vigna*

Especie: *unguiculata* (L). Walp

## 5.3.- Morfología

Según Binder (1997), las características morfológicas del cultivo de frejol son las siguientes:

* Planta. Es una planta herbácea de crecimiento erecto, semi-erecto y rastrero, que depende mucho de las variedades. Existen variedades que se aglomeran según la forma de las vainas y semillas o por su ciclo vegetativo: tardías (120- 150 días) estas plantas son rastreras y vainas largas, variedades precoces (60-80 días) generalmente son erectas, semi-tardías (80-120 días).
* Tallo. Los tallos del caupí son poco ramificados y glabrosos.
* Raíz. Sistema radicular es profundo que hace posible sembrarse en regiones cuya precipitación sea de 250 a 1000 mm.
* Ramas. La ramificación emprende de dos a tres semanas después de la emergencia.
* Hojas. Hojas trifoliadas, foliolos aovados a lanceolados, foliolo terminal de mayor tamaño que los laterales que son oblicuos y puntiagudos, son de color verde intenso, de aspecto grueso con presencia de pubescencia.
* Flores. El primer tallo floral se desarrolla en la porción media de la planta, en la axila entre hoja y tallo. Flores son de color blancas amarillentas o azul violeta hasta 3 cm de largo
* Fruto. Recto o levemente curvado, Cilíndrico, colgante y reducido sobre la semilla, con pergamino, sencillo y dehiscente.
* Semilla. La semilla varía en cuanto a color, tamaño y textura. Los colores pueden ser amarillos, blanco, rojo, púrpura, pardo y café. De superficie arrugada o lisa con una longitud de 3 a 4 x 4 a 8 m.

## Características de las variedades de frejol INIAP-462 y INIAP-463

Pérez et al. (2011), señalan que la variedad de caupí INIAP-462 y INIAP 463, son los materiales más precoces, tolerante a enfermedades, con rendimientos que están entre 60.000 y 40.000 mazos de 25 vainas por hectárea a nivel experimental y comercial, rendimiento de vainas verdes fueron ‘INIAP 463’ y ‘INIAP 462’ con 4.80 y 4.89 kg/parcela (4000 y 4075 kg/ha), respectivamente.

## Importancia del frejol a nivel nacional y mundial

El frejol representa una fuente importante de fibra, proteínas, energía (almidón), minerales (INTAGRI, 2017) y ácido fólico importantes para la dieta humana, cultivo que podría garantizar la seguridad alimentaria, además mejora la fertilidad del suelo mediante la adición de nitrógeno (N) al aumentar la eficiencia de los sistemas de producción con impactos favorables en la sostenibilidad ambiental (FAO, 2017).

La producción mundial de frejol en 2017 fue de 57.496.465 toneladas, cultivadas en 38.229.984 hectáreas. Asia es el continente con la producción más alta con 38.045.186 toneladas, y Europa es el continente con la producción más baja con 2.305.846 toneladas. En la Unión Europea, los países con mayor producción son Francia, Lituania y España con 370.050, 230.112 y 183.324 toneladas, respectivamente (Ramírez, 2016).

## 5.4.- Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de frejol

### 5.4.1.- Temperatura

Altieri (2014), recomienda que la temperatura ideal para el cultivo de frejol Caupí es de 18°C a los 25°C, Las temperaturas mínimas que puede soportar el cultivo para su desarrollo normal está relacionado a las diferentes etapas del periodo vegetativo, así se tiene para la germinación 8°C, para la floración 15°C y para la madurez de 18°C a 20°C.

### 5.4.1.2.- Agua

Se recomienda que el agua para riego no contenga alta concentraciones de sales para evitar tener problemas en el crecimiento y producción (INIAP, 2007).

### 5.4.1.3 Suelo

Alonzo (2014), indica que el cultivo de frejol se desarrolla en suelos limosos y franco con pH de 7.40, en suelos de textura franca, franco arenoso, y se recomienda a su vez realizar complementar con materia orgánica para incrementar la fertilidad en el suelo.

### 5.4.1.4 Luminosidad

Una buena luminosidad favorece el cuajado de los frutos y fortalece el aumento de la producción (Infoagro, 2016).

## 5.4.1.5 Manejo agronómico del cultivo de frejol Caupí

### 5.4.1.6 Preparación de terreno

La preparación de terreno es la labor importante antes de realizar la siembra ya que esta permitirá mejorar el crecimiento de la raíz y así aumentar la producción del cultivo de frijol, las labores que comprende es limpieza del terreno, realizar una aradura al suelo de 20-30 centímetros de profundidad por medio de un arado de disco, también se puede realizar el arado con un subsolador pero en esta la profundidad del arado es de 35 - 40 centímetros, posteriormente es necesario el pase de rastra para obtener un terreno suelto, aireado y drenado (Maroto, 2009).

### 5.4.1.7 Semilla

Las semillas son expuestas a problemas de plagas y enfermedades (fitosanitarios), siendo los causantes de germinación y producción. El INIAP (2007), recomienda que se debe utilizar semilla certificada para garantizar el éxito en la producción, ya que son semillas que son tolerantes a problemas fitosanitarios como 10 plagas y enfermedades radiculares, siendo los causantes principales de reducir la producción. Por hectárea se suele usar entre 50 a 60 kg de semillas.

### 5.4.1.8 Riegos

La frecuencia y volumen en de riego está en función a la textura del suelo, la humedad relativa, evapotranspiración y temperatura del ambiente, de esto depende poder obtener óptimos rendimientos y frutos de buena calidad; Durante el desarrollo vegetativo de la planta, el consumo del agua es mayor en comparación con el estado productivo (INIA, 2007)

## 5.5 Aspectos nutricionales

La fertilización química es un proceso mediante el cual se le suministra los nutrientes necesarios a un cultivo (Cabañas, 2013). El frejol requiere al menos de aplicación de macronutrientes tales como nitrógeno, fósforo y (Manrique, 2021), aunque siempre se recomienda que el diagnóstico de los problemas nutricionales del frejol, se realice mediante análisis de suelos, de tejido vegetal o bien por observación directa tomando en cuenta las deficiencias del cultivo (INTA, 2017).

### 5.5.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un nutriente importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cedido a su actividad que ejerce dentro de la biomolécula de la planta (Fernández, 2011). En este sentido Doyle et al. (2011), demostraron que la aplicación de nitrógeno aumenta significativamente la producción de materia seca en plantas de frejol caupí, así mimo incrementa los nódulos efectivos, peso efectivo de nódulos, vainas por planta, semillas por vaina y rendimiento de grano.

Según Marschner (2015), indica que en terrenos que no se han cultivado frejol, se debe efectuar una aplicación de 20-30 kg/ha de nitrógeno en el período de germinación y los veinte primeros días, porque en ese lapso de tiempo se inicia la formación de nódulos en las raíces para poder fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con el Rhizobium.

### 5.5.2 Fósforo (P)

Es importante para la producción de caupí en muchos suelos con bajo nivel inherente a la fertilidad del fósforo, en este sentido una de las cosas que los productores pueden realizar es la selección de líneas de caupí que producen un buen rendimiento en suelos con bajo contenido de fósforo o aquellas con alta eficiencia en el uso de fósforo (Kale, 2011).

El fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radicular, fecundación e inicio de la fructificación. Pero hay que tener cuidado sobre todo evitar llegar a niveles elevados de fósforo en el suelo, que son innecesarios. Esto supone un coste importante y aumenta la pérdida de fósforo de los suelos (Colque et al., 2005).

Siddique (2014), mantiene que el fósforo es un elemento fundamental para el cultivo de frejol, ya que apoya en alcanzar una óptima capacidad productiva, refiere que el aporte de fósforo es clave para la formación de células nuevas, ya que esta se almacena para el proceso de formación y desarrollo de semillas, granos y frutos. Una inadecuada fertilización fosforada puede repercutir sobre el tamaño, número, viabilidad y calidad de las semillas, en su estudio realizado sobre eficiencia de los fertilizantes en la producción del frejol Caupí, obtuvo como resultado que la fertilización fosforada, responde muy bien a la aplicación del nitrógeno, obteniendo resultados favorables en el cultivo (Drobek et al., 2019).

### 5.5.3. Potasio (K)

El potasio es un activador de muchas enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración también activa enzimas que son necesarias para la formación de almidón y proteínas es uno los elementos que contribuye con el potencial osmótico de las células y su presión de turgencia, además, la deficiencia de K, en cultivos se traduce en una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos en la raíz y una debilidad en los tallos que hace que las plantas se han propensas a enfermedades (Ramírez et al., 2017).

Por otra parte, Endara (2019), manifiesta la importancia de realizar aplicaciones de este nutriente al frejol, puesto que aplicaciones de 60 kg de potasio por hectárea permiten que el contenido de proteína del grano se incremente, así como la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y zinc por el grano y el rastrojo en el cultivo de caupí, hace mención las siguientes funciones del potasio (K2O): - Incrementa el crecimiento radicular y produce resistencia a la sequía. - Mantiene la turgencia en la planta y reduce pérdida de agua. - Favorece el proceso de formación de nutrientes y estimula la fotosíntesis - Mejora la translocación de azúcares y almidón. - Beneficia en la calidad de grano.

### 5.5.4 Azufre (S)

El manejo del azufre es un tema importante en la nutrición de las plantas de cultivo. El azufre tiene un papel en procesos fundamentales como el transporte, la estructura y la regulación de electrones, también se asocia con la producción de oxígeno fotosintético, la resistencia al estrés abiótico y biótico y metabolismo secundario ,además, este nutriente en indispensable para la síntesis de los aminoácidos cisteína y metionina y como componente activo de numerosos cofactores y grupos protésicos, sin embargo, solo las plantas, las algas, los hongos y algunos procariotas son capaces de utilizar las abundantes sustancias inorgánicos de azufre (Calzada et al., 2015).

Por otra parte, según Valadez (2013), sugiere que la dosis de hasta 40 kg de azufre por hectárea aumentan significativamente la altura de la planta, la producción de materia seca, el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina, lo que se refleja en altos rendimientos de semillas, obteniendo valores aproximados a 900 kg por hectárea.

## 5.6. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes

La acidez del suelo tiene que ver con la concentración de cationes de hidrógeno (H), los que se encuentran en la solución del suelo y determinan el grado de acidez o alcalinidad; además, los cationes H que están adsorbidos en el complejo de intercambio determinan la acidez. La concentración de cationes H se conoce como pH, cuyo valor va de 0 a 14, la solución es neutra cuando tiene un valor de 7, ácida cuando es menor a 7 y básica cuando es mayor (Andrade et al., 2016). Garver (2008), sugiere que el grado de pH en el suelo es importante en la disponibilidad de nutriente para la planta: Inspecciona el proceso de óxido-reducción que influye en las reacciones y la química del suelo.

Afecta a la CIC y solubilidad de los minerales, por ende, en la disponibilidad de estos para los cultivos. Influye en la presencia de coloides del suelo (arcilla y MOS), ya que a mayor pH los grupos funcionales orgánicos pierden un protón (H+) y generan la carga negativa, esto es muy importante debido a que a mayor cantidad de cargas negativas mayor es la CIC en un suelo. En siembra directa, al acumularse lo restos de cultivo forman la cobertura que da lugar a una redistribución de nutrientes, lo que temporalmente eleva el pH y más aún cuando existe la aplicación de fertilizantes, lo que puede dar lugar a un equilibrio en el que los nutrientes presentes en la solución del suelo están disponibles para los cultivos (Herrera Santillán, 2020).

## 5.7. Eficiencia de uso de nutrientes

El uso eficiente de nutrientes puede verse a corto o largo plazo, la misma que dependerá de la especie, el sistema de producción, de la morfología y fisiología de la raíz, la habilidad de la planta para absorber nutrientes bajo diferentes condiciones ambientales, la humedad y tipo de suelo. Entre las expresiones más comunes de la eficiencia de los fertilizantes está la recuperación y las fuentes de nutrientes tomadas en cuenta (fertilizantes, residuos de corral, mineralización, deposición atmosférica) (Drobek et al., 2019).

### 5.8. Eficiencia agronómica

Un indicador importante respecto al uso de los macronutrientes es su eficiencia agronómica, que refleja la respuesta de la producción de grano por unidad de fertilizante aplicado, considerando lo anterior la aplicación de fertilizante en el cultivo, debe ser adecuada, considerando el rendimiento por dosis de nutriente (Marschner, 2015). Por su parte en un ensayo de frejol titulado “Fertilización química nitrogenada en la producción de frejol (*Phaseolus unguilata*), se evaluó la respuesta a la aplicación de diferentes fertilizaciones químicas; con la finalidad de evaluar los efectos de las dosis de productos sobre el comportamiento agronómico del frejol ; para poder determinar la dosis más adecuadas de los productos, donde los resultados mostraron que en cuanto al incremento del rendimiento base de una fertilización ligeramente alta (50-10-15) siendo sus componentes Nitrógeno, Fósforo y Potasio obteniendo fue superior estadísticamente en relación a los demás tratamientos. Mientras que la dosis baja (20-10-15) obtuvo la menor precocidad para los días a la floración por planta y el mayor diámetro de tallo a los 15 y 30 días se la obtuvo con la fertilización ligeramente alta (50-10-15). El mejor tratamiento que obtuvo mayores valores en los índices cuantitativos del rendimiento fue el tratamiento 4 con la aplicación ligeramente alta (50-10-15) (Orbea, 2013).

Mientras que en una investigación que se ejecutó en la provincia de Barranca, y tuvo como objetivo general evaluar los efectos de los niveles de fertilización potásica sobre el rendimiento del frejol Caupí, los resultados mostraron que la importancia de implementar los niveles de fertilización potásica adecuada, repercutieron en el comportamiento y rendimiento del frijol Caupí, con el tratamiento N60 - P2O5 40 – K2O 100, que respondió mejor a los parámetros de rendimiento; donde la longitud de vainas/planta, obtuvo el mayor promedio con 16.58 cm, el número de vainas/planta obtuvo un promedio de 20.86 vainas, el número de granos/vaina, obtuvo un promedio de 8.84 granos, para el peso de granos/planta se obtuvo un promedio de 32.88 gramos y finalmente se registró para la variable rendimiento (TM/ha), llegando alcanzar 4.41 TM/ha, resultando que la fertilización potásica influye en el rendimiento del frijol Caupí (V. unguiculata L. Walp) (Marrique, 2021).

En un estudio sobre el efecto de las diferentes dosis de fertilización de fósforo en el rendimiento del cultivo de frejol castilla (*Vigna unguiculata* L.), en la Provincia de Barranca, Región Lima, se determinó que el mayor rendimiento comercial de frejol, se obtuvo aplicando la dosis de 1.5 litros de fósforo por 200 l., alcanzando 2900 kg por hectárea, siendo mayor en comparación al testigo con 2251 kg/ha. Mientras que, en las evaluaciones de la altura de planta, cantidad de flores, número de vainas y peso de vainas fue mayor con la aplicación de 1.5 litros de fósforo por 200 L (Rosales, 2015).

La investigación siguiente se realizó en el recinto “Carrizal” parroquia Mariscal Sucre del cantón Milagro, provincia del Guayas, teniendo como objetivo determinar el efecto cinco dosis de nitrógeno y potasio en el cultivo de frejol con aplicaciones adicionales de Boro y Zinc.  Donde la dosis óptima fue la aplicación de N80+ K2O 20 + B + Zn que presentó los mejores promedios en las variables fisiológica evaluadas alturas de planta, diámetro del tallo, longitud de vaina, numero de granos por vainas, numero de vainas y rendimiento. La combinación del Boro y Zinc ayudó a obtener mejores respuestas en rendimiento y plantas más vigorosas en el cultivo (Ospina, 2017).

### 5.9 Eficiencia de recuperación de nutrientes

La eficiencia de recuperación de nutriente se define como el porcentaje del nutriente recuperado en la biomasa de la planta que se encuentra sobre el suelo durante el ciclo de crecimiento (Malla, 2018). En otras palabras, nos indica cuanto del nutriente aplicado fue removido por la planta.

La eficiencia del N fijado resulta menor a la del N agregado como fertilizante, por lo que una fracción de aquel quedaría incorporado al sistema suelo y podría ser recuperado en el mediano plazo. Dentro de los factores que condicionan la eficiencia de recuperación del N fijado se citan el estado de madurez del cultivo, la fecha de aplicación del herbicida, el tiempo entre la aplicación del herbicida al cultivo y las condiciones de temperatura y humedad durante ese período, factores que determinan el grado de sincronización entre la oferta del N y la demanda por el cultivo (Meena, 2015).

En todos los cultivos, la cantidad de N fijado/absorbido aumenta con el estadio de desarrollo, pero la concentración en los tejidos se reduce. En muchos casos, la mayoría del N fijado aparece después de la floración del maíz, lo que reduce su eficiencia de uso. Una alternativa es corregir la deficiencia inicial con fertilizante nitrogenado, para lo cual es posible utilizar los indicadores de suelo comunes y, en estos casos, raramente es necesario realizar una corrección posterior (Morales, 2019).

Meena (2015), indica que los abonos orgánicos y los fertilizantes minerales generaron cambios en el suelo y planta; sin embargo, el fertilizante mineral promovió una mayor eficiencia de recuperación de nitrógeno en maíz; debido a que estos productos tienen una alta solubilidad en presencia de humedad, cuyo nitrógeno disponible fue absorbido por la planta en sus respectivas etapas fenológicas, a diferencia de los abonos orgánicos que liberan lentamente los nutrientes al sistema y mejoran las propiedades del suelo.

## 5.10. La Eficiencia Fisiológica

Refleja la eficiencia con que la planta transforma nutrientes provenientes de fertilizantes en rendimiento económico, esta dependerá de las características de la especie y la disponibilidad del nitrógeno. Para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de nitrógeno absorbido en toda la planta (Guamán, 2013).

## 5.11. Estudios relacionados a la fertilización y nutrición del cultivo de frejol

En un estudio sobre el comportamiento del frejol de varios de fertilizantes de NPK en la variedad mejorada INIAP 474 Doralisa sin fertilización de base y una densidad de siembra de 200.000 plantas por hectárea, presento un máximo de rendimiento de 1.355 kg/ha. Con la incorporación de tres aplicaciones a los 21, 36 y 51 días después de la siembra potencio la productividad de la variedad hasta un techo de 1.579 kg/ha. Las características agronómicas evaluadas fueron significativamente superiores cuando se aplicó fertilizante el con respecto al testigo, donde las dosis de 100-60-40 de abono completo fueron superiores en productividad con relación al testigo absoluto (Conchacela, 2014).

Mientras que, al evaluar el efecto de cuatro niveles de fertilización en Municipio de Chuma, en La Paz Bolivia, con el nivel de fertilización nitrogenada en kg/ha (0, 40, 80, 120). Se obtuvieron efectos significativos en el factor fertilización sobre los días a la emergencia, donde la aplicación de nitrógeno produjo emergencia de 11 a 12 días, respecto a 14 días de emergencia del testigo; en la floración, se obtuvo significancia con el nivel de 120 kg/ha. En cuanto al número de vainas por planta y la longitud de vainas, la aplicación con 120 kg/ha de nitrógeno produjo en promedio de 28,3 vainas/planta y 13,8 cm en longitud de vaina. En el peso de vaina verde por planta y rendimiento de semilla y el mayor rendimiento con la misma dosis de 21.106,6 Kg/ha) a una distancia de 0.30 cm entre plantas (Huaraya, 2013).

Esta investigación evaluó el fraccionamiento de la absorción de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg), en cuatro etapas fenológicas del desarrollo del cultivo de fréjol variedad seda. Se sembraron 150 plantas que fueron manejadas en condiciones agronómicas óptimas. Se efectuó un muestreo en las etapas de desarrollo del cultivo, previamente identificadas, para lograr un rendimiento de 2.91 Mg ha-1, con un peso seco de 1938.6 kg/ha en grano. El fraccionamiento de nutrientes presentó una extracción máxima total de 221 kg/ha N, 24 kg/ha P, 186 kg/ha K, 163 kg/ha Ca y 29 kg/ha Mg. Los resultados indican que la remoción de nutrientes por el cultivo sigue el siguiente orden N>K>Ca>Mg>P, son las hojas el órgano que presenta la mayor concentración de nutrientes, seguido por el grano seco (INTAGRI, 2017).

La investigación se realizó en la estación experimental y las variables respuestas se midieron en el cultivo de frejol INIAP 484 Centenario. En cuanto a los parámetros de rendimiento las variables: número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de granos, obtuvieron diferencias significativas para fertilizantes químicos dieron lugar a los valores más altos en los componentes del rendimiento como fueron el número de vainas, peso de 100 granos y rendimiento. El tratamiento con mayor rendimiento fue NPKMg + micro con 2,94 t/ha en comparación con el l tratamiento materia orgánica que obtuvo el menor rendimiento con 2,11 t/ha (Malla, 2018).

El interés de esta investigación fue buscar sistemas productivos que maximicen el uso de la radiación solar, para determinar el rendimiento y la eficiencia energética en el cultivo de frejol, bajo dos densidades de siembra y tres fertilizaciones. Se encontró que en frejol el efecto de la fertilización fue determinante para el rendimiento de biomasa total, con 8 354 kg/ha y biomasa útil, con 3 590 kg/ha, en comparación con la fertilización orgánica y el testigo (sin fertilización), que apenas produjo 6 644; 2 475 y 6 077; 2 168 kg/ha de biomasa total y biomasa útil respectivamente. La mayor eficiencia energética en el cultivo de frejol se obtuvo con el efecto de la fertilización química, con 1,18 % y 0,58 %, en base a biomasa total y biomasa útil respectivamente (Endara, 2019).

El frejol por ser una planta leguminosa forma nódulos, producto de la simbiosis de las bacterias del género *Rhizobium* con las raíces de las plantas, lo que permite fijar nitrógeno atmosférico: pero algunas veces el suelo no contiene los microorganismos necesarios para la formación de nódulos y la fijación de nitrógeno requiere una ligera fertilización nitrogenada para cubrir esta necesidad, con el fin de fomentar el rápido desarrollo inicial del cultivo (Quintana et al., 2017).

Según Cabañas (2013), el cultivo de fréjol mostró mayor crecimiento al fertilizarlo con Yara Vera Amidas (280 kg/ha) + Muriato de potasio (200 kg/ha ) + DAP (160 kg/ha) + Biotek (1 l/ha), produciendo plantas más altas (47.33 cm a los 30 días después de la siembra), más vainas por planta (28.55 vainas), número de granos por vaina (4.75 granos) y granos más homogéneos que tuvieron un mayor peso (22.25 g/100 granos) en comparación con los demás tratamientos.

Binder (1997), comprobó la fertilización 50-60-100 kg/ha de NH4+-P2O5-K2O, aplicado entre los 10-15 días después de la germinación, fue el que mayor rendimiento promedio presentó siendo de 701.42 Kg/ha; superó al programa de fertilización tradicional con nivel 45-45-45 kg/ha de NH4+-P2O5-K2O, por una diferencia de 196.02 kg/ha entre las medias, con el cual se obtuvo un rendimiento promedio de 505.40 kg/ha.

Concluye que el frejol y sus diferentes variedades, reaccionan positivamente frente a la nutrición con nitrato de potasio y fosfito de potasio. De las tres variedades estudiadas, la que se vio más beneficiada fue PERCAL BLANCO con fosfito de potasio, siendo la que mayores valores mostro en cuatro de las variables de estudio y Silvera et al., (2020) observo que el frejol presentó mejor comportamiento a la fertilización química 60N-40 P2O5-y K2O con 122.8 g/planta de peso fresco.

# 6. METODOLOGÍA

## 6.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la finca del señor Daniel Anchundia la cual se encuentra ubicada en la Parroquia Lodana, Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí, localizada geográficamente entre las coordenadas 1°10’15.9” de latitud Sur y 80°25’56.2” de longitud Oeste (INHAMI, 2017).

## 6.2. Material genético

Se usaron dos variedades de frejol caupí (*Vigna unguiculata*), INIAP-462 e INIAP-463, genotipos apropiados por su alto rendimiento en el Litoral ecuatoriano (INIAP, 2007).

## 6.3. Análisis de suelo

Se tomaron 12 muestras de suelo (tres por cada bloque, dos a los bordes y uno en el centro) a una profundidad de 20cm. Luego se homogeneizó y se envió al laboratorio de Suelos y Planta del INIAP. Los resultados de análisis de suelos se muestran en los anexo número 1.

## 6.4. Diseño de investigación

En el presente estudio se utilizó dos ensayos independientes, donde cada ensayo estuvo determinado por el efecto de una variedad de frejol. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) que contó con 5 tratamientos más un testigo (sin aplicación de fertilizantes) con cuatro repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales (UE).A cada variedad de frejol se le aplicaron los tratamientos que se detallan en la tabla 1, los que se elaboraron a partir de la necesidad de fertilización del frejol (Malavolta et al., 1997)

Tabla 1. Tratamientos para cada variedad de frejol (INIAP-462 - INIAP-463)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tratamientos** | **N (kg/ha)** | **P (kg/ha)** | **K (kg/ha)** | **S (kg/ha)** |
| **TR** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **T1** | 37 | 3,2 | 31 | 9 |
| **T2** | 73 | 6,5 | 61 | 17 |
| **T3** | 110 | 9,7 | 92 | 26 |
| **T4** | 147 | 13,9 | 123 | 35 |
| **T5** | 183 | 16,2 | 153 | 43 |

## 6.5. Delineamiento experimental

Número de repeticiones: 4

Número de tratamientos: 6

Número de unidades experimentales: 24

Número de plantas por sitio: 2

Distancia entre plantas: 0.5m

Distancia entre hileras : 1m

Distanciamiento entre Unidades experimentales: 1m

Área de la Unidad experimental: 12m2 (4m x 3m)

Área útil de la Unidad experimental: 4m2 (2m x 2m)

Superficie total del ensayo por variedad de frejol: 480m2

## 6.6. Manejo del ensayo

### 6.6.1. Preparación de suelo

Antes de la siembra se realizó la limpieza del terreno, el mismo que tenía un área de 30 x 40 (1.200 m2), además se aro el terreno, las hileras se estableció en surcos.

### 6.6.2 Siembra

La siembra del frejol se ejecutó, con un distanciamiento entre planta 0.50 metros y entre hileras 1 metro.

### 6.6.3 Fertilización

Durante el ciclo del frejol se efectuaron tres fertilizaciones, en la cual la primera fue a los 6 días después que la planta germino (25% de la mezcla de fertilización), la segunda fertilización se realizó a los 21 días (40% de la mezcla de fertilización) y la última aplicación fue 45 días (35% de la mezcla de fertilización). Las fuentes utilizadas para NPKS fueron: urea (46% N), Abono 8-20-20, cloruro de potasio (60% K2O), y Sulfato de amonio (21% N – 24% S). Para el resto de nutrientes que la planta necesitó, las aplicaciones fueron realizadas con una dosis única en todos los tratamientos.

### 6.6.4 Control de malezas

El primer control se realizó 15 días después de la siembra (dds) el segundo control a los 30 dds de forma manual.

### 6.6.5 Riego

El riego se efectuó en surcos cada 8 días, realizando la fertilización antes del riego.

### 6.6.6 Cosecha

La floración fue cuando la planta presentó una edad de 50 días, y se realizaron 6 cosechas, donde la primera fue a los 23 días después de la floración, mientras que las siguientes cosechas se realizaron cada 6 días después de la primera cosecha.

## 6.7 Variables a evaluar

Para la evaluación de cada una de las variables se usaron diez plantas por cada unidad experimental.

### 6.7.2 Longitud de planta (cm)

A cada planta se le medio la altura desde la base del tallo hasta el último nudo que da origen a una hoja madura, utilizando una cinta métrica. Esta labor se realizó a los 20, 40 y 60 días después de la siembra.

### 6.7.3 Diámetro de tallo (mm)

A cada planta se le tomaron el diámetro de tallo con la ayuda de un calibrador, a los 5 cm sobre la superficie del suelo. Esta labor se realizó a los 20, 40 y 60 días después de la siembra.

### 6.7.4 Materia seca de órganos del frejol (g/pl)

Estas variables fueron tomada una vez que la planta culminó su ciclo de vida. Las raíces, tallos y hojas fueron separadas y lavadas con agua destilada, para estimar esta variable, cada órgano se secó con papel absorbente para eliminar el exceso de agua y luego las muestras se colocaron en fundas de papel para ser secadas en una estufa a 70°C hasta obtener un peso constante, luego de lo cual se registró el peso seco de cada muestra.

### 6.7.5 Numero de vainas por planta

Se contabilizo el número de vainas que se cosecharon por cada planta.

### 6.7.6 Numero de granos por vainas

Se contabilizo el número de granos que contiene cada vaina cosechada.

### 6.7.7. Numero granos en 100 gramos

Se pesaron 100 gramos de semilla con la ayuda de una balanza de precisión, y se contaron los granos de cada muestra.

### 6.7.8 Rendimiento (kg/ha)

Una vez que los frutos llegaron a su madurez fisiológica, estos fueron cosechados y se registró el peso (con una balanza de precisión) de cada uno de ellos según el tratamiento que correspondió.

### 3.7.9 Eficiencia Agronómica de nutrientes (EAN)

Esta variable se calculó mediante la fórmula propuesta por Baligar et al. (2001) para determinar la Eficiencia Agronómica para los nutrientes, N, P, K, y S.

## 3.8 Análisis estadístico de la Información

El análisis de datos se los efectuó un análisis de ANOVA, contraste ortogonal, prueba de comparación de medias LSD con un alfa de 0.05 y para hacer una comparación entre los experimentos independientes se aplicó una prueba de “t” pareada. Todos los procesos estadísticos fueron realizados con el software informático InfoStatversión 2018.

# 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 7.1 Evaluación del desarrollo de variedades de frejol caupí

En la tabla 2, según el reporte de análisis de variancia entre los tratamientos versus resto de tratamientos, se pudo determinar que las variables longitud de planta (cm) y diámetro de tallo (mm), a los 20, 40 y 60 DDS reportaron diferencias estadísticas entre sus valores para ambas variedades de frejol.

**Tabla 2.** Análisis de varianza y contraste del testigo vs el resto de tratamientos de longitud de planta y diámetro de tallo en dos variedades de frejol



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo. DDS: días después de la siembra.

Mientras que en la tabla 3, se muestran los valores de ambas variables que sometido a una comparación de media, en lo correspondiente a la longitud de plantas, se pudo identificar cuatro rangos de significación, donde la variedad INIAP-462, registró el mayor valor de altura de planta a los 20, 40 y 60 DDS con 10,73 cm; 21,77 y 29,13 cm con la dosis de NPKS (37-3,2-31-9 kg), siendo estadísticamente similar al cultivar INIAP-463, que registro valores a los 20, 40 y 60 días con 11,00 cm; 16,57 cm y 27, 90 cm con la misma dosis los que obtuvieron la mayor altura de planta a estas edades del cultivo, posiblemente a la aplicación del fertilizante, resultados que probablemente se asemejan a los obtenidos por Ospina (2017), el mismo que en una investigación realizada en el cantón Milagro, provincia del Guayas, que tuvo como objetivo determinar el efecto cinco dosis de nitrógeno y potasio en el cultivo de frejol con aplicaciones adicionales de Boro y Zinc. 

**Tabla 3.** Evaluación de longitud de planta y diámetro de tallo en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo. DDS: días después de la siembra.

Donde la dosis óptima fue la aplicación de N80+ K2O 20 + B + Zn que presentó los mejores promedios en las variables fisiológica evaluadas en la altura de planta, diámetro del tallo, longitud de vaina, numero de granos por vainas, numero de vainas y rendimiento. Los menores valores lo registraron el testigo para ambos cultivares de frejol caupí.

Mientras que en esa misma tabla, el diámetro del tallo, según la comparación de medias, mostró cuatro rangos de significación, donde los cultivares mostraron resultados contradictorios a la variable anterior, conde INIAP-463 reporto los mayores valores con la adición de la dosis de NPKS (37-3,2-3-9 kg), con 5,09 mm; 8,90 mm y 3,41 mm a los 20-40 y 60 DDS que fue similar estadísticamente a INIAP-462 con valores de 3,340 mm; 6,93 mm y 11,36 a los 20-40 y 60 DDS con similar dosis de fertilizantes químicos y fueron diferentes al resto de dosis, donde el testigo mantuvo el menor valor. Resultados que posiblemente estuvieron sujetos al contenido genético definido de los cultivares de fréjol e incentivado por la adición del fertilizante, tal como señala Binder (1997), que en plantaciones de fréjol la adición de fertilizantes químicos estimula el crecimiento de la planta y el grosor del tallo.

En la tabla 4, se registran que las dosis de NPKS en la variable longitud de plantas a los 20 DDS mantuvo la mayor altura con el cultivar de fréjol INIAP-462 con la (37-3,2-3-9 kg) registró 11,00 cm, similar a (73-6,5-61-17 kg) con 10,27 cm, difiriendo del resto de dosis y con respecto al cultivar INIAP-463. Sin embargo, a los 40 y 60 días los resultados fueron contradictorios donde el INIAP-463 con la dosis de NPKS (37-3,2-3-9 kg) reportó los mayores con 21,77 y 29,13 cm, igual a la dosis (73-6,5-61-17 kg) que obtuvo 21,77 y 29,13 cm, en tanto que las dosis 110-9,7-92-26 kg; 147-3,9-123-35 kg y 183-16,2-153-43 kg mostraron los menores valores para ambos cultivares de fréjol caupí, evidenciando que la aplicación de nutrientes se encuentra directamente proporcional al tipo de fertilizante y su disponibilidad de nutriente para la planta una vez adicionado al suelo. Por ello, la fertilización química es un proceso mediante el cual se le suministra los nutrientes necesarios a un cultivo señala (Quintana et al., 2017). Donde el frejol requiere al menos de aplicación de macronutrientes tales como nitrógeno, fósforo y potasio, señala (Andrade et al., 2016), el cual recomienda que el diagnóstico de los problemas nutricionales del frijol, se realiza mediante análisis de suelos, de tejido vegetal o bien por observación directa tomando en cuenta las deficiencias del cultivo.

**Tabla 4.** Prueba de T de longitud de planta y diámetro de tallo en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo. DDS: días después de la siembra

En la tabla 5 del análisis de varianza de los tratamientos de materia seca de raíz, tallo y hoja en las dos variedades de frejol, se observó diferencia significativa en la comparación entre tratamientos y testigo versus el resto de tratamientos para las dos variedades de frejol.

**Tabla 5.** Análisis de varianza y contraste del testigo vs el resto de tratamientos de materia seca de raíz, tallo y hoja en dos variedades de frejol.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

Mientras que en la tabla 6, se mostraron los rangos de significación para estas variables, donde el peso seco de raíz por planta (g) registró cinco rangos de significación, reportando el mayor valor el cultivar INIAP-463 con la dosis de NPKS (37-3,2-3-9 kg), con 3,20 gramos, estadísticamente similar a INIAP-462 con NPKS (37-3,2-3-9 kg) con 2,80 gramos de peso seco de raíz que fueron superiores estadísticamente al resto de tratamientos, resultados que estuvieron dados por la que la planta de fréjol produce y distribuye materia seca en todos sus órganos, según la etapa de desarrollo en proceso; los órganos compiten entre sí, por nutrientes y agua, elementos que casi siempre están en cantidades delimitadas. Aunque Cabañas (2013), hace mención las siguientes funciones del potasio, incrementa el crecimiento radicular y produce resistencia a la sequía y en fréjol, la producción de materia seca es lenta durante los 15 y 71 días después de la siembra.

Sin embargo, en el peso seco de tallo por planta, se identificaron cuatro rangos de significancia, registrando la misma tendencia que el párrafo anterior, donde el cultivar INIAP-462 que produjo 52,95 gramos de peso seco con la aplicación de NPKS con 37-3,2-3-9 kg, que fue similar estadísticamente a INIAP-463 con 52,00 gramos de peso seco, resultados que lo diferenciaron del resto de tratamientos, es por ello que posiblemente la acumulación de la materia seca en fréjol, indica su dinámica de distribución en cada órgano de la planta, ya que mantiene un continuo incremento hasta conseguir los valores máximos de acumulación de biomasa en su etapa final, es mayor para la parte aérea de la planta y se encuentra una alta partición de biomasa hacia el tallo en la etapa final (Guamán, 2013).

En tanto, en la tabla 6, en la evaluación de peso seco de hojas se distribuyeron cinco rangos de significación y se vio el mismo comportamiento, donde el cultivar INIAP-463, registro el mayor peso con 24, 17 gramos con NPKS en dosis de (37-3,2-3-9 kg), similar estadísticamente a INIAP-462 con 14,24 gramos y diferente al resto de dosificaciones, el cual se da probablemente al orden de extracción de los nutrientes en el cultivo de fréjol que fue de es de NPKS.

Donde según el nutriente más extraído por el cultivo es el N, mientras el de menor proporción es el P. La extracción de elementos alcanza su punto máximo en la etapa final, entre los 65 y 80 días. El nitrógeno es un nutriente importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cedido a su actividad que ejerce dentro de la biomolécula de la planta, señala (Kale, 2011). En este sentido Upadhyay y Singh (2016), demostraron que la aplicación de nitrógeno aumenta significativamente la producción de materia seca en plantas de frejol caupí, así mismo incrementa los nódulos efectivos, peso efectivo de nódulos, número de hojas, vainas por planta y rendimiento de grano.

**Tabla 6.** Evaluación de materia seca de raíz, tallo y hoja en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

En la tabla 7 se observa la prueba de T de materia seca de raíz, tallo y hoja en las dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes no tuvo diferencias significativas entre las variedades de frejol INIAP-462 e INIAP-463 cuando se aplicó las dosis 37-3,2-31-9 kg de N-P-K-S en las variables peso seco de la raíz y tallo, pero en el peso seco de la hoja si hubo diferencia significativas y en la dosis de N-P-K-S 73-6,5-61-17, 110-9,7-92-2, 147-13,9-123-35 y 183-16,2-153-43 si presentaron diferencias significativas, porque el valor de P fue menor a 0,05.

**Tabla 7.** Prueba de T de materia seca de raíz, tallo y hoja en dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

Calzada et al. (2015), realizaron un análisis de varianza en relación al peso seco de la raíz, concluyo que no hubo diferencia en la aplicación de diferente fertilizante, pero en la variable testigo presentó diferencias significativas comparadas con los demás tratamientos. Por ello en la extracción de nutrientes en fréjol las diferencias que existen en cuanto a la acumulación de elemento en cada órgano de la planta, a lo largo del ciclo de cultivo la hoja extrae el mayor contenido de nutrientes, seguido de la raíz, tallo, hoja y grano en el período productivo y quedan las menores cantidades en el sistema radicular.

## 7.2 Evaluación del rendimiento en dos variedades de Frejol caupí

En la tabla 8 Análisis de varianza y contraste del testigo vs el resto de tratamientos del rendimiento de dos variedades de frejol, se observa que si existió diferencia significativa en la el factor tratamientos y testigo versus resto de tratamientos en relación la variable rendimiento de vainas frescas y rendimiento grano seco, pero en el factor repeticiones no fueron significativa porque el valor de p es mayor a 0,05.

**Tabla 8.** Análisis de varianza y contraste del testigo vs el resto de tratamientos del rendimiento de dos variedades de frejol.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

Los resultados encontrados, son similares a los obtenidos por Conchacela (2014), quien sugiere que el cultivo de frejol fertilizado que se obtiene mayor rendimiento en comparación con el frejol no fertilizado. Así mismo, Maroto (2009), indico que la aplicación de NPK aumenta el rendimiento del cultivo, de un 72,7% respecto del testigo no fertilizado.

Podemos observar que la tabla 9, muestra diferencia significativa para el factor dosis de fertilizante entre las variables rendimiento de vainas fresca y grano seco, con cuatro rangos de significancia, donde el factor dosis de fertilizante de 37-3,2-31-9 kg de N-P-K-S fue estadísticamente diferente al resto, el mismo que obtuvo el mayor rendimiento que los otros tratamientos y la variedad INIAP-462 registró un rendimiento promedio de vainas fresca de 46.585,71 de vainas frescas que correspondieron al 442,02 mazos/ha y 22,74 kg/ha de grano seco. Mientras que la variedad INIAP 463 registro un promedio de vainas fresca de 46.585,71 de vainas frescas fue 742,85 mazos/ha y 87,73 kg/ha en grano secos.

**Tabla 9.** Evaluación del rendimiento de dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

En la tabla 10 se observa que, en la prueba de T, en el rendimiento de vainas fresca los mayores rendimientos se registraron con la dosis de 37-3,2-31-9 kg de N-P-K-S para INIAP-463 con 46.585 kg en relación a INIAP-462 que produjo 38.142,81 kg/ha de granos fresco. Mientras que en la dosis de NPKS (73-6,5-61-17 kg) se mantuvo la misma tendencia de 27.909,52 y 24.076,18 kg para INIAP- 463 y 462. Este mismo comportamiento sucedió con la dosis de 110-9,7-92-26 kg donde se registró 20.504,76 y 14.433 kg/ha de grano fresco siguiendo la misma secuencia de ambos cultivares. Mientras que la dosis de 147-13,9-123-35 kg registró 12.028,57 y 11.885,71 kg/ha de peso fresco y 183-16,2-153-43 kg con 12.285,71 y 10.804,76 kg /ha, resultados que muestran, que un indicador importante respecto al uso de los macronutrientes es su eficiencia agronómica, que refleja la respuesta de la producción de grano por unidad de fertilizante aplicado, considerando lo anterior la aplicación de fertilizante en el cultivo, debe ser adecuada, considerando el rendimiento por dosis de nutriente(Endara, 2019)

En lo referente al rendimiento de peso seco se reportó similar comportamiento donde la dosis de NPKS (37-3,2-31-9 kg), expresaron la mayor producción con el cultivar INIAP-463 con 2.480 kg/ha en relación a INIAP-462 con 1.718,67 Kg/ha que produjo el menor rendimiento siguiendo esta misma tendencia de disminución del resto de tratamientos estudiados. Aunque Cabañas (2013), concluye que el frejol y sus diferentes variedades, reaccionan positivamente frente a la nutrición con nitrato de potasio y fosfito de potasio. De las tres variedades estudiadas, la que se vio más beneficiada fue PERCAL BLANCO con fosfito de potasio, siendo la que mayores valores mostro en cuatro de las variables de estudio y observo que el frejol presentó mejor comportamiento a la fertilización química 60N-40 P2O5-y K2O con 122.8 g/planta de peso fresco.

**Tabla 10.** Prueba de T del rendimiento de dos variedades de frejol bajo diferentes dosis de nutrientes.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

## 7.3 Evaluación de la eficiencia agronómica de nutrientes en dos variedades de frejol

Se observa en la tabla 11, que el tratamiento que presentó la mayor eficiencia Agronómica de NPKS, fue (37-3,2-31-9 kg) en las variedades INIAP 462 y 463, al ser estadísticamente diferente al resto de los tratamientos, pero la variedad que fue más eficiente en el uso de nutriente fue INIAP 463, con 55,26 kg/EAN y fue la variedad que tuvo mayor rendimiento, al cual se lo considera un indicador importante respecto al uso de los macronutrientes es su eficiencia agronómica, que refleja la respuesta de la producción de grano por unidad de fertilizante aplicado, considerando lo anterior la aplicación de fertilizante en el cultivo, debe ser adecuada, considerando el rendimiento por dosis de nutriente (Malla, 2018).

**Tabla 11.** Evaluación de la eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en dos variedades de frejol.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

Mientras, que en la tabla 12, reportó diferencias significativas, donde el mayor valor de eficiencia agronómica, la registró EAP en las dos variedades en INIAP-463 con 639,17 kg/kg e INIAP-462 con 380,83 kg/kg con la dosis de (37-3,2-31-9 kg) en relación al resto de tratamientos que reportaron una menor eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en dos variedades de frejol, es por ello que la eficiencia agronómica refleja la respuesta de la producción de grano por unidad de fertilizante aplicado, considerando lo anterior la aplicación de fertilizante en el cultivo, debe ser adecuada, considerando el rendimiento por dosis de nutriente.

El uso eficiente de nutrientes puede verse a corto o largo plazo, la misma que dependerá de la especie, remediación del suelo, sistema de producción, morfología y fisiología de la raíz, la habilidad de la planta para absorber nutrientes bajo diferentes condiciones ambientales, la humedad y tipo de suelo. Entre las expresiones más comunes de la eficiencia de los fertilizantes está la recuperación y las fuentes de nutrientes tomadas en cuenta (fertilizantes, residuos de corral, mineralización, deposición atmosférica (Colque, 2005).

**Tabla 12.** Prueba de T de la eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en dos variedades de frejol.



p > 0,05: no significativo; p ≤ 0,05: significativo; p <0,0001 altamente significativo.

# CONCLUSIONES

* Las dosis de fertilización influenciaron sobre el desarrollo del cultivo frejol, siendo la menor dosis con 37-3,2-31-9 kg de N, P, K y S respectivamente la que obtuvo los mejores resultados, lo que sugiere que aplicaciones de dosis mayores no tienen buena respuesta en las variedades de frejol INIAP-462 e INIAP-463.
* Las variedades de frejol INIAP-462 e INIAP-463 obtuvieron sus más altos rendimientos cuando se aplicó el nivel más bajo de fertilización, lo que indica que estas variedades de frejol no necesitan de altas dosis de nutrientes para expresar su máximo potencial de rendimiento.
* La eficiencia agronómica de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre fue disminuyendo a medida que se incrementó la dosis de fertilización en las variedades de frejol, siendo la dosis de 37-3,2-31-9 kg de N, P, K y S respectivamente la de mejor respuesta.

# RECOMENDACIONES

Realizar la misma investigación, donde se incluya otros factores de estudio, tales como diferentes localidades o tipos de suelos, interaccionar dosis de fertilizantes con distanciamiento, o evaluar diferentes láminas de riego.

Continuar la investigación para determinar el comportamiento agronómico mediante programas de fertilización orgánica o química que contribuyan a mejorar la productividad del frijol Caupí (V. *unguiculata* L. Walp).

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonzo. (2014). *Producción de Col, frejoles, Coliflor, Acelga, apio y lechuga.* Perú, LIma: Disponible en: http://www.google.com.

Altieri. (2014). El cultivo de leguminosas. *Agricultura Orgànica: Cultivo frijoles*, Pàg. 56-59.

Andrade V;Guamán J;Alava A. (2016). El cultivo de fréjol. Guayaquil, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Boliche, Programa Nacional de Oleaginosas. (Plegable no. 246). (E.-I.-B.-D. G. (INIAP/Pl-246), Ed.) *INIAP, Estación Experimental Boliche, Programa Nacional de Oleaginosas,*. Disponible en: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2033

Binder,H. (1997). *Manual de leguminosas en Nicaragua. Tomo I Y II. Primera Edición. PASOLAC,.* Managua, Nicaragua.: E.A.G.E. Esteli.

Cabañas. (2013). La producción orgánica del cultivo de frijol (Phaseolus lunatus L.). *Revista Peruana de Prducciòn Agricola. El Frejol una alternativa de alimentaciòn*, Pàg. 67-71.

Calzada K, Rodríguez J y Santana M. (Diciembre de 2015). Comportamiento productivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente. *Revista Científica Avances, Vol. 17,*(No.4 o), p.23. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/6378/637867038001.pdf

Colque T, R. D. (2005). *Instalación y manejo del cultivo de fréjol.* Lima, Perú: Editorial Lumusa Hermanos.

Conchacela. (2014). *Comportamiento agronómico del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) a la aplicación de varios fertilizantes.* Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1040/7/CD307\_TESIS.pdf

Doyle O, K. C. (2011). *The effect of a peat based growing medium, with varying fertilizer levels and amended with composted green waste (CGW), on the growth and development of tomato (Lycopersicon lycopersicum (L.).* USA: Acta Horticulturae. Disponible en: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113179797

Drobek M, Frac M y Cybulska J. (09 de Septiembre de 2019). Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress—A Review. *Review Agronomy*, P´g. 335. Disponible en: doi:doi:10.3390/agronomy9060335

Endara. (2019). *Determinación de la Eficiencia Energética del cultivo de frejol, bajo dos densidades y tres fertilizaciones en el CADET – Tumbaco.* Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19112/1/T-UCE-0004-CAG-128.pdf

ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Ecuador en cifras:.* Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web- inec/Estadisticas\_agropecuarias/espac/espac- 2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf.

FAO. (2017). Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de fríjol voluble. *FAO*, pp.1-34. Disponible en: https://www.fao.org/3/a1359s/a1359s03.pdf

Fernández. (2011). *Elaboración de humus sólido y líquido a partir de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida).* México D.F.: Editorial Limusa.

Garver. (2008). *Encuesta a productores para orientar el fitomejoramiento de frijol en Ecuador. Universidad de Costa Rica. Costa Rica Agronomía Mesoamericana, 19(1).* Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/437/43711424002.pdf

Guamán,R. (2013). Adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la parroquia Luz de América - Ecuador. (F. d. Agrícolas, Ed.) *Revista Siembra*, p.56. Disponible en: doi:https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1908

Huaraya. (2013). *·Efecto de cuatro niveles de fertilización nitrogenada en la producción de Frejól el el Municipio de Chuma.* Facultad de Agronomia, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia: Universida Mayor de San Andrés. Disponible en: https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/4030/T-1864.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Herrera Santillán, M. V. (2020). *Efecto de dos sistemas de labranza bajo cuatro niveles de nitrógeno sobre las propiedades químicas de un suelo sembrado con fréjol* (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22363

IICA. (2009). Guía Técnica para el cultivo de frejól. *Guia técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Ncaragua*, p.28. Obtenido de http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF

Infoagro. (2016). *Hortalizas, producción de frejol.* Quito, Ecuador: Disponible en: www.infoagro.com/hortalizas/acelga.

INHAMI. (2017). *Instituto Nacional de Hidrología, y metereología del Ecuador.* Guayaquil, Ecuador. Disponible en: https://www.inamhi.gob.ec/geoinformacion-hidrometeorologica/

INIA. (2007). *Intituto Nacional de Innovación Agraria.* Peru-Lima. Disponible en: http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/333

INIAP. (2007). *Fertilización química en leguminosa en el campo experimental del instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias.* Portoviejo, Ecuador.

INTA. (2017). *Tendencia del consumo de alimentos en granos en América Latina.* Buenos, Aires Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

INTAGRI. (2017). Fertilización del Cultivo de Frijol. *Revista Infoagro*, p.2. Disponible en: https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fertilizacion-del-cultivo-de-frijol

Kale H. (2011). *Earthworms: Nature´s gift for utilization of organic wastes.* Editorial Press. Boca de Ratón, Florida: Edwards, C.A. (ed). Earthworm ecology. Soil and Water Conservation Society. Disponible en: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US1997059227

Malavolta E., Vitti G.C., & De Oliveira S. A. (1997). Avaliacao do estado nutricional das plantas: Principios e aplicacoes. 2ª. Ed. POTAFOS. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.

Malla, A. (2018). *Evaluación del rendimiento de fréjol (Phaseolusvulgaris L.) INIAP 484 centenario, en siembra directa bajo fertilización química, orgánica.* Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15389/1/T-UCE-0004-A85-2018.pdf

Maroto. (2009). *Horticultura herbácea especial.* Madrid, España: Editorial Mundi Prensa.

Marrique,H. (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.* Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Barranca, Perú: Universidad Nacional de Barrancas. Disponible en: https://repositorio.unab.edu.pe/handle/20.500.12935/103

Marschner. (2015). Organic nutrition of higher plants. *Magazine Potential Sweentening agents of plants origin*, Pág. 71-79.

Martínez, M., Tordecilla, I., Grandett, I., Rodríguez, M. & Cordero, C. (2020). *Fríjol caupí (Vigna unguiculata L. Walp): perspectiva socioeconómica y tecnológica en el Caribe colombiano.* Caribe colombiano: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Disponible en: doi:https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n2.2020.10644

Meena, H. (2015). Genetic variability, heritability and genetic advance in cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.). *The J. Plant Sci. Res., 31*(1), pp.13-6. Disponible en: http://14.139.51.37/centrallibrary/admin/book/9deaa46cf6Final%20Thesis%20PDF111.pdf

Morales, A. (2019). Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) de la Península de Yucatán. (E. y. agropecuarios, Ed.) *REvista ERAS, 6*(18), pp. 463-475. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\_sdt=0%2C5&q=+Caracterizaci%C3%B3n+morfol%C3%B3gica+de+semillas+de+frijol+caup%C3%AD&btnG=

Olunike, H. (2014). Utilization of Legumes in the Tropics. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare IISTE, 4*(12). Disponible en: https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1003.1206&rep=rep1&type=pdf

Orbea,J. (2013). *Fertilización nitrogenada en la producción de la producción de fréjol (Phaseolus vulgaris).* Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Quevedo, Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Disponible en: https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/286/1/T-UTEQ-0011.pdf

Ospina,C. (2020). Análisis socioeconómico del cultivo de fríjol en Cundinamarca (Colombia), para la identificación de un Sistema Agroalimentario Localizado. *RIVAR , 7*(21), 13-23. Disponible en: doi:https://doi.org/10.35588/rivar.v7i21.4622 · ISSN 0719-4994

Ospina, L. (2017). *Respuesta de la variedad de fréjol INAP - 463 phaseolus vulgaris L: a cinco dosis de nitrógeno y potasio con aplicaciones adicionales de boro y zinc.* Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17970/1/Ospina%20Franco%20M%c3%b3nica%20Mar%c3%ada.pdf

Peralta I., Murillo I., Mazón, N., Pinzón Z. & Villacrés, E. (2011). Manual agrícola de frejol y otras leguminosas: Cultivos, variedades, costos de producción. (E. E. NIAP, Ed.) *LEGUMINOSAS;CULTIVO;VARIEDADES;COSTOS DE PRODUCCIÓN, Publicación Miscelánea no. 135*, p.79. Disponible en: https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2705

Pérez-González, J. I.-P.-O.-B. (2011). *Importancia del molibdeno en los sistemas biológicos y su papel en enzimas mononucleares como parte del cofactor Moco.* México, DF., México: educación química. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\_sdt=0%2C5&q=Importancia+del+molibdeno+en+los+sistemas+biol%C3%B3gicos+y+su+papel+en+enzimas+mononucleares+como+parte+del+cofactor+Moco.+&btnG=

Quintana, W., Pinzon, E., & Torres, D. (2017). EFECTO DE UN FOSFATO TÉRMICO SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) CV ICA CERINZA. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 51-59. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\_sdt=0%2C5&q=EFECTO+DE+UN+FOSFATO+T%C3%89RMICO+SOBRE+EL+CRECIMIENTO+Y+PRODUCCI%C3%93N+DE+FR%C3%8DJOL&btnG=

Ramírez. (2016). *Ventajas y desventajas de la fertilizaciòn inorganica y organica en cultivos de campo.* Mèxico D.F.: Editorial La Norma.

Ramirez,A; Novisel Veitía;Lourdes R García; Raúl Collado; Damaris Torres; Leonardo Rivero Quintana; Miriam Ramírez- López. (2017). Caracterización morfológica de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. *Biotecnología Vegetal, , 17*(3), p.11. Disponible en: https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/rt/printerFriendly/557/html

Rosales, L. (2015). *Fertilización foliar de fósforo con sus diferentes dosis; para el rendimiento del cultivo de frijol Castilla (Vigna Unguiculata l.). En La provincia de Barranca,.* Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Huaraz, Perú: Universidad Nacional Santiago Antunez mayolo. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4752/T033\_43069056\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Siddique,Y. (2014). *Phytochemical screening and comparative antimicrobial potential.* Baja California, USA: Asian Pacific Journal of Tropical Disease. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\_sdt=0%2C5&q=Phytochemical+screening+and+comparative+antimicrobial+potential&btnG=

Valadez. (2013). *Producción de Hortalizas.* México D.F.: Editoria AlfaOmega.

1. **ANEXOS**

|  |
| --- |
| **Anexo 1.** Muestra análisis de suelo |
| **Anexo 2.** Equipo de medición |
| **Anexo 3.** Diámetro del tallo |

|  |
| --- |
| **Anexo 4.** Diámetro del tallo |
| **Anexo 5.** Altura de planta |
| **Anexo 6.** Muestra órganos vegetales húmedo |

|  |
| --- |
| **Anexo 7.** Secado de órganos vegetales |
| **Anexo 8.** Peso seco del tallo y ramas |
| **Anexo 9.** Peso fresco de granos |

|  |
| --- |
| **Anexo 10.** Peso seco de granos |
| **Anexo 11.** Peso fresco de vainas |
| **Anexo 12.** Peso seco de vainas |
| **Anexo 13.** Análisis de suelo |