



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Efecto de la aplicación de torta de piñón (*Jatropha curcas* L.) en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.)”

Autores:

Medranda Mendoza Ángel Agustín

Vega Lucas Yandri Alexander

Tutor:

Ing. Freddy Zambrano Gavilanes Ph.D.

SANTA ANA – MANABI – ECUADOR

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
ESCUELA DE AGRONOMIA

TEMA:

“Efecto de la aplicación de torta de piñón (*Jatropha curcas* L.) en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.)”

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:

Ing. Marina García de Almeida, PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Antonio Torres García, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Ariolfo Leonardo Solis Bowen, Mg Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

CERTIFICACIÓN

Ing. Freddy Zambrano Gavilanes, PhD tutor, y docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

CERTIFICO:

Que hemos revisado estilo y ortografía del trabajo de titulación “Efecto de la aplicación de torta de piñón (*Jatropha curcas* L.) en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.)” elaborado por **Ángel Agustín Medranda Mendoza** y **Yandri Alexander Vega Lucas** el cual fue realizado bajo nuestra tutoría.

Ing. Freddy Zámbrano Gavilanes, PhD

TUTOR

CERTIFICACIÓN DE REVISOR

DEDICATORIA

A mis padres, gracias por sus enseñanzas que son las que me ayudan a enfrentar la vida a ustedes dedico este logro.

A mi esposa Adriana gracias por ser mi compañera de vida, por estar en pie de lucha siempre. Por qué los dos sabemos cuánto hemos luchado por llegar aquí.

A mi hijo Josué que es todo en mi vida.

A mis hermanos y sobrinos que han sido mi impulso para superar cada dificultad.

Vega Lucas Yandri Alexander

AGRADECIMIENTO

A Jehová por llenarme de amor, fortaleza, constancia, tolerancia durante la etapa de formación académica.

A Ángel Medranda por el apoyo y ayuda en el transcurso de todo el proceso de la tesis.

A Ing. Freddy Zambrano Gavilanes Ph.D. nuestro tutor gracias por su ayuda y guía durante este largo proceso ya que gran parte del desarrollo de esta investigación se lo debemos a usted, a sus conocimientos y experiencias.

A mis docentes, mi agradecimiento porque fueron quienes a través de sus conocimientos transmitieron amor hacia la carrera de Agronomía.

A mis compañeros y personal de la Facultad de Ingeniería Agronómica que de una u otra forma ayudaron en mi desarrollo académico y personal.

Vega Lucas Yandri Alexander

DEDICATORIA

A mi madre

Quien estuvo conmigo desde el principio apoyándome de manera incondicional en cada paso de daba a través de mis estudios académicos ya que sin su apoyo no lo hubiese logrado.

Señor Richard Mendoza

Una persona que sin ser mi padre se ha portado conmigo como si lo fuera quien me ha enseñado muchas cosas a lo largo de mi vida una persona que siempre ha estado conmigo en mis momentos más difíciles apoyándome y brindándome todo su cariño para que yo logre el objetivo de terminar mis estudios de pregrado.

Dr. Freddy Gavilanes

Más que un Doctor, un gran amigo, los docentes son un pilar fundamental para el aprendizaje. Agradezco a mi director de tesis, quien, con sus conocimientos y su gran trayectoria, ha logrado en mí culminar mis estudios con éxito.

Medranda Mendoza Ángel Agustín

AGRADECIMIENTO

Agradezco con todo mi amor y gratitud a mi madre y a su esposo por todo el apoyo brindado, esta tesis y todo lo que he logrado hasta ahora son el fruto de su confianza, apoyo, virtudes y valores inculcados en mí.

Agradezco a los docentes de la carrera de agronomía de la facultad de ingeniería agronomía en la Universidad Técnica de Manabí, a todos los profesores por ayudarme en mi formación académica, en especial a mi tutor el doctor Freddy Gavilanes quien siempre estuvo al pendiente de nosotros desde los inicios de nuestra tesis y gracias a eso logramos alcanzar nuestro objetivo.

Agradezco a mis amigos. Con los que compartí dentro y fuera de las aulas, quienes me apoyaron para que nunca me rindiera y me daban un motivo para seguir esforzándome y cumplir con mi objetivo.

Agradezco a mis hermanos por llenarme de alegría día tras días con sus ocurrencias y muestras de cariño, por los consejos brindados, por darme ánimos cuando más lo necesitaba y por mostrarme que con esfuerzo y dedicación puedo lograr mis objetivos.

Medranda Mendoza Ángel Agustín

ÍNDICE

ÍNDICE	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 Fréjol caupí	4
3.2 Taxonomía, origen y distribución	4
3.3 Descripción morfológica de fréjol caupí.....	5
3.3 Material genético.....	6
3.4 Principales insectos en el fréjol caupí	6
3.6 Fertilización en frejol caupí	10
3.7 Macronutrientes (N-P-K) en frejol caupí	10
3.8 Fertilización orgánica.....	11
4. METODOLOGÍA	15
4.1 Ubicación	15
4.2 Propiedades físicas y químicas del suelo.	15
4.3 Material vegetal.....	15
4.4 Diseño de la investigación y tratamientos.....	16
4.5 Manejo del Experimento	17
4.6 Preparación del terreno	17
4.7 Variables evaluadas.....	17
4.7.1 Altura de la planta (cm).....	17
4.7.2 Diámetro del tallo (cm)	17
4.7.3 Número de hojas	17
4.7.4 Área foliar	17
4.7.5 Materia seca foliar.....	18
4.7.6 Número de nódulos	18
4.7.7 Volumen de raíz	18
4.7.8 Longitud de vainas	18
4.7.9 Ancho de vainas	18

4.7.10 Número de vainas por planta.....	18
4.7.11 Peso de vainas secas.....	18
4.7.12 Semillas por vaina.....	18
4.7.13 Peso de 100 semillas.....	19
4.7.14 Rendimiento.....	19
4.7.15 Contenido relativo de clorofila SPAD.....	19
4.7.16 Porcentaje de N, P y K foliar.....	19
4.7.7 Índice de clorofila de las hojas (SPAD).....	19
4.8 Análisis estadístico.....	19
3.4 <i>Jatropha curcas</i> L.....	12
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
6.1 Conclusiones.....	27
6.2 Recomendaciones.....	27
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades físico-químicas del suelo.	15
Tabla 2.	Características agronómicas de la variedad INIAP 463.	15
Tabla 3.	Tratamientos empleados en la investigación.	16
Tabla 4.	Diseño del ANOVA.	17

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Altura de plantas del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 21
- Figura 2. Número de nódulos del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 22
- Figura 3. Ancho de vaina del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 23
- Figura 4. Peso de vaina seca del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 24
- Figura 5. Peso de 100 granos del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 24
- Figura 6. Rendimiento del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 25
- Figura 7. Porcentaje de N foliar del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 26
- Figura 8. Porcentaje de P foliar del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)..... 26

RESUMEN

El fréjol caupí es de importancia económica y alimenticia. Su manejo generalmente se realiza mediante fertilización química, sin embargo, el uso intensivo conlleva a problemas ambientales, de salud y mayor costo de producción. Por otro lado, existen fertilizantes de origen orgánico, como la torta de piñón que contribuyen en el crecimiento y desarrollo del cultivo, permitiendo una agricultura sostenible. En el presente trabajo de investigación se realizó en el campus experimental La Teodomira de la Universidad Técnica de Manabí. El objetivo fue evaluar el efecto de la torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), siendo estudiados los siguientes tratamientos en base al contenido de fósforo presente en la torta de piñón (0,5% P): T₁ (0 kg P/ha), T₂ (20 kg P/ha), T₃ (50 kg P/ha), T₄(100 kg P/ha), T₅(fertilizante químico "Yaramila complex"); T₁ (0 g/planta tort. Piñón), T₂ (27,22 g/planta tort. Piñón), T₃ (68,06 g/planta tort. Piñón), T₄(136,12 g/planta tort. Piñón), T₅(1,88 g/planta tort. Piñón). Las variables estudiadas fueron altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), número de hojas, área foliar, materia seca foliar, número de nódulos, volumen de raíz, longitud de vainas, ancho de vainas, número de vainas por planta, peso de vainas secas, semillas por vaina, peso de 100 semillas, rendimiento, Contenido relativo de clorofila SPAD, Porcentaje de N, P y K foliar, índice de clorofila de las hojas (SPAD). En las variables agronómicas y en el comportamiento productivo del fréjol caupí ante la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis, mejores respuestas se obtuvieron en el tratamiento con 20 kg P ha⁻¹.

Palabras clave: Biofertilizante, fabacea, materia orgánica, torta piñón

ABSTRACT

Cowpea is of economic and nutritional importance. It is generally managed by chemical fertilization; however, its intensive use leads to environmental and health problems and higher production costs. On the other hand, there are fertilizers of organic origin, such as physic nut seed cake, which contribute to the growth and development of the crop, allowing for sustainable agriculture. This research was carried out at the experimental campus La Teodomira of the Technical University of Manabi. The objective was to evaluate the effect of pine nut cake in different doses on the development and production of cowpea bean. A Completely Randomized Block Design (CSBD) was used, and the following treatments were studied based on the phosphorus content present in the pine nut cake (0.5% P): T₁ (0 kg P/ha), T₂ (20 kg P/ha), T₃ (50 kg P/ha), T₄ (100 kg P/ha), T₅ (chemical fertilizer "Yaramila complex"); T₁ (0 g/plant tort. *Jatropha*), T₂ (27.22 g/plant tort. *Jatropha*), T₃ (68.06 g/plant tort. *Jatropha*), T₄(136.12 g/plant tort. *Jatropha*), T₅(1.88 g/plant tort. *Jatropha*). The variables studied were plant height (cm), stem diameter (cm), number of leaves, leaf area, leaf dry matter, number of nodules, root volume, pod length, pod width, number of pods per plant, weight of dry pods, seeds per pod, weight of 100 seeds, yield, relative SPAD chlorophyll content, percentage of leaf N, P and K, leaf chlorophyll index (SPAD). In the agronomic variables and In the agronomic variables and in the productive behavior of cowpea in response to the application of pine nut cake at different doses, the best responses were obtained in the treatment with 20 kg P ha⁻¹.

Key words: Biofertilizer, fabacea, organic matter, physic nut seed cake.

1. INTRODUCCIÓN

El frejol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) es de familia botánica Fabaceae de gran importancia regiones tropicales y subtropicales del mundo, primordialmente en África, América Latina y Asia (Reyes-Pérez *et al.*, 2019). Las fabáceas contienen nutrientes esenciales que son muy importantes en países en desarrollo debido a razones nutricionales y socioeconómicas (El-Saadony *et al.*, 2021), además de contener calorías, fibra dietética, minerales y vitaminas siendo de mucho interés para un gran segmento de la población mundial (Reyes-Pérez *et al.*, 2019).

En el mundo los países con mayor producción del grano seco en el año 2018 fue India con un área cosechada de 15.426 millones de hectáreas, representando el 42.3% de todo el fréjol cosechado en el mundo, seguido por Myanmar con 3.182 millones de ha y Brasil con 2.795 millones de ha. (FAO, 2020). En Ecuador el frejol caupí se produce principalmente en la región del litoral por pequeños agricultores durante todo el año, principalmente en verano cuya producción se orienta al a abastecer el mercado interno (Garcés *et al.*, 2015).

En Ecuador es la fabácea con la mayor superficie cultivada y consumida en grano seco, verde o tierno (INEC, 2020). De acuerdo a SIPA (2021) en el año 2020 el frijol ocupó una superficie aproximada de 19 000 ha, con una producción de 12 000 t, y un rendimiento inferior a la media mundial (0,63 t ha⁻¹). En provincia de Manabí, la misma fuente informa que se han sembrado 701 ha, con una producción de 584 t y un rendimiento cercano a la media mundial (0,83t ha⁻¹).

Por su parte, el piñón *Jatropha curcas* L., es originario de América, encontrándose establecida en Asia y África, botánicamente pertenece a la familia Euphorbiaceae, la especie es de porte arbustivo o leñoso (Pabón y Hernández, 2012). De acuerdo a Cañadas *et al.* (2017) desde el año 2011 las autoridades de Ecuador han ejecutado iniciativas para el uso de aceite de *J. curcas*, esto con el objetivo de producir electricidad y dotar de la misma a la Isla Floreana (en las Islas Galápagos).

Durante el proceso de extracción de aceite a partir del piñón deja fuertes cantidades de residuos de cascara y torta, las mismas contienen nutrientes (Saetae y Suntornsuk, 2010). En países como India a través de la siembra de piñón se estima obtener alrededor 20 millones de hectáreas sembradas y pudiendo generar 20 millones de toneladas de torta por año,

generando una gran cantidad de residuos orgánicos que pueden servir de gran ayuda aplicándolos en la agricultura (Pandey *et al.*, 2012). Cabe mencionar que la incorporación de compost a partir de residuos de piñón puede mejorar las propiedades del suelo, como bien sabemos la materia orgánica es importante como fuente de nutrientes, retención de cationes, mejora de la actividad microbiana y las propiedades físicas del suelo (Olowoake *et al.*, 2018).

La torta de piñón presenta similitud con los fertilizantes inorgánicos con respecto a sus propiedades, existen divergencia en cuanto al porcentaje nutricional de la torta de piñón, en el caso de macronutrientes Kingswood (2010) asegura que contiene 6%- 2,75% y 0,94% de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) respectivamente, por su parte Massoud *et al.* (2018) refiere los porcentajes de contenido de N P K están en el rango: 3.2-4.5%, 1.4-2.1% y 1.2-1,7%.

La hipótesis de este trabajo es que la aplicación de torta de piñón como fertilizante en diferentes dosis aportará beneficios sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí variedad INIAP-463 demostrando su utilidad como abono orgánico.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar variables agronómicas del desarrollo fréjol caupí en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de torta de piñón.
- Determinar el efecto de diferentes dosis de torta de piñón sobre el comportamiento productivo de fréjol caupí.
- Determinar el contenido de absorción nutricional en la parte foliar del fréjol caupí en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de torta de piñón.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Fréjol caupí

Esta fabácea es generalmente es conocida como cowpea o chícharo de vaca (Baez y Hernández, 2016). El frejol caupí destaca principalmente por presentar proteína con un alto valor nutricional, la capacidad de fijar de nitrógeno (N) y la capacidad de tolerar condiciones de sequía y calor (Carvalho *et al.*, 2017).

3.2 Taxonomía, origen y distribución

El género *Vigna* pertenece a la familia botánica Fabaceae, misma que se haya representada por aproximadamente 200 especies que se encuentran ampliamente distribuidas a nivel mundial, sin embargo, las especies de mayor importancia económica y alimenticia son: *V. radiata*, *V. mungo*, *V. angularis*, *V. subterranea*, *V. aconitifolia*, *V. umbellata* y *V. unguiculata* (Fery, 2002). En cuanto a su origen es África (Carvalho *et al.*, 2012), no obstante, existe desconocimiento sobre la región exacta (Xiong *et al.*, 2016; Carvalho *et al.*, 2017).

Esta fabácea es cultivada muy bien en regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial (Boukar *et al.*, 2013), esto a causa de que en la alimentación humana representa una de las cinco leguminosas de mayor importancia gracias a su composición en proteínas, calorías, fibra, minerales y vitaminas (Menssen *et al.*, 2017; Smýkal *et al.*, 2015). Además de que presenta alta rentabilidad económica para los agricultores (Segura-Campos *et al.*, 2013), principalmente en regiones con mínimos ingresos económicos debido al costo de producción y acceso económico - social (Frota *et al.*, 2008).

La clasificación botánica del fréjol caupí según Timko *et al.* (2007) es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Género: *Vigna*

Especie: *Vigna unguiculata*

3.3 Descripción morfológica de fréjol caupí

Raíz: Las raíces son profundas, mismas que penetra el suelo aproximadamente 80 cm, en la parte inicial se encuentran las raíces laterales, y nódulos que contienen bacterias del género *Rhizobium* spp., encargadas de la fijación de nitrógeno del aire al suelo y que posteriormente será de utilidad en la planta para su nutrición (Albán, 2012).

Tallo y Ramas: Los tallos son tipo glabro, con pocas ramas, flexibles, erectos o rastreros, desde la segunda rama tiene origen el proceso de ramificación posteriores de la emergencia; lo descrito antes es de importancia en situaciones donde la densidad de siembra es baja (Binder, 1997).

Hojas: Existe gran variación respecto a la forma, son compuestas, con dos folíolos laterales asimétricos y un folíolo terminal central que es simétrico. Habitualmente el folíolo central es trifoliado, en fréjol caupí se tiende a utilizar en trabajos de clasificación taxonómica y en la diferenciación de las variedades de caupí (Pottorff *et al.*, 2012).

Flores: Presenta flores papilionáceas, mismas que tienen origen en las inflorescencias racemosas en los extremos de pedúnculos que surgen de las axilas de las hojas, respecto a la tonalidad y colores varían muchos (blancas, amarillentas, azul pálido o violetas), los pedúnculos son anchos y de manera acanalados, generalmente más largos que las hojas (2-20 cm de largo); en cada inflorescencia se originan secuencialmente en pares alternos en nudos engrosados en la punta con nectarios extraflorales en forma de cojín entre cada par de flores (Heuzé *et al.*, 2013).

Vainas y semillas: Las vainas se encuentran localizadas en lugares donde se encuentran las flores, ubicándose en el extremo del pedúnculo o tallo; una vez la flor haya sido polinizada,

la vaina inicia su formación, logrando diferentes formas y tamaños con base a la variedad, el número de semillas por vaina también depende de la variedad, pudiendo encontrar entre 0 a 20 semillas por vainas (Sánchez, 2001).

Morfologicamente presenta un crecimiento determinado (variedades enanas o erectas) cuando se observa en el tallo principal inflorescencia terminal, y cuando el tallo no presenta dicha inflorescencia a nivel terminal y las inflorescencias se presentan en las axilas, significa que las planta tendrán un crecimiento tipo indeterminado (variedades guiadoras o trepadoras) (Albán, 2012).

3.3 Material genético

Son dos las variedades presentes en el litoral ecuatoriano: INIAP-462 e INIAP-463, la primera proviene de las líneas CNC x 252-1 su desarrollo fue gracias a la empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias (EMBRAPA) e introducidas al país por INIAP en 1986; y la variedad INIAP-463 procede de selección genealógica de la línea C16-006-2 a partir del cultivar criollo SCN 114 con la variedad INIAP 461.

La variedad INIAP-463 presenta características agronómicas que le permite sobresalir en cuanto a alto rendimiento y tolerancia a plagas y enfermedades, la comercialización es en vainas verdes para consumo alimenticio y semilla en la producción del grano verde (INEC, 2017).

En cuanto a la densidad de plantas recomendada es 40.000 plantas/ha y 0,50 m entre sitios, pudiendo situar dos plantas por sitio; esta especie puede establecerse en asociación con otros cultivos, en este caso se deberá ajustar las poblaciones con base a la época de siembra y características morfológicas del cultivo (Mendoza *et al.*, 2013).

3.4 Principales insectos en el fréjol caupi

3.4.1 Mosca minadora del frijol (*Liriomyza sativae* Blanchard, 1938: *L. huidobrensis* (Blanchard, 1926)

El daño es generado por la larva, que ocasiona minas serpenteantes o lagunares en las hojas, como resultado de la alimentación larval, en las hojas se ve limitada considerablemente la capacidad fotosintética por la disminución del área foliar, se secan y caen, conllevando a la

defoliación parcial del cultivo; cuando las afectaciones se dan posterior a la germinación, realizan minas en las hojas cotiledonares y el tallo, consiguiendo producir la muerte de la plántula, en el caso de que no se tomen medidas de control de forma anticipada (Carrillo, 2015).

3.4.2 Crisomélido (*Diabrotica balteata*)

Este crisomélido se alimenta de la parte del follaje, flores y legumbres, en la fase fenológica V2 – R7 (González *et al.*, 2016). Rubens *et al.* (2006) consideran que dicha especie es la que mayores daños ocasiona a la producción del cultivo.

3.4.3 Pulgón (*Aphis craccivora* Koch)

Los áfidos en estado ninfa y adulto se alimentan de la savia de la planta, produciendo encarrujamiento, amarillamiento, desecación, caída de hojas y flores, enanismo y retraso del crecimiento general de la planta; en situaciones donde el ataque son intensos se da lugar a la presencia de mielecilla y fumagina, se puede observar una severa reducción en la producción como respuesta a ataques fuertes y prolongados, principalmente durante la etapa de floración y fructificación, en este aspecto las infestaciones son mayores bajo condiciones de sequía (Carrillo, 2015).

3.4.4 Mosca blanca (*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889))

Los daños generados son directos e indirectos, el daño directo lo ocasionan los adultos y ninfas durante el proceso de extracción y alimentación de cantidades considerables de savia del cultivo, esto inhibe el vigor de las plantas limitando claramente la producción, el daño indirecto es hongo fumagina que se presenta a causa de la mielecilla que generan (Cruz *et al.* 2014).

3.4.5 Gusano perforador de vainas (*Cydia fabivora* Meyrick)

En este caso la larva daña las semillas de las vainas, eliminando hacia la parte exterior por medio de los agujeros realizados, los excrementos van quedando comprimidos sobre el agujero y aglutinados por delgados hilos de seda (Carrillo, 2015).

3.4.6 Salta hojas (*Empoasca kraemeri*)

Su alimentación consiste en la succión de la savia de planta y el posterior ingreso de saliva tóxica en el momento de su alimentación en fase fenológica V3 – R7 (González et al., 2016). De acuerdo a Carrillo (2015) el daño generado por el estado ninfa y adulto parece ser del orden físico como resultado de la penetración del aparato bucal en el floema de la planta, esto da lugar a la desorganización y granulación de los plastidios de las células y obstrucción de los haces vasculares, permitiendo que los síntomas sean iguales a los que generan algunos virus.

Posteriormente a la emergencia se observa en algunos casos, un curvamiento del área foliar hacia arriba o hacia abajo, continuado por encrespamiento y amarillamiento de los bordes, pudiéndose visualizar en todo el follaje, en otras ocasiones se observa amarillamiento en los bordes de las hojas, acompañado de necrosis apical y enanismo (Carrillo, 2015).

3.4.7 Pega-pega (*Hedylepta indicate*)

El insecto deposita los huevos en hojas tiernas, plegando una hoja con otra dando lugar a un nido de hojas, esto en el estadio fenológico V4– R7, esto reduce el proceso fotosintético; además de alimentarse del mesófilo, cuando la larva ha llegado al último estadio tiende a reducir la hoja a estado esqueleto (González et al., 2016).

3.4.8 Gusanos de tierra *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766): *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782)

Las larvas en sus primeros estadios realizan raspaduras en las hojas de las plántulas recién emergidas, las plántulas tiernas sufren corte a la altura del cuello de la raíz causando la caída y muerte de estas, estos daños se observan generalmente durante los 12 a 20 primeros días de edad de cultivo, ocasionando fallas en la siembra, esto exige hacer resiembra, esta larva también puede afectar las vainas (Carrillo, 2015).

3.5 Enfermedades en el fréjol caupi

3.5.1 Pudrición del tallo (*Rhizoctonia solani* Kühn)

El hongo afecta principalmente a las raíces donde se forman pequeños puntos rojizos; las plantas afectadas son más pequeñas y están marchitas, con el pasar del tiempo los puntos crecen y forman canchales rojizos, hundidos, oscuros; en casos graves y avanzados adyacente

de las plantas muertas se forman pequeñas estructuras redondas, negras, parecidas a granos de arena (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2008).

3.5.2 Marchitez de fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder)

En este caso el hongo origina la reducción en la emergencia de plantas en un 15 %, y pérdidas en cuanto a rendimiento entre 10 y 50%, los síntomas las plantas es que presentan menor tamaño y marchites, se visualiza clorosis en hojas inferiores, distribuidas en focos, y las raíces se tornan de color café rojizo a café oscuro, mientras que en la base del tallo se presenta una felpa de color anaranjado claro o rosado (IICA, 2008).

3.5.3 Mal de esclerocio (*Sclerotium rolfsii* Sacc.)

Durante épocas secas las pérdidas pueden ser aproximadamente 25 %, los síntomas son parches de plantas amarillentas y caída prematura del follaje, pudiendo ocasionar marchitez repentina de plantas; cerca del suelo se visualizan lesiones de color oscuros y textura acuosa, que avanzan hacia las raíces, sobre ello se observa masa de color blanco con estructuras redondas forma similar a un alfiler (IICA, 2008).

3.5.4 Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.)

En condiciones favorables para el patógeno las pérdidas pueden ser totales, en los tallos se forman manchas pequeñas de aproximadamente (1 mm), de forma alargadas, con ligero hundimiento, mismas que crecen de forma longitudinal, pudiendo causar el quebramiento del mismo; las hojas manifiestan venas principales quemadas y de color rojo oscuro, no obstante, es en las vainas donde se observa los síntomas más claros, debido a la apariencia de manchas redondas, hundidas, con borde rojizo (IICA, 2008).

3.5.5 Tizón común *Xanthomonas axonopodis* (sin. *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*)

La bacteria causa pérdidas entre 20 y 40%, la sintomatología se observa en hojas, vainas, tallo y semillas; inicialmente, en las hojas se forman manchas acuosas, más adelante se tornan color oscuro, ampliando su tamaño, posteriormente se unen dando aspecto de quema, rodeado de borde amarillo, en las vainas se crean manchas húmedas color café o rojizo (IICA, 2008).

3.5.6 Complejo de virus (Virus)

A causa de los virus en cultivos establecido en invernadero, se pueden obtener pérdidas cerca del 70% en rendimiento, en cultivos establecidos en campo abierto se visualiza color verde oscuro, con guía más larga que lo normal, deformaciones en las hojas, contracciones en algunas partes de la hoja, sin embargo, los daños más graves se presentan en plantas jóvenes (IICA, 2008).

3.6 Fertilización en frejol caupí

Esta fabácea crece y desarrolla en diferentes suelos, además de que tolera pH de 4,3 a 7,5 y baja infiltración; sin embargo, es altamente sensible a condiciones de salinidad (Brauer, 1969). En el mercado existen diferentes variedades de frejol, mismas que exigen de uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas sintéticos, esto aumenta el costo de producción, bajo estas circunstancias la seguridad alimentaria de los pequeños y medianos productores es ampliamente afectada y comprometida por esa dependencia (Suquilanda, 1996).

3.7 Macronutrientes (N-P-K) en frejol caupí

Las plantas en general requieren de elementos para su proceso de crecimiento y desarrollo, tales como: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg) (Albán 2012). El suministro de N a las plantas de caupí generalmente ocurre a través del proceso de nodulación, como resultado de la fijación biológica de N_2 , basada en la simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium* (Brasil y Cravo *et al.*, 2013).

Esa es la razón del por qué no existe respuesta del cultivo a fertilización nitrogenada, ya que esto puede interferir en el proceso de nodulación de las raíces de las plantas. No obstante, en zonas recién deforestadas o zonas donde predomina el suelo arenoso, bajo en materia orgánica (menos de 10 g kg^{-1}), recomiendan aplicar fertilizante nitrogenado, en cobertura, en dosis de 20 a 40 kg ha^{-1} de N a los 20 a 30 días después de la siembra (Brasil y Cravo *et al.*, 2013).

El fósforo es uno de los principales nutrientes que inciden en la producción de la fabácea, a pesar de ser extraído en una cantidad menor que otros macronutrientes, el P se considera el principal factor limitante de la producción de cultivos, además sigue siendo importante para el establecimiento de la nodulación, ya que aumenta el número de pelos

radiculares y proporciona más sitios de infección para las bacterias fijadoras de N₂, independientemente de las fuentes de P soluble, las dosis de P₂O₅ entre 60 y 80 kg ha⁻¹, proporcionan un mayor crecimiento de este cultivo (Silva *et al.*, 2010).

Por su parte, Neto *et al.* (2014) refiere que la plantas es rústica ya que puede prosperar en suelos de baja fertilidad, sin embargo, para su normal crecimiento y desarrollo es necesario hacer uso de una fórmula alta en fósforo y baja en nitrógeno ya que es excelente para fijar nitrógeno.

En cuanto a la fertilización con potasio, esta ha mostrado resultados satisfactorios con respecto a la tolerancia de las plantas al estrés salino, porque el potasio es reconocido como vital para varios procesos biológicos en las células vegetales, como la activación enzimática, la respiración, la fotosíntesis y la mejora del equilibrio hídrico. Además, el manejo de la fertilización de potasio puede generar una mayor competencia entre este macroelemento y otros cationes especialmente Na⁺ (Prazeres *et al.* 2015).

Los contenidos de macronutrientes (g kg⁻¹) considerados adecuados para el buen desarrollo del caupí son: 18 a 22 (N), 1.2 a 1.5 (P), 30 a 35 (K), 50 a 55 (Ca), 5 a 8 (Mg) y 1,5 a 2,0 (S). Y los micronutrientes (mg kg⁻¹) son: 700 a 900 (Fe), 400 a 425 (Mn), 150 a 200 (B), 40 a 50 (Zn) y 5 a 7 (Cu) (Neto *et al.*, 2014).

3.8 Fertilización orgánica

La fertilización orgánica proporciona mejores condiciones físicas, químicas y biológicas para el suelo. El uso de estiércol bovino, caprino y avícola se convierte en una alternativa viable, lo que facilita el pago para obtener estos sustratos para la fertilización en fréjol caupí (Pereira *et al.* 2015). El caupí responde bien a la fertilización orgánica, aumentando su productividad cuando el suelo se fertiliza con estiércol animal, compuestos orgánicos, humus de lombriz y biofertilizante (Linhares *et al.*, 2016).

Los fertilizantes de origen orgánico representan una alternativa con beneficios ecológicos y económicos a los productores de fréjol; son tecnología versátil y adaptable de interés esencialmente en familias productoras que no cuentan con recursos económicos, es necesario indicar que existe variación en cuanto a la respuesta del fréjol con fertilizantes orgánicos, esto de acuerdo a localidad, esto principalmente por las condiciones edafoclimáticos (Jácome *et al.*, 2013).

En estudio realizado por Santin (2017) usando biol en el cultivo del fréjol caupí, encontró resultados significativos en cuanto biomasa seca, vainas+semilla, vainas secas, 100 semillas secas, semillas secas y rendimiento, de igual manera la mayor acumulación de masa seca de caupí aumentó en otra investigación utilizando humus de lombriz en el suelo (0,14 Kg m⁻¹) en términos de valores absolutos.

Cunha Filha (2011), estudio los efectos de la aplicación de la torta de piñón y de higuierilla en el crecimiento de fréjol caupí y en las propiedades químicas y biológicas de un suelo degradado de Irauçuba, en Brasil, en la investigación determinó que la adición de las tortas aumentó los niveles de carbono orgánico total y NPK en el suelo y las plantas indicando que la aplicación de estas tortas puede ser una alternativa en la rehabilitación de áreas degradadas.

En una investigación estudiando el efecto de la torta de piñón en el desarrollo del fréjol común y la dispersión de arcilla en el suelo, determinaron que la torta no digerida en dosis de 200 y 300 kg de P ha⁻¹ inhibió la aparición de plántulas, mientras que una dosis de 50 kg de P ha⁻¹ tuvieron una influencia positiva en el desarrollo de las plantas y en la absorción de P foliar. Además, tuvieron una reducción en los valores de arcilla dispersa en agua y un aumento en el carbono orgánico con aplicaciones de torta de *Jatropha* no digerida en el suelo (Zambrano *et al.* 2020).

3.4 Piñón (*Jatropha curcas* L.)

Por su parte, Singh *et al.* (2008) expresan que existen un problema asociado al agotamiento de los combustibles fósiles, esto ha permitido direccionar el desarrollo de varios estudios con fines de obtención de fuentes alternativas de energía, en correspondencia con las condiciones de cada país; los resultados han sido satisfactorios en las siguientes especies: la higuierilla (*Ricinus communis* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.), palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), soya (*Glycine max*), colza (*Brassica napus* L.), maíz (*Zea mays*), algodón (*Gossypium herbaceum*) y jatropha (*Jatropha curcas*).

Campuzano *et al.* (2016) indican que, en países desarrollados, dentro de los planes energéticos se trabaja en proyectos que permitirán la inclusión de biomásas de primera y segunda generación para la producción de energía renovable. A respecto el cultivo de *J. curcas* es fuente de aceite para general biodiesel y la torta desgrasada y destoxificada se podría usar como fuente de proteína animal (Roldan, 2013). Sin embargo, se debe considerar

que estos co-productos con bajo valor comercial (Makkar y Becker, 2008), podrían ser un problema potencial debido a que pueden convertirse en un problema ambiental ocasionado por la torta residual de la semilla (Rodríguez-Calle *et al.*, 2016).

Según Dharma *et al.* (2016) las semillas de piñón son usadas como fuente principal de aceite en la producción de biocombustible, esto ha permitido que las investigaciones en su gran mayoría se realicen en sus semillas, su principal característica es el contenido entre 30 y 32 % de proteína y de 60 a 66 % de lípidos (Martínez *et al.*, 2010; Rodríguez-Calle *et al.*, 2016), con ello se muestra el potencial del cultivo como fuente de energía renovable (Pabón y Hernández, 2012).

Son varios los equipos que se pueden usar en el proceso de extracción de aceite, el más frecuente es de extracción mecánica y pruebas de extracción con solventes químicos como: éter de petróleo a 40-60 °C, del proceso de extracción de aceite se logra obtener como subproducto una torta alta en proteínas (Makkar y Becker 2008).

Pabón y Hernández (2012) expresan que son varios los beneficios del piñón: medicina tradicional, materia prima y producto (residuos) de procesos industriales (aceite, glicerol, torta, cascara. etc.) e insecticidas, (Landeros, 2013), biogás (Raheman y Mondal, 2012) y bioetanol celulósico (Ncube *et al.*, 2012), y como biofertilizante (Raheman y Mondal, 2012) y fungicida (Saetae y Suntornsuk, 2011).

Respecto a las cáscaras estas presentan carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno, con un valor de su potencial calorífico de 1.722 MJkg^{-1} , lo que le permite generar gas con una eficiencia del 64,8% (Maiti *et al.* 2014), o como combustible sólido para la producción de briquetas, o biochar de uso en la agricultura como biofertilizante (Kumar y Sharma 2008). La torta de piñón como fertilizante orgánico presenta proteínas altas que sirve como fuente de hidrolizado de proteínas para la estimulación del crecimiento de las plantas (Elbl *et al.*, 2016).

Rodríguez *et al.* (2016) refiere que los indicadores químicos de la torta son: humedad: 3,80 %; ceniza: 7,02 %; contenido de extractos en agua: 10,7 %; contenido de extractos en etanol: 6,3 %; la torta presenta 57% de proteína bruta, carbohidratos, lípidos, un alto contenido de N-P-K. Además de alto contenido de curcassina y ácido jatrófico responsables de la toxicidad

de la semilla. Por su parte Toral *et al.* (2008) indican que la composición de la torta es de 51,9 % de carbohidratos (los glucanos representaron el 31,7 %) y 32,2 % de proteína cruda.

Realizar el proceso de desintoxicación de esta torta es un proceso significativo para agregar valor económico a la utilización de los cultivos, además de minimizar el daño potencial al ambiente a causa del manejo o eliminación inadecuada de este subproducto (Megumi *et al.*, 2012).

Chaturvedi y Kumar (2012) usaron torta de piñón como fertilizante orgánico para optimizar rendimientos y valores nutritivos en tomate, se encontró como resultados que un óptimo (2-3 % en peso) dosis aplicada en el suelo en el momento del inicio de la floración, contribuyó significativamente el rendimiento y parámetros morfológicos.

Se estudió el efecto de la torta *Jatropha* sobre parámetros del suelo y el crecimiento del trigo, concluyendo que la descomposición de la torta es un proceso microbiológico, mismo que da lugar a formas inorgánicas de nutrientes (N, P y K); además de incidir positivamente en aspectos físicos, químicos y biológicos de la salud del suelo, por lo que se considera que la torta de semillas es un fertilizante orgánico de importancia en la salud del suelo, reduce la densidad aparente en suelos arenosos y calcáreos, incrementa el carbono orgánico del suelo y disminuye el pH del suelo (Massoud *et al.*, 2018).

La investigación efectuada se basó en la utilización de torta de piñón pura en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí a fin de evaluar su efecto sobre el desarrollo y productividad de este cultivo, como una alternativa para su uso en la agricultura.

4. METODOLOGÍA

4.1 Ubicación

El ensayo se estableció en la finca experimental La Teodomira perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la Parroquia Lodana perteneciente al Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí, la cual se encuentra localizada geográficamente a 01° 10' 14.834 de latitud sur y 80°23' 27 de longitud oeste con una altitud de 60 msnm

4.2 Propiedades físicas y químicas del suelo.

En la tabla 1 se encuentran las propiedades físico-químicas del suelo en que se implantó el experimento.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del suelo.

pH	MO	Ca	Mg	Ca+Mg	Meq/ 100ml	NH ₄	P	K	Textura (%)			Clase Textural
	%	Mg	K	K	∑ Bases	ppm	meq/100ml	Arena	Limo	Arcilla		
7,4	1,0	3,12	5,53	22,81	30,34	6	15	497	28	46	26	Franco

4.3 Material vegetal

El material vegetativo fue el fréjol caupí de la variedad INIAP - 463, esta variedad se origina de la selección genealógica de la línea C16- 006-2 conseguida del cruzamiento de la variedad “criollo” SCN 114 con el cultivar INIAP 461 (Mendoza y Linzán, 2005), las particularidades de esta se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 2. Características agronómicas de la variedad INIAP 463 (Mendoza y Linzán, 2005).

INDICADOR	VALOR
Tipo de crecimiento	Semi erecto
Color de hojas	Verde oscuro
Color de flor	Blanco
Inicio de floración	42-45 días

Tipo de vainas	Gruesas, rectas
Longitud de vainas	20-24 cm
Granos por vainas	16-20
Color de grano seco	Blanco-crema
Peso de 100 granos secos	15,4 g
Inicio de cosecha en verde	60 días
Inicio de cosecha en seco	70 días
Contenido de proteínas	22.84%
Rendimiento mazos en 20 vainas/ha	36000
Rendimiento grano seco kg/ha	1250-1837

4.4 Diseño de la investigación y tratamientos

Para estudiar el efecto de la torta de piñón, la presente investigación fue efectuada mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), siendo estudiados los siguientes tratamientos en base al contenido de fósforo presente en la torta de piñón (0,5% P):

Tabla 3. Tratamientos empleados en la investigación.

Tratamientos	Dosis kg P/ha	Cantidad de Torta g/ planta
	0	0
	20	27,22
	50	68,06
	100	136,12
	Fertilizante químico (Yaramila complex)	1,88

Los tratamientos fueron incorporados al suelo cuando las plantas tenían cinco días de emergencia.

Área del ensayo total: 253 m² (19.5 m x 13 m)

- Parcela experimental: 15 m² (3 m x 5 m)
- Área útil de parcela: 6 m² (1,50m x 4m)
- Área útil total del experimento: 120 m² (20 x 6 m²)
- Distanciamiento entre plantas: 0,40 cm
- Distanciamiento entre hileras: 0,75 m
- Número de tratamientos: 5
- Números de repeticiones: 4
- Unidades experimentales: 20

Diseño del ANOVA

Tabla 4. Diseño del ANOVA.

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Total (txr)-1	19
Repeticiones (r-1)	3
Tratamientos	4
Error (t-1) (r-1)	12

4.5 Manejo del Experimento

Las semillas antes de la siembra fueron tratadas con fungicida e insecticida para asegurar su establecimiento en campo.

Se procedió a colocar cinco semillas por sitio y una vez emergidas, fue realizado el raleo respectivo, dejando una planta por sitio.

Se aplicaron insecticidas y fungicidas, dependiendo del grado de incidencia de plagas o enfermedades, con el fin de tener datos con un margen de error mínimo y evitando que problemas externos a la investigación influyan en los resultados.

El riego se realizó por goteo y los intervalos del mismo fueron aplicados de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo.

4.6 Preparación del terreno

El terreno fue limpiado con desbrozadora (motoguadaña) y con azadón, sin necesidad de arar el suelo.

4.7 Variables evaluadas

4.7.1 Altura de la planta (cm)

Medición directa con flexómetro desde el cuello de la planta hasta la punta del brote más lejano en la fase R2 de florecimiento (Promedio de 10 plantas por parcela).

4.7.2 Diámetro del tallo (cm)

Fue medido en mm el diámetro del tallo con ayuda de un calibrador entre el primer y segundo nudo de cada planta en la fase R2 de florecimiento.

4.7.3 Número de hojas

Se contó el número de hojas de las plantas en la fase R2 de florecimiento.

4.7.4 Área foliar

Se evaluó dicha variable cuando al menos el 50% de plantas presentaron flores, el resultado se expresó en cm^2 por medio de las ecuaciones propuestas por de Souza Lima *et al.* (2008),

que se ajustan a los siguientes modelos matemáticos: $AF = \Sigma(0,9915(C \times L)^{0,9134})$ y $AF = \Sigma(0,6597(C \times L) + 2,1745)$

Donde:

- L = Largo
- C = Ancho,

AF – Área foliar

4.7.5 Materia seca foliar

Fueron tomadas en cuenta todas las hojas de cinco plantas por parcela para esta variable, las mismas que fueron secadas a una temperatura de 60° C. utilizando la estufa hasta peso constante.

4.7.6 Número de nódulos

Fueron contabilizados los nódulos de cinco plantas por parcela.

4.7.7 Volumen de raíz

Fue cuantificado con base en el volumen de agua desplazado por la raíz en una probeta, en cinco plantas.

4.7.8 Longitud de vainas

Esta variable se determinó en un promedio total de cada tratamiento una vez que las vainas estuvieron secas. Para ello, se usó una cinta métrica y se midió el promedio del tratamiento de longitud en cm.

4.7.9 Ancho de vainas

Para ello, se usó una cinta métrica y se midió el promedio del tratamiento de longitud en cm.

4.7.10 Número de vainas por planta

Se contabilizó un promedio de número de vainas por planta.

4.7.11 Peso de vainas secas

Fueron pesadas 20 vainas secas con todo y semillas de cada parcela, luego se promediaron los resultados.

4.7.12 Semillas por vaina

Se contó el número de semillas por vaina en 20 vainas por parcela y después se promediaron los resultados.

4.7.13 Peso de 100 semillas

Fueron pesadas 100 semillas por parcela en gramos.

4.7.14 Rendimiento

Fue cosechado el fréjol en las dos hileras centrales de cada parcela sin tomar en cuenta los bordes, las vainas fueron cosechas y las semillas retiradas, para llevar los datos a kg ha^{-1} en base a su distanciamiento.

4.7.15 Contenido relativo de clorofila SPAD

Cuando las plantas tenían más del 50% de floración fue determinado el contenido relativo de clorofila de las hojas con un medidor portátil de clorofila, SPAD (Minolta, Japan), de cinco hojas del tercio medio de la planta a cinco plantas por unidad experimental para luego determinar el promedio por planta.

4.7.16 Porcentaje de N, P y K foliar

A los 35 días después de la siembra fueron seleccionadas diez plantas por tratamiento, y se colectaron 5 hojas por planta, las mismas que fueron trasladada en fundas de papel Kraft para su secado en estufa a 60° grados por 3 días hasta llegar a peso constante. Posteriormente a esto, las muestras (hojas) se trasladaron hasta la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), donde se hizo un análisis de tejido de N, P y K.

4.7.7 Índice de clorofila de las hojas (SPAD)

A los 60 días después del trasplante cuando las plantas tenían más del 50% de floración fue determinado el contenido relativo de clorofila de las hojas con un medidor portátil de clorofila, SPAD (Minolta, Japan), de cinco hojas del tercio medio de la planta a ocho plantas por unidad experimental para luego determinar el promedio por planta.

4.8 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ADEVA) para determinar la diferencia entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$), para la comparación entre las medias de los tratamientos usando el programa estadístico Infostat versión 2018.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron efectos significativos y no significativos en los tratamientos estudiados. La mayoría de las variables tuvieron diferencias significativas (p), las variables diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, materia seca foliar, volumen de raíz, longitud de vainas, contenido relativo de clorofila SPAD y porcentaje de K foliar, no tuvieron significancia ($p < 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4. Resumen de análisis de varianza (p), de algunas variables del comportamiento vegetativo y productivo de un híbrido del tomate a la aplicación de bioestimulantes y fertilización orgánica

Variables	Tratamientos	Error	CV
ALT.	0,05	292,4	24,82
DIA.	0,63	0,01	9,59
N. HOJ.	0,67	518,68	19,12
A. FOL.	0,36	1325675,5	20,12
MAT. FOL.	0,08	7,09	8,28
NOD.	0,00	9,33	25,04
VOL. RAIZ	0,29	0,01	23,20
LON. V.	0,36	0,24	2,58
ANCHO V.	0,00	0,00024	1,91
NUM. V. P.	0,04	4,19	8,93
PES. V. S.	0,02	0,037	2,39
SEM. V.	0,04	0,92	6,00
PES. 100 S.	0,03	0,18	4,14
REND.	0,00	85,29	0,91
INDICE SPAD	0,67	139,66	21,51
N FOLIAR	0,00	0,02	2,53
P FOLIAR	0,02	0,15	11,30
K FOLIAR	0,82	0,32	13,40

ALT. (Altura de planta), DIA. (Diámetro de tallo), N. HOJ. (Número de hojas), A. FOL. (Área foliar), MAT. FOL. (Materia seca foliar), NOD. (Número de nódulos), VOL. RAIZ (Volumen de raíz), LON. V. (Longitud de vainas), ANCHO V. (Ancho de vainas), NUM. V. P. (Número de vainas por planta), PES. V. S. (Peso de vainas secas), SEM. V. (Semillas por vaina), PES. 100 S. (Peso de 100 semillas), REND. (Rendimiento), INDICE SPAD (Contenido relativo de clorofila SPAD), N FOLIAR (Porcentaje de N foliar), P FOLIAR (Porcentaje de P foliar), K FOLIAR (Porcentaje de K foliar). Coeficiente de variación (CV).

En la Figura 1 se detalla la altura de plantas. El tratamiento con torta de piñón en dosis de 20 kg ha⁻¹, resultó en mayor altura de planta, siendo este diferente del control químico. Resultados similares fueron encontrados por Gavilanes *et al.* (2020) quienes aseguran que la torta de *Jatropha* es un residuo rico en nutrientes que cuando se usa como fertilizante orgánico, puede contribuir en desarrollo de plantas y a la altura en esa dosis.

Mbewe *et al.* (2018) corroboran con la investigación, ya que encontraron que en diferentes cultivos el uso de torta de piñón tiene el potencial de producir un rendimiento de grano comparable a la aplicación de fertilizante inorgánico.

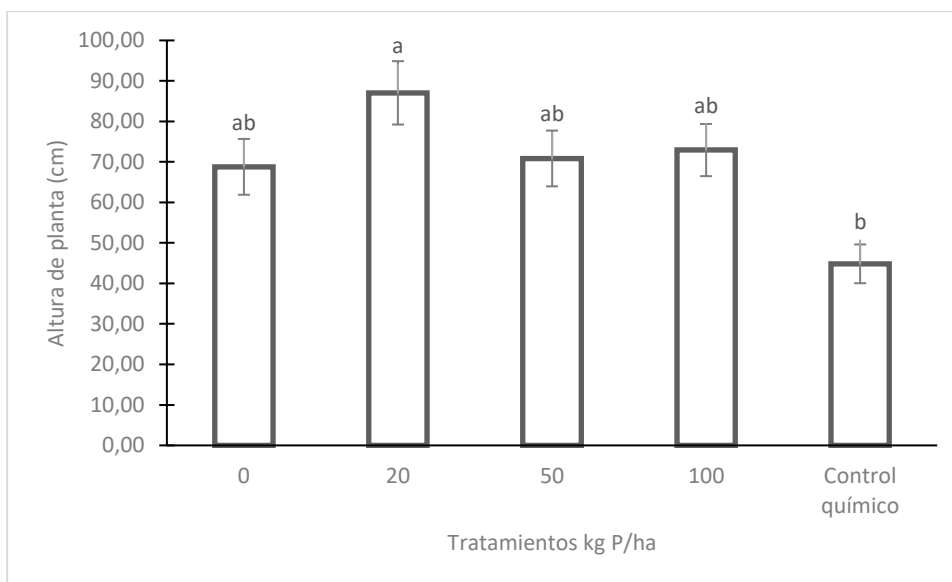


Figura 1. Altura de plantas del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Analizando el número de nódulos en la Figura 2, se presenta que más nódulos se encontraron cuando no se aplicó fertilizante a base de piñón, diferenciándose de los tratamientos con 100 kg P ha⁻¹ y del tratamiento químico. Posiblemente el suelo tenía suficiente rizobacterias que ayudaron a la formación de estos nódulos. La fertilización nitrogenada es perjudicial para la nodulación del fréjol, como lo demuestran estudios en diferentes cultivares de fréjol, tanto en invernadero como en campo (Cardoso *et al.*, 2012; Yagi *et al.*, 2015), además es necesario mencionar que la torta de piñón es rica en N, siendo que a más uso de la torta se incrementa N en el suelo, reduciendo la cantidad de N derivado de la atmósfera por fijación biológica.

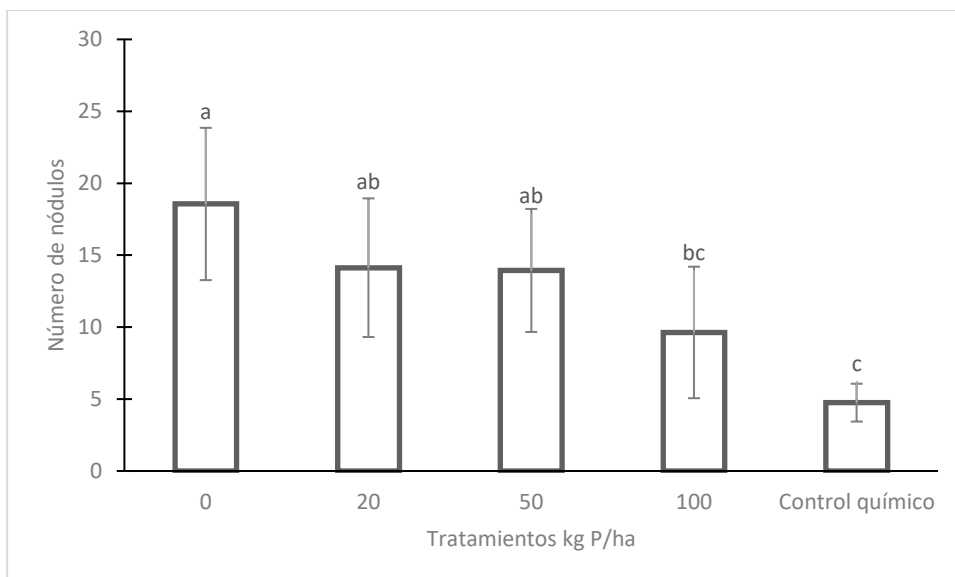


Figura 2. Número de nódulos del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En la Figura 3 se muestra el número de vainas por planta, donde se encontró que la dosis de 20 kg Pha⁻¹, tuvo mayores efectos en esta variable siendo diferente únicamente del tratamiento testigo sin ninguna aplicación. La aplicación de abonos orgánicos presenta efectos positivos en cuanto a número de vainas por planta en fréjol (Joshi *et al.*, 2016).

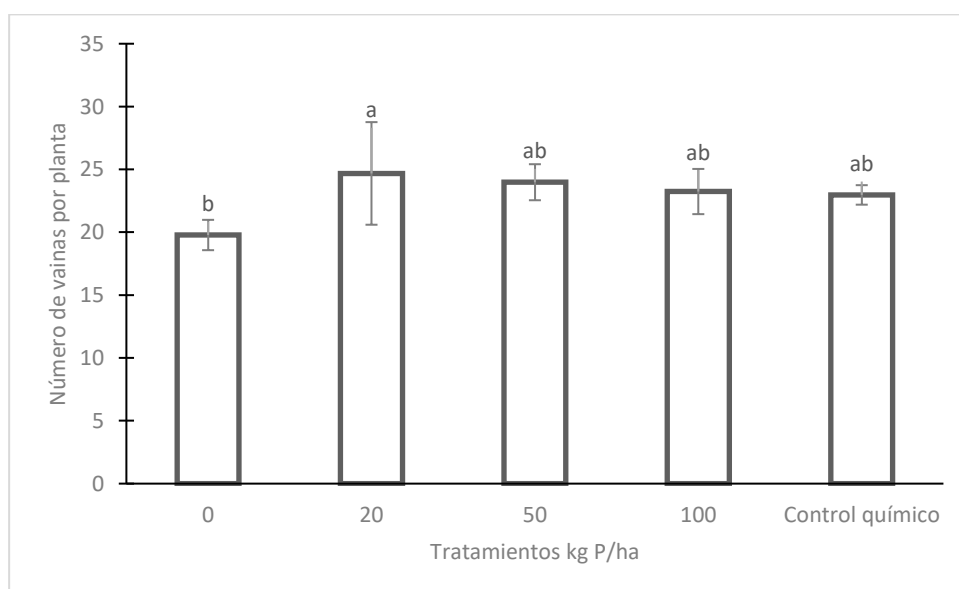


Figura 3. Número de vainas por planta del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En todos los tratamientos en que se aplicó la torta de piñón y en el testigo absoluto que no se aplicó ningún fertilizante los tratamientos tuvieron igual comportamiento para el ancho de vaina diferenciándose del tratamiento en que se aplicó el tratamiento con fertilizante químico (Figura 4).

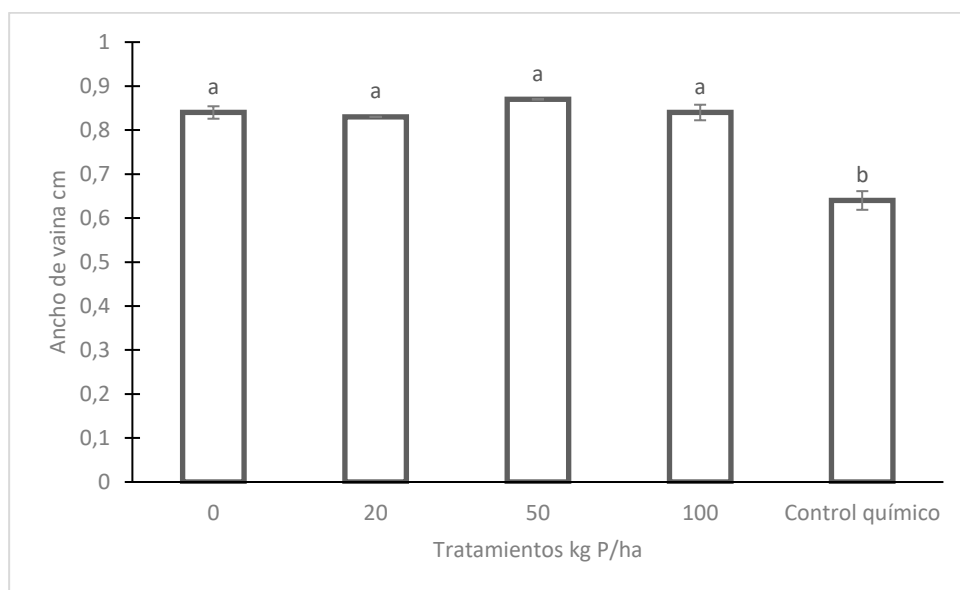


Figura 4. Ancho de vaina del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En el peso de vaina seca los tratamientos con 20 y 50 kg Pha^{-1} , tuvieron mejores respuestas que cuando no se aplicó ningún fertilizante. En un estudio realizado en África por Nkaa *et al.* (2014), observaron que el fósforo juega un rol fundamental en el peso de vainas y en el peso de semillas, corroborando con la presente investigación (Figura 5 y 6).

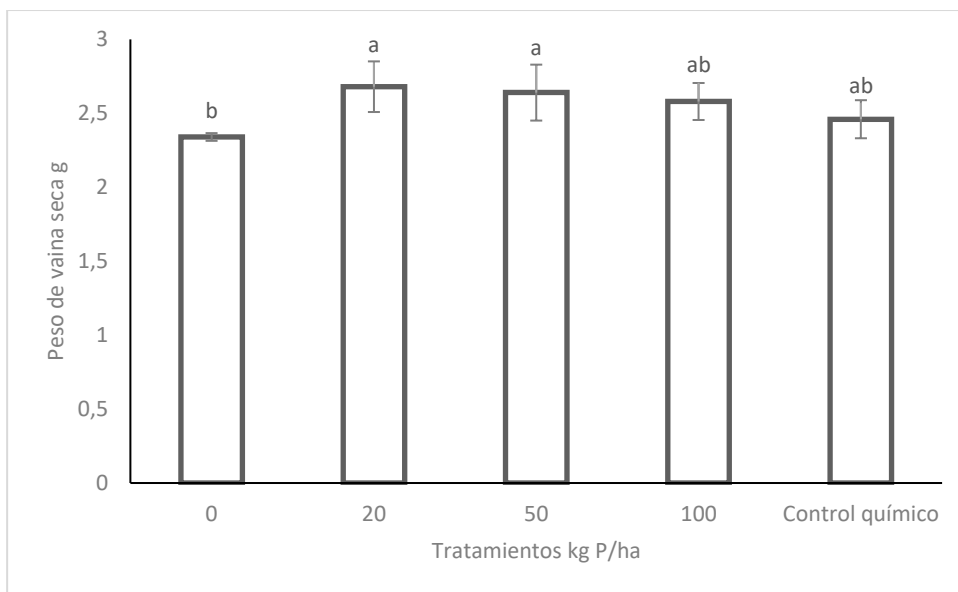


Figura 5. Peso de vaina seca del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En el peso de 100 granos (Figura 6), se muestra que mayor peso de semillas se obtiene en la dosis de 20 kg Pha⁻¹, diferenciándose del control químico, valores similares se encontraron usando pollinaza y bacillus, demostrando que la fertilización orgánica incrementa el peso de los granos de fréjol caupí (Khan *et al.*, 2021).

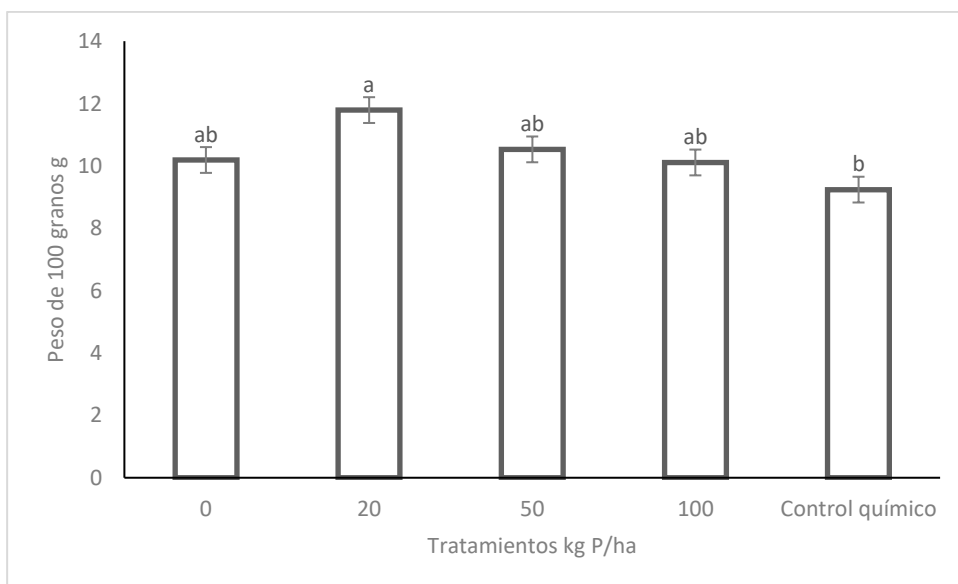


Figura 6. Peso de 100 granos del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Mayor rendimiento se encontró en el tratamiento con 20 kg P ha⁻¹ (Figura 7), dicho tratamiento fue superior y diferente a los demás. En una investigación efectuada en fréjol común con la misma dosis Gavilanes *et al.* (2020) encontraron respuestas similares a la presente investigación, posiblemente la torta de piñón en dosis más altas pueda ser tóxica para la planta, disminuyendo su rendimiento.

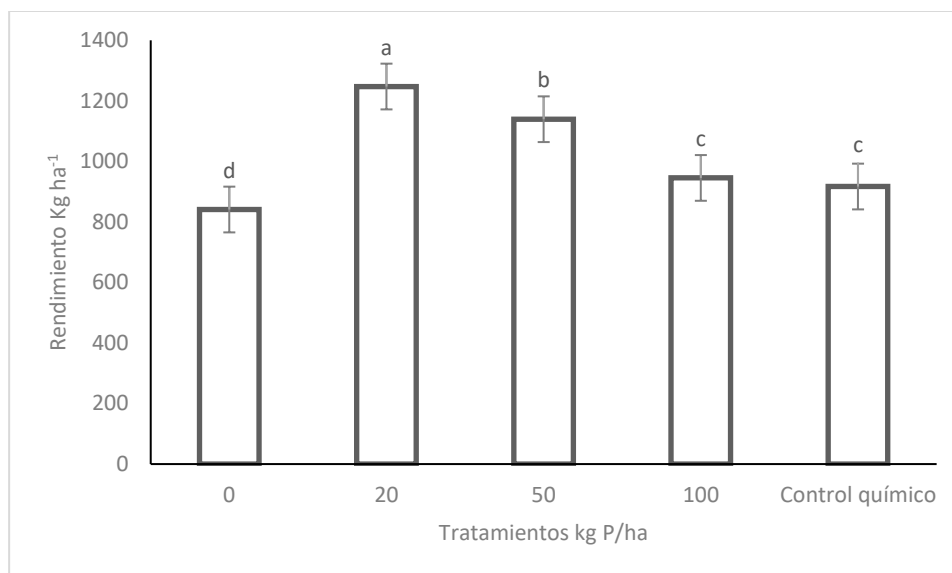


Figura 7. Rendimiento del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En la Figura 8 se observa que mayor concentración de N se presentó en la dosis de 20 kg P ha⁻¹, diferenciándose de los demás tratamientos. Este valor guarda relación con el obtenido en el rendimiento, siendo una dosis óptima para el fréjol caupí.

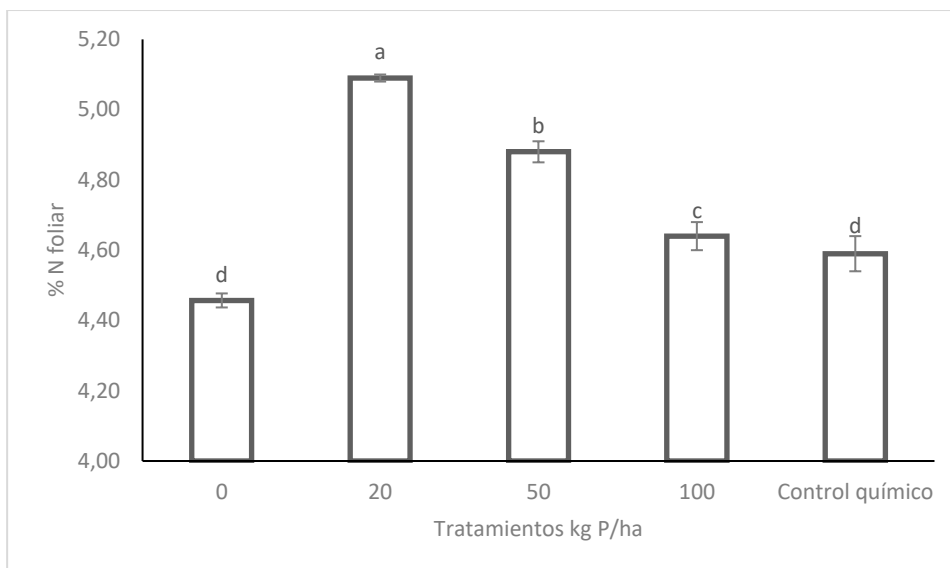


Figura 8. Figura 8. Porcentaje de N foliar del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

El porcentaje foliar de P resultó en mayor concentración en las plantas en los tratamientos de 20 y 50 kg P ha⁻¹ diferenciándose de los demás tratamientos.

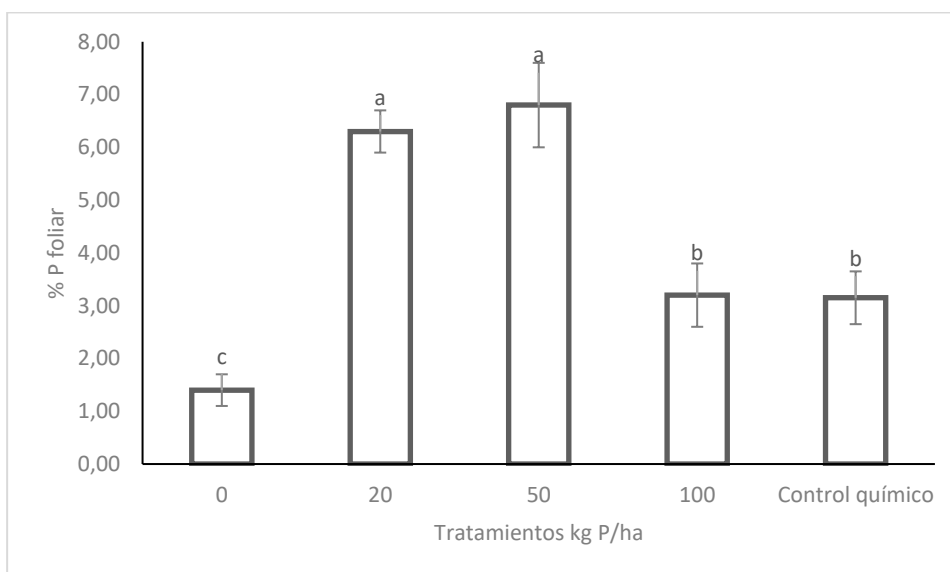


Figura 9. Porcentaje de P foliar del efecto de la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis sobre el desarrollo y producción de fréjol caupí. Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- En las variables agronómicas del fréjol caupí ante la aplicación de torta de piñón en diferentes dosis, mejores respuestas se obtuvieron en el tratamiento con 20 kg P ha⁻¹.
- Para el comportamiento productivo el tratamiento con 20 kg P ha⁻¹ se destacó con un rendimiento de 1247,32 kg ha⁻¹.
- Fue determinado el contenido nutricional foliar del fréjol caupí demostrando que las dosis de 20 y 50kg P ha⁻¹ contienen mayor absorción nutricional y por ende mayor rendimiento.

6.2 Recomendaciones

- Repetir el ensayo en diferentes condiciones edafoclimáticas.
- Realizar costos de producción en relación al tratamiento químico.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albán M. (2012). *Manual técnico del frijol caupi*. 1-26.
https://www.academia.edu/36670560/Manual_de_cultivo_de_frijol_caupi
- Antúnez, O. (2002). *Evaluación del efecto de nitrógeno y densidad de población sobre el rendimiento de vainita china (Vigna unguiculata W.)*. 1-66. [Tesis de grado, Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero]. Repositorio CSAEGRO. <https://csaegro.agricultura.gob.mx/>
- Báez, A., y Hernández, A. (2016). Estudio del rendimiento de cultivares de frijol caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en diferentes épocas de siembra en Camajuani, Cuba. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 18, 11-18.
- Binder, U. (1997). *Manual de leguminosas en Nicaragua*. 1-628. Tomo I y II. Primera Edición. Pasolac.
- Boukar, O., Bhattacharjee, R., Fatokun, C., Kumar, PL., y Gueye, B. (2013). *Cowpea Genetic and genomic resources of grain legume improvement*. Elsevier Inc. London, England. 137-156. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123979353/genetic-and-genomic-resources-of-grain-legume-improvement>.
- Brasil, E., y Cravo, S. (2013). *Aspectos nutricionais e resposta do feijão-caupi à calagem e adubação no estado do Pará*. In Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE). in: *congresso nacional de feijão-caupi*, 4. Recife. Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais. Recife: IPA.
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/974762/1/ConacBrasil.pdf>
- Brauer, O. (1969). *Fitogenética aplicada: Los conocimientos de la herencia vegetal al servicio de la humanidad*. Limusa. 1-476.
<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/476?show=full>
- Cañadas, Á., Rade, D., Domínguez, M., Vargas, J., Molina, C., Macías, C., y Wehenkel, C. (2017). Variation in seed production of *Jatropha curcas* L. accessions under tropical dry forest conditions in Ecuador. *New Forests*, 48, 785-799.
- Cardoso, D., Hungria, M., y Andrade, S. (2012). Polyphasic approach for the characterization of rhizobial symbionts effective in fixing N₂ with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93, 2035-2049.
- Carrillo, C. (2015). *Manual de plagas de cultivo de frijol caupi*. 1-35.

https://www.researchgate.net/publication/280571855_Manual_de_plagas_del_cultivo_de_frijol_caupi

- Carvalho, M., Lino, T., Rosa, E., y Carnide, V., (2017) Cowpea: a legume crop for a challenging environment. *Journal Science Food Agricultural* 97, 4273-4284.
- Carvalho, U., Mateus, N., Farias, D., Brito, L., Pereira, R., Viana, M., Gouveia, S., Sampaio, S., Barbosa, M., Gomes, G., Morais, S., Costa, C., y Freire, F. (2012). Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins, *Journal of Food Composition and Analysis*, 26 (1), 81–88.
- Chaturvedi, San., y Kumar, A. (2019). Bio-diesel waste as tailored organic fertilizer for improving yields and nutritive values of *Lycopersicon esculatum* (tomato) crop. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12(4), 801-810.
- Cruz, L., Baldin, L., De Jesus, P., y De Castro, M. (2014). Characterization of antibiosis to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in cowpea entries. *Journal of pest science*, 87, 639-645.
- Cunha Filha, S. (2011). *Efeitos da aplicação de tortas de pinhão manso e mamona no crescimento de feijão caupi e nas propriedades químicas e biológicas de um solo degradado de Irauçuba-CE*. [Tesis de maestría, Universidade Federal do Ceará]. Repositorio UFC. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/9147>
- De Souza, G., Oliveira, A., Medeiros, F., Oliveira, T., y Oliveira, F. (2008). Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupí. *Revista Caatinga*, 21(1).
- Dharma, S., Masjuki, H., Ong, C., Sebayang, H., Silitonga, S., Kusumo, F., y Mahlia, T. (2016). Optimization of biodiesel production process for mixed *Jatropha curcas-Ceiba pentandra* biodiesel using response surface methodology. *Energy Conversion and Management* 115, 178-190.
- Elbl, J., Petr, S., Magdalena, V., Lukáš, P., Dana, A., Petr, Š., Jindřich, K., Zdeněk H., Dvořáčková, H., Brtnický, H., y Kabourková, L. (2016). *Jatropha* seed cake and organic waste compost: the potential for improvement of soil fertility. *Ecological Chemistry and Engineering*, 23(1), 131-141.
- El-Saadony, T., Zabermawi, M., Zabermawi, NM., Burollus, A., Shafi, E., Alagawany, M., Yehia, N., Askar, Y., Alsafy, S., Noreldin, A., Khafaga, A., Dhama, K., Elnesr, S., Elwan, H., Di Cerbo, A., El-Tarabily, K., y Abd, E. (2021). Nutritional aspects and health benefits of bioactive plant compounds against infectious diseases: a review. *Food Reviews International*, 1-23.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020).

- FAOSTAT. *Datos sobre alimentación y agricultura: año 2020*.
http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/commodities_by_country
- Fery, L. (2002) *New opportunities in Vigna*. In: Janick, J., Whipkey, A., (eds) *Trends in new crops and new uses*. ASHS. Alexandria. VA. EE. UU. 424-428.
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20033159738>
- Frota, K., y Soares, R. (2008). Arêas. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(2), 470-476.
- Garcés, F., Olmedo, I., Garcés, R., y Díaz, T. (2015). Potencial agronómico de 18 líneas de fréjol F6 en Ecuador. *Idesia* (Arica), 33(2), 107-118.
- González, D., Ubaldo, H., y Lima, R. (2016). Insect pests associated with cowpea – sorghum intercropping system by considering the phenological stages. *Centro Agrícola*, 43 (4): 5-13.
- Heuzé, V., Tran, G., Nozière, P., Bastianelli, D., y Lebas, F. (2015). *Cowpea (Vigna unguiculata)* forage. <https://www.feedipedia.org/node/233>
- INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Cultivo del frijol*.
http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2018/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2018.pdf
- Jácome, R., Peñarete, W., y Daza, C. (2013). Fertilización orgánica e inorgánica en fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo inceptisol con propiedades ándicas. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 12, 59-67.
- Jolibois, C. (1983). Evaluación de prácticas Agronómicas de dos variedades de Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en el distrito de riego “El Cenizo” Estado de Trujillo, Venezuela. [Tesis de grado, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Chapingo.
<https://repositorio.chapingo.edu.mx/home>
- Joshi, D., Gediya, M., Patel, S., Birari, M., y Gupta, S. (2016). Effect of organic manures on growth and yield of summer cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] under middle Gujarat conditions. *Agricultural Science Digest-A Research Journal*, 36(2), 134-137.
- Khan, I., Afzal, J., Bashir, S., Naveed, M., Anum, S., Cheema, S. A., Wakeel, A., Sanaullah, M., y Chen, Z. (2021). Improving nutrient uptake, growth, yield and protein content in chickpea by the co-addition of phosphorus fertilizers, organic manures, and bacillus sp. Mn-54. *Agronomy*, 11(3), 436.
- Kingswood, S. (2010). Estudio exploratorio de la producción de biodiesel a partir de aceite

- de *Jatropha curcas* en Chile [Tesis de grado, Universidad de Chile].
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103760>
- Kumar, A., y Sharma, S. (2008). An evaluation of multipurpose oilseed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. *Industrial Crops and Products*, 28(1):1-10.
- Landeros, C. (2013). Potencial de la biomasa residual del fruto de *Jatropha curcas* L. para la producción de biogás: un enfoque experimental. [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana]. Repositorio Universidad Veracruzana.
<https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42633>
- Linhares, A., Da Silva, N., De Figueredo, P., Da Silva, H., y Andrade, R. (2016). Acúmulo de massa seca em feijão-caupi sob adubação orgânica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(5), 133-137
- Maiti, S., Bapat, P., Das, P., y Ghosh, P. (2014). Feasibility study of *Jatropha* shell gasification for captive power generation in biodiesel production process from whole dry fruit. *Fuel*, 121, 126-132
- Makkar, S., Becker, K., y Schmoock, B. (1998). Edible provenances of *Jatropha curcas* from Quintana Roo state of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 31-36
- Martínez, J., Martínez, L., Makkar, S., Francis, G., y Becker, K. (2010). Agroclimatic conditions, chemical and nutritional characterization of different provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *European Journal of Scientific Research*, 39 (3): 396-407.
- Massoud, A., Koreish, E., Rashad, M. y Kandil, M. (2017). Effect of *Jatropha curcas* Seed Cake on Soil Health Parameters and Growth of Wheat Plant (*Triticum aestivum* L.) Grown In Sandy and Calcareous Soils. *Alexandria Science Exchange Journal*, 38(3), 474-483. DOI: 10.21608/asejaiqjsae.2017.3796
- Kasuya, M. C. M., da Luz, J. M. R., da Silva Pereira, L. P., da Silva, J. S., Montavani, H. C., y Rodrigues, M. T. (2012). *Bio-detoxification of jatropha seed cake and its use in animal feed. Biodiesel Feedstock and Production Technologies*, 1, 39-30.
- Mendoza, H., y Linzán, L. (2005). *INIAP-463: Variedad de caupi de grano blanco y alto rendimiento para el litoral Ecuatoriano*. Ecuador.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1136>
- Mendoza, H., López, M., J., y Mejía, Z., (2013). *INIAP 462 e INIAP -463: Variedades de caupi de alto rendimiento para el Litoral ecuatoriano*. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Horticultura. (Plegable s/n.i). URI :

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1122>

- Menssen, M., Linde, M., Otungo, E., Abukutsa, M., Dinssa, F., y Winkelmann, T., (2017) Genetic and morphological diversity of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) entries from East Africa. *Scientia Horticulturae*, 226: 268-276.
- Ncube, T., Howard, L., Abotsi, K., Jansen, L., Ncube, I. (2012). *Jatropha curcas* seed cake as substrate for production of xylanase and cellulase by *Aspergillus niger* FGSCA733 in solid-state fermentation. *Industrial Crops and Products*. 37 (1):118-123.
- Neto, B., Barreto, P., y Coelho, M. (2014). Considerações sobre nutrição mineral e o caso do feijão vigna. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*. 11, 85-120.
- Nkaa, F., Nwokeocha, W., y Ihuoma, O. (2014). Effect of phosphorus fertilizer on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 9 (5), 74-82.
- Olowoake, A., Osunlola, S., y Ojo, A. (2018). Influence of compost supplemented with *Jatropha* cake on soil fertility, growth, and yield of maize (*Zea mays* L.) in a degraded soil of Ilorin, Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7, 67-73.
- Pabón, C., Hernández, P. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(2), 194-209.
- Pandey, C., Singh, K., Singh, JS., Kumar, A., Singh, B., Singh, P. (2012). *Jatropha curcas*: A potential biofuel plant for sustainable environmental development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2870-2883.
- Pereira, B., Arf, O., Santos, B., Oliveira, Z., Komuro, K. (2015). Manejo da adubação nicultura do feijão em sistema de produção orgânico. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45(1), 29-38.
- Pottorff, M., Ehlers, J. D., Fatokun, C., Roberts, P. A., y Close, T. J. (2012). Leaf morphology in Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]: QTL analysis, physical mapping and identifying a candidate gene using synteny with model legume species. *BMC genomics*, 13, 1-12.
- Prazeres, S., De Lacerda, F., Barbosa, L., Amorim, V., Da Silva, C., y Cavalcante, F. (2015). Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@ mbiente On-line*, 9(2), 111-118.
- Raheman, H., y Mondal, S. (2012). Biogas production potential of *jatropha* seed cake. *Biomass and bioenergy*, 37, 25-30.

- Reyes, J., Ramírez, Á., Rodríguez, T., Lara, L., Hernández, G. (2019). Effect of quitomax® on the indicators of growth, phenology and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Biotecnia*, 21(1), 109-112.
- Rodríguez-Calle, M., Suárez, J., Támara, Y. (2016). Caracterización de la torta obtenida del prensado del fruto de *Jatropha curcas*. *Pastos y Forrajes*, 39 (1): 72-75.
- Roldan, L. (2013). Comparación proximal de ocho accesiones de piñón (*Jatropha curcas*) provenientes de Honduras, México, Brasil y El Salvador del Banco de Germoplasma Zamorano. [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Repositorio Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/statistics/items/eb343f1d-9972-4b40-afa7-2acb8d008989>
- Rubens, N., Tabosa, M., Corrêa, L., y Marques, M. (2006). Pragas e inimigos naturais presentes nas plantas de feijão – caupi e milho- verde em cultivo consorciado e com sistema orgânico de produção. *Circular Técnica*, 40 (6).
- Saetae, D., y Suntornsuk, W. (2010). Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* seed cake. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20(2), 319-324.
- Sánchez, N. (2001). *El cultivo del frijol caupi: producción, almacenamiento y utilización*. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4887/2/2006718102532_El%20cultivo%20de%20frijol%20caupi.pdf
- Santin, E. (2017). Efecto de la aplicación de Biol en el cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedades Amadeus 77 y Dehoró, Zamorano Honduras. Ecuador. [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Repositorio Zamorano. DOI: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6191/1/IAD-2017-041.pdf>
- Segura-Campos M., Ruiz-Ruiz J., Chel-Guerrero L., y Betancur-Ancona D. (2013) Antioxidant activity of *Vigna unguiculata* L. walp and hard-to-cook *Phaseolus vulgaris* L. protein hydrolysates. *CyTA - Journal of Food*, 11, 208-215.
- SIPA. Sistema de Información Productiva Agropecuaria. (2021). <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Silva, L., De Araújo, F., Dos Santos, B., Nunes, L., y Carneiro, R. (2010). Fixação biológica do N₂ em feijão-caupí sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. *Bioscience Journal*, 26(3), 394-402.
- Singh, N., Vyas, K., Srivastava, N., Madhuri, S. (2008). PRERI experience on holistic approach to utilize all parts of *Jatropha curcas* fruit for energy. *Renewable Energy*, 33 (8):1868-1873.
- Smýkal, P., Coyne, J., Ambrose, J., Maxted, N., Schaefer, H., Blair, M. W., y Varshney, K.

- (2015). Legume crops phylogeny and genetic diversity for science and breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(1), 43-104.
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura Orgánica: Alternativa tecnológica del futuro*. Fundagro. 1-47.
- Timko, P., Ehlers, D. y Roberts, A. (2007). *Cowpea. Pulses, sugar and tuber crops*, 49-67.
- Toral, C., Iglesias, J., Montes, O., Sotolongo, J., García, S. y Torsti, M. (2008). *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba, *Pastos y Forrajes*, 31(3), 1-1.
- Xiong, H., Shi, A., Mou, B., Qin, J., Motes, D., Lu, W., y Wu, D. (2016). Genetic Diversity and Population Structure of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *PLoS ONE*, 11(8), 1-15.
- Yagi, R., Andrade, S., Waureck, A., y Gomes, C. (2015). Nodulações e produtividades de grãos de feijoeiros diante da adubação nitrogenada ou da inoculação com *Rhizobium freirei*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, 1661-1670.
- Zambrano, F., Souza, A., Cedeño, G., Zucareli, C., Tavares, J., y Guimaraes, M. (2020). Effect of Physic Nut Seed Cake on Common Bean Development and Clay Dispersion of Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*. 29 (3), 1-8.

ANEXOS



Anexo 1. Semilla INIAP-463



Anexo 2. Cultivo de fréjol.



Anexo 3. Evaluación en campo de variables.



Anexo 4. Evaluación en laboratorio de variables.

