



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

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“EFECTO DEL COMPOST DE TORTA Y CASCARA DE PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.) SOBRE EL DESARROLLO Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE FRÉJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* Walp.)”, EN DOS TIPOS DE SUELO.

AUTORES:

PISCO DAVILA ADRIANA PILAR

VERA MENDOZA BYRON JAVIER

TUTOR:

ING. FREDDY ZAMBRANO GAVILANES. Ph. D.

SANTA ANA – MANABÍ- ECUADOR

2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
ESCUELA DE AGRONOMIA

TEMA:

“EFECTO DEL COMPOST DE TORTA Y CASCARA DE PIÑÓN (*Jatropha curcas*
L.) SOBRE EL DESARROLLO Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE
FRÉJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* Walp.), EN DOS TIPOS DE SUELO”

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:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

CERTIFICACIÓN

Ing. **FREDDY ZAMBRANO GAVILANES Ph.D.**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

CERTIFICO:

Que he revisado estilo y ortografía del trabajo de titulación **“EFECTO DEL COMPOST DE TORTA Y CASCARA DE PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.) SOBRE EL DESARROLLO Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE FRÉJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* Walp.), EN DOS TIPOS DE SUELO”** elaborados por **ADRIANA PILAR PISCO DÁVILA** y **BYRON JAVIER VERA MENDOZA**, el cual fue realizado bajo mi tutoría.

Ing. FREDDY ZAMBRANO GAVILANES Ph.D.

TUTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN

Ing. **EDUARDO HÉCTOR ARDISANA Ph.D.**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación “**EFECTO DEL COMPOST DE TORTA Y CASCARA DE PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.) SOBRE EL DESARROLLO Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE FRÉJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* Walp.), EN DOS TIPOS DE SUELO**”, es trabajo original realizado por los estudiantes **ADRIANA PILAR PISCO DÁVILA** y **BYRON JAVIER VERA MENDOZA**, el cual fue realizado bajo mi revisión.

Ing. EDUARDO HÉCTOR ARDISANA Ph.D.

REVISOR DE TESIS

Santa Ana, febrero 2020

DECLARACIÓN

PISCO DAVILA ADRIANA PILAR y **VERA MENDOZA BYRON JAVIER**,
declaráramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra 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 de los autores.

ADRIANA PILAR PISCO DÁVILA
EGRESADA

BYRON JAVIER VERA MENDOZA
EGRESADO

DEDICATORIA

A **mis padres** que, aunque no se encuentran físicamente conmigo vivirán por siempre en mi memoria, gracias por sus enseñanzas que son las que me ayudan a enfrentar la vida a ustedes dedico este logro.

A **Yandri** gracias por ser mi compañero de vida, por estar en pie de lucha siempre. Por qué los dos sabemos cuánto hemos luchado por llegar aquí, sé que estas feliz porque esta victoria no es únicamente mía, sino de ambos, siempre de ambos “**Corintios 13:13**”

A **mi hijo Josué** por llegar a mi vida a revolucionarlo todo, esto es por y para ti mi amor precioso.

A **mis hermanos y sobrinos** a quienes pienso todo el tiempo y a pesar de que distancia se ubica entre nosotros, siempre Uds. han sido mi impulso para sobrepasar cada dificultad.

ADRIANA PILAR PISCO DÁVILA

AGRADECIMIENTO

A **Jehová** por llenarme de amor, fortaleza, constancia, tolerancia durante la etapa de formación académica. Mi Jehová bendito gracias te doy por que tú sabes todo lo que hemos tenido que superar Yandri y yo para llegar victoriosos a este momento, a ti mi eterna gratitud Jehová en el nombre de tu amado hijo Jesús amen.

A Byron Javier Vera Mendoza amigo antes de todo agradezco a Jehová por tu amistad. Pienso que siempre nos hemos expresado con transparencia, humildad, respeto siendo esos valores y virtudes lo que nos han fortalecido como personas a lo largo del tiempo permitiéndonos haber llegado a forma esta hermosa amistad y consideración. Gracias a ti por el apoyo incondicional y por ser ese amigo que no me permitió decaer en momentos difíciles, mi logro es tuyo también.

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 en el mundo de *J. curcas*. A usted nuestra gratitud por ser ese alguien que siempre nos apoyó.

A Ramón Almeida, muchas gracias porque cada momento en el que necesite de los servicios de la biblioteca siempre me brindo facilidades para tener acceso a los materiales tecnológicos y bibliográficos que por estos seis años formaron base para mi desarrollo académico.

A mis docentes, Ing. Francisco Alcívar Arteaga, Ing. Milton Pinoargote Chérrez, Ing. Juan Alcívar Hidrovo a uds mi agradecimiento porque fueron quienes a través de sus conocimientos transmitieron amor hacia mi carrera. A Ing. Julio A. Corzo Bacallao Ph., D, Ing. Rolando León, Ph. D., Ing. Antonio Torres García Ph. D., porque en Uds. siempre visualice ese amor paterno que ahora no lo tengo y por haber plasmado en mi mente y corazón conocimientos, además, de haber transmitido pasión por mi hermosa carrera.

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

ADRIANA PILAR PISCO DÁVILA

DEDICATORIA

A mis padres: les dedico este logro, porque gracias a ellos por su apoyo incondicional, por sus consejos y por enseñarme que todo lo que uno se propone lo puede lograr siempre pensando en Dios.

A mis hermanos: Miguel y Aleida por siempre brindarme su cariño y apoyo, en todo momento.

A María Fernanda: gracias por llegar a mi vida y ser la persona que lucha cada día junto a mí, este logro también es tuyo, gracias por todo.

A Fabiana: mi pequeño ángel que llego para ser mi motivo de lucha día a día, y por ser mi complemento de felicidad.

BYRON JAVIER VERA MENDOZA

AGRADECIMIENTO

A Dios agradecido por todas las alegrías que me brindas día a día, y por la fortaleza de superar cualquier obstáculo que se presenta.

A Adriana, gracias por todo el apoyo brindado, desde que nos conocimos siempre fuimos grandes amigos, y estoy seguro de que Dios nos permitirá seguir disfrutando de esta amistad tan linda, gracias por ayudarme siempre en lo que estaba al alcance, estaré por siempre agradecido.

A nuestro tutor de tesis, Ing. Freddy Zambrano Gavilanes Ph. D, gracias por brindarnos la confianza y el apoyo que necesitamos, gracias por las enseñanzas y por los consejos que nos brinda.

A mi primo Ing. Julio Cesar López Mendoza, y a su esposa por el apoyo brindado desde que inicie mi carrera universitaria, por todos los conocimientos que me brinda.

A mis compañeros de clases, siempre los recordare, gracias por todo el apoyo brindado en especial a Robinson, Leonel, Gregorio, agradecido siempre con ustedes.

BYRON JAVIER VERA MENDOZA

Índice

| | |
|--------------------------------|------|
| Dedicatoria | VI |
| Dedicatoria | VII |
| Agradecimientos..... | VIII |
| Agradecimientos | IX |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Antecedentes..... | 3 |
| 3. Justificación | 5 |
| 4. Objetivos..... | 6 |
| 4.1. General | 6 |
| 4.2. Especifico | 6 |
| 5. Marco referencial | 7 |
| 6. Materiales y Métodos | 19 |
| 7. Resultados y Discusión..... | 27 |
| 8. Conclusiones..... | 47 |
| 9. Recomendaciones | 48 |
| 11. Anexos | 56 |

Lista de tablas

- Tabla 1.** Concentración de Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn), de cáscara y torta de piñón.....
- Tabla 2.** Características agronómicas de la variedad INIAP 463.....
- Tabla 3.** Propiedades fisicoquímicas seleccionadas de muestras de suelo de capa 0,0 a 0,20 m que se usaron en el experimento de umbráculo.....
- Tabla 4.** Dosis de los diferentes compost elaborados a partir de cáscara y torta de piñón aplicados a los maceteros.....
- Tabla 5.** Factores de estudio y tratamientos.....
- Tabla 6.** Resumen de análisis de varianza (p), de algunas variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.....
- Tabla 7.** Variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo. Media de dos tipos de suelo.....
- Tabla 8.** Variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo. Media de cuatro tipos de compost.....
- Tabla 9.** Variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo. Media de tres dosis.....
- Tabla 10.** Interacción entre tipo de suelo y tipo de compost para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.....
- Tabla 11.** Interacción entre tipo de suelo y dosis para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.....
- Tabla 12.** Interacción entre tipo de compost y dosis para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.....
- Tabla 13.** Interacción entre tipo de suelo, tipo de compost y dosis para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.....

Lista de Figuras

Figura 1. Contenido de macronutrientes de cuatro tipos de compost de torta y cáscara de piñón.....

Figura 2. Contenido de micronutrientes de cuatro tipos de compost de torta y cáscara de piñón.....

Lista de Anexos

- Anexo 1** Elaboración de los tipos de compost.....
- Anexo 2** Implantación del ensayo.....
- Anexo 3.** Fase vegetativa del cultivo.....
- Anexo 4.** Recolección de datos campo y análisis de laboratorio.....
- Anexo 5.** Análisis de muestras de compost y hojas Nitrógeno total.....

Resumen

El proceso de la extracción del piñón genera residuos como la cáscara y la torta que contienen macro y micronutrientes con gran potencial para la agricultura. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto del compost de torta y cáscara de piñón (*Jatropha curcas* L.) sobre el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* W.), en dos tipos de suelo. Fueron conducidos dos ensayos bajo condiciones de umbráculo en la estación experimental “La Teodomira”, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí. En el primer ensayo se realizaron cuatro tipos de compost con subproductos provenientes de la extracción de aceite de piñón que son la torta y cáscara cuya composición, conformados por los siguientes tratamientos: Cáscara 75%+25%Torta, Cáscara 50%+50%Torta, Cáscara 25%+75% Torta, Torta 100%, mediante un Diseño Completamente al Azar. En el ensayo 2 fue determinado el efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo, el material vegetativo utilizado fue el fréjol caupí de la variedad INIAP – 463. Para estudiar el efecto de la presente investigación fue efectuado un Diseño Completamente al Azar (DCA), dispuesto en un arreglo factorial de $2 \times 4 \times 3 + 2$, siendo estudiados 2 tipos de suelo (arcilloso y arenoso) x 4 tipos de compost (Cáscara 75%+25%Torta, Cáscara 50%+50%Torta, Cáscara 25%+75% Torta, Torta 100%), x 3 dosis (alta, media y baja) + dos tratamientos testigo (con fertilización química en los dos tipos de suelo), equivalente a 26 tratamientos en 8 repeticiones. Para el primer ensayo fueron encontradas mayores concentraciones nutricionales en la torta de piñón. En el segundo ensayo hubo efectos significativos aislados para el tipo de suelo, tipos de compost, dosis y sus interacciones. Los resultados evidencian el efecto importante del suelo arcilloso para algunas variables de clorofila, contenido nutricional y producción, al igual que la torta de piñón sea en dosis altas y medias.

Palabras clave: Leguminosa, Fertilizante, *Jatropha curcas*, Arenoso, Arcilloso.

Summary

The physic nut extraction process generates residues such as shells and cake that contain macro and micronutrients with great potential for agriculture. Therefore, the main objective of this research was to evaluate the effect of cake and physic nut compost (*Jatropha curcas* L.) on the development and productive behavior of cowpea (*Vigna unguiculata* W.), in two types of soil. Two trials were conducted under conditions of umbracle in the experimental station La Teodomira, belonging to the Faculty of Agronomic Engineering of the Technical University of Manabí. In the first trial, four types of compost were made with by-products from the extraction of physic nut oil, which are the cake and shell whose composition, consisting of the following treatments: 75% shell + 25% Cake, 50% shell + 50% Cake, Shell 25% + 75% Cake, Cake 100%, through a Completely Random Design. In trial 2, the effect of cake and pine nuts compost on the development and productive behavior of cowpea beans in two types of soil was determined, the vegetative material used was the cowpea bean of the INIAP variety - 463. To study the effect of the present investigation a Completely Random Design (DCA) was carried out, arranged in a factorial arrangement of $2 \times 4 \times 3 + 2$, being studied 2 types of soil (clay and sandy) x 4 types of compost (Shell 75% + 25% Cake, Shell 50% + 50% Cake, Shell 25% + 75% Cake, Cake 100%), + two control treatments (with chemical fertilization in both types of soil), equivalent to 26 treatments in 8 repetitions. For the first trial, higher nutritional concentrations were found in the physic nut cake. In the second trial, there were significant isolated effects for the type of soil, types of compost, doses and their interactions. The results show the important effect of clay soil for some variables of chlorophyll, nutritional content and production, just as the physic nut cake is in high and medium doses.

Keywords: Leguminous, Fertilizer, *Jatropha curcas*, Sandy, Clay.

1. Introducción

El piñón, *Jatropha curcas* L., es una especie perenne y monoica de la familia Euphorbiaceae, que tiene la característica de ser resistente a la sequía, frecuentemente es encontrada en América del Sur, Sudeste de Asia Central, India y África. Se ha presentado como una oleaginosa importante con varios usos medicinales e industriales (Zavala-Hernández *et al.* 2015) y relevante para el desarrollo de la bioenergía, por el porcentaje de aceite en sus semillas que sirve para ser usado puro o en la fabricación de biodiesel (Fuentes *et al.* 2018).

Durante las últimas décadas, el uso de combustibles fósiles ha aumentado significativamente la emisión de gases que causan el efecto invernadero. Estos problemas han atraído el interés en la búsqueda de producción más limpia de energía para ayudar en la conservación del medio ambiente, que hace de la producción de biocombustibles a partir de especies oleaginosas una alternativa importante Selanon *et al.* (2014).

Actualmente existen entidades que se encargan de incentivar la siembra de esta planta. Ecuador se destaca mundialmente en el área energética por suministrar aceite puro vegetal a la isla Floreana de Galápagos para su utilización como biocombustible, lo cual permite ir sustituyendo progresivamente al combustible fósil y de esa manera generar menos impacto en el notorio agotamiento de dicho recurso no renovable (Mayorga *et al.* 2018).

El proceso de la extracción del piñón genera residuos como la cáscara y la torta; esta última tiene alto contenido nutricional, pero que no es utilizada en la alimentación debido a los efectos tóxicos relacionados a su composición (Saetae y Suntornsuk 2010).

En India se está sembrando *Jatropha*, teniendo como resultado estimado en los próximos años un total de al menos 20 millones de hectáreas sembradas y pudiendo producir 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 el aporte de la materia orgánica al suelo tiene influencias positivas a este, diferentes estudios mencionan que el compost a partir de biomasa de tortas vegetales mejora la composición de los suelos.

En la actualidad existen muchos resultados positivos de la aplicación de fertilizantes orgánicos en la mejora de las propiedades del suelo, sin embargo, pocos estudios evalúan los efectos de esta aplicación sobre otros atributos influenciados por la materia orgánica, como la dispersión de arcilla. La materia orgánica en el suelo es importante como fuente de nutrientes, retención de cationes, mejora de la actividad microbiana y las propiedades físicas del suelo que, a su vez, influyen en la disponibilidad de aire y agua para plantar raíces (Cardoso *et al.* 2013).

Un uso potencial que se puede dar a estos residuos orgánicos es en la elaboración de biofertilizante, como el caso del compost, por tener en su composición macro y micronutrientes que pueden aportar al desarrollo y comportamiento productivo de plantas (Gavilanes *et al.* 2017; Zambrano *et al.* 2016; Iguaran *et al.* 2008), como el fréjol caupí.

El fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.), es una de las más importantes leguminosas producidas en regiones tropicales y subtropicales del mundo, principalmente en los países en desarrollo de África, América Latina y Asia. Para un gran segmento de la población mundial es la principal fuente de proteínas, calorías, fibras alimentarias, minerales y vitaminas. También posee compuestos bioactivos, destacándose los compuestos fenólicos (Moreira-Araujo *et al.* 2018; Pérez *et al.* 2018).

La hipótesis de este trabajo es que la aplicación de compost a partir de la torta y cáscara de piñón, como fertilizante para las plantas de fréjol caupí, aportará beneficios en el proceso vegetativo y productivo de las plantas, demostrando la factibilidad de esta alternativa sostenible a los fines de contribuir con la soberanía alimentaria del país.

El objetivo principal es evaluar el efecto del compost de torta y cáscara de piñón (*Jatropha curcas* L.) sobre el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* W.), en dos tipos de suelo.

2. Antecedentes

El piñón, es una planta que en los últimos años ha sido considerada por su gran potencial para la producción de energía renovable o más usada como biocombustible, según lo indica Parthiban *et al.* (2009), ya que se puede obtener de este aceite de sus granos y torta que queda después de su extracción (Rodríguez *et al.* 2016).

Se ha destacado la importancia subproductos a partir de *J. curcas* como la caracterización energética del epicarpio y de la torta de piñón, para posteriormente ser transformado en carbón vegetal, teniendo como resultados un potencial calórico alto muy similar al que genera la madera del eucalipto según lo indica Vale *et al.* (2011).

Thanapimmetha *et al.* (2012) reportó la producción de proteasas de *Aspergillus oryzae* en fermentación sólida de residuos provenientes de la extracción de aceite de *Jatropha*; las proteasas producidas pueden ser de utilidad en la industria de alimentos, farmacéutica y del papel.

Otro posible uso de la torta de piñón es su detoxificación, que ha sido usada en la alimentación animal, lo cual Granda (2012) lo demostró en una investigación realizada en Ecuador con pollos broiler donde identificó un efecto significativo en fase de engorde de 0 a 21 días de edad en un tratamiento con 10% de pasta residual más enzima coctel multienzimático fibrolítica exógena (ayuda a la absorción de nutrientes), con ganancia de peso final y porcentaje de digestibilidad de grasa al ser comparado con el resto de tratamientos; logrando igualar a la dieta maíz-soya en el índice de conversión alimenticia y la relación beneficio/costo en dólares.

Otros de los usos potenciales es la producción de biogás de la torta, cuyos efluentes pueden servir también como biofertilizante (Raheman y Mondal, 2012; Gavilanes *et al.* 2017). En estudio realizado por Zambrano *et al.* (2016) fue aplicada la torta como sustrato en plantas de fréjol común, demostrando que el aporte de fósforo varía de 2,5 mg de P en tratamiento control a 14 mg de P con torta de piñón en bajas dosis, y buen desarrollo vegetativo de las plantas.

3. Justificación

El piñón es una de las alternativas que se está impulsando como fuente de biocombustibles, ya que posee un alto contenido de aceite con características adecuadas para el uso en la industria.

Su cultivo y expansión podría proporcionar nuevas fuentes de empleo, así como mejorar el medio ambiente y el nivel y la calidad de vida de la población rural, por lo que la potencialidad real de esta planta debe ser cuidadosamente investigada, tanto desde el punto de vista de su agronomía y manejo, como de su uso, comercialización y estudio de los subproductos (Toral *et al.* 2008).

A partir de la extracción de aceite se obtienen subproductos como la torta y cáscaras generando cantidades excesivas siendo necesario darle un buen destino, de no ser así estas biomásas pueden convertirse en un problema ambiental (Díaz 2011).

No hay usos económicamente viables para el uso de la torta, diferentes investigadores intentan la desintoxicación para usar la proteína, pero aún no existe una metodología confiable y rentable. Una alternativa viable y menos peligrosa es su uso como fertilizante por tener macro y micronutrientes.

La presente investigación servirá para agregar valor al cultivo de piñón, la cual se basará en la utilización de torta y cáscara de *Jatropha* como compost en diferentes dosis sobre el cultivo de fréjol en dos tipos de suelo y a fin de evaluar su efecto sobre el desarrollo y productividad de este cultivo, como una alternativa en aplicación para la agricultura.

4. Objetivos

Objetivo general:

Evaluar el efecto del compost de torta y cáscara de piñón (*Jatropha curcas* L.) sobre el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* Walp.) en dos tipos de suelo.

Objetivos específicos:

- Analizar el contenido nutricional del compost elaborado a partir de diferentes dosis y combinaciones de torta y cáscara de piñón.
- Evaluar algunas variables del desarrollo de fréjol caupí en respuesta a la aplicación de compost de torta y cáscara de piñón, en suelo franco arenoso y franco arcilloso.
- Determinar el efecto de diferentes dosis de compost de torta y cáscara de piñón sobre el comportamiento productivo de fréjol caupí sembrado en suelo franco arenoso y franco arcilloso.

5. Marco Referencial

5.1 Fréjol caupí

5.1.1 Taxonomía, origen y distribución

De acuerdo a Agurto 2016, la clasificación botánica del fréjol caupí es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Género: *Vigna*

Especie: *unguiculata*

Nombre científico: *Vigna unguiculata* Walp.

Nombre común: Caupí, castilla, chileno

El fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) ($2n = 2x = 22$) es miembro de la tribu Phaseoleae de la familia Leguminosae. Los miembros de Phaseoleae incluyen muchas de las leguminosas de semillas y semillas oleaginosas de estación cálida económicamente importantes, como la soja (*Glycine max*), el fréjol común (*Phaseolus vulgaris*) y el fréjol mungo (*Vigna radiata*). El nombre de caupí probablemente se originó por el hecho de que la planta era una fuente importante de heno para las vacas en el sureste de los Estados Unidos y en otras partes del mundo. Algunos nombres locales importantes para el caupí en todo el mundo incluyen "niebe", "wake" y "ewa" en gran parte de África occidental y "caupi" en Brasil. En los Estados Unidos, otros nombres utilizados para describir el caupí incluyen "guisantes del sur", "guisantes de ojo negro", "guisantes de campo", "pinkeyes" y "hacinadores". Estos nombres reflejan semillas tradicionales y clases de mercado que se desarrolló con el tiempo en el sur de los Estados Unidos (Timko *et al.* 2007).

Ha habido una considerable discusión y especulación sobre el centro de origen y la domesticación del caupí, basado en la presencia paralela de diversos y morfológicamente diferentes tipos de caupí en el subcontinente indio, así como en África, inicialmente se especuló que tanto India como África pueden ser centros independientes de origen y domesticación de caupí. Sin embargo, no hay caupí silvestres en la subregión india que puedan considerarse posibles progenitores de caupí. Al mismo tiempo, numerosas investigaciones han señalado diversas formas salvajes de caupí, incluidas algunas especies muy primitivas, en la región del sur de África que abarca Namibia, Botswana, Zambia, Zimbabwe, Mozambique, Swazilandia y Sudáfrica (Singh 2014).

Sobre esta base, la idea de un centro de origen indio ahora se ha abandonado, y generalmente se acepta que la región del sur de África es el centro de origen del caupí, y desde allí se trasladó a otras regiones de África y Asia. En vista de la distribución actual de diversos caupí, el sudeste de África se considera el centro primario de diversidad, con África centro-occidental el centro secundario de diversidad y el subcontinente indio como el tercer centro de diversidad (Singh 2014).

El fréjol caupí (*Vigna unguiculata* Walp.) es una planta herbácea anual, con hojas alternas trifoliadas, folíolos ovados y una raíz pivotante grande. Posee mucha diversidad tanto en hábitos de crecimiento, color de sus flores y testa de la semilla; las coloraciones de las flores varían desde blanco crema hasta morado; y el de las semillas, varía desde blanco crema y amarillo (Carrillo *et al.* 2010).

Las semillas pueden ser lisas o arrugadas se caracterizan por tener un hilo (núcleo) acentuado rodeado de un arilo oscuro, se utiliza mayoritariamente para consumo humano la semilla tanto estando aun tierno o seco, además posee un alto contenido de calcio, proteínas, vitamina D y casi todos los aminoácidos esenciales (Carrillo *et al.* 2010).

Cabe destacar que además de servir para la alimentación humana sirve para forraje, además, de emplearlo para la conservación y recuperación de suelos ya que este es un excelente fijador de nitrógeno por medio de los nódulos bacterianos que poseen en sus raíces (Camarena *et al.* 2012).

En Ecuador, el cultivo de fréjol caupí es un cultivo característico de la región litoral o costa, sembrado en superficies menores por agricultores de recursos limitados, al momento no existen estadísticas sobre la producción, superficie sembrada, etc. (INIAP 2015).

La producción de esta leguminosa genera fuentes de trabajo, alimento e ingresos económicos a los agricultores, que tratan de satisfacer la demanda existente este cultivo a nivel nacional (Guamán *et al.* 2004).

5.1.2 Descripción morfológica de fréjol caupí

- **Raíz.** -El fréjol caupí presenta raíces profundas pivotantes con ramificaciones laterales, estas pueden llegar a medir hasta 1.95 m., esto le permite absorber una gran cantidad de agua y nutrientes, a comparación de los fréjoles comunes en las raíces se presentan nódulos de bacterias *Rhizobium* quienes fijan nitrógeno atmosférico que la planta utiliza (Sarco 2015).

- **Tallo y Ramas.** - El tallo es semierecto y las ramas presentan formas cilíndricas con ligeros bordes, algunas veces son glabros y huecos. Las ramas inician su crecimiento entre la segunda y la tercera semana después de la germinación, estas ramas pueden tener flores, normalmente se presentan entre 3 y 4 ramas por planta (Sánchez 2001).

- **Hojas.** - El primer par de hojas son simples, las hojas siguientes son pinnaticompuestas trifoliadas, cada foliolo puede medir entre 5-11 x 1,5-5 cm, unidas a un peciolo con longitud entre 6,7 y 8,7 cm; además posee estipulas de 7 a 16 mm de longitud que se prolongan en dos aurículas oblongas hasta 5 mm por debajo del punto de inserción (Vargas y Villamil 2012).

- **Inflorescencia.** -El primer tallo floral se desarrolla en la parte media de la planta, en la axila entre las hojas y el tallo, a partir de esta la floración progresa hacia arriba y hacia abajo. Las flores son hermafroditas se dan en pequeños racimos estas son de color blanco o amarillas, presentan 5 pétalos que son un estandarte, dos alas y dos pétalos soldados que forman la quilla (Beyra y Reyes 2004).

- **Fruto.** -Es una vaina lineal o encorvada que alcanza un tamaño de 10 a 25 cm. de longitud y de 1.5 a 3.2 cm. de diámetro, contiene de 6 a 21 granos por vaina,

generalmente en cada tallo floral sólo 2 a 3 flores se convierten en vainas y el lapso en que las semillas se desarrollan en las vainas es de 20 a 25 días (Montenegro 2016).

- **Semilla.** - Las semillas son pequeñas de unos 0,4 a 0,8 mm de largo, son de superficie lisa de coloración crema con una tonalidad oscura, estas semillas contienen hasta un 50% de carbohidratos o azúcares y un 25% de proteína. Se pueden encontrar de 10 a 20 semillas por vaina dependiendo de la variedad (Montenegro 2016).

5.1.3 Valor nutritivo de fréjol caupí

Los granos de leguminosas se destacan fundamentalmente por su aporte proteico (23 a 28 %). Por su alto contenido de almidón como en el caupí (aproximadamente 50%), estos granos de leguminosas tienen un alto valor energético (Agurto 2016).

Son una buena fuente de minerales como el calcio, hierro y fósforo. Su principal aporte en vitaminas son los del grupo B: tiaminas (B1), riboflavina (B12) y niacina (B5) (Agurto 2016), alto contenido de proteína, hierro y zinc (Aramendiz et al. 2017).

En el cultivo de fréjol Caupí en la fenología presenta dos tipos de fase:

- Fase vegetativa
- Fase reproductiva

En la fase vegetativa se la lleva a cabo cuando la semilla se la deposita en el suelo para que se dé la germinación y posteriormente la emergencia de los cotiledones para que la planta inicie con el desarrollo del tallo para que se dé la floración y la fase reproductiva inicia con la aparición de las flores para que se dé la formación de las vainas y el llenado de los granos para posteriormente ser cosechados (Agurto 2016).

5.1.4 Condiciones agroclimáticas, manejo agronómico

Para el desarrollo del fréjol se necesita de un pH del suelo que oscile entre los 6,5 a 7,5 debido a que este cultivo no tolera un pH 5,5 por que se tiene una toxicidad de los elementos del aluminio y del manganeso (INTA 2009).

El tipo de suelo idóneo para este cultivo son los de francos arcillosos y que presenten un alto contenido de materia orgánica, y que presenten una buena aireación y un buen drenaje para evitar la acumulación del agua (INTA 2009).

En el fréjol caupí para que el cultivo se desarrolle de una mejor manera se debe tener un buen establecimiento del cultivo tales como:

- Elección del terreno
- Preparación del suelo
- Calidad de la semilla
- Siembra
- Fertilización
- Riego

- **Elección del terreno:** Antes de la preparación del suelo se debe de hacer una inspección del terreno para poder apreciar el tipo de suelo, que tenga un buen drenaje y el contenido de la materia orgánica (Sánchez 2001).

- **Preparación del terreno:** esta práctica se realiza para adecuar las condiciones necesarias para que el fréjol germine sin problemas, para incorporar residuos de siembras anteriores, destruir malezas e insectos y mejorar la capacidad del suelo en la retención del agua lluvia (Sánchez 2001).

- **Calidad de la semilla:** Para lograr el éxito en la producción, se recomienda utilizar semilla de calidad, preferentemente certificada para evitar pérdidas de rendimiento ocasionadas por virosis (Albán 2012).

- **Siembra:** se deberá establecer una población de plantas adecuada para asegurar una buena producción, para lo cual podemos emplear una alta dosis de siembra que puede variar entre 50 a 60 Kg. de semilla por hectárea depositando 03 a 04 semillas por golpe a una profundidad máxima de 7 cm (Albán 2012).

- **Riego:** Es indispensable ya que el cultivo pueda alcanzar su máximo rendimiento ya que el requerimiento hídrico de la planta depende de los factores como el clima, el tipo de suelo, el cultivo de fréjol caupí necesita en ciclo vegetativo de 400 a 1200 mm y las etapas que más demanda el suministro de agua comprende las etapas R6 al R8 ya que son las etapas más críticas en este cultivo (Obando 2012).

- **Deshierbas:** En las etapas iniciales de desarrollo del cultivo se debe de tener el campo limpio con el fin de evitar la proliferación de las malezas ya que son reservorios de plagas y enfermedades, en el control de las deshierbas se pueden utilizar controles como mecánicos, químicos que son los más utilizados (Obando 2012).

- Control de plagas y enfermedades:

El manejo integrado de plagas es importante, ya que *V. unguiculata* se ve afectado por insectos, malezas parasitarias, nematodos, enfermedades fúngicas y virus (Echocommunity 2020). En cuanto a enfermedades a lo largo del cultivo suele presentarse ataque de hongos del suelo, que generan daños en la parte radicular y aérea, siendo los más comunes radicularmente: *Rhizoctonia solani*, *Pythium aphanidermatum* y *Sclerotium rolfisii*; el manejo o control de dichos patógenos debe ser preventivo, en medidas culturales, tales como control de la humedad excesiva, o mediante a través de variedades resistentes, en el caso de enfermedades aéreas existen: Antracnosis (*Colletotrichum* sp.), la Cercosporosis (*Cercospora* sp.), la mancha angular (*Isoriopsis griseola*) (Ápaez et al. 2009).

5.1.5 Material genético y producción

La planta presenta diferentes hábitos de crecimiento: erecto, semierecto, postrado y semipostrado (López 2012). Para el litoral ecuatoriano existen dos variedades de alto rendimiento: INIAP-462, INIAP-463, la primera proviene de las líneas CNC x 252-1E desarrollada por empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuarias (EMBRAPA) e introducidas al país por INIAP en 1986 y la segunda proviene de selección genealógica de la línea C16-006-2 a partir del cultivar criollo SCN 114 con la variedad INIAP 461 (Domínguez 2013) en cuanto al mejoramiento genético de la especie, se han desarrollado técnicas para incrementar significativamente la biodisponibilidad de nutrimentos en caupí, una de esta es la biofortificación que contribuye a incrementar el contenido mineral en partes comestibles de los cultivos por medio de fertilización edáfica o foliar, en *V. unguiculata* se ha venido realizando trabajos en base a esto (Guillen et al. 2016), siendo actualmente un área de investigación de alta prioridad, para asegurar una alimentación sana (Morales et al. 2016).

Las variedades INIAP-462 e INIAP-463 son de alto rendimiento y tolerantes a varias 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 producción de fréjol en el mundo en el año 2017, la India marca las pautas con un área cosechada de 15.426 millones de hectáreas, representando el 42,3% de todo el fréjol cosechado a nivel mundial, seguida Myanmar con 3.182 millones de ha

y terminando la trilogía de países que más área dedica a este cultivo, Brasil con 2.795 millones de ha (FAO, 2018).

En Ecuador durante el año 2017 se sembró 34.469 miles de ha para grano seco y de estas se cosecho 30.130 miles de ha, con una producción alcanzada de 19.383 miles de toneladas, con un rendimiento de 643.3 kg/ha valores bajos al ser comparados con el promedio internacional; en el mismo periodo de año el fréjol con destino para consumirlo tierno en vainas llego a sembrarse 18.613 miles de ha, de estas se cosecharon 17.484 miles de ha, alcanzando una producción para ese periodo de 20.400 miles de TM, obteniendo un rendimiento agrícola promedio de 1.166 kg/ha (Burbano, 2019).

En cuanto a distribución en el Ecuador en 2017, fue destinado para consumir como grano seco en la región de la sierra con 71,82% de toda el área, la costa el 28,06% y por último en la región oriental solo se sembró el 0,12% del área nacional; para consumir en forma de vainas tiernas, donde el 66,46% del área sembrada en el país corresponde a la región costa, en la región de la sierra fue de 35,54% y en el oriente no se sembró fréjol para consumir tierno (INEC 2017).

5.1.6 Fertilización en fréjol caupí

La fertilización en fréjol caupí está en dependencia del suelo, en suelos arenosos la fertilidad es menor y por lo tanto la necesidad de fertilizantes es mayor (Albán 2012), existen 2 tipos de fertilización que contribuyen la producción de fréjol caupí:

- **Fertilizantes Inorgánicos:** Son formulaciones químicas sintéticas que contienen los elementos químicos básicos: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio(K) y Magnesio (Mg) de manera concentrada que necesita la planta para su nutrición (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 N₂, basada en la simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium*. Por esta razón, no ha habido respuesta del cultivo a fertilización nitrogenada, ya que esto puede interferir en el proceso de nodulación de las raíces de las plantas. Sin embargo, en áreas recién deforestadas o en suelos arenosos con textura baja contenido de materia orgánica (menos de 10 g kg⁻¹), se ha recomendado aplicar fertilizante nitrogenado, en cobertura, en la 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).

Entre los principales nutrientes que influyen en la producción del fréjol se menciona el fósforo (P). A pesar de ser extraído en una cantidad menor que otros macronutrientes, 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).

La fertilización con potasio 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).

- Fertilizantes orgánicos:

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).

En estudio realizado por Santin (2017) usando biol en el cultivo del fréjol caupí, demostró efectos positivos 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).

5.2 El piñón, torta y cáscaras

El piñón *Jatropha curcas* L., es una oleaginosa que pertenece a la familia Euphorbiaceae, distribuida en diversos países del mundo como México, Nicaragua, Guatemala, Brasil, Perú y Egipto, entre otros (Pedraza y Sánchez 2010). Esta especie crece en regiones tropicales y subtropicales del mundo, es muy bien conocido por su capacidad de prosperar en suelos muy pobres para la agricultura. Tiene usos en reforestación y retención de suelos, así como potencial de biocombustible a causa de las propiedades de sus semillas, en zonas de Ecuador el arbusto posee un amplio uso como cercas vivas en pastizales y campos agrícolas (Zambrano et al. 2015).

Sus semillas tienen alto contenido de aceite con enorme potencial para la producción de biodiesel para sustituir los combustibles fósiles (Díaz et al. 2013). La actividad agroindustrial que se genera con la extracción del aceite de *Jatropha* es importante debido a que aporta muchos elementos que contribuyen a la economía y el campo, la misma que genera una gama de productos secundarios, como los subproductos o residuos derivados de las actividades agroindustriales, que si no son aprovechados debidamente originan contaminación ambiental (Santos 2016).

La torta de piñón es un subproducto obtenido posterior a la extracción de aceite, la misma proporciona cantidades alta de proteínas y aminoácidos esenciales, en peso presenta 58% de proteínas crudas y porcentajes de contenido de (N), fósforo (P) y potasio (K) en un rango de: 3,2-4,5%, 1,4-2,1% y 1,2- 1,7% (Massoud et al. 2017). Los elementos detallados anteriormente hacen de *J. curcas* una fuente rica en nutrientes, inclusive con contenido nutricional más alto que la gallinaza y el estiércol vacuno (Achten et al. 2008). Se debe agregar que contienen elementos primarios y secundarios imprescindibles para

el crecimiento de plantas tales como: calcio, magnesio, azufre, zinc, hierro, cobre, manganeso y sodio (Massoud et al. 2017). Por lo tanto, esta torta puede contribuir a la planta de fréjol desarrollo por su mayor contenido nutricional en el suelo y plantas, apareciendo como una alternativa para expandir la explotación de zonas menos fértiles (Zambrano *et al.* 2020).

A pesar de que la torta de *Jatropha* presenta algunos componentes tóxicos como curcinas y ésteres de forbol; aun así, es de gran utilidad como biofertilizante por su alto contenido de nitrógeno, fosforo y potasio (Campuzano *et al.* 2016; Sotolongo 2007); así también lo afirma Abayomia *et al.* (2018) quienes comprobaron que posee 34,1 g/kg de N, 0,7 g/kg de P y 2,2 g/kg de K, completando su composición total con los demás macro y micro nutrientes.

La cáscara de la fruta fresca de *Jatropha* es de aproximadamente 5 milímetros de espesor, mientras que la cáscara de la fruta seca es de aproximadamente 1 milímetro (Beerens y Van, 2009). La cascara está constituida por carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno, con un valor de su potencial calorífico de 1.722 MJkg^{-1} , que además de servir en el proceso de briquetado sirve para la elaboración de abono orgánico (Campuzano-Duque et al., 2016).

5.3 Elaboración de compost

Montoya (2018) manifiesta que el compost es una práctica muy antigua, con frecuencia es de gran importancia combinar diferentes fuentes de desperdicios para la mejora de la calidad. En el proceso aeróbico/termofílico de la preparación de la composta, se consideran como parámetros principales, una temperatura óptima entre 60 y 70 °C, el contenido de humedad óptimo entre 40-60 % (por peso), buena aereación con un continuo abastecimiento de oxígeno que asegure el proceso aeróbico/termofílico, una relación carbono: nitrógeno entre 25 :1 a 35 :1, el pH óptimo entre 6-7,5 y la reducción del tamaño de las partículas (Román *et al.* 2013).

- Monitoreo durante el compostaje

El compostaje aerobio es el proceso biológico más frecuentemente utilizado para la conversión de los residuos orgánicos a un material húmico estable conocido como composta y que se utiliza como un producto mejorador de suelo (Isaza *et al.* 2009). En el que se deberá mantener aereación adecuada para que los microorganismos puedan

respirar, liderando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica (Román *et al.* 2013).

- Humedad

Al ser el compostaje un proceso biológico de descomposición de la M.O la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso (Román *et al.* 2013).

La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción (Román *et al.* 2013).

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material (Román *et al.* 2013).

- Temperatura

El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que está compostando, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje, es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización (Román *et al.* 2013).

- pH

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH

6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2 (Román *et al.* 2013).

- Aireación

Para el correcto desarrollo del compostaje es necesario asegurar la presencia de oxígeno, ya que los microorganismos que en él intervienen son aerobios. Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores. El exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos (Bueno *et al.* 2010).

5.4 Compost de torta de piñón

La importancia de compost de residuos de piñón ha sido señalada en diferentes investigaciones. Elbl *et al.* (2016) realizaron una investigación en "Torta de *Jatropha* y costo ecológico: el posible mejoramiento de la fertilidad del suelo" donde los resultados indican que *Jatropha* es un fertilizante con alto contenido de nitrógeno y carbono, además contiene proteínas altas que sirve como fuente de hidrolizado de proteínas para la estimulación del crecimiento de las plantas.

Massoud *et al.* (2018) evaluaron el "Efecto de la torta de semillas de *Jatropha curcas* L., sobre los parámetros de salud del suelo y el crecimiento de la planta de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivada en suelos arenosos y calcáreos" donde concluyeron que la descomposición de la torta de semillas de *Jatropha* es un proceso microbiológico, que libera formas inorgánicas de nutrientes (N, P y K). Además, de que afectó positivamente los indicadores físicos, químicos y biológicos de la salud del suelo, por lo cual estos autores consideran que la torta de semillas es un insumo muy importante y útil para mejorar la salud del suelo, disminuir la densidad aparente de los suelos arenosos y calcáreos, aumento de carbono orgánico del suelo, disminución del pH del suelo.

Chaturvedi y Kumar (2012) en su investigación en cuanto a Residuos de biodiésel como fertilizante orgánico a medida para mejorar rendimientos y valores nutritivos de *Lycopersicon esculatum* L., cultivo (tomate) los resultados revelaron que un óptimo (2-3 % en peso) dosis aplicada en el suelo en el momento del inicio de la

floración (alrededor de 45 días), mejoró significativamente el rendimiento junto con mejoras en los parámetros morfológicos.

La presente investigación se basó en la utilización de torta y cáscara de *Jatropha* como compost en diferentes dosis sobre el cultivo de fréjol en dos tipos de suelo y a fin de evaluar su efecto sobre el desarrollo y productividad de este cultivo, como una alternativa para el uso de torta y cáscara de piñón, y su aplicación en la agricultura.

6. Diseño metodológico

Ubicación del ensayo

El experimento se lo realizó durante los meses de febrero del 2019 a diciembre del 2019, bajo condiciones de umbráculo en la estación experimental “La Teodomira”, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador. Geográficamente localizada a 01°09´ de latitud sur y 80°21´ de longitud oeste y una altitud de 60 msnm, con características climatológicas tales como: pluviosidad anual: 682,50 mm, heliofania anual: 1.354 horas luz, temperatura promedio: 25,39°C, evaporación anual: 1.625,40 mm y nubosidad: 6/8¹.

Ensayo 1: Preparación de diferentes tipos de compost con torta y cáscaras de piñón

Se realizaron cuatro tipos de compost con subproductos provenientes de la extracción de aceite de piñón que son la torta y cáscara cuya composición se encuentra en la tabla 1, conformados por los siguientes tratamientos: Cáscara 75%+25%Torta, Cáscara 50%+50%Torta, Cáscara 25%+75% Torta, Torta 100%, dichas mezclas fueron colocadas en forma de pilas con medida de 2 de largo y 1 metro de ancho por 1 metro de altura, encima de una lona de plástico, en tres repeticiones. Los tratamientos fueron establecidos mediante un Diseño Completamente al Azar.

Tabla 1. Concentración de Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn), de cáscara y torta de piñón.

| Piñón | Concentración % | | | | | | ppm | | | | |
|---------|-----------------|------|------|------|------|------|-----|----|----|-----|----|
| | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Zn | Cu | Fe | Mn |
| Torta | 4,5 | 1,63 | 3,54 | 1,35 | 0,99 | 0,44 | 35 | 45 | 26 | 542 | 62 |
| Cáscara | 0.8 | 0,74 | 5,34 | 1,35 | 0,64 | 0,47 | 41 | 14 | 9 | 439 | 71 |

A cada mezcla le fue añadida al inicio de la preparación y 15 días después microorganismos aceleradores para la descomposición de materia orgánica (Actimax Compost) a base de bacterias termofílicas y aerobias representando principalmente a

¹ (Datos tomados de la Estación Agro meteorológica del INAMHI, Portoviejo, Manabí, Ecuador. 1998-2004).

varias cepas de *Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* var. *mycoides* y *Bacillus cereus*, en la concentración de 8×10^9 células/litro, en la dosis de 200 cc por metro cúbico de material, según las recomendaciones del fabricante (Bioseb Organics CIA.LTDA.). Fue mantenida la humedad constante (55%) en cada pila y determinada con ayuda de un tensiómetro por los 60 días de duración del periodo de descomposición mediante la aplicación de agua, además diariamente fueron mezcladas las diferentes pilas del compost, aplicando la metodología de Quinatoa (2012).

Durante el periodo de elaboración del compost se tomaron datos de temperatura de los tratamientos con ayuda de un termómetro para compost análogo tipo punzón (Termómetro marca Reotemp), en la región central y laterales de la pila del compost (Villablanca, Cajías, and Allende 2014).

Después de los 60 días de descomposición se procedió con la toma de muestra de cada uno de los tratamientos para ser analizados nutricionalmente, determinando el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, zinc, cobre, hierro y manganeso de cada una de las mezclas.

Ensayo 2: Efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo

El material vegetativo utilizado 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 el siguiente Tabla 2:

Tabla 2. Características agronómicas de la variedad INIAP 463.

| 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 |

Las semillas antes de la siembra fueron tratadas con el producto químico a base de imidacloprid con una concentración de 105g/l y thiodicard 300 g/l (SEMEPRID de la empresa INTEROC), cuyo insecticida sirve para resistir al ataque de plagas cortadoras y chupadoras que pueden afectar el desarrollo inicial de las plántulas.

Preparación de los maceteros para siembra del fréjol caupí

Para la presente investigación se utilizaron dos tipos de suelo, uno Franco-Arcilloso perteneciente al campus experimental La Teodomira de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí (1), en el cantón Santa Ana y otro suelo franco-arenoso perteneciente al sitio el cerrito del cantón Rocafuerte (2). Las propiedades físico-químicas del suelo se encuentran en la tabla 3:

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas seleccionadas de muestras de suelo de capa 0,0 a 0,20 m que se usaron en el experimento de umbráculo.

| Suelo | pH | M | Ca | Mg | Ca+Mg | Meq/100ml | NH ₄ | P | K | Textura (%) | | | Clase Textural |
|-------|-----|-----|-----|------|-------|-----------|-----------------|-----------|-------|-------------|---------|----|------------------|
| | | O | Mg | K | K | ∑ Bases | ppm | meq/100ml | Arena | Limo | Arcilla | | |
| 1 | 6,3 | 1,5 | 9,4 | 1,24 | 13,01 | 22,29 | 0,99 | 7 | 1,53 | 21 | 48 | 31 | Franco-arcilloso |
| 2 | 7,3 | 1,7 | 5,4 | 1,77 | 11,45 | 15,44 | 0,59 | 5 | 1,24 | 85 | 9 | 7 | Franco-arenoso |

Para las diferentes unidades experimentales se prepararon un total de 224 maceteros con capacidad de 10 kg cada uno, los cuales se llenaron con los dos tipos de suelo uno arcilloso y el otro arenoso teniendo un total de 112 maceteros para cada tipo de suelo.

Posteriormente se realizó el cálculo para la obtención de las dosis a utilizar de los tipos de compost elaborados anteriormente en cada tratamiento, teniendo en cuenta que se aplicaron en tres dosis según el contenido de nitrógeno de cada uno colocando lo equivalente por hectárea dividido en dosis alta (100 kg N⁻¹), media (50 kg N⁻¹), y baja (25 kg N⁻¹), estando distribuidos de la siguiente manera (Tabla 4):

Tabla 4. Dosis de los diferentes compost elaborados a partir de cáscara y torta de piñón aplicados a los maceteros.

| Tipos de compost | Dosis (g/macetero) | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | Alta (100 kg N ⁻¹) | Media (50 kg N ⁻¹) | Baja (25 kg N ⁻¹) |
| Cáscara 75%+25%Torta | 24,19 | 12,10 | 6,05 |
| Cáscara 50%+50%Torta | 18,29 | 9,15 | 4,57 |
| Cáscara 25%+75% Torta | 13,51 | 6,76 | 3,38 |
| Torta 100% | 10,95 | 5,47 | 2,74 |

Los mismos que fueron mezclados junto con los 10 kg de suelo en cada macetero, de esa manera de obtuvieron los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamientos y diseño experimental

Para estudiar el efecto de la presente investigación fue efectuado un Diseño Completamente al Azar (DCA), dispuesto en un arreglo factorial de 2x4x3+2, siendo estudiados 2 tipos de suelo (arcilloso y arenoso) x 4 tipos de compost (Cáscara 75%+25%Torta, Cáscara 50%+50%Torta, Cáscara 25%+75% Torta, Torta 100%), x 3 dosis (alta, media y baja) + dos tratamientos testigo (con fertilización química en los dos tipos de suelo), equivalente a 26 tratamientos (Tabla 5) en 8 repeticiones, totalizando 208 unidades experimentales, cada unidad experimental tenía una planta de fréjol caupí. Cuatro repeticiones fueron tomadas en cuenta para análisis destructivos como análisis foliares y nutricionales y las cuatro repeticiones restantes se dejaron para evaluaciones de la fase productiva.

Tabla 5. Factores de estudio y tratamientos

| Factores (AxBxC) | | | | | |
|-------------------------|----------|----------------------------|----------|------------|-----------------------------------|
| Tipos de Suelo (A) | | Compost (B) | | Dosis (C) | |
| Arcilloso (A1) | | Cáscara 75%+25% Torta (B1) | | Alta (C1) | |
| Arenoso (A2) | | Cáscara 50%+50% Torta (B2) | | Media (C2) | |
| | | Cáscara 25%+75% Torta (B3) | | Baja(C3) | |
| | | Torta 100% (B4) | | | |
| Tratamientos | | | | | |
| 1 | A1xB1xC1 | 11 | A1xB4xC2 | 21 | A2xB3xC3 |
| 2 | A1xB1xC2 | 12 | A1xB4xC3 | 22 | A2xB4xC1 |
| 3 | A1xB1xC3 | 13 | A2xB1xC1 | 23 | A2xB4xC2 |
| 4 | A1xB2xC1 | 14 | A2xB1xC2 | 24 | A2xB4xC3 |
| 5 | A1xB2xC2 | 15 | A2xB1xC3 | 27 | Control 3 químico suelo arcilloso |
| 6 | A1xB2xC3 | 16 | A2xB2xC1 | 28 | Control 4 químico suelo arenoso |
| 7 | A1xB3xC1 | 17 | A2xB2xC2 | | |
| 8 | A1xB3xC2 | 18 | A2xB2xC3 | | |
| 9 | A1xB3xC3 | 19 | A2xB3xC1 | | |
| 10 | A1xB4xC1 | 20 | A2xB3xC2 | | |

Manejo del ensayo

- Siembra

Se sembraron cinco semillas por maceta, una vez emergidas fue efectuado el raleo respectivo, dejando una planta por maceta.

- Fertilización

Los diferentes compost de cada tratamiento (Tabla 4) fueron mezclados al suelo correspondiente con ayuda de una bolsa de plástico para cada tratamiento para conseguir homogenizarlos. Para el tratamiento testigo con fertilización química fue aplicada la dosis equivalente a 40-60-30 kg ha⁻¹ de NPK, usando urea, superfosfato simple y muriato de potasio como fuente de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, en cada macetero y según el tipo de suelo.

- Control de plagas y enfermedades

Fueron aplicados insecticidas y fungicidas, con el fin de evitar daños causados por insectos y patógenos, con el fin de tener datos con un margen de error mínimo y evitando que problemas externos a la investigación influyan en los resultados.

Riego

El riego fue de forma manual y los intervalos del mismo fueron aplicados de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo según la capacidad de campo de cada tratamiento.

VARIABLES DE ESTUDIO

- Porcentaje de emergencia

Se contabilizó el porcentaje de emergencia según el número de semillas sembradas por macetero para determinar de esta manera el porcentaje a los 8 días después de la siembra.

- Altura de planta

La altura de planta en cm se realizó desde la base del tallo hasta la máxima longitud de la guía apical en la fase R2 de florecimiento.

- Diámetro del tallo

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

- Número de hojas

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

- Contenido relativo de clorofila (Unidades SPAD)

A cada una de las plantas les fue medida el contenido de clorofila para esto se muestrearon dos hojas por planta del tercio medio utilizando el medidor de clorofila SPAD, esto se lo realizó en la fase R2 de florecimiento.

- Contenido foliar de nitrógeno total.

Se realizó el análisis nutricional foliar del contenido de N de las plantas de las dos primeras repeticiones colectando 4 hojas por unidad experimental y llevándola a estufa por 60 °C para después ser analizada.

- Área foliar

Se evaluó dicha variable cuando al menos el 50% de plantas presentaron flores, el resultado se expresó en cm² por medio de las ecuaciones propuestas por de Souza Lima *et al.* (2008), que se ajustan a los siguientes modelos matemáticos: $AF = \Sigma(0,9915(CxL)0,9134)$ y $AF = \Sigma(0,6597(CxL)+2,1745)$

Donde:

- L – Largo
- C – Ancho,
- AF – Área foliar

- **Contenido de clorofila total**

Para determinar el contenido de clorofila y carotenoides, se trituraron muestras de 0,2 g de tejido de hojas frescas del tercio medio dos plantas de fréjol caupí por tratamiento con N líquido y luego se colocaron en tubos falcón con una tapa que contenía 10 ml de acetona al 100% (v / v). Los extractos se filtraron y las lecturas se llevaron a cabo en un espectrofotómetro a las longitudes de onda de 663 y 645 nm para las clorofilas a y b, respectivamente. Las determinaciones de los niveles de clorofila (mg gm^{-1}) se basaron en las ecuaciones enumeradas a continuación, de acuerdo con Lichtenthaler (1987).

Clorofila a = $(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645})$

Clorofila b = $(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663})$

Clorofila total = Clorofila a + Clorofila b

- **Materia seca foliar**

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

- **Longitud de vaina**

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

- **Número de vainas/ planta**

Se contabilizó un promedio de número de vainas por planta.

- **Número granos/vaina**

Se contó el número de granos secos por vaina.

- **Peso seco de granos por tratamiento**

Se evaluó el peso total de granos secos por tratamiento en gramos.

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de varianza (ADEVA) para determinar la diferencia entre los tratamientos. Fue realizada la prueba de Tukey ($p < 0,05$), para comparación entre medias de los tratamientos usando el programa INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2018).

7. Resultados y discusión

Análisis nutricional de diferentes tipos de compost con torta y cáscaras de piñón

El contenido nutricional de cuatro tipos de compost de torta y cáscara de piñón, en base a sus macronutrientes se encuentran en la Figura 1. Para el porcentaje de concentración de N (4,57%) fueron encontradas mayores concentraciones en el compost con 100% de piñón, siendo este tratamiento diferente de los demás, de igual manera para el caso del P con 1,66%, en el mismo compost.

En el contenido de K, no fueron encontradas diferencias estadísticas, a pesar de esto se obtuvo mayor concentración en el compost que tenía más contenido de cáscaras (75% de cáscara y 25% de torta) con 5,23 %.

Analizando el Ca y S no se encontraron diferencias significativas, ya en el porcentaje de Mg (0,96%) fueron encontrados mayores contenidos nutricionales en el compost con 100% de torta de piñón.

Todos los compost elaborados tuvieron en su contenido diferentes nutrientes principales que requiere una planta, los cuales cumplen un papel fundamental en su desarrollo vegetativo y productivo.

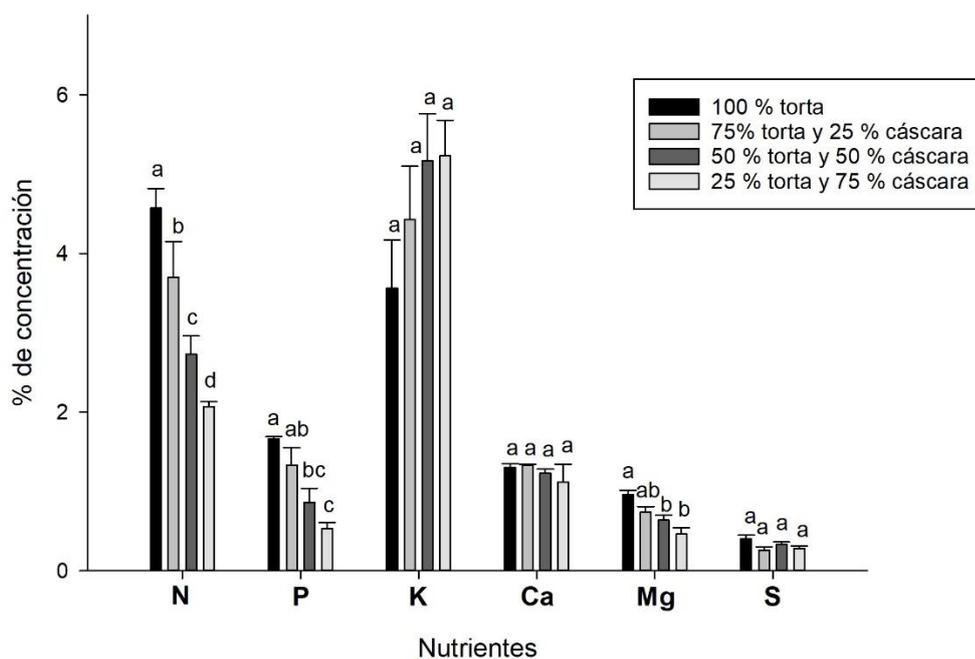


Figura 1: Contenido de macronutrientes de cuatro tipos de compost de torta y cáscara de piñón. (Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)).

En la Figura 2 se encuentran el contenido de micronutrientes de cuatro tipos de compost de torta y cáscara de piñón, en base a los contenidos de B, Zn, Cu, Fe y Mn, los cuales no presentaron ninguna diferencia significativa entre tratamientos.

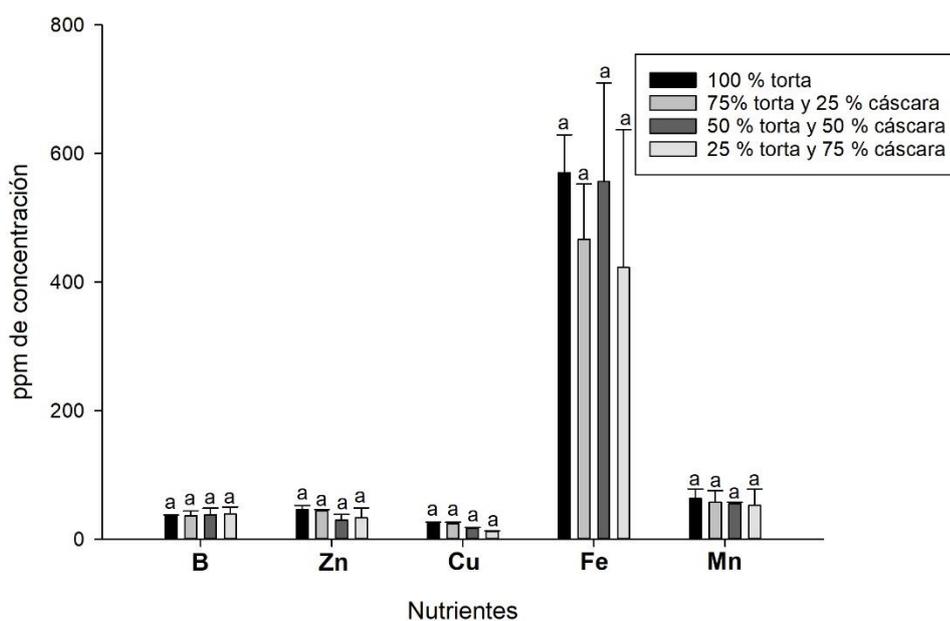


Figura 2: Contenido de micronutrientes de cuatro tipos de compost de torta y cáscara de piñón. (Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)).

En la Figura 3, se encuentran los datos de la temperatura mínima y máxima que fueron reportados durante los 60 días que duró la descomposición de los compost. Fue encontrado que de 28 a 51°C varió la temperatura en el compost elaborado con 100% de torta de piñón, de 28 a 51,7 del compost con 75% y 25% de cáscara, de 28 a 51 el compost elaborado con 50% de torta y 50% de cáscara y de 28 a 54°C en el compost de 25% de torta y 75% de cáscara, en este último compost es donde se reportó mayor temperatura. Esto puede ser debido a que la cáscara en su contenido presenta un poder calorífico de $14,69 \text{ MJ kg}^{-1}$ (Maradiaga, 2017). El valor calórico de la cáscara 3.762 (MJKg-1) es reportado por Landeros, 2013 como un dato relevante en la composición de la misma porque puede ser empleada como combustible. Bueno *et al.*, 2016, añade que al crecer los microorganismos se genera calor aumentando la temperatura. El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que está compostando, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje.

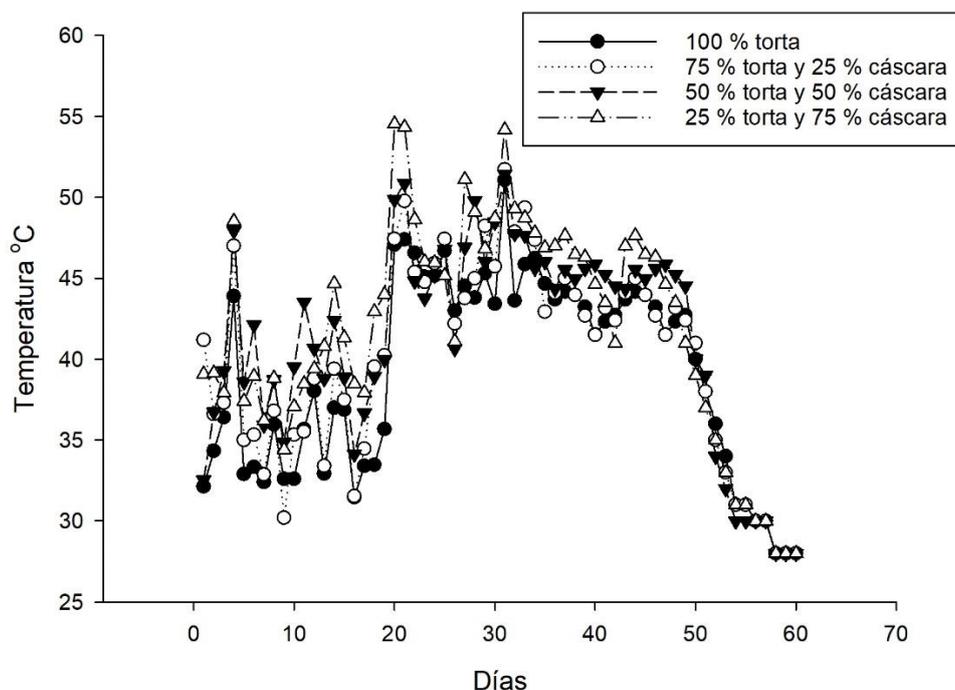


Figura 3: Temperatura mínima y máxima de los compost de torta y cáscara de piñón.

Efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo

Se observaron efectos aislados significativos para los tipos de suelo, tipos de compost y dosis en diferentes características evaluadas en el cultivo de fréjol caupí. Interacciones significativas entre tipo de suelo x tipo de compost (SxTC) fueron encontradas en la altura de planta, número de hojas, materia seca, longitud de vaina, número de vainas, rendimiento, clorofila total, clorofila a, clorofila b y nitrógeno foliar. En la interacción de suelo x dosis (SxD) fueron encontradas diferencias entre número de vainas, rendimiento, clorofila total, clorofila a, clorofila b y nitrógeno foliar. Fue encontrada interacción de tipo de compost x dosis (TCxD) en las variables materia seca, longitud de vaina, número de vaina, rendimiento, clorofila total, clorofila a, clorofila b y nitrógeno foliar. Para la interacción de suelo x tipo de compost x dosis (SxTCxD) se muestran diferencias para la materia seca, número de vainas, semillas por vaina, peso seco de 10 semillas, rendimiento, clorofila total, clorofila a, clorofila b y nitrógeno foliar. Analizando los dos testigos (T1 y T2) no fueron encontradas diferencias significativas, demostrando que existen efectos positivos en los tratamientos evaluados.

| Variables | S | TC | D | SxTC | SxD | TCxD | SxTCxD | T1 vs Resto | T2 vs Resto | Error | CV |
|----------------|------|------|------|------|------|------|--------|-------------|-------------|----------|-------|
| E | 0,18 | 0,47 | 0,84 | 0,28 | 0,16 | 0,93 | 0,91 | 0,55 | 0,87 | 0,17 | 8,80 |
| ALT. | 0,08 | 0,38 | 0,69 | 0,02 | 0,76 | 0,36 | 0,57 | 0,82 | 0,98 | 549,32 | 25,75 |
| DIA. | 0,00 | 0,66 | 0,24 | 0,80 | 0,28 | 0,52 | 0,51 | 0,68 | 0,57 | 0,01 | 9,60 |
| N. HOJ. | 0,00 | 0,03 | 0,22 | 0,00 | 0,35 | 0,43 | 0,23 | 0,77 | 0,95 | 36,83 | 19,27 |
| A. FOL. | 0,00 | 0,09 | 0,70 | 0,09 | 0,79 | 0,42 | 0,21 | 0,90 | 0,98 | 81308,32 | 20,96 |
| MAT. | 0,00 | 0,00 | 0,39 | 0,00 | 0,30 | 0,00 | 0,06 | 0,84 | 0,49 | 56,08 | 19,04 |
| LON. V. | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,96 | 0,00 | 0,17 | 0,47 | 0,38 | 0,94 | 8,39 |
| NUM. V. | 0,05 | 0,02 | 0,53 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,99 | 0,76 | 1,67 | 25,76 |
| SEM. V. | 0,00 | 0,57 | 0,06 | 0,06 | 0,96 | 0,25 | 0,06 | 0,70 | 0,24 | 26,13 | 29,51 |
| PES. S. | 0,00 | 0,89 | 0,71 | 0,35 | 0,15 | 0,28 | 0,06 | 0,91 | 0,85 | 0,38 | 22,37 |
| REND. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,63 | 0,92 | 6,16 | 11,90 |
| CL. T | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,22 | 1,13 | 3,76 |
| CL. A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0,98 | 1,00 | 5,08 |
| CL. B | 0,71 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 0,87 | 0,88 | 10,92 |
| N | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,55 | 0,32 | 0,01 | 1,59 |

Tabla 6. Resumen de análisis de varianza (*p*), de algunas variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.

% Emergencia (E), Altura de planta (ALT.), Diámetro del tallo (DIA.), Número de hojas (N. HOJ.), Área foliar (A. FOL.), Materia seca (MAT.), Longitud de vaina (LON. V.),

Número de Vainas (NUM. V.), Número de semillas por vaina (SEM. V.), Peso de 10 semillas (PES. S.), Rendimiento (REND.), Clorofila Total (CL. T), Clorofila a (CL. A), Clorofila b (CL. B), Nitrógeno foliar (N). Tipo de suelo (S), tipos de compost (TC), dosis (D), interacción de suelo x tipo de compost (SxTC), interacción de suelo x dosis (SxD), interacción de tipo de compost x dosis (TCxD), interacción de suelo x tipo de compost x dosis (SxTCxD). Testigo 1 (T1). Testigo 2 (T2). Coeficiente de variación (CV).

Diferentes variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo, se encuentran en la Tabla 7. Para los tipos de suelo ha sido destacado el de tipo arcilloso obteniéndose mayor media entre las variables estudiadas como son Diámetro del tallo, Número de hojas, Área foliar, Materia seca, Número de Vainas, Número de semillas por vaina, Peso de 10 semillas, Rendimiento, Clorofila Total, Clorofila a y Nitrógeno foliar. Solamente para la variable longitud de vaina, el suelo arenoso tuvo mayores medias.

Las variables en estudio que corresponden al suelo arcilloso son superiores al suelo arenoso, esto puede deberse a que los suelos ricos en arcilla tienen una alta capacidad de retención de agua y nutrientes (Tahir y Marschner, 2016), contribuyendo al incremento de biomasa de las plantas, por lo contrario en suelos arenosos existe bajo contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CEC) y, por lo tanto, baja capacidad de retención de nutrientes (Walpolá y Arunakumara 2010), lo que resulta en un bajo rendimiento. Franchini *et al.* 2016 manifiesta que el desempeño productivo de leguminosas es más bajo en suelos arenosos en comparación con los suelos arcillosos. La única variable en que no intervino el suelo arcilloso es en longitud de vaina.

Tabla 7. Variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo. Media de dos tipos de suelo.

| S | DIA. | N. HOJ. | A. FOL. | MAT. | LON. V. | NUM. V. | SEM. V. | PES. S. | REND. | CL. T | CL. A | N |
|-------------|--------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|--------|
| | Mm | número | cm ² | g | cm | número | número | g | g | mg | gmf ⁻¹ | % |
| Arc. | 0,86 A | 35,7 A | 1688,1 A | 50,46 A | 11,03 B | 4,63 A | 16,48 A | 3,06 A | 26,65 A | 30,12 A | 21,59 A | 4,77 A |
| Arn. | 0,76 B | 27,27 B | 1033,22 B | 28,2 B | 12,06 A | 5,42 B | 12,31 B | 2,46 B | 14,76 B | 26,5 B | 17,87 B | 4,68 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes para el test de Tukey ($p > 0,05$).

Diámetro del tallo (DIA.), Número de hojas (N. HOJ.), Área foliar (A. FOL.), Materia seca (MAT.), Longitud de vaina (LON. V.), Número de Vainas (NUM. V.), Número de

semillas por vaina (SEM. V.), Peso de 10 semillas (PES. S.), Rendimiento (REND.), Clorofila Total (CL. T), Clorofila a (CL. A), Nitrógeno foliar (N). Tipo de suelo (S).

En la Tabla 8, se expresan el efecto de los diferentes tipos de compost en algunas variables, para el número de hojas fueron encontradas en mayor cantidad en el compost d (25% de torta y 75% de cáscara) siendo diferente del compost b. Según Carrasco *et al.* (2018) la tasa de crecimiento de las hojas depende de la continua e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos. De este modo, el suministro de nutrientes afecta la tasa de crecimiento de las hojas por la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas.

En el contenido de materia seca fueron destacadas los compost c y d, demostrando que las plantas tuvieron mayor peso cuando fueron aplicadas estas biomásas, Peralta *et al.* (2019), destaca que compost y microorganismos eficientes afectan en mayor cantidad de materia seca.

En la longitud de vainas fueron encontradas medidas similares en los compost b c y d, siendo estas con mayor media que en donde fue usado en el compost a. Mbewe *et al.* 2018 menciona que la torta de semillas de *Jatropha* tiene el potencial de producir un rendimiento de grano comparable a la aplicación de fertilizante inorgánico; Anagamarca (2015) afirma que la aplicación de abonos orgánicos presenta efecto positivo en cuanto a número de vainas por planta y número de granos por vaina en fréjol.

Para el número de vainas, rendimiento y contenido nutricional foliar de N, resultó el compost b con mayores efectos, siendo este compost diferente de los demás menos el caso del número de vainas que difiere de a y c.

En las variables de clorofila el compost a con 100% de torta de piñón tuvieron mayor contenido, siendo diferentes de los otros compost, esto pudiera ser a que la clorofila es mayor en la fertilización de cultivos con abono orgánico, el mismo que mejora la fertilidad de suelo y disponibilidad de nitrógeno y magnesio, nutrientes que forman parte de la molécula de clorofila (Guilherme *et al.* 2016), a esto se añade que el porcentaje que existe en el compost Torta 100% de N y Mg es de 4,5%-0,99% respectivamente.

| TC | N. HOJ. número | MAT. g | LON. V. cm | NUM. V. número | REND. g | CL. T | CL. A mg gmf ⁻¹ | CL. B | N % |
|----|-------------------|-----------|---------------|-------------------|------------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| a | 30,00 AB | 32,9 B | 10,52 B | 4,42 B | 18,11 B | 36,61 A | 26,21 A | 10,39 A | 4,59 BC |
| b | 29,00 B | 34,90 B | 12,05 A | 5,92 A | 24,46 A | 24,22 D | 16,72 C | 7,50 B | 5,10 A |
| c | 32,00 AB | 44,69 A | 11,57 A | 4,42 B | 19,92 B | 26,88 B | 18,57 B | 8,32 B | 4,66 B |
| d | 34,00 A | 44,82 A | 12,04 A | 5,33 AB | 20,34 B | 25,53 C | 17,44 BC | 8,09 B | 4,55 C |

Tabla 8. Variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo. Media de cuatro tipos de compost.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes para el test de Tukey ($p > 0,05$).

Número de hojas (N. HOJ.), Materia seca (MAT.), Longitud de vaina (LON. V.), Número de Vainas (NUM. V.), Rendimiento (REND.), Clorofila Total (CL. T), Clorofila a (CL. A), Clorofila b (CL. B), Nitrógeno foliar (N). Tipos de compost (TC). Cáscara 75%+25%Torta (a), Cáscara 50%+50%Torta (b), Cáscara 25%+75% Torta (c), Torta 100% (d).

En la Tabla 9 se muestra el número de semillas por vainas en dosis bajas fueron encontradas mayor número que en la dosis alta. En rendimiento se muestran efectos positivos en la dosis baja siendo diferente a las demás. Para las variables de clorofila total, a y b, fueron encontradas mejores repuestas cuando fue utilizada dosis altas. Analizando el porcentaje de N en la dosis media se encontró más efectos que en la dosis alta.

En investigación efectuada por Jácome et al. (2013) manifiesta que el fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) presenta altos requerimientos nutricionales para obtener un óptimo rendimiento, debido a ello debe absorber cantidades altas de N, P y K. Agrega también que cuando se presentan diferentes dosificaciones de fertilizantes orgánicos, inicialmente las plantas absorben preferiblemente nutrientes esenciales para suplir los requerimientos mínimos del cultivo, lo que conduce a un equilibrio nutricional, es por esto que al presentarse dosis mínimas de fertilizante, el aprovechamiento máximo de estos se debe a la variabilidad de nutrientes que presente el fertilizante orgánico, de la misma manera al exhibir dosis medias o altas de nutrientes, estos son aprovechados de una forma similar, supliendo únicamente el requerimiento mínimo que presenten las plantas, por lo que la variabilidad de nutrientes, es fundamental durante las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo en el que se encuentren las plantas.

Tabla 9. Variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo. Media de tres dosis.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes para el test de Tukey ($p > 0,05$).

Número de semillas por vaina (SEM. V.), Rendimiento (REND.), Clorofila Total (CL. T), Clorofila a (CL. A), Clorofila b (CL. B), Nitrógeno foliar (N).

Las medias del desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en la interacción entre el tipo de suelo y tipo de compost son presentados en la Tabla 10. Para la altura de planta y el rendimiento la interacción entre tipo de suelo arcilloso con el compost c resultó en mayores medias que en los otros tratamientos.

En los tratamientos usado tipo de suelo arcilloso en interacción con el compost c o d fueron encontradas diferencias significativas diferentes de los demás tratamientos, en cambio cuando fue utilizado el suelo arcilloso con el compost a se encontraron mayores concentraciones para las clorofilas, siendo diferente para los otros tratamientos. Para la longitud de vaina mayor medida fue observada en la interacción Arn. x a, siendo diferente apenas para Arc. x b, Arc. x c y Arc. x d (Tabla 10).

Analizando el número de vainas son mostrados efectos positivos para las interacciones tanto para el suelo arcilloso y para el arenoso con el compost b, siendo estos tratamientos diferentes de los otros (Tabla 10).

Álvarez *et al.* 2007 obtuvo respuesta positiva en cuanto a aplicación de compost en frejol, ya que influyó en la variable altura y rendimiento a causa de que hubo incremento de las mismas, además, registrando de esta manera un efecto directo en los rendimientos del cultivo de frejol con respecto al uso de abonos. Mbewe *et al.* (2018) confirma que en

| Dosis | SEM. V. Número | REND. g | CL. T | CL. A mg gm ⁻¹ | CL. B | N % |
|-------|-------------------|------------|---------|------------------------------|---------|---------|
| alta | 13,00 B | 18,44 B | 31,15 A | 22,07 A | 9,07 A | 4,67 B |
| media | 14,00 A B | 19,58 B | 28,39 B | 19,78 B | 8,61 AB | 4,78 A |
| baja | 16,00 A | 24,11 A | 25,39 C | 17,35 C | 8,04 B | 4,73 AB |

diferentes cultivos el uso de torta de semillas de *Jatropha* tiene el potencial de producir un rendimiento de grano comparable a la aplicación de fertilizante inorgánico. Zambrano

et al. (2020) asegura que la torta de *Jatropha* es un residuo rico en nutrientes que, cuando se usa como fertilizante orgánico, puede contribuir en desarrollo de plantas.

Tabla 10. Interacción entre tipo de suelo y tipo de compost para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.

| S x TC | ALT. | | N. HOJ. | | MAT. | | LON. V. | | NUM. V. | | REND. | | CL. T | | CL. A | | CL. B | | N | |
|----------|--------|----|---------|---|-------|----|---------|----|---------|---|-------|----|---------------------|-----|---------------------|---|-------|-----|------|----|
| | cm | | número | | g | | cm | | número | | g | | mg gm ⁻¹ | | mg gm ⁻¹ | | % | | | |
| Arc. x a | 83,04 | AB | 32,00 | B | 37,78 | BC | 12,12 | AB | 5,00 | B | 22,37 | CD | 46,13 | A | 34,68 | A | 11,44 | A | 4,75 | B |
| Arc. x b | 89,50 | AB | 31,00 | B | 40,77 | B | 11,40 | B | 4,00 | B | 13,84 | EF | 25,03 | DE | 17,45 | C | 7,58 | CD | 5,12 | A |
| Arc. x c | 107,17 | A | 39,00 | A | 60,81 | A | 11,28 | B | 4,00 | B | 30,70 | A | 23,37 | E | 16,53 | C | 6,83 | D | 4,76 | B |
| Arc. x d | 101,13 | AB | 41,00 | A | 62,47 | A | 9,33 | C | 6,00 | B | 18,22 | DE | 25,96 | CD | 17,71 | C | 8,25 | BCD | 4,47 | D |
| Arn. x a | 93,50 | AB | 28,00 | C | 28,03 | D | 12,70 | A | 4,00 | B | 24,90 | BC | 27,09 | C | 17,74 | C | 9,35 | BC | 4,43 | D |
| Arn. x b | 91,79 | AB | 28,00 | C | 29,04 | CD | 11,97 | AB | 8,00 | A | 14,95 | EF | 23,42 | E | 15,98 | C | 7,43 | D | 5,09 | A |
| Arn. x c | 88,88 | AB | 26,00 | C | 28,57 | CD | 11,85 | AB | 5,00 | B | 28,64 | AB | 30,40 | B | 20,60 | B | 9,80 | AB | 4,56 | CD |
| Arn. x d | 73,13 | B | 27,00 | C | 27,17 | D | 11,71 | AB | 5,00 | B | 12,05 | F | 25,10 | CDE | 17,18 | C | 7,93 | CD | 4,63 | BC |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes para el test de Tukey ($p > 0,05$).

Analizando la respuesta de la interacción entre los factores tipo de suelo con las dosis sobre el número de vainas se puede demostrar que el número aumentó superando a la interacción entre suelo arcilloso con la dosis alta. En cuanto al rendimiento mayor peso fue encontrado en el suelo arcilloso con la dosis media y baja, siendo estos diferentes de los demás tratamientos (Tabla 11).

Con relación a la CL.T, CL. A y N mayores medias fueron encontradas en el tratamiento con suelo arcilloso en la dosis alta, siendo este tratamiento diferente de los demás. En la clorofila b resultaron con mayor diferencia significativa los tratamientos Arc. x media y Arn. x alta, siendo estos diferentes de las interacciones Arc. x baja y Arn. x media (Tabla 11).

Tabla 11. Interacción entre tipo de suelo y dosis para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes para el test de Tukey ($p > 0,05$).

En la tabla 12 se muestra la interacción entre tipo de compost con dosis. Para el compost c en media dosis fueron encontrados mayores efectos al igual que para la dosis baja y en el compost d en dosis alta, siendo diferente de los otros tratamientos.

Para la variable longitud de vaina son mostradas mayores medias para el compost b y d en dosis media, encontrándose diferencias en los tratamientos con compost a en baja y media dosis. En cuanto al número de vainas se encontraron mayores medias en el compost b en dosis alta, al igual que en el compost b en dosis media y baja siendo diferentes de los demás tratamientos, ya para la variable rendimiento en el compost b en media

| S x D | | NUM. V. | REND. | CL. T | CL. A | CL. B | N | dosis, se |
|---|---------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|-------------|
| obtuvo respuestas interacción de los tratamientos (Tabla 12). | Arc. x alta | 3,63 B | 19,71 B | 34,23 A | 25,77 A | 8,46 A B | 5,06 A | mejores |
| | Arc. x media | 4,75 AB | 28,46 A | 31,1 B | 21,62 B | 9,48 A | 4,69 C | siendo esta |
| | Arc. x baja | 5,5 AB | 31,78 A | 25,04 D | 17,39 C | 7,64 B | 4,57 D | diferente |
| | Arn. x alta | 6,25 A | 17,16 B | 28,06 C | 18,38 C | 9,69 A | 4,27 E | |
| | Arn. x media | 4,88 AB | 10,7 C | 25,74 D | 17,95 C | 7,75 B | 4,87 B | demás |
| | Arn. x baja | 5,13 AB | 16,43 B | 25,69 D | 17,3 C | 8,44 A B | 4,89 B | |

Por otra parte, en los tratamientos CL. T, CL. A, su contenido fue más alto en los tratamientos con el compost a en dosis alta y media, difiriéndose de los demás. Asimismo, se constató para la CL. B, contenidos más altos de clorofila en el compost a en dosis alta y media y en el compost c en dosis alta, existiendo diferencias entre las otras

combinaciones evaluadas. El compost b en dosis alta proporcionó mayores concentraciones de N, en relación a los demás tratamientos estudiados (Tabla 12).

Tabla 12. Interacción entre tipo de compost y dosis para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.

| TC x D | MAT. | | LON. V. | | NUM. V. | | REND. | | CL. T | | CL. A | | CL. B | | N | |
|-----------|-------|------|---------|----|---------|----|-------|-----|-------|-----|-------|----|-------|-----|------|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a x alta | 34,02 | CD | 11,50 | AB | 4,75 | BC | 19,09 | CDE | 40,38 | A | 29,53 | A | 10,85 | A | 4,34 | E |
| a x media | 32,32 | CD | 9,25 | C | 3,50 | BC | 13,05 | E | 42,78 | A | 32,03 | A | 10,75 | A | 4,53 | D |
| a x baja | 32,37 | CD | 10,81 | BC | 5,00 | BC | 22,18 | BCD | 26,66 | CDE | 17,07 | D | 9,58 | ABC | 4,90 | C |
| b x alta | 28,68 | D | 11,89 | AB | 8,25 | A | 19,15 | CDE | 25,50 | DEF | 18,18 | CD | 7,32 | CD | 5,76 | A |
| b x media | 37,77 | BCD | 12,74 | A | 5,00 | BC | 32,18 | A | 23,33 | F | 15,89 | D | 7,44 | CD | 4,95 | BC |
| b x baja | 38,25 | BCD | 11,53 | AB | 4,50 | BC | 22,05 | BCD | 23,84 | F | 16,09 | D | 7,74 | BCD | 4,60 | D |
| c x alta | 41,18 | ABCD | 11,83 | AB | 3,75 | BC | 16,74 | DE | 28,36 | BC | 17,41 | D | 10,95 | A | 4,01 | F |
| c x media | 51,36 | A | 11,43 | AB | 4,25 | BC | 15,01 | E | 24,22 | EF | 18,05 | CD | 6,18 | D | 4,84 | C |
| c x baja | 41,54 | AB | 11,45 | AB | 5,25 | BC | 28,02 | B | 28,06 | BCD | 20,24 | C | 7,82 | BCD | 5,13 | B |
| d x alta | 47,56 | AB | 11,91 | AB | 3,00 | C | 18,77 | CDE | 30,34 | B | 23,17 | B | 7,17 | D | 4,55 | D |
| d x media | 38,07 | BCD | 12,61 | A | 6,50 | AB | 18,09 | CDE | 23,25 | F | 13,17 | E | 10,08 | AB | 4,80 | C |
| d x baja | 48,83 | AB | 11,60 | AB | 6,50 | AB | 24,18 | BC | 23,00 | F | 15,99 | D | 7,01 | D | 4,30 | E |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes para el test de Tukey ($p > 0,05$).

En la tabla 13 se verifica la interacción entre tipo de suelo, tipo de compost y dosis para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo. En relación con el número de vainas la combinación entre Arn. x b x alta, se obtuvo mayor número de vainas, siendo diferente de los demás. Para la variable rendimiento fueron mostradas medias superiores en la interacción Arc. x b x media, siendo diferente de los otros tratamientos analizados.

Los tratamientos combinados en los que fueron usados suelo arcilloso, con el compost con 100% de torta de piñón en las dosis alta y media, demostraron tener efectos positivos sobre la clorofila total, a y b, así como también del porcentaje de N foliar, difiriéndose de los demás tratamientos (Tabla 13).

Tabla 13. Interacción entre tipo de suelo, tipo de compost y dosis para variables del efecto del compost de torta y cascara de piñón en el desarrollo y comportamiento productivo de fréjol caupí en dos tipos de suelo.

| SxTCxD | NUM. V. | | REND. | | CL. T | | CL. A | | CL. B | | N | |
|-----------------|---------|---|-------|--------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|----|
| | | | | | | | | | | | | |
| arc.x a x alta | 5,50 | B | 26,73 | CDE | 55,94 | A | 43,14 | A | 12,80 | A | 5,43 | A |
| arc.x a x media | 3,00 | B | 14,88 | HIJK | 53,46 | A | 41,54 | A | 11,93 | A | 4,41 | A |
| arc.x a x baja | 5,50 | B | 25,50 | CDEF | 28,98 | CDE | 19,38 | CDEF | 9,60 | B | 4,42 | B |
| arc.x b x alta | 3,00 | B | 8,21 | JK | 27,97 | DEFG | 21,11 | CDE | 6,85 | BC | 5,70 | BC |
| arc.x b x media | 5,50 | B | 58,91 | A | 28,18 | DEFG | 18,81 | DEFGH | 9,37 | BCD | 4,95 | BC |
| arc.x b x baja | 3,00 | B | 24,99 | CDEFGH | 18,94 | KL | 12,43 | JK | 6,50 | BCD | 4,70 | C |
| arc.x c x alta | 3,00 | B | 16,39 | FGHIJ | 20,31 | JKL | 11,83 | JK | 8,48 | BCD | 4,28 | CD |
| arc.x c x media | 3,00 | B | 14,91 | HIJK | 20,73 | IJKL | 17,53 | EFGHI | 3,20 | BCDE | 5,25 | DE |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---|---|-------|-------|---|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-----|
| arc.x | c | x | baja | 6,00 | B | 43,41 | B | 29,05 | CDE | 20,23 | CDE | 8,82 | BCDEF | 4,75 | E |
| arc.x | d | x | alta | 3,00 | B | 27,52 | CD | 32,70 | BC | 27,01 | B | 5,69 | BCDEF | 4,85 | E |
| arc.x | d | x | media | 7,50 | B | 25,16 | CDEFG | 22,00 | IJKL | 8,58 | K | 13,42 | CDEF | 4,15 | EF |
| arc.x | d | x | baja | 7,50 | B | 33,23 | C | 23,17 | HIJK | 17,54 | EFGHI | 5,63 | CDEF | 4,40 | EFG |
| arn.x | a | x | alta | 4,00 | B | 11,44 | IJK | 24,83 | EFGHI | 15,93 | FGHIJ | 8,90 | CDEF | 3,25 | EFG |
| arn.x | a | x | media | 4,00 | B | 11,22 | IJK | 32,10 | BCD | 22,52 | CD | 9,58 | CDEF | 4,65 | FGH |
| arn.x | a | x | baja | 4,50 | B | 18,85 | DEFGHI | 24,33 | GHIJ | 14,77 | HIJ | 9,57 | CDEF | 5,38 | GHI |
| arn.x | b | x | alta | 13,50 | A | 30,10 | C | 23,04 | HIJK | 15,24 | GHIJ | 7,79 | DEF | 5,83 | GHI |
| arn.x | b | x | media | 4,50 | B | 5,46 | K | 18,48 | L | 12,96 | J | 5,52 | DEFG | 4,94 | GHI |
| arn.x | b | x | baja | 6,00 | B | 19,10 | DEFGHI | 28,73 | CDE | 19,75 | CDEF | 8,98 | DEFG | 4,50 | GHI |
| arn.x | c | x | alta | 4,50 | B | 17,08 | EFGHI | 36,41 | B | 22,99 | BC | 13,41 | DEFG | 3,75 | HI |
| arn.x | c | x | media | 5,50 | B | 15,12 | GHIJK | 27,71 | EFG | 18,56 | DEFGH | 9,15 | DEFG | 4,43 | HI |
| arn.x | c | x | baja | 4,50 | B | 12,63 | IJK | 27,07 | EFGH | 20,24 | CDE | 6,83 | EFG | 5,50 | HI |
| arn.x | d | x | alta | 3,00 | B | 10,02 | IJK | 27,98 | DEFG | 19,34 | CDEFG | 8,65 | EFG | 4,25 | I |
| arn.x | d | x | media | 5,50 | B | 11,01 | IJK | 24,49 | EFGHIJ | 17,75 | EFGHI | 6,74 | FG | 5,45 | J |
| arn.x | d | x | baja | 5,50 | B | 15,13 | GHIJK | 22,84 | HIJKL | 14,45 | IJ | 8,39 | G | 4,20 | K |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes para el test de Tukey ($p > 0,05$).

Conclusiones

El contenido nutricional del compost elaborado a partir de diferentes dosis y combinaciones de torta y cáscara de piñón fue elaborado determinando que el compost de torta de piñón contiene mayor porcentaje de contenido nutricional de macro y micronutrientes que los otros compost evaluados.

Efectos significativos aislados para el tipo de suelo, tipos de compost, dosis y sus interacciones fueron encontrados en el desarrollo vegetativo y productivo del fréjol caupí. Los resultados evidencian el efecto importante del suelo arcilloso para algunas variables de clorofila, contenido nutricional y producción, al igual que la torta de piñón sea en dosis altas y medias. De esta manera podemos evidenciar con los demás estudios realizados que la utilización de compost de torta y cáscara de piñón se pueden obtener buenos resultados.

Recomendaciones

Se recomienda repetir el experimento en condiciones de campo, en diferentes tipos de suelo o localidades, para rectificar el efecto de compost elaborados a partir de torta y cáscaras de piñón, de esta manera se puede obtener nuevas variantes para la aplicación de la agricultura orgánica de esta manera también potenciar la siembra del cultivo de piñón para sacarle provecho a todos sus beneficios.

Referencias bibliográficas

- Achten, W.M.J., L. Verchot, Y.J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts, and B. Muys. 2008
Jatropha bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, 32: 1063– 1084. DOI:
https://www.researchgate.net/publication/222820049_Jatropha_bio-diesel_production_and_use
- Agurto Segundo. Efecto de abonos foliares orgánicos y químicos en el rendimiento de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp), en el distrito de Cayalti. Tesis de pregrado. Perú. (2016).
DOI: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/16105>
- Albán Manuel. Manual de cultivo de fréjol caupí. (2012):22. Consultado 18 de noviembre 18, 2019. DOI:
https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPÍ.pdf

- Albán Manuel. Manual de cultivo de frijol Caupí (Primera ed.). Perú. (2012): 7. Consultado 1 de nov. de 19. DOI: https://www.academia.edu/36670560/Manual_de_cultivo_de_frijol_caupí
- Apáez Patricio, Escalante Jose, Rodríguez Teresa, Olalde Víctor. Frijol chino (*Vigna unguiculata* (Walp) L.) Su cultivo, importancia económica y medicinal. Revista Alternativa. Número 19, p 24:(2009). DOI: https://www.researchgate.net/publication/317903631_FRIJOL_CHINO_Vigna_unguiculata_Walp_L_SU_CULTIVO_IMPORTANCIA_ECONOMICA_Y_MEDICINAL
- Araiza Nidia. Evaluación morfológica, bioquímica y diversidad genética del germoplasma silvestre de jobjoba (*Simmondsia chinensis*) y *Jatropha* (*Jatropha curcas*) del noroeste de México”. (2016): 17. Consultado 13 de noviembre 13, 2019. DOI: http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/482/araiza_n.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aramendiz Hermes, Camacho Miguel. Comportamiento agronómico de líneas promisorias de frijol caupí *Vigna unguiculata* L. Walp en el Valle del Sinú. Temas Agrarios - Vol. 16(2). (2011): 9-17. Consultado 1 de nov. de 19. DOI: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/687>
- Araméndiz Hermes, Espitia Miguel, Cardona Carlos. Phenotypic adaptability and stability of cowpea cultivars in the colombian humid Caribbean. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, p 16: (2017). DOI: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe2/1692-3561-bsaa-15-spe2-00014.pdf>
- Arroyo Betty, Vanegas Yenis, Pompelli Marcelo, Garrido Carlos, Neto Egidio, Orozco Alfredo. Desintoxicación de la torta de *Jatropha curcas* L. como posible alternativa de alimento para ganado bovino en el caribe colombiano. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, (2014): 171–178.
- Bartoli Jose. Manual para el cultivo de piñon (*Jatropha curcas*) en Honduras. (2008):7. Consultado 13 de noviembre 13, 2019. DOI: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/gota_verde_jatropha_curcas_manual_es.pdf
- Basantes Emilio. Manejo de cultivos andinos del Ecuador. (2015):12. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI:

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>

Beerens, P., & Van Eijck, J. (2009). Manual de *Jatropha*. FACT, Fuels From Agriculture in Communal Technology. NL. p, 70.

Beyra Ángela, Reyes Grisel. Revisión Taxonómica de los Géneros *Phaseolus* y *Vigna* en Cuba. Cuba: Centro de Investigaciones del Medio Ambiente de Camaguey CIMAC. (2004): 19. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://rjb.revistas.csic.es/index.php/rjb/article/view/41>

Brasil, E. C., & Cravo, M. D. S. 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, 3: (2013), Recife. Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais. Recife: IPA, 2013.

Bueno Pedro, Díaz Manuel, Cabrera Francisco. Factores que afectan al proceso de compostaje. Consultado 19 de noviembre 19, (2019). DOI: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

Burbano Pablo. “Evaluación de tres variedades de fréjol caupi (*Vigna unguiculata* L.) con tres distancias de siembra”. Ecuador. Tesis de pregrado. (2019). DOI: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/38445/1/Burbano%20Cuenca%20Pablo%20Jos%C3%A9.pdf>

Camarena, F., Huaranga, J., Mostacero, E., & Palma, M. Tecnologías para el incremento de la producción del frijol vinita (*Phaseolus vulgaris* L.) para la exportación. Perú. 26:(2012).

Campuzano-Duque, L. F., Ríos, L. A., & Cardeño-López, F. Caracterización composicional del fruto de 15 variedades de *Jatropha curcas* L. en el departamento del Tolima, Colombia. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 17(3), 379-390: (2016). DOI: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-87062016000300006

Cardoso, E.J.B.N., Vasconcellos, R.L.F., Bini, D., Miyauchi, M.Y.H., Santos, P C.A., Alves, R.L. et al. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? Scientia Agrícola 70: 274-289:

(2013).DOI: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162013000400009

Carrillo Rómulo, Carvajal Tarquino, Valarezo Oswaldo, Cañarte Ernesto, Mendoza Heriberto, Hinostroza Francisco, Motato Nelson, Moreira Pedro, Ponce Julia. Manual de Buenas prácticas agrícolas y estimación de costos de producción para cultivos de ciclo corto en Manabí. Portoviejo: INIAP. (2010): 13. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1294>

Chaturvedi San, Kumar Ali. Bio-diesel waste as tailored organic fertilizer for improving yields and nutritive values of *Lycopersicon esculatum* (tomato) crop. (2012). Consultado 15 de noviembre 2019. DOI: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jssp/v12n4/aop3312.pdf>

Cunha Filha, L. S. 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. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Centro de Ciências Agrárias, Univ. (2011)

De Souza Lima, C. J. G., Oliveira, F. A., Medeiros, J. F., Oliveira, M. K. T., Oliveira Filho, A. F. 2008. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. Revista Caatinga, 21(1).

Díaz Angel. Determinación de la factibilidad técnica y económica del cultivo de *Jatropha curcas* L. en el área de la zona citrícola de Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Forestales. (2011):24-25. Consultado 29 de octubre 2019. DOI: <https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/5034>

Díaz Brenda, Aguirre Juan, Díaz Víctor. Rendimiento de *Jatropha curcas* L. inoculada con micorriza y aplicación de composta de caña, 4, 599–610. Consultado 29 de octubre 2019. DOI: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000400009

Díaz Ignacio. Efecto de podas y fertilización sobre la curva de producción de piñón (*Jatropha curcas*); finca san luis, retalhuleu, retalhuleu sede regional de escuintla escuintla, marzo de 2015 ignacio alexander díaz lópez carnet 21438-08 sistematización de práctica profesional. (2015): 8. Consultado 31 de octubre 2019. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Diaz-Ignacio.pdf>

- Domínguez Juan. (2013). INIAP-462, INIAP-463 variedades de caupi de alto rendimiento para el litoral ecuatoriano. Ecuador. DOI: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1122/1/INIAP-462%20INIAP-463.pdf>
- Echocommunity. Frijol caupí. España, p1:(2020). DOI: <https://www.echocommunity.org/es/resources/d9f09c50-0194-41ea-9695-96fa96004706.pdf>
- Elbl Jakub, Petr Sláma , Magdalena Vaverková, Lukáš Plošek, Dana Adamcová, Petr Škarpa, Jindřich Kynický¹, Zdeněk Havlíček, Helena Dvořáčková, Martin Brtnický And Eliška Kabourková. *Jatropha* seed cake and organic waste compost: the potential for improvement of soil fertility. (2016): 131-132. Consultado 15 de noviembre 2019. DOI: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/eces.2016.23.issue-1/eces-2016-0009/eces-2016-0009.pdf>
- Falasca Silvia, Ulberich Ana. Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha* sp. (*J. curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*). Revista Virtual Redesma. (2008): 102–115. Consultado 11 de octubre 2019. DOI: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rvr/v2n2/a07.pdf>
- FAO -Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAOSTAT. Datos sobre alimentación y agricultura: año 2017. Dirección de Estadísticas. (2018). DOI: http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/commodities_by_country
- Fuentes Alfredo, García Carlos, Hennecke Anna, Masera Omar. Life cycle assessment of *Jatropha curcas* L., biodiesel production: a case study in Mexico. Clean Technologies and Environmental Policy. (2018): 1-13. Consultado 12 de octubre 2019. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-018-1558-7>
- Gavilanes Freddy, Barbosa Carmen, Rodrigues Helder, Nomura Rafael, Andrade Diva. Physic Nut Seed Cake Methanation and Chemical Characterization of Anaerobic Bio-digested Substrate. Waste and Biomass Valorization. (2019):1-10. Consultado 21 de octubre 2019. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-017-0148-y>
- Granda Verónica. Formulación de una dieta óptima para pollos broiler en fase de engorde, basada en la bioconversión de la pasta residual de Piñón con enzimas fibrolíticas. (2012): 14. Consultado 13 de octubre 2019. DOI: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5978/1/T-ESPE-034438.pdf>

- Guamán Ricardo, Andrade Clotilde, Álava Jaime. Guía para el Cultivo de Fréjol en el Litoral ecuatoriano. Guayaquil: Editorial Raíces. (2004). 4. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1996>
- Guillén Moisés, Quiroz Cesae, De la Cruz Efrain, Velázquez Lazaro, Soto Juan, García Mario, Orozco Jorge. Biofortification of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) with iron and zinc. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. (2016). p. 3427-343. DOI: https://www.researchgate.net/publication/311064983_Biofortificacion_de_frijol_caupi_Vigna_unguiculata_L_Walp_con_hierro_y_zinc_Biofortification_of_cowpea_Vigna_unguiculata_L_Walp_with_iron_and_zinc
- Hernández Lessethy, Benítez Mabelin, Aguilera Biguin. Production and characterization of biodiesel from *Jatropha curcas* L. oil. (2017): 1-2. Consultado 31 de octubre 2019. DOI: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1813/181358269004/html/index.html>
- Hernández, T.; Chocano, C., Moreno, J.; García, C. Uso de compost como alternativa a los fertilizantes inorgánicos convencionales en cultivos intensivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) - Efectos en el suelo y la planta. (2016). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.02.005>
- Huerga, I. R. (2012). “Producción de biodiesel a partir de cultivos alternativos: Experiencia con *Jatropha Curcas*.” Instituto de Investigaciones En Catálisis Y Petroquímica (INCAPE) Dependiente, 1–134.
- Iguaran Camilo et al. Evaluación agronómica y de calidad de aceite de cuatro ecotipos de piñón (*Jatropha curcas* L.), bajo cuatro dosis de fertilización para la producción de biodiesel en el departamento de Córdoba, (18), 217–220: (2008).
- IICA. Guía de identificación y manejo integrado: plagas de frijol en Centro América. (2010). Recuperado el 18 de nov. de 19, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4741e/A4741e.pdf>
- INEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Cultivo del frijol. (2017). DOI: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf
- INIAP. INIAP 463 Variedad de caupí de grano blanco y alto rendimiento para el litoral Ecuatoriano. (2005): 5. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1136>

- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2008): 3-4. Consultado 31 de octubre 2019. DOI: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-bc-inf-03-07_jatropha_curcas.pdf
- Isaza-Arias, GC, Pérez-Méndez, MA, Laines-Canepa, JR, & Castañón-Nájera, G. Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Universidad y ciencia*, 25(3), 233-243: (2009). Recuperado en 19 de noviembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000300005&lng=es&tlng=es.
- Iza Eduardo, Santo Darío. Tesis de grado previo la obtención del título de: Ingeniero Agrónomo. Evaluación del comportamiento de 15 cultivares de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en el Valle del Río Portoviejo. Santa Ana, Manabí, Ecuador: UTM. (2009): 11-15.
- Jarma Betty, Vanegas Yenis, Pompelli Marcelo, Garrido Carlos, Bezerra Egilio, Orozco Alfredo. Desintoxicación de la torta de *Jatropha curcas* L. como posible alternativa de alimento para ganado bovino en el caribe colombiano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* (2014): 171–178. Consultado 24 de octubre 2019. DOI: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a19.pdf>
- Landeros, C. (2013). Potencial de la biomasa residual del fruto de *Jatropha curcas* L. para la producción de biogás: un enfoque experimental. México. Consultado febrero 12, 2020. DOI: <https://www.uv.mx/met/files/2015/11/LanderosGutierrezCesarSantos-Noviembre2013.pdf>
- Linhares, P. C. A., da Silva, J. N., de Figueredo, J. P., da Silva Irineu, T. H., & Andrade, R. Acúmulo de massa seca em feijão-caupí sob adubação orgânica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(5), 133-137: (2016).
- Lichtenthaler, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Packer, L.; Douce, R. (ed). *Methods in Enzimology*. Academic Press, London, UK, v. 148, 1987, pp. 350-381.
- López Enrique. Manual del cultivo de frijol caupí. (2012). DOI: https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf
- Manuel Quinatoa. Fuentes de inóculo con la asociación santa catalina del cantón píllaro”. *Universidad Técnica de Ambato*. P36: (2012).

- Massoud, Azza; Koreish, Essam; Rashad, Mohamed; Kandil, Mahrous. "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. vol. 38, núm. 3, (2018): 474-483. https://www.researchgate.net/publication/328415861_Effect_of_Jatropha_curcas_Seed_Cake_on_Soil_Health_Parameters_and_Growth_of_Wheat_Plant_Triticum_aestivum_L_Grown_In_Sandy_and_Calcareous_Soils
- Maradiaga, W.; Evangelista, A.; Alves, J.; Da Silva, M. Producción de briquetas con residuos de cáscara de piñón manso (*Jatropha curcas*) y bagazo de caña de azúcar. BOSQUE 38(3): 527-533, 2017 DOI: 10.4067/S0717-92002017000300010
- Mayorga, M. M., Orozco, I. H., Pérez, Y. L., Gómez, N. C., & Martínez, E. I. (2018). Environmental assessment of electricity based on straight *Jatropha* oil on Floreana Island, Ecuador. BioEnergy Research, 11(1), 123-138.
- Mendoza Heriberto, López Julio, Mejía Nelly. INIAP- 462 INIAP - 462 Variedades de Caupí de Alto Rendimiento para el Litoral Ecuatoriano. Portoviejo-Santa Ana: INIAP. (2013):7. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1122>
- Mendoza Zambrano, H. y Linzán Macías, L. INIAP-463: Variedad de caupí de grano blanco y alto rendimiento para el Litoral Ecuatoriano. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Programa de Horticultura. (Plegable Divulgativo no. 218) (2005).
- Montenegro Yissela . Efecto De Dos Distancias De Siembra Y Dos Dosis De Algas Marinas, En El Cultivo De Fréjol Caupí (*Vigna unguiculata* L.). Ecuador: Universidad de Guayaquil. (2016): 22. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9601/1/Montenegro%20S%C3%A1nchez%20Yissela%20Yomaira.pdf>
- Montoya Noe. "Comportamiento agronómico del fréjol *Vigna unguiculata* bajo aplicaciones de Bioestimulantes ecológicos, en la zona de Babahoyo. 17: (2018). DOI: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/5027/1/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000110.pdf>

- Morales Amelio, Márquez Andrés, De la Cruz Lázaro, Sánchez Ernesto, Martínez Joaquin. Calidad nutrimental de germinados de *Vigna unguiculata* L (Walp.) BIOFORTIFICADOS con hierro y zinc. (2016). *Nutrición Mineral de las Plantas: Avances en la Nutrición de Cultivos*. DOI: https://www.researchgate.net/publication/320024593_CALIDAD_NUTRIMENTAL_DE_GERMINADOS_DE_Vigna_unguiculata_L_Walp_BIOFORTIFICADOS_CON_HIERRO_Y_ZINC
- Moreira-Araújo, R. S. D. R., Sampaio, G. R., Soares, R. A., Silva, C. P. D., Araújo, M. A. D. M., & Arêas, J. A. G. (2018). Identification and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity in cowpeas of brs xiquexique cultivar. *Revista Caatinga*, 31(1), 209-216.
- Mosquera, G., Jara, C., & Castellanos, G. Manejo de hongo en el Laboratorio *Rhizoctonia solani*. (2013). Recuperado el 18 de nov. de 19 de http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2013/04/guia_practica7.pdf
- Obando Dolly. Repuesta fisiológica de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L Walp) a la coinoculación de bacterias diazotólicas de los géneros *Azotobacter* y *Rhizobium* en suelos del departamento del Cesar. Tesis (Ciencias agrarias). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. (2012): 78. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7266/1/07790779.2012.pdf>
- Oliveira Ivana, Delmondez Renato, Loureiro Marta, Fernández Luzimar. Review: *Jatropha curcas* L.: morphophysiological and chemical aspects. *Brazilian Journal of Food Technology*. (2017). DOI: <http://www.scielo.br/pdf/bjft/v20/1981-6723-bjft-1981-67233016.pdf>
- Pandey, V.; Singh, K.; Singh, J.; Kumar, A.; Singh, B.; Singh, R. (2012). *Jatropha curcas*: A potential biofuel plant for sustainable environmental development. *Renewable & Sustainable Energy*. 16.5:2870-83. doi: 10.1016/j.rser.2012.02.004.
- Parthiban, K. T., Kumar, R. S., Thiyagarajan, P., Subbulakshmi, V., Vennila, S., & Rao, M. G. (2009). Hybrid progenies in *Jatropha* – a new development. *Current Science*. Current Science Association. <https://doi.org/10.2307/24104519>

- Pedraza Sánchez, D. G. Caracterización morfofisiológica de *Jatropha curcas* L. variedad Brasil cultivada en dos zonas de Colombia. (2010). Retrieved June 5, 2018, from https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/rt/printerFriendly/13985/14932
- Pereira, L. B.; Arf, O.; Santos, N. C. B.; Oliveira, A. E. Z.; Komuro; L. K. Manejo da adubação nicultura do feijão em sistema de produção orgânico. Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics), v. 45, n. 1, p. 29-38:(2015).
- Pérez-Rodríguez, M., Gaiad, J. E., Hidalgo, M. J., Avanza, M. V., & Pellerano, R. G. (2018). Classification of cowpea beans using multielemental fingerprinting combined with supervised learning. Food Control.
- Prazeres, S. S., de Lacerda, C. F., Barbosa, F. E. L., Amorim, A. V., da Silva Araujo, I. C., & Cavalcante, L. F. 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: (2015).
- Quinatoa Manuel. FUENTES DE INÓCULO CON LA ASOCIACIÓN SANTA CATALINA DEL CANTÓN PÍLLARO”. Universidad Técnica de Ambato. 29:(2012).
- Raheman H, Mondal S. Biogas production potential of *Jatropha* seed cake. Biomass and bioenergy 37:25-30: (2012)
- Ramos, D., & Terry, E. Generalities of the organic manures: Bocashi’s importance like nutritional alternative for soil and plants. Inca, 35(4), 52–59: (2014). Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>
- Robles, R. PRODUCCIÓN DE GRANOS Y FORRAJES. México: Limusa (1975).
- Rodríguez Maricela, Vega Karla, De Gante Víctor, Jiménez Jaime. Distribución del genero *Jatropha* Euphorbiaceae en el estado de Puebla, México. (2009): 3. Consultado 31 de octubre 2019. DOI: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682009000200003
- Rodríguez, J. S., & Támbara., Y. Caracterización de la torta obtenida del prensado del fruto de *Jatropha curcas*. Scielo, 39(1), 72–75: (2016).
- Rodríguez, V. Manual de plagas y enfermedades en frijol. México. (2005). Recuperado 18 de nov. de 19, de http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_11/folleto_frijol_11.pdf

- Román Pilar, Martínez Maria, Pantoja Alberto. Manual del compostaje del agricultor. Consultado 19 de noviembre 19, 2019. DOI: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Ruiz Luis, Flores Guillermo, Camacho Maria, Amaya Lorena, Jiménez Rafael, Rodríguez Jorge. Aprovechamiento de la pasta de *Jatropha* para la producción de lipasas de hongos filamentosos endógenos. (2014):1444-1445. Consultado 24 de octubre 2019. DOI: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/148/1/Luz%20Ruiz%202014.pdf>
- Saetae, D. & Suntornsuk, W. Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* seed cake. *J. Microbiol. Biotechn.* 20 (2):319-324, 2010.
- Sánchez Nora. El cultivo de frijol caupí: producción, almacenamiento y utilización. Ecuador. (2001): 5. Consultado 18 de noviembre 18, 2019. DOI: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4887/2/2006718102532_El%20cultivo%20de%20frijol%20caupí.pdf
- Santin Estefania. Efecto de la aplicación de Biol en el cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano Honduras. Ecuador. Tesis de pregrado. (2017). DOI: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6191/1/IAD-2017-041.pdf>
- Santos, T. Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9, 52: (2016).
- Sarco Lisbeth. Efecto de la aplicación foliar de fossil shell agro en el cultivo de fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L.). Ecuador: Universidad de Guayaquil. (2015): 13. Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9597/1/Sarco%20L%20C3%B3pez%20Lisbeth%20Corintia.pdf>
- Saunders, J., Coto, D., & King, A. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en America Centarl (2da edición ed.). Costa Rica. 26: (1998)
- Silva, E. F. L., de Araújo, A. S. F., dos Santos, V. B., Nunes, L. A. P. L., & Carneiro, R. F. V. Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. *Bioscience Journal*, 26(3): (2010).
- Singh, B. B. Origin, Distribution, and Importance. *Cowpea: The Food Legume of the 21st Century*. (2014). Doi:10.2135/2014.cowpea.cl

- Soto, G., & Muñoz, C. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas Y Agroecología, Costa Rica.*, 65, 127: (2002). Retrieved from <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5955/A2037e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sotolongo, J. A. D. et al. (2007). Potencialidades Energéticas Y Medioambientales Del Árbol *Jatropha Curcas* L En Las Condiciones Edafoclimaticos De La Región Semiárida De La Provincia De Guantánamo. *Tecnología Química*, XXVII (2), 76–82.
- Thanapimmetha, A., Luadsongkram, A., Titapiwatanakun, B., & Srinophakun, P. (2012). Industrial crops and products. *Industrial Crops and Products* (Vol. 37). Elsevier Science. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123088444>
- Timko M.P., Ehlers J.D., Roberts P.A. Cowpea. In: Kole C. (eds) *Pulses, Sugar and Tuber Crops. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, vol 3. Springer, Berlin, Heidelberg. 19: (2007)
- Toral Odalys, Montes Sofia, Iglesias Jesús, Sotolongo Juan, Garcia Soraya, Torsti Maria. *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba. (2008): 1. Consultado 30 de outubro de 2019. DOI: https://www.researchgate.net/publication/262760839_Jatropha_curcas_L_una_especie_arborea_con_potencial_energetico_en_Cuba
- Vale, T., Mendes, M., Amorim, S., Regina, M., Teixeira, A., Mendes, R. M., ... Dantas, D. S.). Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas*). *Redalyc*, 17(0104–7760), 267–273: (2011).
- Vargas Yeison, Villamil Oscar. Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí (*Vigna unguiculata* l.) Cultivado en el departamento del tolima. (2012). Consultado 1 de noviembre de 2019. DOI: [http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1251/1/RIUT-FBA-spa-2012-Caracterizaci%C3%B3n%20fisicoqu%C3%ADmica%20y%20nutricional%20de%20la%20harina%20de%20frijol%20caup%C3%AD\(Vigna%20Unguiculata%20l.\)%20cultivado%20en%20el%20departamento%20del%20Tolima.p](http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1251/1/RIUT-FBA-spa-2012-Caracterizaci%C3%B3n%20fisicoqu%C3%ADmica%20y%20nutricional%20de%20la%20harina%20de%20frijol%20caup%C3%AD(Vigna%20Unguiculata%20l.)%20cultivado%20en%20el%20departamento%20del%20Tolima.p)
- Velasco J. (2017). Importancia de la materia orgánica en el suelo. ResearchGate, (March) <https://www.researchgate.net/publication/315114517/download>

- Zambrano F, et al. (2016). Efeito da aplicação da torta de pinhão manso no solo como fonte de fósforo, no desenvolvimento do. ResearchGate, (October 2017), 1–2.
- Zambrano F, López J, Mendoza H. (2016). Variabilidad genética de la colección de piñón (*Jatropha curcas* L.) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador, usando marcadores tipo microssatélites. ResearchGate. Pg. 18-19.
- Zambrano Freddy, SSouza Diva, Figueiredo Andrade, Cedeño George, Zucareli Claudemir, Tavares Joao, Guimaraes Maria. Effect of Physic Nut Seed Cake on Common Bean Development and Clay Dispersion of Soil. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 29, No. 3 (2020), 1-8
- Zambrano, F.; Delgado, K.; Silva, H.; Nomura, R.; Andrade, D.; Zucareli, C. (2015). Extração e avaliação do óleo de pinhão manso (*Jatropha Curcas* l.) oriundo das cercas vivas de Manabí Equador. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Freddy_Zambrano_Gavilanes/publication/307679998_EXTRACAO_E_AVALIACAO_DO_OLEO_DE_PINHAO_MANSO_Jatropha_curcas_L_ORIUNDO_DAS_CERCAS_VIVAS_DE_MANABI_EQUADOR/links/584e043308ae4bc8993316b8/EXTRACAO-E-AVALIACAO-DO-OLEO-DE-PINHAO-MANSO-Jatropha-curcas-L-ORIUNDO-DAS-CERCAS-VIVAS-DE-MANABI-EQUADOR.pdf
- Zavala-Hernández, et al. (2015). Desarrollo del fruto y semilla de *Jatropha curcas* L. E indicadores de madurez fisiológica de la semilla. Revista Fitotecnia Mexicana, 38(3), 275–284.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- FAO. (2010). *Jatropha* cultivation. Consultado febrero 11, 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i1219e/i1219e02.pdf> Soja em solos arenosos: papel do Sistema Plantio Direto e da Integração LavouraPecuária. Consultado febrero 12, 2020. Disponible en: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1046511/1/CT116.pdf>
- Franchini, J.; Balbinot, A.; Debiasi, H.; Costa, J.; Sichieri, F. Soja em solos arenosos: papel do sistema Plantio Direto e da integração lavoura-pecuária. Brasil. (2010). Consultado

febrero 11, 2020. Disponible en:
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1046511>

TAHIR, Shermeen; MARSCHNER, Petra. Clay addition to sandy soil: effect of clay concentration and ped size on microbial biomass and nutrient dynamics after addition of low C/N ratio residue. J. Soil Sci. Plant Nutr., Temuco , v. 16, n. 4, p. 864-875, dic. 2016. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162016000400001&lng=es&nrm=iso>. accedido en 12 feb. 2020. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000061>.

Mbewe, E.; Nalivata, P.; Makumba, W.; Kabambe, V. (2018). The efficacy of *Jatropha curcas* L.) seed cake as an organic fertilizer. Vol. 13(51), pp. 2889-2897. DOI: 10.5897/AJAR2018.13657

Anexos

Anexo 1. Elaboración de los tipos de compost.



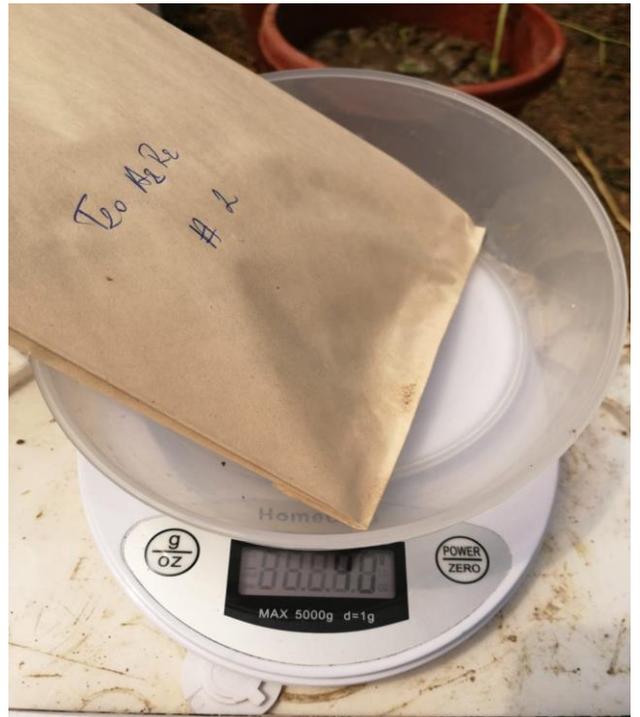
Anexo 2. Implantación del ensayo.



Anexo 3. Fase vegetativa del cultivo



Anexo 4. Recolección de datos campo y análisis de laboratorio.



Anexo 5. Análisis de muestras de compost y hojas Nitrógeno total



INIAP
ESTACION EXPERIMENTAL PICHILINGUE
SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

| | | | |
|--------------|---------------------------------|-----------------|------------|
| Propietario: | Vera Mendoza Byron Javier | Nº. Reporte: | 6839 |
| Remitente: | byron19952014@gmail.com (Dayra) | Fecha Muestreo: | 21/01/2020 |
| Hacienda: | | Fecha Ingreso: | 21/01/2020 |
| Cultivo: | Frejol | Fecha Salida: | 30/01/2020 |
| Provincia: | Manabi | Cantón: | Santa Ana |
| | | Parroquia: | Lodana |
| | | Ubicación: | |

INFORMACIÓN PARA ANALISIS ESPECIAL

| Codigo | Identificación | Concentración % | | | | | ppm | | | | |
|--------|---|-----------------|---------|--------|----------|--------|------|------|-------|-----------|--|
| | | Nitrogeno Total | Potasio | Calcio | Magnesio | Azufre | Boro | Zinc | Cobre | Manganeso | |
| 73080 | Tratamiento 1 | 5.4 | | | | | | | | | |
| 73081 | Tratamiento 2 | 4.4 | | | | | | | | | |
| 73082 | Tratamiento 3 | 4.4 | | | | | | | | | |
| 73083 | Tratamiento 4 | 5.6 | | | | | | | | | |
| 73084 | Tratamiento 5 | 4.9 | | | | | | | | | |
| 73085 | Tratamiento 6 | 4.6 | | | | | | | | | |
| 73086 | Tratamiento 7 | 4.2 | | | | | | | | | |
| 73087 | Tratamiento 8 | 5.2 | | | | | | | | | |
| 73088 | Tratamiento 9 | 4.7 | | | | | | | | | |
| 73089 | Tratamiento 10 | 4.8 | | | | | | | | | |
| 73090 | Tratamiento 11 | 4.0 | | | | | | | | | |
| 73091 | Tratamiento 12 | 4.3 | | | | | | | | | |
| 73092 | Tratamiento 13 | 3.0 | | | | | | | | | |
| 73093 | Tratamiento 14 | 4.6 | | | | | | | | | |
| 73094 | Tratamiento 15 | 5.3 | | | | | | | | | |
| 73095 | Tratamiento 16 | 5.8 | | | | | | | | | |
| 73096 | Tratamiento 17 | 4.9 | | | | | | | | | |
| 73097 | Tratamiento 18 | 4.4 | | | | | | | | | |
| 73098 | Tratamiento 19 | 3.7 | | | | | | | | | |
| 73099 | Tratamiento 20 | 4.4 | | | | | | | | | |
| 73100 | Tratamiento 21 | 5.4 | | | | | | | | | |
| 73101 | Tratamiento 22 | 4.2 | | | | | | | | | |
| 73102 | Tratamiento 23 | 5.4 | | | | | | | | | |
| 73103 | Tratamiento 24 | 4.2 | | | | | | | | | |
| 73104 | Tratamiento 25 con fertilizantes arsenoso | 4.9 | | | | | | | | | |
| 73105 | Tratamiento 26 sin fertilizantes arsenoso | 4.4 | | | | | | | | | |
| 73106 | Tratamiento 27 con fertilizantes arsenoso | 5.1 | | | | | | | | | |
| 73107 | Tratamiento 28 sin fertilizantes arsenoso | 4.5 | | | | | | | | | |
| 73108 | Tratamiento 29 | 3.0 | | | | | | | | | |

Observaciones:

x. W. Carrillo
Dr. Manuel Carrillo
JEFE DEPARTAMENTO DMSA

[Signature]
Laboratorista



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme
 Mocache - Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201

| | | | | | |
|--------------------------|----------------------------------|-----------|----------------|--------------------------|------------|
| Nombre del Propietario : | Dr. Byron Vera (ICCA-OEA) | Tel: | Reporte N° : | 6050 | |
| Nombre de la Propiedad : | La Teodomira | Cultivo : | Abono Organico | Fecha de muestreo : | 13/08/2019 |
| Localización : | Lodana | Parroquia | Manabí | Fecha de ingreso: | 13/08/2019 |
| | | Cantón | Provincia | Fecha salida resultados: | 28/08/2019 |

RESULTADOS E INTERPRETACION DE ANÁLISIS ESPECIAL

| Número de Laboratorio | Identificación de las Muestras | Concentración % | | | | | | | | | | ppm | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------|---------|---------|--------|----------|--------|------|------|-------|--------|-----------|--|--|--|--|
| | | Nitrogeno | Fosforo | Potasio | Calcio | Magnesio | Azufre | Boro | Zinc | Cobre | Hierro | Manganeso | | | | |
| 70959 | Muestra 1 | 2.0 | 0.48 | 5.18 | 0.87 | 0.38 | 0.29 | 41 | 18 | 12 | 241 | 82 | | | | |
| 70960 | Muestra 2 | 2.1 | 0.62 | 4.81 | 1.28 | 0.47 | 0.30 | 28 | 49 | 12 | 369 | 37 | | | | |
| 70961 | Muestra 3 | 2.1 | 0.49 | 5.71 | 1.20 | 0.53 | 0.25 | 49 | 32 | 13 | 659 | 39 | | | | |
| 70962 | Muestra 4 | 2.5 | 0.84 | 4.60 | 1.19 | 0.58 | 0.28 | 38 | 35 | 15 | 597 | 41 | | | | |
| 70963 | Muestra 5 | 3.0 | 0.89 | 5.81 | 1.21 | 0.66 | 0.33 | 35 | 31 | 17 | 489 | 71 | | | | |
| 70964 | Muestra 6 | 2.7 | 0.85 | 5.09 | 1.29 | 0.68 | 0.38 | 4 | 22 | 17 | 585 | 54 | | | | |
| 70965 | Muestra 7 | 3.7 | 1.27 | 3.73 | 1.41 | 0.55 | 0.33 | 38 | 52 | 28 | 356 | 64 | | | | |
| 70966 | Muestra 8 | 3.5 | 1.01 | 3.41 | 1.08 | 0.69 | 0.19 | 35 | 44 | 21 | 494 | 49 | | | | |
| 70967 | Muestra 9 | 3.9 | 1.72 | 6.15 | 1.49 | 0.97 | 0.25 | 36 | 36 | 23 | 550 | 59 | | | | |
| 70968 | Muestra 10 | 4.5 | 1.66 | 3.76 | 1.29 | 0.94 | 0.32 | 39 | 46 | 23 | 569 | 64 | | | | |
| 70969 | Muestra 11 | 4.5 | 1.70 | 3.38 | 1.25 | 0.96 | 0.43 | 31 | 46 | 26 | 600 | 63 | | | | |
| 70970 | Muestra 12 | 4.7 | 1.63 | 3.54 | 1.35 | 0.99 | 0.44 | 35 | 45 | 26 | 542 | 62 | | | | |
| 70971 | Muestra 13 | 4.8 | 0.74 | 5.34 | 1.35 | 0.64 | 0.47 | 41 | 14 | 9 | 439 | 71 | | | | |

Observaciones:

X. W. Dufey
 Dr. Manuel Carrillo
 RESPONSABLE DPTO.

La muestra será guardada en el laboratorio
 para su análisis. Tiempo de espera: 30 días hábiles
 Tel: 2783044 Ext. 201

[Signature]
 LABORATORISTA

