



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSION EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN EL
CULTIVO DE JUDIA DE METRO (*Vigna unguiculata* subsp.
sesquipedalis) EN EL CANTÓN EL CARMEN**

AUTORA: MOREIRA SÁNCHEZ ALLISON ALEXANDRA

TUTOR: JOSÉ RANDY CEDEÑO ZAMBRANO, MGS

El Carmen, Manabí, Ecuador

Enero de 2022

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.	REVISIÓN: 1 Página i de 47

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación cuyo tema del proyecto es **“Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de Judia de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) en el cantón El Carmen”**, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde a la señorita Moreira Sánchez Allison Alexandra, estudiante de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2021 (2), quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

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

El Carmen, enero de 2022.

Lo certifico

Ing. José Randy Cedeño Zambrano, MGS

Docente Tutor

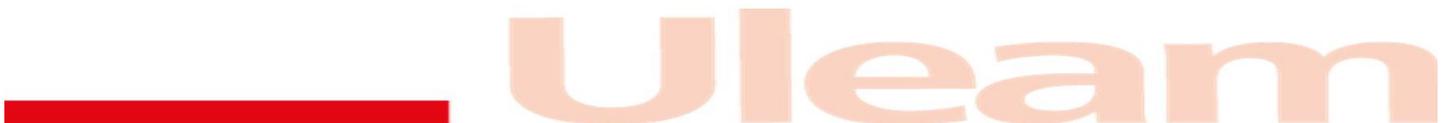
Área: Agropecuaria

DECLARACIÓN DE AUTOR

Yo, Allison Alexandra Moreira Sánchez con cédula de ciudadanía 0929412146, egresada de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en la aplicación de los diferentes instrumentos de investigación, que están resumidos en las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación con el tema: “Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) en el cantón El Carmen”, son investigación exclusiva de su autor, apoyado por el criterio de profesionales de diferentes índoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen.

Allison Alexandra Moreira Sánchez

AUTORA

The logo for Ulearn features a thick red horizontal bar on the left side. To the right of this bar, the word "Ulearn" is written in a large, lowercase, orange-colored sans-serif font. The letter "U" is significantly larger than the other letters, and the "e" and "a" are also quite large, creating a distinctive, modern look.

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



TÍTULO

Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) en el cantón El Carmen

AUTORA: Allison Alexandra Moreira Sánchez

TUTOR: Ing. José Randy Cedeño Zambrano, MGS

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

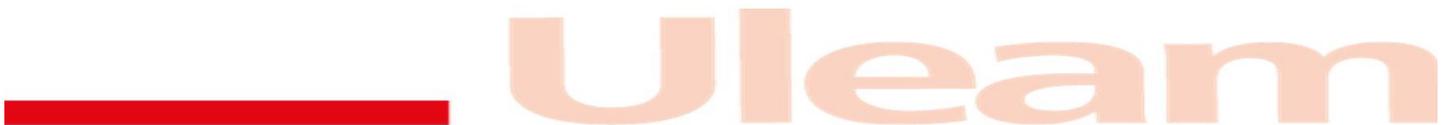
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Uleam

DEDICATORIA

A mi Hija Daniela Alexandra, Hermanos Aslhey, Adrián, Ailen, Jair, Alexander, Paulita y cuñados Daniela, Joan, Ángel para que este nuevo logro alcanzado en mi vida sea su punto de partida, para que en sus vidas me superen en todos los sentidos tanto profesional como espiritual, que alcancen las metas que se propongan en un futuro cercano y sean personas de bien útiles a la sociedad.

The logo for Ulearn features a thick red horizontal bar on the left side. To the right of this bar, the word "Ulearn" is written in a large, bold, orange sans-serif font. The letter "U" is significantly larger than the other letters, and the "a" is lowercase.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, mi madre Mercedes y mi Abuelita Paulita que siempre los llevo en mi mente y corazón

A mis Padres Héctor y Alexandra por ayudarme siempre que lo he necesitado en mi trayectoria de estudio y vida.

A mis Suegros Don Leiber y Sra. Magaly por su apoyo y guía en los conocimientos específicos.

A mi esposo quien ha sabido apoyarme para no desmayar en el duro camino de la vida estudiantil.

A los docentes por impartir sus conocimientos y profesionalismo.

RESUMEN

Vigna unguiculata es un cultivo adaptado a zonas subtropicales y tropicales, con alta calidad proteica y alto valor nutricional. Se evaluó las deficiencias nutricionales con la supresión del elemento faltante de macronutrientes sobre altura de planta (AP), número de hojas (NH), días a floración (DF), número de vainas planta⁻¹ (NVP), número de semillas vaina⁻¹ (NSV), biomasa de vaina planta⁻¹ (BVP) y biomasa de vainas sin semillas (BVSS). El ensayo se estableció en Manabí, Ecuador, se utilizó semillas de Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*). Se aplicó la técnica del elemento faltante para los tratamientos: T1 (sin aplicación), T2 (aplicación de PK), T3 (aplicación de NK), T4 (aplicación de NP) y T5 (aplicación de NPK). Los tratamientos se establecieron en una parcela experimental en un diseño bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Para el análisis se realizó un ADEVA; en las variables que generaron diferencias estadísticas se utilizó la prueba Tukey. Los datos se procesaron con InfoStat. Los resultados presentaron diferencias estadísticas (P<0,05) para AP, NH, NVP, NS y BVP; el mejor tratamiento fue T5 comparado con T1, con los resultados menos favorables. El rango de AP fue de 59,15 a 160,58 cm, a los 56 días después de la siembra hasta el final del ensayo, respectivamente para T5; mientras que para T1 fue 55,20 cm y 151,93 cm. NH siguió esta tendencia, permitiendo T5 obtener 77,10 hojas planta⁻¹ al último muestreo, en comparación con 76,45 hojas planta⁻¹ de T1. En NVP T4 y T5 fueron los mejores tratamientos (11,45 y 11,93, vainas planta⁻¹, respectivamente) y T1 con T2 con los menores valores (9,78 y 10,38, respectivamente). La BVP fue mayor en T5 con 4,36 g y el NS también el T5 presentó el mayor valor (17,73) y el menor para T1 (17,0). La información generada será un importante aporte para ser aplicado en el mejoramiento del cultivo de esta especie de gran valor nutricional.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, Judía de Metro, macronutrientes, crecimiento, elemento faltante.

ABSTRACT

Vigna unguiculata is a crop adapted to subtropical and tropical zones, with high protein quality and high nutritional value. Nutritional deficiencies were evaluated with the suppression of the missing element of macronutrients on plant height (AP), number of leaves (NH), days to flowering (DF), number of pods plant⁻¹ (NVP), number of seeds pod⁻¹ (NSV), biomass of pod plant⁻¹ (BVP) and biomass of seedless pods (BVSS). The trial was established in Manabí, Ecuador, Metro bean seeds (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) were used. The missing element technique was applied for the treatments: T1 (without application), T2 (PK application), T3 (NK application), T4 (NP application) and T5 (NPK application). The treatments were established in an experimental plot in a randomized complete block design, with four replications. For the analysis, an ADEVA was performed; in the variables that generated statistical differences, the Tukey test was used. The data was processed with InfoStat. The results presented statistical differences ($P < 0.05$) for AP, NH, NVP, NS and BVP; the best treatment was T5 compared to T1, with the least favorable results. The AP range was from 59.15 to 160.58 cm, at 56 days after sowing until the end of the trial, respectively for T5; while for T1 it was 55.20 cm and 151.93 cm. NH followed this trend, allowing T5 to obtain 77.10 leaves plant⁻¹ at the last sampling, compared to 76.45 leaves·plant⁻¹ of T1. In NVP T4 and T5 were the best treatments (11.45 and 11.93, pods plant⁻¹, respectively) and T1 with T2 with the lowest values (9.78 and 10.38, respectively). The BVP was greater in T5 with 4.36 g and the NS also the T5 presented the highest value (17.73) and the lowest for T1 (17.0). The information generated will be an important contribution to be applied in the improvement of the cultivation of this species of great nutritional value.

Keywords: *Vigna unguiculata*, underground bean, macronutrients, growth, missing element.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN DE AUTOR.....	ii
TITULO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
Aspectos generales de <i>Vigna unguiculata</i>	4
<i>Vigna unguiculata</i>	4
Requerimientos nutricionales en <i>V. unguiculata</i>	7
Fertilización en plantas.....	8
Investigaciones de fertilización en <i>V. unguiculata</i>	10
CAPÍTULO II.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localización de la investigación.....	14
Material vegetal.....	14
Condiciones del cultivo.....	14
Técnicas.....	15
Tratamientos.....	15
Diseño experimental.....	15
Variables de estudio.....	16
Análisis estadístico.....	17

CAPÍTULO III	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
Altura de la planta	18
Número de hojas planta ⁻¹	21
Días a floración	23
Número de vainas planta ⁻¹ , número de semillas vaina ⁻¹ (NSV), biomasa de una vaina de la planta (BVP) y biomasa de las vainas sin semillas (BVSS).....	24
CONCLUSIONES.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Requerimientos nutricionales de <i>Vigna unguiculata</i>	8
2	Tratamientos aplicados en el cultivo de Judía de Metro (<i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>)......	15
3	Esquema de ADEVA aplicado.....	16
4	Variación de la altura de planta (cm) en <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> de acuerdo a los días de muestreo y por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.	18
5	Variación de número de hojas planta ⁻¹ en <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> de acuerdo a los días de muestreos y por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.	21
6	Vainas·planta ⁻¹ , número de semillas vaina ⁻¹ , biomasa de una vaina de la planta y biomasa de una vaina sin semillas en <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> a los 119 días de muestreo, por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.	24
7	Vainas planta ⁻¹ , número de semillas vaina ⁻¹ , biomasa de una vaina de la planta y biomasa de una vaina sin semillas en <i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i> a los 119 días de muestreo, por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Desarrollo de frijol castilla (<i>Vigna unguiculata</i>), según dosis de aplicación potasio.	12
2	Altura de la planta en función del tiempo en plantas de Frijol de Metro (<i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>) con y sin aplicación de macronutrientes.....	19
3	Número de hojas planta ⁻¹ en función del tiempo en Frijol de Metro (<i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>) con y sin aplicación de macronutrientes.	22

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el alto valor nutritivo del cultivo de legumbres es de vital importancia particularmente en la alimentación humana, aun cuando también reviste interés en la alimentación de especies animales, especialmente en bovinos donde son utilizadas como banco de proteínas; no obstante, existen considerables pérdidas con respecto a las áreas cultivadas y cosechadas por distintas razones, tales como el manejo de las labores de cultivo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2019).

El frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) es un cultivo adaptado a las condiciones tropicales, en algunos lugares del mundo, como por ejemplo en la altiplanicie de Maracaibo, Venezuela, donde Higuera (1993) señaló que los rendimientos alcanzaron hasta de 1 200 kg ha⁻¹ debido a que las condiciones agroecológicas existentes favorecieron su producción en algunos cultivares.

La adaptación del frijol a condiciones de altas temperaturas, resistencia a plagas y enfermedades, la cataloga, además como una de las leguminosas más tolerantes al estrés hídrico (Dadson *et al.*, 2005). Los genotipos que se consumen verdes son cultivados en países de Asia, Europa, Oceanía y América. Las vainas pueden tener longitudes de 28 a 79 cm, las cuales en estado inmaduro se utilizan como verdura en la alimentación humana que son ricas en proteínas, carbohidratos, vitaminas (A y C) y minerales (Coker *et al.*, 2007). Contiene además importantes cantidades de fibras, cuyo consumo ayuda a prevenir enfermedades como hemorroides, cáncer colorectal, diabetes y obesidad, entre otras (Valencia y Roman, 2004).

Con relación a las prácticas de cultivo, Basterra (2014) ha señalado el hecho de que los pequeños productores carecen de recursos para poner en práctica algunos factores importantes para mejorar el rendimiento, entre ellos la falta de análisis de suelo y el análisis del efecto de nutrientes, los cuales son de vital importancia para proporcionarles al suelo y por ende al cultivo de los niveles nutricionales adecuados para que el cultivo pueda expresar su potencial productivo.

Con respecto a la falta de análisis de suelo, esto impide el establecimiento de un plan de fertilización adecuado y cónsono con las necesidades del suelo y del cultivo, como consecuencia las plantas “sufren una serie de desórdenes fisiológicos y nutricionales que van afectando su rendimiento, pues cada tipo de cultivo tiene unos requerimientos nutricionales y el suelo contiene estos elementos en cantidades variables que pueden o no satisfacer dicha demanda nutricional (Villasanti, 2013).

También se debe considerar el conjunto de nutrientes que permiten mejorar el rendimiento, pues dependiendo del tipo de cultivo existen nutrientes que son imprescindibles y otros no (Dussán *et al.*, 2016), dado que son requeridos en diferentes cantidades. Uno de los principales problemas es que las plantas adoptan una forma visualmente aceptable, esto es, no expresan las deficiencias oportunamente ni en los tenores de las necesidades que deben ser suplidas; sin embargo, aun cuando esto no implica un buen rendimiento, a veces no se tienen valores de referencia en cuanto a la producción, por tal razón es apropiado realizar los análisis de suelo con fines de fertilidad, con el fin de proporcionarle a los cultivos los elementos que requieren para expresar su máximo potencial productivo.

En el caso de la Judía de Metro, estos análisis deben ser imprescindibles porque se debe brindar a la planta un “suelo rico en nutrientes, fertilizantes balanceados de acuerdo a lo necesario, para evitar un crecimiento excesivo de la planta y el follaje pero que retardan la producción de flores y frutos y, por tanto, disminuyen el rendimiento (FAO, 2020).

La investigación se realizó con el fin de disminuir las deficiencias nutricionales para mejorar el rendimiento de la Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) en el cantón El Carmen. Se seleccionó el tema de investigación porque los cultivos de esta especie en el sector carecen del manejo apropiado, lo cual incluye la falta de análisis de suelos, que permita el adecuado conocimiento y la utilización de planes de fertilización de los nutrientes que aporten de forma positiva al rendimiento del cultivo; esta investigación es importante porque actualmente se desconocen las propiedades nutricionales que tiene el suelo del cantón El Carmen para esta especie, además, es necesario establecer cuáles son los nutrientes que necesita la planta para incrementar el rendimiento; con el trabajo de investigación se trata de establecer un documento guía donde se establece el conjunto de nutrientes apropiados para la producción de la planta con respecto a las características propias del cantón El Carmen y las necesidades del cultivo.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar las deficiencias nutricionales con la supresión del elemento faltante para mejorar el rendimiento del cultivo de Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) en el cantón El Carmen.

Objetivos específicos

- Establecer las características agronómicas del cultivo de Judía de Metro por efecto de la aplicación de cada tratamiento con exclusión del elemento faltante.
- Comparar el rendimiento por efecto de la aplicación de cada tratamiento con exclusión del elemento faltante.

HIPÓTESIS

Nula: La eliminación de uno de los elementos nutricionales no afectan el rendimiento de la Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*).

Alternativa: La eliminación de uno de los elementos afectan el rendimiento de la Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Aspectos generales de *Vigna unguiculata*

Carvalho *et al.* (2012) indicaron que el frijol (*V. unguiculata*) se originó y doméstico en el continente africano y se encuentra adecuado a las zonas subtropicales y tropicales del mundo, donde la producción ha alcanzado valores de 7 407 924 t (FAO, 2018). Aunado al valor nutricional en ambas zonas en este sentido, se ha indicado que en África se produjeron 7,1 millones de t, donde Nigeria para el 2017 fue el mayor productor y consumidor, con 48 y 46% de la producción continental y mundial, respectivamente (Adeola *et al.*, 2011; FAO, 2018).

Inicialmente se manejaba la posibilidad del origen indio del frijol, con centros de domesticación secundarios en China y Etiopía; sin embargo, algunas investigaciones posteriores han conducido la hipótesis más fuerte sobre el origen africano del mismo; aun cuando se ha sugerido que representa una especie nativa de África Central, el país preciso de donde procede sigue siendo incierto; lo que sí está claro es que en ese continente se distribuyen las especies silvestres más cercanas y es el principal centro de domesticación (Xiong *et al.*, 2016; Carvalho *et al.*, 2017; FAO, 2018).

Estas plantas se caracterizan por presentar un alto valor nutrimental, carbohidratos como fuente de energía (64-69%), nutrientes tales como Na, K, Ca, Mg, P, Fe y Zn (Famata *et al.*, 2013) un alto contenido de proteína (20-25%) representadas por globulinas (51%), albuminas (45%), prolaminas (1%) y glutelinas (3%) (Adeola *et al.*, 2011; Freitas *et al.*, 2004). Aunado al valor nutricional para contrarrestar la debilidad alimentaria de la población vulnerable de esas regiones (Phillips *et al.*, 2003; Modu *et al.*, 2010; De-Paula *et al.*, 2018).

Vigna unguiculata

Los frijoles forman parte de la familia Fabaceae (Hokcke *et al.*, 2008). Particularmente, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. pertenece a la familia Leguminosae (o Fabaceae), subfamilia Faboideae (Papilionoideae), tribu Phaseoleae y subtribu Phaeolinae. Legel (1990) señaló que esta planta presenta su máximo crecimiento y desarrollo en regiones tropicales y subtropicales,

donde se presentan altas temperaturas en áreas con escasa precipitación, donde alcanzan alta producción de biomasa. Es de ciclo corto, con hábito de crecimiento de erecto a voluble, rápido y vigoroso.

La FAO (2018) ha caracterizado botánicamente a estas plantas reseñando que presentan hábito herbáceo, algunas erectas arbustivas, rastreras, trepadoras, volubles dextrógiras, con crecimiento determinado o indeterminado; ahora bien, a través de los procesos de domesticación se ha conseguido que pasen de porte rastrero total, con granos pequeños, a alcanzar porte erecto, aun cuando persisten algunos materiales que mantienen la volubilidad, y en esos casos las semillas han incrementado su tamaño.

Con respecto al sistema radical, este es bien desarrollado, conformado con un sistema radical típico o pivotante, con una gran cantidad de raíces secundarias ramificadas, alcanzando hasta 1,95 m de profundidad y longitudes horizontales de hasta 1,40 m, con lo cual presentan una gran capacidad de absorber mayor cantidad de agua y nutrientes; es también propicio indicar la formación de nódulos simbióticos inespecíficos con bacterias fijadoras de nitrógeno, en las que se encuentran bacterias del género *Bradyrhizobium*, al igual que *Rhizobium* (FAO, 2018).

Los tallos son cilíndricos o fuertemente angulosos, sin pubescencia uncinada, las plantas pueden alcanzar entre 40 cm y 2 m de altura; con hojas trifoliadas, folíolos ovales de entre 6 a 15 cm de largo y 4 a 11 cm de ancho; con el folíolo central más largo y definido, los laterales con forma irregular; las hojas son pecioladas con una longitud de 2,5 a 12,5 cm de largo, las inflorescencias presentan pedúnculos largos y fuertes que continúan en el raquis floral. En el racimo se pueden encontrar hasta seis nudos de flores, cada uno con dos flores laterales y un cojín central; en los nudos inferiores las flores laterales fructifican, ya que las demás no alcanzan a cuajar, generalmente dada esta situación se forman de dos a cuatro flores por inflorescencia (FAO, 2018).

Cáliz en forma de campana con 8 a 12 mm de largo, con surcos longitudinales y transversales que le generan una apariencia rugosa, las corolas pueden ser blancas, amarillas, celestes o moradas, distribuidas en racimos axilares de 15 a 30 cm de largo, las vainas se desarrollan en pares formando una “V” invertida en forma pendular, aun cuando también pueden ser erectas. Indehiscentes, cilíndricas, de color verde pálido u oscuro, hasta marrón rojizo, con la punta

terminal curva en forma de pico, con 6 a 23 cm de largo y 3 a 12 mm de ancho, de 4 a 15 semillas en su interior (FAO, 2018).

Las semillas con aspecto redondo, oval y cuadrado, con textura lisa, áspera o rugosa; con una gran variedad de colores y tamaños, que van de 4 a 8 mm de largo y 3 a 4 mm de ancho, con forma irregular; el color de la testa puede ser blanquecino, rosa, rojo, marrón y hasta negras. La misma es opaca y el hilio es excéntrico, se ubica en la parte superior de la semilla, ovalado y con el tejido funicular blanco y el borde oscuro (FAO, 2018).

La taxonomía de *V. unguiculata* según Tropicos es la siguiente (Tropicos.org):

Reino: Plantae

Sub-Reino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub-Clase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Phaseoleae

Subtribu: Phaseolinae

Género: *Vigna*

Especie: *Vigna unguiculata*

Subespecie: *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*

El género *Vigna* debe su nombre al botánico italiano Domenico Vigna, cuando la descubrió en el siglo XVII; constituida por alrededor de 150 especies heterogéneas y poco relacionadas entre sí.

En América Latina y el Caribe, su cultivo tiene presencia en casi todos los países tropicales y subtropicales donde una de las subespecies con mayor importancia agrícola es la *sesquipedalis*, con una difusión importante por ser cultivada para el consumo de las vainas verdes (FAO, 2018). La *Vigna unguiculata* subespecie *sesquipedalis* se conoce comúnmente

por el nombre de Judía de Metro, Bora, Judía de Vaca, Frijol Espárrago, Habichuela Larga, Frijol Serpiente, entre otras (USDA, 2017).

Es considerada una planta multipropósito ya que puede ser utilizada en la alimentación “humana y animal, casi la totalidad del brote es aprovechable, pues tanto sus hojas como sus frutos pueden consumirse, a lo largo de su ciclo de vida; esta característica ha facilitado su adopción por los parceleros y pequeños productores” (Tofiño *et al.*, 2018). Es una planta trepadora que puede alcanzar hasta 2 m de altura; puede sembrarse en invernadero o umbráculo o también directamente al aire libre sin protección.

Constituye una fuente primaria de proteína para millones de personas en diferentes partes del mundo; entre las características de este cultivo destaca la alta calidad de su proteína con un alto valor nutricional, la capacidad de fijación de nitrógeno, y ser más tolerante a la sequía y al calor que la mayoría de sus leguminosas parientes (Carvalho y Lino, 2017).

Requerimientos nutricionales de *V. unguiculata*

Para cualquier cultivo en el que se quiera emprender en su producción es necesario conocer sus necesidades nutrimentales y su manejo agronómico en general; por lo que, el análisis del suelo es primordial para el cultivo de esta o cualquier otra especie, pues se trata de una herramienta que permite determinar el contenido nutricional del suelo y además de como cubrir las necesidades nutricionales del cultivo, logrando compensar los inconvenientes de sensibilidad de las leguminosas y buscar que el cultivo puede expresar todo su potencial productivo (Mercado y Quispe, 2019).

Chiquillo (2017) y Briceño y Quicaliquín (2019) indicaron que los requerimientos nutricionales dependen de cada tipo de planta, pero además, la textura y la estructura del suelo hacen que su respuesta sea diferente, ya que los elementos minerales, así como el contenido de los mismos está relacionado a las características propias del suelo, por lo que es necesario considerar el tipo de suelo en el cual se desarrolla el cultivo a fin de que este pueda expresar todo su potencial productivo.

Basado en los requerimientos de frijol, se presentan las cantidades de fertilizante a suplir para satisfacer las necesidades nutricionales de *V. unguiculata*, se presentan a continuación los mismos en la Tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de *Vigna unguiculata*.

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
Kg ha ⁻¹	105	10	120	70	6	10

Fuente: Rodríguez & López (2009).

Fertilización en plantas

Las plantas, “no pueden vivir solamente con el aire y el agua, sino que también necesitan cierto número de elementos químicos, que, por lo general, le son proporcionados a expensas de las sustancias minerales del suelo y a través del sistema radical” (Pérez, 2017). Por otra parte, se debe mencionar que los nutrientes, “son aquellos elementos químicos que en mayor o menor proporción son requeridos para el desarrollo de las plantas, estos tienen funciones específicas y esenciales en el metabolismo de la planta, aunque a simple vista no se pueden ver” (Pereira, 2011).

Para un crecimiento óptimo, las plantas requieren de nutrientes esenciales; sin embargo, las proporciones de estos nutrientes deben ser equilibradas para satisfacer la demanda nutricional de la planta y también para que se logre alcanzar un buen rendimiento y no una deficiencia nutricional (Shamar y Kumar, 2017).

Cabe destacar que la movilidad de los nutrientes en la planta es diferencial, algunos presentan movilidad alta, intermedia y baja; esta información es importante “porque permite identificar deficiencias nutricionales; si un elemento es móvil los síntomas de las carencias se presentan primero en las hojas más viejas. Por otro lado, la carencia de un elemento mineral inmóvil será evidente primero en las hojas más jóvenes” (Flores *et al.*, 2020).

Los cultivos de Judía de Metro están expuestos a diversos peligros, por esta razón se deben considerar los posibles daños que pueden presentarse en el desarrollo de las plantas para aplicar oportunamente métodos de control; para contrarrestar estas adversidades se debe conocer los nutrientes que necesita esta especie, pues cuando existen deficiencias nutricionales las

plantaciones son más propensas a sufrir daños y disminuir la producción del cultivo (Guerra, 2015).

Es importante evaluar las plantas de esta especie para observar el rendimiento en crecimiento y rendimiento en condición agroclimática; se deben recopilar datos de crecimiento y rendimiento a lo largo del período experimental de las plantas seleccionadas; entre las observaciones que se deben hacer a la planta se encuentran: la altura, diámetro de tallo, número de vainas, entre otras, estos datos permiten realizar comparaciones entre las plantas para identificar los factores que influyen en su rendimiento (Toppo & Sahu, 2020).

Se requiere estandarizar los medios de crecimiento y la programación de nutrientes para la especie, esto sugiere realizar investigaciones utilizando tratamientos donde establezcan tipos y niveles de nutrientes; evidentemente existen nutrientes que tienen mayor influencia que otros sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo de las plantas, en todo caso debe prevalecer el equilibrio entre los mismos, a fin de evitar antagonismos o sinergismos que pueden ser contraproducentes para alcanzar los máximos rendimientos (Ameena & Umkulzhum, 2020).

Las plantas son organismos que no se encuentran aislados de su entorno, de tal manera, que interactúan con otros organismos de los cuales pueden beneficiarse o verse perjudicadas (Elizarraraz *et al.*, 2015). Igualmente se encuentran interactuando con elementos abióticos, como por ejemplo los minerales presentes en el suelo que constituyen fuente de nutrientes. Estos nutrientes deben ser equilibrados para establecer estándares de mejora en el rendimiento de la producción, de ahí que nace la importancia de realizar diferentes análisis antes y durante su cultivo (Vásquez, 2019).

Las prácticas agronómicas de fertilización hacen referencia a todas aquellas técnicas que permiten mejorar la fertilidad de las tierras desde el punto de vista físico, químico y biológico; dentro de estas, el abastecimiento de nutrimentos se realiza a través de fuentes minerales (fertilizantes sintéticos) y abonos orgánicos como los estiércoles, restos de cosecha, compost y vermicompost, entre otros (Escobar *et al.*, 2013).

Según las cantidades promedio requeridas y absorbidas por las plantas, los nutrientes son divididos en macronutrientes y micronutrientes; cada especie tiene sus propias necesidades, la

lista de nutrientes que se deben tener en cuenta a la hora de cuidar los cultivos incluye esencialmente: nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio y magnesio (Decco, 2019).

Investigaciones de fertilización en *V. unguiculata*

Mejía *et al.* (2011) y Apáez *et al.* (2016) señalaron que la aplicación de biofertilizantes y fertilizantes foliares favorecen la optimización del uso de los fertilizantes, además de incrementar la calidad nutricional y conservan el ambiente. Indicando, además que el aumento de la producción con el uso de biofertilizantes y fertilizantes foliares, se podría atribuir a que la planta tiene a disposición un mayor contenido de nutrientes, con lo cual se presenta una mayor eficiencia en el uso del agua y la luz solar; a su vez, una adecuada nutrición conlleva a incrementar la resistencia al ataque de plagas, enfermedades y por ende se presentaría un aumento en las variables asociadas a la producción (flores, frutos y semillas, todas relacionadas al rendimiento).

Se ha establecido que las leguminosas en general, y entre ellas *V. unguiculata*, poseen la propiedad de fijar de nitrógeno atmosférico en simbiosis con *Rhizobium*, debido a ello no es muy exigente en la fertilización nitrogenada, llegando a suplir sus requerimientos nutricionales con el nitrógeno atmosférico, resultado favorable para el cultivo y este a su vez ayuda a mantener la fertilidad en el suelo (Simon *et al.*, 2014; Ángeles-Núñez & Cruz-Acosta, 2015; López-Alcocer *et al.*, 2020).

Para la obtención de rendimientos óptimos en *V. unguiculata*, es necesario una adecuada fertilización con un requerimiento de N (105), P₂O₅ (75) y K₂O (130) kg ha⁻¹, respectivamente, aunado a un manejo agronómico apropiado y labores agrícolas en su momento oportuno, resaltando la importancia de la fertilización potásica debido a que incide directamente con el llenado de grano (Tatis, 2017).

Con relación a la presencia del fósforo como elemento nutrimental, García (2009) señaló que este es esencial en el cultivo de frijol, debido a que coadyuva a alcanzar una óptima capacidad productiva; donde el aporte de fósforo es clave para la formación de nuevas células, ya que éste se almacena para el proceso de formación y desarrollo de semillas, granos y frutos; una inadecuada fertilización fosforada puede repercutir sobre el tamaño, número, viabilidad y calidad de las semillas.

El fósforo también se ha considerado un elemento de suma importancia para mejorar los rendimientos en *V. unguiculata*. Así, Chamba (2018) comparó el efecto de la densidad de plantas y la fertilización fosforada en el rendimiento del frijol caupí, en Cieneguillo, Perú; los resultados determinaron que la dosis de fósforo con mejor respuesta fue 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, para un rendimiento de 9.414 kg ha⁻¹. Con la interacción de ambos factores, de la densidad de 250.000 plantas ha⁻¹, por la dosis de 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ se obtuvieron rendimientos de 10.221 kg ha⁻¹ de frijol caupí, en vaina verde; en cambio, para los componentes de producción, la mejor densidad de plantas fue 166.667 plantas ha⁻¹, con la dosis de 120 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Gómez *et al.* (2002) en Cuba evaluaron la tolerancia al estrés de fósforo en Caupí (*V. unguiculata*) y determinaron que el incremento en los suministros de fósforo provocó un aumento significativo en el crecimiento foliar de las plantas, tales efectos dependieron del genotipo y del nitrógeno suministrado a las plantas; otro hallazgo, importante encontrado fue que la fertilización con fósforo incrementó la eficiencia de la acumulación de nitrógeno en el sistema aéreo. En este sentido, se indicó que las plantas nutridas con nitrógeno por fijación simbiótica mostraron mayor o igual crecimiento foliar que las plantas nutridas con nitratos, mostrando el alto potencial de fijación simbiótica de los genotipos estudiados.

Apáez *et al.* (2013) al realizar fertilización con nitrógeno y fósforo en frijol chino (*V. unguiculata*) asociado con maíz, con dosis de 150 kg ha⁻¹ de N y de P encontraron un aumento en la biomasa total, número de vainas, número de granos, rendimiento del grano y eficiencia en el uso del agua; no obstante, con 75 kg ha⁻¹ de N y P se logró la más alta eficiencia agronómica de estos elementos; por lo que, este estudio aportó conocimiento del manejo de los nutrientes para lograr mayor producción y eficiencia agronómica del agrosistema frijol chino-maíz.

Legua *et al.* (2019) indicaron la importancia del potasio, particularmente en el proceso fotosintético, ya que este elemento actúa en la apertura y cierre de las estomas, y por lo tanto, juega un papel trascendental en la absorción de CO₂; el potasio regula la movilización del agua en las plantas (osmo-regulación); el contenido de potasio en la planta modula la absorción de agua a través de raíces de las plantas y su pérdida a través de los estomas, en el proceso de transpiración, los cuales (absorción y pérdida) se ven afectados por el contenido de potasio disponible para la planta; potencia a su vez la tolerancia de la planta al estrés hídrico, también es importante señalar que el potasio modula en las plantas la síntesis de proteínas, siendo esencial en todo el proceso y participa en la síntesis de almidón; el potasio es esencial en casi

todos los pasos de la síntesis de proteínas. Jugando además un papel importante en el crecimiento de las plantas a través de la activación de ciertas enzimas.

Legua *et al.* (2019) generó un modelo de crecimiento de las plantas de frijol (*V. unguiculata*) de acuerdo a la dosis de potasio aplicada (Figura 1).

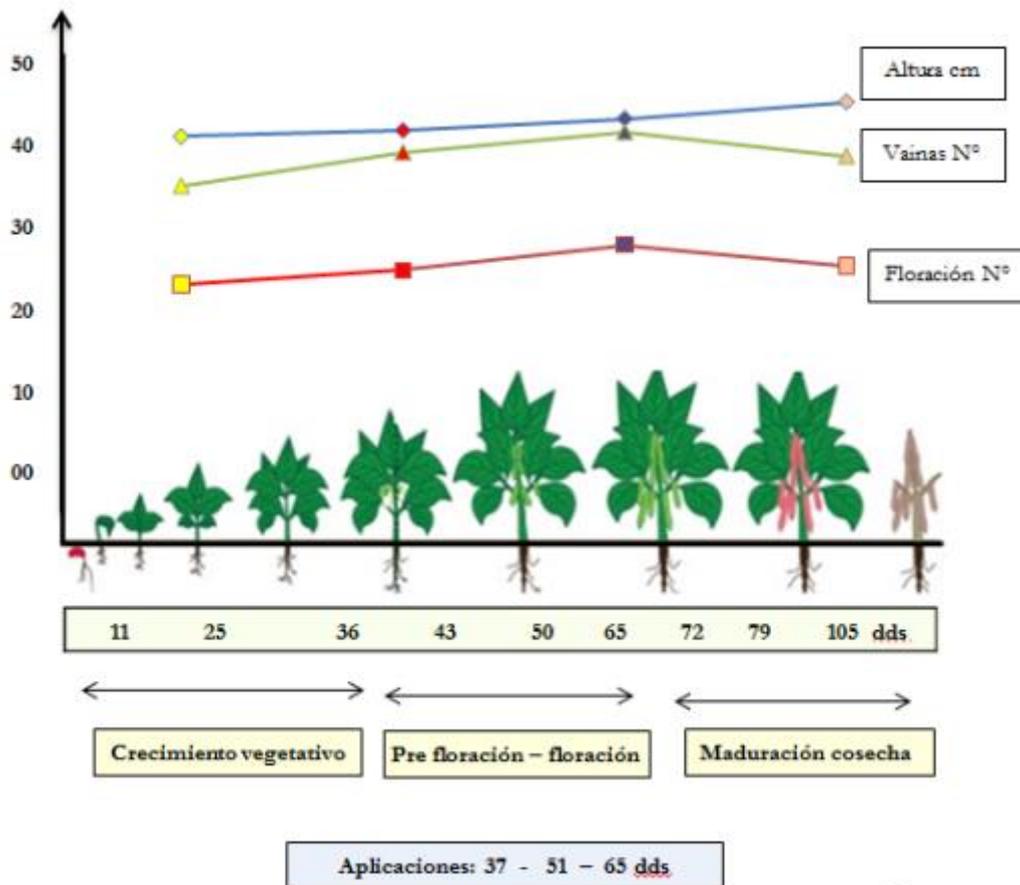


Figura 1. Desarrollo de frijol castilla (*Vigna unguiculata*), según dosis de aplicación potasio. Fuente: Legua *et al.*, 2019.

En este sentido, existen algunos biofertilizantes como Kaliumax, que presenta altos contenidos de potasio, que funcionan movilizandolos azúcares desde las hojas (fuente de elaboración de la fotosíntesis) hacia los diversos órganos de reserva, esto facilita la asimilación de calcio, magnesio, y algunos micronutrientes que coadyuvan a corregir algunas irregularidades nutricionales en las plantas. Junto a otro producto como Smart-fertilizer, que facilita la función del potasio en las plantas, el cual es absorbido en su forma iónica, K^+ (Legua *et al.*, 2019).

Dada la importancia del potasio se han conducido diversas investigaciones relacionadas con el efecto de la fertilización sobre el rendimiento de *V. unguiculata*; así Manrique y Gamarra (2021) ensayó diferentes niveles de fertilización potásica sobre las variables: longitud de vainas·planta⁻¹, número de vainas·planta⁻¹, número de granos·vaina⁻¹, peso de granos·planta⁻¹ y rendimiento de granos (t ha⁻¹); los resultados determinaron que el tratamiento con N60 - P₂O₅ 40 – K₂O 100, fue el mejor, en comparación con N60 – P₂O₅ 40 – K₂O 00, N60 - P₂O₅ 40 - K₂O 60 y N60 - P₂O₅ 40 - K₂O 80, alcanzando en longitud de vainas el mayor promedio con 16,58 cm, y el número de vainas planta⁻¹ obtuvo en promedio de 20,86 vainas; mientras que el número de granos vaina⁻¹, obtuvo un promedio de 8,84 granos, y para la biomasa de granos planta⁻¹ se obtuvo un promedio de 32,88 g; finalmente se registró para la variable rendimiento (t ha⁻¹), un valor de 4,41 t ha⁻¹, demostrándose que la fertilización potásica influyó en el rendimiento del “frijol Caupí”.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se utilizó un enfoque cuantitativo, debido a que se realizaron diferentes estudios como: el análisis del suelo y la técnica del elemento faltante. El tipo de investigación fue experimental para aceptar o rechazar las hipótesis y también de tipo descriptivo, para dar a conocer los diferentes resultados obtenidos al finalizar la investigación.

Localización de la investigación

La investigación se desarrolló en la finca “Quinta 4 hermanos”, localizada en el sector La Caoba, parroquia Santa María, cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador; la cual se encuentra entre 200 a 300 msnm, con una temperatura promedio de 25,6 °C. Para conocer la disponibilidad de nutrientes se realizó previamente un análisis de suelo de acuerdo a lo sugerido por AGQ (2017). Con esa información fueron establecidas las dosis de fertilización a utilizar.

Material vegetal

El material vegetal utilizado fueron semillas de Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*).

Condiciones del cultivo

El cultivo de las plantas de Judía de Metro se estableció en campo abierto, con un distanciamiento de siembra de 2 m entre hileras y 30 cm entre plantas, por lo que cada 2 m se utilizó piolas para darle soporte a las plantas. Los tratamientos nutricionales fueron realizados en la semana 7 con respecto al superfosfato triple (fuente de potasio) y la urea (fuente de nitrógeno) y el cloruro de potasio (fuente de potasio) se realizaron de manera fraccionada en las semanas 7 y 8. Además, se realizaron labores de manejo del cultivo tales como control de plagas y enfermedades de acuerdo a la incidencia y control de malezas aproximadamente cada 22 días,

Se realizó un análisis de suelo debido a que es una “herramienta práctica para realizar un diagnóstico confiable sobre el estado de fertilidad del suelo, además, es una fuente de información importante que se debe conocer al momento de elaborar un plan de manejo nutricional para un determinado cultivo” (Juárez, 2018).

Técnicas

Se aplicó la técnica del elemento faltante (Alfonso *et al.*, 2017) para diseñar los tratamientos, se eliminó un elemento de la fórmula nutritiva completa que se añadió a las plantas, este elemento metódicamente fue prescindido de manera tal que permitió el análisis de esta ausencia en las plantas, para observar así los posibles efectos sobre su crecimiento y rendimiento. De acuerdo con Castillo y Guido (2018) para implementar esta técnica se consideraron los macronutrientes primarios N, P y K.

Tratamientos

Los tratamientos aplicados se presentan en la Tabla 2 los cuales consistieron en la sustitución de un macroelemento y de su combinación.

Tabla 2. *Tratamientos aplicados en el cultivo de Judía de Metro (Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis).*

Tratamiento	Descripción
T1	Tratamiento testigo
T2	Tratamiento con todos los nutrientes, sin nitrógeno (-N)
T3	Tratamiento con todos los nutrientes, sin fósforo (-P)
T4	Tratamiento con todos los nutrientes, sin potasio (-K)
T5	Tratamiento con todos los nutrientes (N, P y K)

- **Diseño experimental**

Los tratamientos fueron distribuidos en campo bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 10 plantas por tratamiento, las fuentes de variación se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Esquema de ADEVA aplicado en el cultivo de Judía de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*).

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	19
Tratamientos	4
Bloques	3
Error	12

VARIABLES DE ESTUDIO

- **Altura de la planta (AP):** Se midió la altura de las plantas cada 7 días después de la siembra, hasta los 119 días cuando el cultivo llegó a su madurez fisiológica, para ello se utilizó una cinta métrica.
- **Número de hojas (NH):** Se realizó contando semanalmente el número de hojas presentes en la planta.
- **Días a floración (DF):** El conteo del número de días a floración se inició cuando las plantas presentaron al menos 10 flores en anthesis.
- **Número de vainas por planta (NVP):** Se procedió a determinar manualmente el número de las vainas después de la cosecha en verde, se contaron las vainas obtenidas de la cosecha por cada planta (10 plantas tratamiento⁻¹).
- **Número de semillas vaina⁻¹ (NSV):** Se contó el número de semillas contenidos en una vaina, esto se hizo sobre 10 plantas.
- **Biomasa de una vaina planta⁻¹ (BVP):** Para ello se tomó una vaina por planta y se obtuvo su biomasa, esto se realizó en 10 plantas, utilizando una balanza.
- **Biomasa de las vainas sin semillas (BVSS):** A la vaina extraída por planta se le eliminaron las semillas y se obtuvo la biomasa de la vaina vacía, esto se realizó sobre 10 plantas, utilizando una balanza.

Análisis estadístico

Previo al procesamiento de datos obtenidos se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, la cual permitió contrastar la normalidad del conjunto de datos. Luego se realizó un análisis de varianza (Tabla 3) para definir la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0,05$) al encontrarse efectos significativos por la aplicación de los tratamientos para alguna de las variables estudiadas. Se empleó el software Infostat para el procesamiento de los datos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta

En esta variable no hubo diferencias significativas por efecto de los tratamientos ($P>0,05$) en los primeros muestreos; fue a partir del muestreo ocho, a los 56 días después de la siembra, y hasta los 119 días del ciclo del cultivo (muestreo 17), donde se observó diferencias por efecto de los tratamientos. En estos muestreos el tratamiento (T5) donde se aplicó NPK, se obtuvo la mayor altura de la planta a lo largo del tiempo, diferenciándose del resto de los tratamientos; mientras que con el testigo (T1) se consiguió los menores valores. En la Tabla 4 se presentan las variaciones de la altura de la planta de acuerdo al avance del ciclo de cultivo (tiempo de muestreo) comparando los distintos tratamientos.

Tabla 4. Evaluación de la altura de planta (cm) en *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* de acuerdo a los días de muestreo y por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5
56	55,20b	59,00a	58,70 ^a	58,63a	59,15 ^a
63	73,08b	79,25a	79,05 ^a	78,45a	79,65 ^a
70	85,60b	93,38a	93,35 ^a	93,10a	94,98 ^a
77	96,83b	103,88ab	103,40b	103,65b	106,60 ^a
84	107,48c	116,00b	115,73b	116,10b	118,65 ^a
91	115,52c	123,58b	124,18b	124,63b	128,63 ^a
98	126,75c	134,03b	134,43b	134,43b	139,50 ^a
105	138,13b	144,40a	144,98 ^a	144,33a	148,20 ^a
112	147,23b	153,55a	153,23 ^a	152,78a	155,98 ^a
119	151,93c	157,73ab	157,83ab	157,00b	160,58 ^a

Medias con letras diferentes en las filas presentaron diferencias significativas según la prueba de HSD de Tukey ($P<0,01$). T1: tratamiento testigo; T2: tratamiento con todos los nutrientes, sin nitrógeno (-N); T3: tratamiento con todos los nutrientes, sin fósforo (-P); T4: tratamiento con todos los nutrientes, sin potasio (-K); T5: Tratamiento con todos los nutrientes (N, P y K).

En la Tabla 4 se observa que los tratamientos T2, T3 y T4 (sustrayendo N, P y K, respectivamente) en líneas generales no se diferenciaron estadísticamente ($P>0,05$) con valores intermedios de altura de planta entre las mayores obtenidas con la aplicación de todos los macroelementos en combinación (T5), y las menores alturas obtenidas con el testigo sin aplicación (T1). Esto sugiere que la aplicación de manera conjunta de estos tres elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, y en este particular para el crecimiento óptimo de *V. unguiculata*.

Se destaca en la Figura 2 que las curvas presentaron una tendencia sigmoide, lo cual es típico del crecimiento de las plantas, desde el inicio de las observaciones hubo un incremento exponencial de la altura de la planta, aproximadamente hasta los 60 días después de la siembra, en la medida que prosiguió el crecimiento del cultivo, la pendiente fue menor, igualmente se denotó el menor crecimiento del tratamiento testigo a lo largo de la investigación, con diferencias estadísticas significativas entre el testigo y el tratamiento que contuvo NPK (Figura 2).

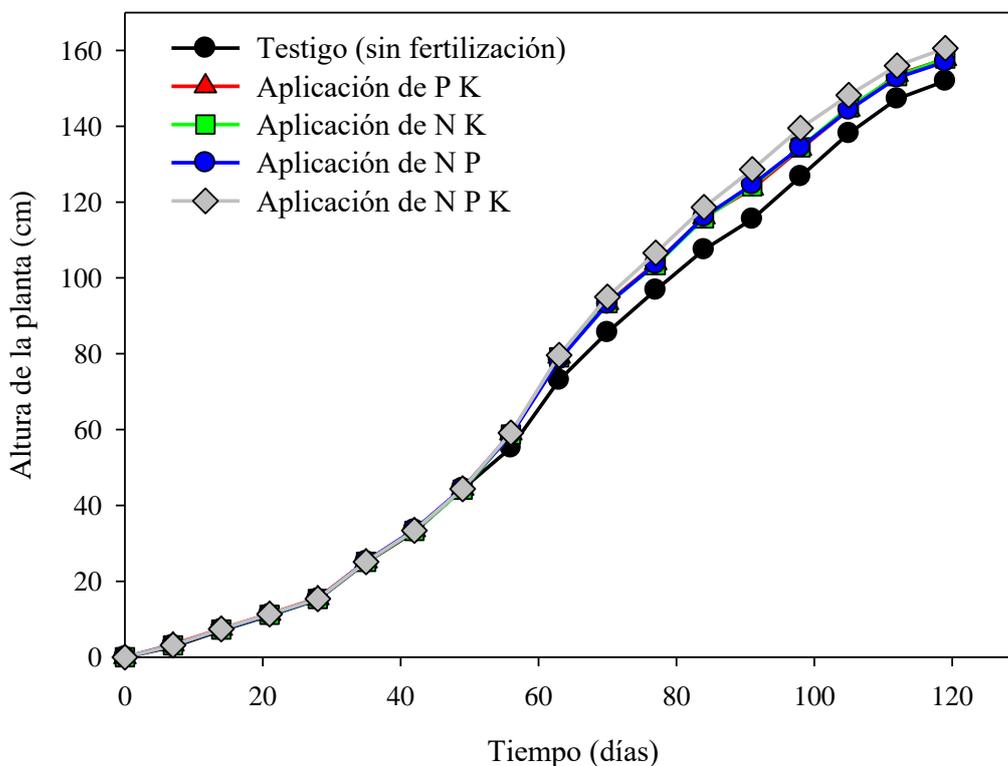


Figura 2. Altura de la planta en función del tiempo en plantas de Frijol de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) con aplicación y no de macronutrientes.

Los resultados obtenidos, se podrían explicar a partir del rol fisiológico que desempeñan los macronutrientes N, P y K, presentes en T5, los cuales tuvieron influencia directa en el proceso de elongación del vástago. Esta respuesta metabólica, referente a los valores mayores de la variable altura, no se manifestó en los individuos del T1 justamente porque este correspondió al tratamiento testigo de la investigación, el cual no contenía tales macronutrientes.

En este sentido, ante el menor crecimiento del tratamiento testigo, FAO (2002) y Torres-Moya (2016) manifestaron la importancia de suministrarle a las plantas los nutrientes que requieren, bien sea a través de la utilización de fertilizantes químicos u orgánicos, con lo cual podrían obtener altos rendimientos, y a su vez se podría incrementar la productividad, considerando la fuente, dosis y época de aplicación, que deben estar acordes a las necesidades del cultivo a fin de impedir sobrecostos, daños al cultivo e inconvenientes ambientales.

La aplicación de fertilizantes puede proveer los nutrientes necesarios para las plantas con el fin de obtener altos rendimientos. Su uso puede aumentar la productividad, teniendo en cuenta que la fuente, la dosis y la época de aplicación deben ser adecuadas para evitar sobrecostos, daños a la planta y problemas ambientales (FAO, 2002).

En apoyo a las afirmaciones anteriores, Alegría (2016) ha señalado que una de las funciones más importantes del nitrógeno es la de tener una acción directa en el incremento de la biomasa seca, porque favorece el desarrollo del tallo; y que justamente la deficiencia de este elemento ocasiona reducción en la longitud de los entrenudos. Aunado a ello, este mismo autor reveló que la deficiencia de fósforo origina disminución en la expansión celular mientras que la limitación de potasio produce un estancamiento en el desarrollo de la planta, genera tallos débiles y entrenudos cortos.

Por otro lado, Legua *et al.* (2019) con la utilización del fertilizante foliar Kaliumax en diversas dosis, no encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados, indicando una altura promedio de las plantas de 45,72 cm; contrastando con los resultados obtenidos en esta investigación en la cual la altura de las plantas fue casi tres veces mayor. Esto sugiere que las dosis aplicadas, las condiciones agroambientales, el suelo, el material utilizado para la siembra, las condiciones de manejo, entre otras, juegan un papel importante en el proceso de crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Número de hojas planta⁻¹

En el número de hojas, similar a la variable altura de planta, los primeros muestreos no mostraron diferencias por efecto de los tratamientos. La diferencia entre tratamientos por efecto de la fertilización se evidenció a partir de los 91 días (muestreo 13) hasta los 105 días (muestreo 15), donde la aplicación de NPK (T5) presentó los mayores valores y el T3 (sin aplicación de P) los menores valores de número de hojas (Tabla 5). El mayor valor de esta variable fue de 78 hojas aproximadamente, en la semana 16, hasta donde se midió esta variable y correspondió al tratamiento 5 (tratamiento con todos los nutrientes).

Tabla 5. Variación de número de hojas planta⁻¹ en *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* de acuerdo a los días de muestreos y por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5
91	60,50b	60,38b	60,15b	60,23b	61,50 ^a
98	65,67ab	65,45ab	65,25b	65,28b	66,45 ^a
105	71,55ab	71,45ab	71,20b	71,25b	72,40 ^a
112	76,45 ^a	76,28 ^a	76,03a	76,53a	77,10 ^a

Medias con letras diferentes en las filas presentaron diferencias significativas según la prueba de HSD de Tukey ($P < 0,01$). T1: tratamiento testigo; T2: tratamiento con todos los nutrientes, sin nitrógeno (-N); T3: tratamiento con todos los nutrientes, sin fósforo (-P); T4: tratamiento con todos los nutrientes, sin potasio (-K); T5: Tratamiento con todos los nutrientes (N, P y K).

A diferencia del observado para la altura de la planta, hasta el muestreo 12 (84 días) el tratamiento testigo (T1) no se diferenció estadísticamente de los demás tratamientos. Los tratamientos T1, T2 y T4 arrojaron valores intermedios, no diferenciándose estadísticamente. A partir del muestreo 13 (91 días después de la siembra), T3 fue el tratamiento que produjo el menor número de hojas, T5 el que presentó el mayor valor para esta variable (Figura 3). Esto permite inferir que para el incremento del número de hojas en la planta, órganos fundamentales para el proceso fotosintético y por ende para la producción, es necesaria la aplicación de P en etapas avanzadas del cultivo a fin de lograr una mayor organogénesis foliar.

En la figura 3 se puede observar el incremento del número de hojas a través del avance en crecimiento del cultivo (tiempo de muestreo).

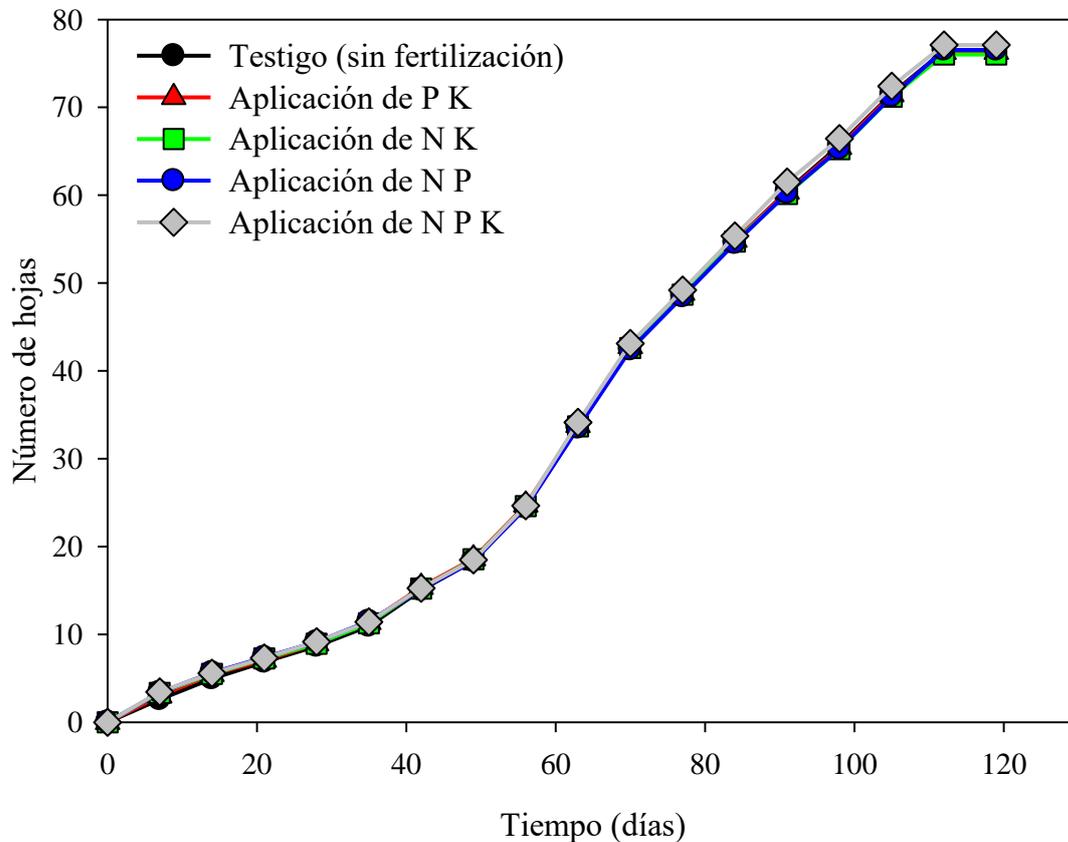


Figura 3. Número de hojas·planta⁻¹ en función del tiempo en Frijol de Metro (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) con aplicación y no de macronutrientes.

Franco-Salazar *et al.* (2017) reportaron que el número de hojas de plantas de *V. unguiculata*, desarrolladas en condiciones de hidroponía, fue superior en el tratamiento con todos los nutrientes, seguidas por -Mg y los restantes tratamientos (-N, -P, -K y -Fe) formaron un grupo con la mínima cantidad del órgano foliar ($F_s = 4,65$; $p = 0,0441$), coincidiendo la aplicación de todos los nutrientes con los resultados obtenidos en esta investigación donde también el número de hojas fue mayor al aplicar NPK, correspondiente a T5, con 77,10 hojas planta⁻¹.

Como fue indicado para la variable altura de planta por Alegría (2016) la expansión celular se ve afectada por las deficiencias de fósforo, generando tallos débiles y entrenudos cortos, lo cual también podría tener incidencia en la disminución del número de hojas por planta.

El fósforo es responsable de los procesos involucrados en el almacenamiento y transferencia

de energía, además constituye un elemento básico para la formación de macromoléculas como los ácidos nucleicos y fosfolípidos, ello conlleva a que tenga un papel prioritario en los procesos fisiológicos de las plantas (Fernández, 2007).

Es importante destacar que siendo el fósforo un elemento que interviene en varias de las reacciones metabólicas que requieren energía en el interior de la célula, al formar parte integral de las moléculas que acumulan energía (adenosin trifosfato, ATP), las cuales se generan como parte final del proceso fotosintético y que además son utilizados en la respiración de las plantas, por lo tanto, tienen gran importancia en la generación de nuevas células, así entonces intervienen en el proceso de generación de raíces y hojas durante el desarrollo vegetativo de las plantas (Fernández, 2007).

Richardson (2001) ha indicado que el fósforo ejerce una función controladora en el metabolismo de los carbohidratos y la fotosíntesis, así como también en la maduración de los frutos, por tanto, también tiene acción en los procesos que involucran el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Días a floración

Con respecto a esta variable no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$), obteniendo un promedio de 104,40 días. En este sentido, se destaca que la floración en todos los tratamientos aplicados se concentró en la semana 15 de evaluación. Los resultados obtenidos fueron similares a los encontrados por Díaz et al. (2009) los cuales en *P. vulgaris* alcanzaron adelantar la floración por 2 días al utilizar dos tipos de zeolitas comerciales (Zeolite C y Roca Mágica, ambas del tipo Clinoptilolita), al proporcionarlas al cultivo en dosis de 25, 50 y 75% de la fertilización recomendada.

Guillén-Molina (2016) no observaron diferencias estadísticas entre las dosis aplicadas para días a floración, oscilando la floración entre 44,16 y 53,16 días, contrastando totalmente con los resultados obtenidos en esta investigación que en promedio fueron 104,40 días. Al propósito de esto, Manggoel y Uguru (2012) indicaron que las plantas de frijol caupí las plantas que florecieron en menos de 45 días fueron consideradas precoces, y las que florecieron después de ese tiempo fueron calificadas como tardías. Resultados que fueron similares a los obtenidos por Berajano & Méndez (2004) ya que encontraron diferencias estadísticas en cuanto a la

variable días de floración al comparar la fertilización química y orgánica en frijol, donde el promedio general fue de 49,4 días a floración. El Biol aplicado al 10% generó el menor tiempo de floración con 47,6 días, mientras que en el testigo fue de 52,4 días.

Ante valores tan contrastantes a los obtenidos en esta investigación con respecto a los dos últimas indicadas en el párrafo anterior, el Frijol de Metro debería ser considerada como una planta de floración tardía, aun cuando deberían considerarse las posibles razones para este alargamiento del período de floración.

Número de vainas planta⁻¹, número de semillas vaina⁻¹ (NSV), biomasa de una vaina de la planta (BVP) y biomasa de las vainas sin semillas (BVSS)

Con respecto a la variable número de vainas planta⁻¹ la aplicación de macronutrientes ejerció un efecto significativo ($P < 0,05$), T4 y T5 fueron los mejores tratamientos (11,45 y 11,93 vainas planta⁻¹, respectivamente), T5 presentó el valor más alto, diferenciándose de T1 (9,78 vainas planta⁻¹) con el valor más bajo. Los tratamientos T2 y T3 no se diferenciaron estadísticamente de los demás tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Vainas planta⁻¹, número de semillas vaina⁻¹, biomasa de una vaina de la planta y biomasa de una vaina sin semillas en *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* a los 119 días de muestreo, por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.

Variable	T1	T2	T3	T4	T5
Vainas planta ⁻¹	9,78b	10,38ab	10,70ab	11,45a	11,93 ^a
Número de semillas vaina ⁻¹	17,00b	17,28ab	17,35ab	17,35ab	17,73 ^a
Biomasa de una vaina planta ⁻¹	4,31b	4,32ab	4,32ab	4,32ab	4,36 ^a
Biomasa de la vaina sin semillas	4,31 ^a	4,31 ^a	4,30a	4,30a	4,32 ^a

Medias con letras diferentes en las filas presentaron diferencias significativas según la prueba de HSD de Tukey ($P < 0,01$). T1: tratamiento testigo; T2: tratamiento con todos los nutrientes, sin nitrógeno (-N); T3: tratamiento con todos los nutrientes, sin fósforo (-P); T4: tratamiento con todos los nutrientes, sin potasio (-K); T5: Tratamiento con todos los nutrientes (N, P y K).

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron superiores a los obtenidos por Guillén-Molina (2016) donde encontró entre 5,33 y 8,75 vainas planta⁻¹, la dosis de 50 μ M de Fe-EDDHA y de Zn-EDTA presentó el mayor número de vainas. Pero inferiores a los obtenidos

por Tamayo et al. (2019) donde utilizando 3,5 mL L⁻¹·ha⁻¹ de Spiruvinas más micorrizas arbusculares reportaron 22 vainas planta⁻¹, el testigo sin aplicación presentó aproximadamente 9 vainas planta⁻¹, en este caso, se encontró con los valores obtenidos por Chiquillo (2017) tratando diversas densidades de siembra en promedio 17,41 vainas planta⁻¹, señalando que la densidad de plantas utilizadas no afectó a esta variable.

Manrique & Gamarra (2021) al evaluar cuatro dosis de fertilización potásica con fertilización con N y P base (60-40, respectivamente) con el tratamiento de N60-P₂O₅40-K₂O100 presentó el mayor número de vainas planta⁻¹ (20,86), mientras que el tratamiento de N60-P₂O₅40-K₂O00 presentó 13,23 vainas planta⁻¹, correspondiendo al valor más bajo.

En las variables número de semillas vaina⁻¹ y biomasa de las semillas el análisis estadístico arrojó diferencias significativas por efecto de la aplicación de macronutrientes (P<0,085). La biomasa de la vaina sin semillas no fue afectada estadísticamente por los tratamientos aplicados, con un valor promedio de 4,31 g.

En el número de semillas el T5 fue el mejor tratamiento con el valor más alto (17,73 semillas) diferenciándose de T1 (17,0 semillas) con el valor más bajo. Los tratamientos T2, T3 y T4 no se diferenciaron estadísticamente de los demás tratamientos. Similar respuesta se obtuvo para la biomasa de las semillas, donde el T5 tuvo el valor más alto (4,36 g) diferenciándose de T1 (4,31 g) con el valor más bajo (Tabla 6).

Guillén-Molina (2016) encontró valores entre 9,57 y 13,77 para el número de semilla vaina⁻¹ obteniendo los mayores valores las dosis 100-100 y 50-100 μM de Fe-EDDHA y Zn-EDTA, respectivamente; además presentaron un mayor número de semillas·vaina⁻¹ (11,5) que los reseñados por Abayomi *et al.* (2008). La biomasa de la vaina de las dosis de Fe-EDDHA y Zn-EDTA estuvo entre 1,71 y 2,79 g, valores que fueron iguales estadísticamente; pero que contrastaron con los obtenidos en esta investigación que duplicaron los valores indicados.

En este mismo orden de ideas Manrique & Gamarra (2021) encontraron entre 8,84 y 5,22 semillas vaina⁻¹, respectivamente para los tratamientos de N (60), P₂O₅ (40), K₂O (100) y N (60), P₂O₅ (40), K₂O (100), los cuales fueron inferiores 2,00 y 3,26 veces a los encontrados en esta investigación.

Con respecto a los contenidos de N, P y K presentes en las muestras foliares analizadas se encontró en cuanto al contenido de N, que este tuvo un mayor valor en T4 (3,79%) donde el K constituyó el elemento faltante y el menor en T1 (3,14%) correspondiente al testigo. El contenido de fósforo fue similar entre todos los tratamientos, con valores menores en T1 y T3 (0,23 y 0,24%), correspondientes al testigo y al tratamiento donde el fósforo constituyó el elemento faltante. El mayor contenido de fósforo le correspondió a T5 (0,26%) donde estuvieron presentes todos los elementos (NPK). Por último, el contenido de K fue menor en los tratamientos T1 y T4 (2,40 y 2,42%) correspondiendo al testigo y donde el K constituyó el elemento faltante, respectivamente; el mayor contenido de K se encontró en T2 (2,71%) en este caso fue el N el elemento faltante (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación de tratamientos (sustitución de macro elementos y su combinación) en función de los contenidos de N, P y K, expresados en porcentaje de materia seca en *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*.

Fertilizantes	T1	T2	T3	T4	T5
N (%)	3,14	3,21	3,46	3,79	3,57
P (%)	0,23	0,25	0,24	0,25	0,26
K (%)	2,40	2,71	2,46	2,42	2,44

T1: tratamiento testigo; T2: tratamiento con todos los nutrientes, sin nitrógeno (-N); T3: tratamiento con todos los nutrientes, sin fósforo (-P); T4: tratamiento con todos los nutrientes, sin potasio (-K); T5: Tratamiento con todos los nutrientes (N, P y K). Fuente: AGROLAB.

Ante el hecho de que el tratamiento testigo presentó los menores valores para todas las variables estudiadas, aunado a que en el análisis foliar los elementos NPK en el mismo tratamiento presentaron los menores valores, corrobora el señalamiento realizado por Martínez *et al.* (2020) al indicar que la no realización de análisis de suelo conlleva a una baja o nula aplicación de fertilizantes a los cultivos. De hecho, la utilización de fertilizantes químicos compuestos como Triple 15, fosfato diamónico y urea fue realizada solo por el 29% de los productores, los micronutrientes fueron aplicados solo por el 3% de los productores, el 6% utilizó abonos orgánicos (Lombri abono) como fuente de nutrición de los cultivos, mientras que el 62% no fertilizó.

Estos resultados de acuerdo con Ahamefule y Peter (2014) demostraron que aún ante la ventaja que representa el cultivo de leguminosas, debido a la fijación biológica del nitrógeno,

el no establecer planes de fertilización tiene como consecuencia la disminución de la fertilidad, al no reestablecer la extracción de elementos nutritivos, donde fósforo, nitrógeno y potasio presentan extracciones considerables en el suelo y restringen el rendimiento del grano.

Una alternativa viable en las zonas tropicales para la producción de alimentos con perspectivas ecológicas y accesibles la constituye la biofertilización, en la cual se han venido utilizando las micorrizas arbusculares que actúan en la nutrición para estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas y por ende el rendimiento, donde el uso de *Rhizophagus irregularis*, *Glomus cubense* y *Funneliformis mosseae*, además de Spiruvinas, entre otras, en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* han generado un mayor crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo (Aguilar *et al.*, 2019; Tamayo-Aguilar *et al.*, 2020).

Por otro lado, se requiere optimizar el sistema de manejo para influir sobre la rentabilidad del cultivo, que según Ahamefule & Peter (2014) debe estar dado por la utilización de la fertilización como una práctica común, donde la utilización articulada de la labranza, la aplicación de materia orgánica y la fertilización con fósforo maximizan el rendimiento; sin embargo, a la luz de los resultados obtenidos en esta investigación, es necesario incluir un plan de fertilización de los macronutrientes acordes a las necesidades del cultivo y la disponibilidad de estos elementos en el suelo.

CONCLUSIONES

La respuesta agronómica de *Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* es en general mayor cuando se realiza la fertilización completa (NPK), está estimula el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo, corroborada por una mayor altura de las plantas, número de hojas, entre otras. Los días a floración no es dependiente de la fertilización utilizada bajo las diversas combinaciones estudiadas y en el contexto de la experimentación conducida.

Las variables relacionadas con la producción aun cuando no fueron significativas entre los tratamientos donde hubo el elemento faltante (T2, T3 y T4) comparada con el tratamiento donde se disponían de la fertilización completa (T5; NPK), en este último siempre fue superior; lo que sugiere un sinergismo que favorece la producción del cultivo, evidenciado por los bajos rendimientos en el testigo.

Los resultados obtenidos permiten recomendar que se generen espacios de investigación sobre esta especie de leguminosa, dada la importancia que tiene desde el punto de vista de aceptación por los consumidores y por su alto valor nutritivo, además de constituir un cultivo de subsistencia el cual podría mejorar la calidad de vida de pequeños productores, sí realizan un manejo más adecuado del cultivo, ello conllevaría la introducción de fuentes químicas, orgánicas y biológicas, dosis, modos de aplicación, en general que permita la utilización de los recursos locales de los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- Abayomi, Y. A., Ajibade, T. V., Sanmuel, O. F. & Ádudenn, S. A. (2008). Growth and yield response of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) genotypes to nitrogen fertilizer (NPK) application in the Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. *Asian J. Plant Sci.*, 7(2), 170-176.
- AGQ. (2017). *La importancia del análisis de suelos agrícolas*. AGQ Labs - Centro Tecnológico Químico: <https://agqlabs.co/2017/02/03/la-importancia-del-analisis-suelos-agricolas/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20suelos%20tambi%C3%A9n,con%20la%20disponibilidad%20de%20nutrientes.&text=La%20ventaja%20de%20realizar%20,as%C3%AD%20la%20perdida%20de%20fertiliz>
- Aguilar, Y. T., Nelson, M. C. R., Alfonso, E. T., López, P. J. & Matos, Y. R. (2019). Respuesta de *Vigna unguiculata* (L) Walp ante la aplicación de bioproductos en condiciones de huertos intensivos. *Acta Agronómica*, 68(1), 41-46.
- Ahamefule, E. H. & Peter, P. C. (2014). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Response to phosphorus fertilizer under two Tillage and Mulch Treatments. *Soil and Tillage Research*, 136, 70-75.
- Alegría Muñoz, W. (2016). *Texto básico para profesional en Ingeniería Forestal en el área de Fisiología Vegetal*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Ciudad de Iquitos, Loreto, Perú, 211 p.
- Alfonso, G., Alvarado, S., & Cartagena, Y. (2017). Evaluación de deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo invernadero. *Siembra*, 4(1), 093-109.
- Ameena, A. & Umkulzhum, F. (2020). Estandarización de medios de crecimiento y programación de nutrientes orgánicos para frijol de un metro de largo cultivado en contenedores (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdcourt). *Journal of Tropical Agriculture*, 58(2), 256-262.
- Ángeles-Núñez, J. G. & Cruz-Acosta, T. (2015). Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6, 929-942.
- Apérez Barrios, P., Escalante Estrada, J. A. S., Ramírez Vallejo, P., Koch Olt, S. D., Sosa Montes, E. & Olalde Gutiérrez, V. M. (2013). Eficiencia agronómica de nitrógeno y

fósforo en la producción de frijol chino en espaldera de maíz. *Terra Latinoamericana*, 31(4), 285-293.

- Apérez Barrios, P., Escalante Estrada, J. A. S., Sosa Montes, E., Apérez Barrios, M., Rodríguez González, M. T. & Raya Montaña, Y. A. (2016). Producción y calidad nutrimental de vaina del frijol chino, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, en función de arreglo topológico y tipo de fertilización. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2), 31-42.
- Basterra, L. (2014). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para legumbres*. Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/documentos/calidad/bpa/BPA_Legumbres.pdf
- Bejarano, C. & Méndez, H. (2004). *Fertilización orgánica comparada con la fertilización química en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris), para minimizar el efecto de degradación del suelo*. (Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica del Norte). Ibarra, Ecuador. 128 p.
- Cárdenas, J., Román, J., Nieto, D., Montesinos, F. y Maldonado, J. (2019). Aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar Kaliumax en el cultivo de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) para mejorar su rendimiento. *Aporte Santiaguino*, 12(2): 200-213.
- Carvalho, M., Lino-Neto, T., Rosa, E. & Carnide, V. (2017). Cowpea: a legume crop for a challenging environment. *Journal Science Food Agricultural*, 97, 4273-4284.
- Chamba Huamán, N. (2018). *Influencia de la densidad de plantas y la fertilización fosforada en el rendimiento del frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp.) en Cieneguillo Centro-Sullana*. (Tesis de Licenciatura. Universidad San Pedro). Perú. 62 p.
- Chiquillo Romero, S. (2017). *Producción y comercialización de fréjol caupí (Vigna unguiculata) tecnificado como modelo demostrativo en el municipio de Guaranda Sucre*. (Tesis de Licenciatura. Universidad de La Salle). 84 p.
- Coker, C., Ely, M. & Freeman, T. (2007). Evaluation of yardlog bean as a potential new crop for grower in the Southeastern United States. *Hort Technology*, 17(4), 592-594.
- Dadson, R. B., Hashem, F. M., Javaid, I., Allen, A. L. & Devine, T. E. (2005). Effect of water stress on yield of cowpea genotypes in the Delmarva region of the United States. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191, 210-217.
- Díaz, G., Sánchez, F., Llerena, L. & Vásquez, G. (2009). Empleo de zeolitas naturales en la fertilización y producción del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Quevedo. *Ciencia y Tecnología*, 3, 1-6.
- Dussán, S., Villegas, D. & Miranda, D. (2016). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Mg, Ca y B sobre la acumulación y distribución de la masa seca en plantas de guayaba (*Psidium*

- guajava L.) var. ICA Palmira II en fase de vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 40-52.
- FAO. (2002). Fundamento de la necesidad de fertilizantes (aumento de la producción y aumento del ingreso de los agricultores). En: *Los fertilizantes y su uso*. 4a. ed. Roma: FAO, IFA, 2002.
- FAO. (2018). *Nuestras Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones*. Panamá: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- FAO. (2019). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación - Progresos Contra la Lucha y Desperdicio de Alimentos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- FAO. (2020). *Frijol espárrago/de yarda - Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis*. Italia: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <https://www.echocommunity.org/es/resources/70763b26-2025-4480-89fb-b273cfca4971.pdf>
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XLI(2), 51-57.
- Flores, M., González, E. & Escalona, V. (2020). *Introducción a la solución nutritiva*. Chile: Centro de Estudios Postcosecha. Universidad de Chile. [http://www.microhortalizas.uchile.cl/doc/fichas/5.%20Nutrientes%20esenciales\(1\).pdf](http://www.microhortalizas.uchile.cl/doc/fichas/5.%20Nutrientes%20esenciales(1).pdf)
- Franco-Salazar, V., Márquez, R., Rodríguez, R., Moreno, P., Boada, J., Acuña, B., Gutiérrez, L., Salazar, M., Rivas, W., Gutiérrez, J., Sucre, F. & Véliz, J. (2017). Deficiencias nutricionales en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Saber* 29, 654-661.
- Gómez, L., Vadez, V., Hernández, G., Sánchez, T., Toscano, V. & Sánchez, M. (2002). Evaluación de la tolerancia al estrés de Fósforo en Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) en Cuba. *Agronomía Mesoamericana*, 13(1), 59-65.
- Guerra, A. (2015). *Ocurrencia estacional de insectos fitófagos en el cultivo de cidclayo verdura (Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis (L.)) Fruwirth, en iquitos, Perú*". Lima-Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1947/H10-G84-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guillén-Molina, M., Márquez-Quiroz, C., de la Cruz-Lázaro, E., Velázquez-Martínez, J. R., Soto Parra, J. M., García Carrillo, M. & Orozco Vidal, J. A. (2016). Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con hierro y zinc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3427-3438.

- Higuera, A. (1993). *Mejoramiento genético del frijol en la Universidad del Zulia*. Memorias Taller Nacional Leguminosas Comestibles. FONAIAP. Lara, Venezuela. 164-174 p.
- Hokche, O., Berry, P.E. & Huber, O. (2008). *Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela*. Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobias Lasser. Caracas, Venezuela. 859 p.
- Juárez, H. (2018). *Correlación entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el Valle del Chira - Piura*. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1295/AGR-VIC-HUG-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Legua Cárdenas, J. A., Palomares Román, J. Y., Cruz Nieto, D. D., Espinoza Montesinos, F. & Ramírez Maldonado, J. del C. (2019). Aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar Kaliumax en el cultivo de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) para mejorar su rendimiento. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 200-213.
- Legel, S. 1990. *Tropical forage legumes and grasses*. Duetscher Landwirts-Chaftsverlang. GDR-1040. Berlin, Germany.
- López-Alcocer, J. J., Lépiz-Ildefonso, R., González-Eguiarte, D. R., Rodríguez-Macías, R. & López-Alcocer, E. (2020). Eficiencia en fijación biológica de nitrógeno de cepas de *Rhizobium* spp. recolectadas en frijol cultivado y silvestre. *Terra Latinoamericana*, 38, 841-852.
- Manrique Julca, B. C. & Gamarra Lazaro, L. T. (2021). *Evaluación de tres niveles de fertilización potásica en el rendimiento del frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp.) en condiciones de costa central los Anitos-Barranca*. (Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Barranca. Perú. 66 p.
- Martínez, A., Tordecilla. L., Grandett. L., Rodriguez. M., Cordero. C., Tofiño. A. (2020). Fríjol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp): Perspectiva socioeconómica y tecnológica en el caribe colombiano. *Revista Ciencia y Agricultura*, 17(2): 12-22.
- Mejía, B. Y., Álvarez, A. M. & Luna, B. G. (2011). Efectividad de un biofertilizante foliar sobre el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*), blue field, R. A. A. S. *Ciencia e Interculturalidad*, 8(4), 128-140.
- Mercado, C., & Quispe, J. (2019). *Efecto de la densidad de siembra, en el rendimiento y otras características en dos líneas promisorias de pallar (Phaseolus lunatus L.) precoz, en Arrabales – ICA*. ICA-Perú: Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://repositorio.unica.edu.pe/bitstream/handle/123456789/3175/Efecto%20De%20La%20Densidad%20De%20Siembra%2c%20En%20El%20Rendimiento%20Y%20Otras%20Caracter%3>

adsticas%20En%20Dos%20L%c3%acneas%20Promisorias%20De%20Pallar%20%28P
haseolus%20Lunatus%20L.%29.

- Pereira, C. (2011). *Sistemas de producción vegetal II*. Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4781/sistemas_de_produccion_vegetal_2.pdf
- Pérez, F. (2017). *Fisiología vegetal. Nutrición mineral*. Perú: Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Richardson, A. E. (2001). Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Aust. J. Plant Physiol.*, 28, 897-906.
- Rodríguez, B. & López, M. (2009). Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un ultisol de la altiplanicie del estado Guárico. *Agronomía Trop.*, 59(4). http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2009000400003&script=sci_artt ext
- Shamar, M., & Kumar, P. (2017). *Guía para la identificación y manejo de la deficiencia de nutrientes y cereales*. México: International Plant Nutrition Institute (IPNI). <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/19700/60621.pdf?sequence=4>
- Simon, Z., Mtei, K., Gessesse, A. & Ndakidemi, P. A. (2014). Isolation and characterization of nitrogen fixing rhizobia from cultivated and uncultivated soils of Northern Tanzania. *Am. J. Plant Sci.*, 5, 40.50-4067.
- Tamayo-Aguilar, Y., P. Juárez-López, W. Capdevila-Bueno, J. LescailleAcosta y E. Terry-Alfonso. 2020. Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. *Terra Latinoamericana* Número Especial, 38-3: 667-678.
- Tatis, H., Camacho, M. & Ayala, C. (2017). Adaptabilidad y estabilidad fenotípica en cultivares de fríjol caupí en el caribe húmedo colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 14-22.
- Tofiño, A., Rozo, Y., Gómez, D., Gómez, L. & Tamayo, P. (2018). *Modelo productivo de frijoles para el Caribe húmedo colombiano*. Mosquera-Colombia: Editorial AGROSAVIA. https://www.researchgate.net/profile/Douglas-Gomez-Latorre/publication/331970338_Modelo_productivo_de_frijoles_para_el_Caribe_humedo_colombiano/links/5ed5cc8c299bf1c67d327e80/Modelo-productivo-de-frijoles-para-el-Caribe-humedo-colombiano.pdf
- Toppo, S. & Sahu, S. (2020). Estudios basados en el desempeño de diferentes. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3), 1810-1812.

- Torres-Moya, E., Ariza-Suárez, D., Baena-Aristizabal, C. D., Cortés-Gómez, S., Becerra-Mutis, L. & Riaño-Hernández, C. A. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y Forrajes*, 39(2), 102-110.
- Valencia, G. F. E. & Román, M. M. O. (2004). La fibra dietaria como alimento funcional. *Vitae*, 11(2), 12-17.
- Villasanti, C. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*. Paraguay: Ñemity. <http://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>
- Xiong, H., Shi, A., Mou, B., Qin, J., Motes, D., Lu, W. & Wu, D. (2016) Genetic diversity and population structure of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *PLoS ONE*, 11(8); e0160941. Doi:10.1371/journal.pone.0160941.

Anexo 1. Vista general del cultivo y medición de lagunas de las variables.



Anexo 2. Resultados de los análisis de suelo.

INFORME: ANÁLISIS DE SUELO

PT0901.EJ01			Pág 1/2
Código Agrarprojekt:	LIB-100921	Informe de Ensayo N°	1331
Fecha de recepción:	10-09-21	Fecha de informe:	20-09-21

DATOS DEL CLIENTE	
Cliente:	Leiber Alexander Intriago Mendoza
Solicitado por:	Leiber Alexander Intriago Mendoza
Ubicación:	El Carmen, Manabí
Teléfono:	0997306755

PROCESO DE ANÁLISIS
Método utilizado para la preparación de la muestra y elaboración de extractos: Secado → Tamizar para reducir partículas mayores y desmenuzar terrones → Maciza homogénea pH: en H ₂ O y KCl, Método Volumen 1:2 C.E.: Método Volumen 1:2 (extracto en H ₂ O) NH ₄ , K, Ca y Mg: Extracción con NaCl 0.05 M Fe, Mn, Zn y Cu: Extracción con DTPA / CaCl ₂ P: Extracción con NaHCO ₃ 0.5 M (Método Olsen) NO ₃ , SO ₄ , Na, Cl y B: Extracto Agua

MÉTODOS DE REFERENCIA UTILIZADOS	
PARÁMETROS	MÉTODO
pH	EPA 9045 D
Conductividad (C.E.)	SM 2510 B
Nitrato (NO ₃)	ISO 7890-1 / DIN-38405-50-2
Amonio (NH ₄)	SM 4500-NH ₄ D
Fosfato (PO ₄)	SM 4500-P C
Potasio (K)	SM 3500-K B
Magnesio (Mg)	EPA 7000 B
Calcio (Ca)	EPA 7000 B
Sulfato (SO ₄)	SM 4500-SO ₄ E
Sodio (Na)	SM 3500-Na B
Cloruro (Cl ⁻)	SM 4500-Cl G / SM 4500-Cl D Método Potenciométrico
Hierro (Fe)	EPA 7000 B
Manganeso (Mn)	EPA 7000 B
Cobre (Cu)	EPA 7000 B
Zinc (Zn)	EPA 7000 B
Boro (B)	DIN-38405-D17
Molibdeno (Mo)	EPA 7010
Silicio (Si)	EPA 7010
Aluminio (Al)	EPA 7010
Bicarbonatos (HCO ₃)	SM 2320 B
Materia Orgánica (LOI, "Loss On Ignition")	AOAC 967.05 / DIN 19684-3
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	EPA 9081
% Saturación de Bases	EPA 9081
Fración de Partículas	ISO 11277

RESULTADOS

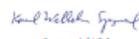
Código Agrarprojekt:	LIB-100921	Pág 2/2
----------------------	------------	---------

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Fréjol / Haba
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Muestra de Suelo

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco					
Análisis	Unidades	Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Zonas - Cultivos Intensivo	Resultado	
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	8 - 15	8.2
	Textura	-	-	"arena franca" hasta "franca arcillosa arenosa"	franca limosa
	Fración de Partículas	%	-	-	Arena: 22 %, Limo: 68 %, Arcilla: 10 %
	% de Saturación de Bases	%	-	> 85	43 % (Calificación: moderado en bases)
	Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	-	-	Ca: 34 %, Mg: 6 %, K: 3 %, Na: < 1 %
Nutrientes	***Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	-	> 15	20.6
	Conductividad (CF)	ms/cm	Vol. 1:2	0.2 - 0.4	0.14
	pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	-	6.3
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5.6 - 7.0	6.0
	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	16.0
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	0.0
	(NH ₄ +NH ₃)-N	mg/kg	-	**20 - 200	22.0
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	25 - 40	12.8
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	130 - 200	243
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	60 - 120	87.0
Microelementos	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1000	620
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	5.2
	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	20 - 50	101
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	6 - 30	32.5
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1.0 - 4.0	3.0
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1.2 - 6.0	39.9
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0.15 - 0.60	0.22
	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	7.3
	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	6.3
	Bales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	117

* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (SSA). 2001. Methods of Soil Analysis. 1190pp.
 ** Nivel Óptimo de N: con presencia de ródulo (sulfato de magnesio (MgSulfate) spp.)
 *** CC-Preferencia, utilizando Acetato de Amonio (NH₄ pH=7)

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.
 - La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiere.
 - El laboratorio no realiza el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
 - Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.


 Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

Anexo 3. Resultados de los análisis foliares.

AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6224
Propiedad	R3 T1	Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación	FREJOL	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo	FREJOL	Fecha de Entrega:	20/01/2022
Edad	120 DIAS	No. Laboratorio	Desde: 0.001 Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiene	3.14	0.23	2.40	0.64	0.20	0.09

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	9.00	35.18	105.00	24.00	72.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	Nik	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	1.31	13.65	0.08	181.92	0.35	3.24

Dra. Luz Maria Martinez
Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chumbra N° 002 y Zentia. (A los cuadros de la Clínica Araya-magun (opuesto))
Teléfono:
2752-407

AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6225
Propiedad	R3 T2	Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación	FREJOL	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo	FREJOL	Fecha de Entrega:	20/01/2022
Edad	120 DIAS	No. Laboratorio	Desde: 0.001 Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiene	3.21	0.25	2.71	0.65	0.24	0.11

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	8.00	37.38	118.00	27.00	64.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	Nik	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	1.18	12.84	0.09	173.89	0.33	3.60

Dra. Luz Maria Martinez
Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chumbra N° 002 y Zentia. (A los cuadros de la Clínica Araya-magun (opuesto))
Teléfono:
2752-407

AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6226
Propiedad	R3 T3	Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación	FREJOL	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo	FREJOL	Fecha de Entrega:	20/01/2022
Edad	120 DIAS	No. Laboratorio	Desde: 0.001 Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiene	3.46	0.24	2.46	0.71	0.21	0.10

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	8.00	40.02	119.00	25.00	71.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	Nik	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	1.41	14.42	0.09	177.41	0.37	3.38

Dra. Luz Maria Martinez
Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chumbra N° 002 y Zentia. (A los cuadros de la Clínica Araya-magun (opuesto))
Teléfono:
2752-407

AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6227
Propiedad	R3 T4	Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación	FREJOL	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo	FREJOL	Fecha de Entrega:	20/01/2022
Edad	120 DIAS	No. Laboratorio	Desde: 0.001 Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiene	3.79	0.25	2.42	0.70	0.22	0.12

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	9.00	45.30	78.00	24.00	81.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	Nik	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	1.57	15.16	0.09	154.53	0.38	3.34

Dra. Luz Maria Martinez
Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chumbra N° 002 y Zentia. (A los cuadros de la Clínica Araya-magun (opuesto))
Teléfono:
2752-407

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia		
Cliente :	Sr. LEVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6228	
Procedencia:		Fecha de Ingreso:	06/01/2022	
Identificación:	R3 T5	Fecha de impresión:	18/01/2022	
Cultivo:	FREJOL	Fecha de Entrega:	20/01/2022	
Edad :	120 DÍAS	No. Laboratorio	Desde: 0 001	Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiene	3.57	0.26	2.44	0.66	0.22	0.11

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	8.00	36.06	105.00	24.00	82.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	1.46	13.73	0.09	163.03	0.36	3.32



Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB

