

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

EXTENSION EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



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

**EVALUACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN EL
CULTIVO DE HABA (*Phaseolus lunatus* L.) EN EL SECTOR EL
CARMEN**

AUTOR: INTRIAGO MENDOZA LEIBER ALEXANDER

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 Haba (*Phaseolus lunatus* L.) En el sector 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 al señor Intriago Mendoza Leiber Alexander, 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

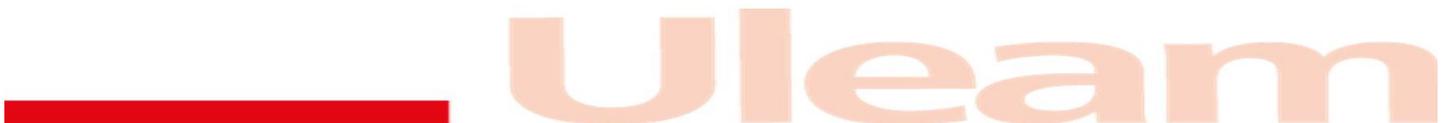
Docente Tutor
Área: Agropecuaria

DECLARACIÓN DE AUTOR

Yo, Leiber Alexander Intriago Mendoza con cédula de ciudadanía 0941181679, egresado 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 recomendaciones y conclusiones de la presente investigación con el tema: **“Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de Haba (*Phaseolus lunatus* L.) en el sector El Carmen”**, son información 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.

Leiber Alexander Intriago Mendoza

AUTOR

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 EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TÍTULO

Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de Haba (*Phaseolus lunatus* L.) en el sector El Carmen.

AUTOR: Leiber Alexander Intriago Mendoza

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

A large, stylized logo for Uleam, consisting of a thick red horizontal bar on the left and the word 'Uleam' in a large, orange, sans-serif font to its right.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis padres, porque todo lo que soy se lo debo a ellos, por su apoyo y motivación, por inculcar en mi la importancia de estudiar, a mi hija, esposa y hermanos ya que ellos han sido pilar fundamental, por su estímulo y apoyo incondicional para poder cumplir tan anhelado sueño.

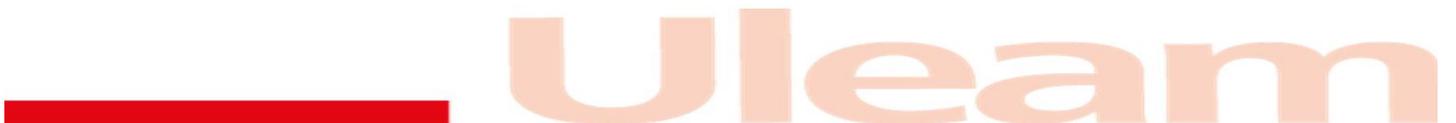
AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy gracias a Dios por darme la vida y guiar mis pasos día a día, a mi familia, amigos y colegas, por el sin número de ocasiones que nos brindamos las manos, por los buenos consejos y el apoyo incondicional.

A mis maestros que me brindaron sus enseñanzas y conocimientos para desarrollarme profesionalmente.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias por abrirme las puertas para entrar al mundo del estudio, de la preparación profesional.

MUCHAS GRACIAS A TODOS



RESUMEN

Phaseolus lunatus es un cultivo de importancia mundial. Su producción no corresponde con la extensión cultivada, debido al manejo inadecuado de la fertilización. Esta investigación presentó como objetivo evaluar parámetros de crecimiento y rendimiento en ausencia y presencia de macronutrientes sobre la altura de la planta (AP), número de hojas (NH), días a floración (DF), número de vainas planta⁻¹(V/P), biomasa de una vaina planta⁻¹ (BV/P), biomasa de las vainas sin semillas (BVSS) y número de semillas vaina⁻¹. El ensayo se estableció en la provincia de Manabí, Ecuador, utilizando semillas de “Haba” variedad INIAP. Se aplicó la técnica del elemento faltante para diseñar los tratamientos: T1 (sin aplicación), T2 (aplicación de P y K), T3 (aplicación de N y K), T4 (aplicación de N y P) y T5 (aplicación de N, P y K). Los tratamientos se establecieron en una parcela experimental bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Para el análisis de los datos se realizó un ADEVA; en las variables que generaron diferencias estadísticas se utilizó la prueba de Tukey. Los datos se procesaron con InfoStat. Los resultados presentaron diferencias estadísticas ($P < 0,01$) para AP, NH y V/P; el mejor tratamiento fue T5 en comparación con T1 con los resultados menos favorables. El rango de AP fue de 110,75 cm a 221,02 cm, a los 56 días después de la siembra, respectivamente para T5; mientras que para T1 fue 98,32 cm y 204,07 cm. NH siguió esta tendencia, permitiendo T5 obtener 101,80 hojas planta⁻¹ al último muestreo, en comparación con 95,32 hojas planta⁻¹ de T1. En V/P T5 fue el mejor tratamiento (15,05 vainas planta⁻¹) y T2 el menor (13,02), pero no se diferenció de T3, T4 y T1 con valores de 13,40; 13,42 y 13,67 vainas planta⁻¹, respectivamente. La información generada será un valioso aporte para ser aplicado en el mejoramiento del cultivo de esta especie tan importante nutricionalmente.

Palabras clave: Haba, macronutrientes, crecimiento.

ABSTRACT

Phaseolus lunatus is a crop of world importance. Its production does not correspond to the cultivated area, due to inadequate management of fertilization. The objective of this research was to evaluate growth and yield parameters in the absence and presence of macronutrients on plant height (PH), number of leaves (NH), days to flowering (DF), number of pods plant⁻¹ (NP/P), biomass of a pod plant⁻¹ (BP/P), biomass of pods without seeds (BPSS) and number of seeds pod⁻¹. The trial was established in the province of Manabí, Ecuador, using seeds of “Haba” variety INIAP. The missing element technique was applied to design the treatments: T1 (without application), T2 (application of P and K), T3 (application of N and K), T4 (application of N and P) and T5 (application of N, P and K). The treatments were established in an experimental plot under a randomized complete block design, with four replications. For data 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 ($P < 0.01$) for PH, NH and NP/P; the best treatment was T5 compared to T1 with the least favorable results. The PH range was from 110.75 cm to 221.02 cm, at 56 days after sowing, respectively for T5; while for T1 it was 98.32 cm and 204.07 cm. NH followed this trend, allowing T5 to obtain 101.80 leaves plant⁻¹ at the last sampling, compared to 95.32 leaves plant⁻¹ of T1. In NP/P T5 was the best treatment (15.05 pods plant⁻¹) and T2 the least (13.02), but it did not differ from T3, T4 and T1 with values of 13.40, 13.42 and 13.67 pods plant⁻¹, respectively. The information generated will be a valuable contribution to be applied in the improvement of the cultivation of this nutritionally important species.

Keywords: Broad bean, macronutrients, growth.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN DE AUTOR.....	ii
TITULO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii ¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	4
CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
Aspectos generales de <i>Phaseolus</i>	5
<i>Phaseolus lunatus</i>	6
Requerimientos nutricionales en <i>P. lunatus</i>	9
Nociones sobre fertilización en plantas.....	10
Fertilización en frijol.....	10
Investigaciones de fertilización en <i>P. lunatus</i>	12
CAPÍTULO II.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localización de la investigación.....	14
Material vegetal.....	14
Condiciones del cultivo.....	14
Técnicas.....	14
Tratamientos.....	14
Variables de estudio.....	15
Diseño experimental.....	16

Análisis estadístico.....	16
CAPÍTULO III	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Altura de la planta	17
Número de hojas planta ⁻¹	21
Número de vainas planta ⁻¹	23
Días a floración.....	24
Número de semillas vaina ⁻¹ (NSV), biomasa de una vaina de la planta (BVP) y biomasa de las vainas sin semillas (BVSS).....	25
CONCLUSIONES.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Requerimientos nutricionales de <i>Phaseolus</i>	10
2	Tratamientos aplicados en el cultivo de Haba (<i>Phaseolus lunatus</i> L).....	15
3	Esquema de ADEVA aplicado.....	16
4	Variación de la altura de planta (cm) en <i>P. lunatus</i> de acuerdo a los días de muestreo y por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.	17
5	Variación de número de hojas planta ⁻¹ en <i>P. lunatus</i> de acuerdo a los días de muestreos y por efecto de la sustitución y combinación de macroelementos.	21
6	Comparación de tratamientos (sustitución de macroelementos y su combinación) en función de los contenidos de N, P y K, expresados en porcentaje de materia seca en <i>P. lunatus</i> L.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Altura de la planta en función del tiempo en plantas de Haba (<i>P. lunatus</i>) con aplicación y no de macronutrientes.....	18
2	Número de hojas planta ⁻¹ en función del tiempo en haba (<i>P. lunatus</i>) con aplicación y no de macronutrientes	22

INTRODUCCIÓN

La producción de Haba (*Phaseolus lunatus* L.) no corresponde a la cantidad esperada en relación con la extensión cultivada, esto sucede por diversas causas como las prácticas de cultivo, entre ellas la falta o exceso de nutrientes necesarios para mejorar el rendimiento (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2019). El cultivo de esta especie de Haba en su mayoría es realizado por pequeños productores, donde una de las actividades elementales la constituye la fertilización, que siempre se ha realizado bajo niveles inadecuados, razón por la cual los rendimientos obtenidos presentan disminución (Serafín, 2018).

El manejo inadecuado de la práctica de la fertilización de los suelos y la nutrición del cultivo se constituye en un factor crítico que trae como consecuencia bajo rendimiento. Es importante indicar que para lograr programas de fertilización que correspondan a las necesidades del cultivo en cada etapa fenológica “se requiere un conocimiento profundo de las necesidades nutricionales de cada especie, el mecanismo de absorción y transporte de los diferentes nutrientes, y el efecto de las limitaciones nutricionales de cada elemento en el crecimiento y desarrollo de las plantas” (Alfonso *et al.*, 2017). Por esta razón es importante determinar las deficiencias nutricionales del Haba, para establecer correctivos dirigidos a mejorar el rendimiento y producción de dicho cultivo.

Las leguminosas en general permiten mejorar la fertilidad de los suelos, por su empleo como abono verde y como fijadora de nitrógeno atmosférico en el suelo por acción de las bacterias fijadoras de nitrógeno como la bacteria *Rhizobium* sp., que viven en simbiosis con esta leguminosa formando nódulos en sus raíces (Peña, 2009).

La especie objeto de estudio es una leguminosa de suma importancia como parte de los cultivos andinos de Ecuador; es de suma importancia determinar las deficiencias nutricionales del Haba que afectan negativamente el rendimiento; cada año la producción del cultivo experimenta un decrecimiento progresivo a causa de la implementación de malas prácticas agronómicas, principalmente las relacionadas con la fertilización del cultivo, lo cual será un valioso aporte para los productores de este importante rubro en la zona de estudio.

El frijol o judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.) representa desde épocas precolombinas de gran importancia en la cesta básica familiar por su alto contenido en proteínas, carbohidratos y minerales (Ancín, 2011).

En general las leguminosas son fuente potencial de almidón, representando entre un 30 y 50% de su peso seco, este constituye una fuente de energía esencial para el hombre. Actualmente su uso se ha extendido en la industria de alimentos como aditivo o materia prima en compuestos alimentarios, debido a sus características nutricionales, funcionales, propiedades como agente espesante y estabilizante de suspensiones y dispersiones; es por ello que se han evaluado algunas propiedades funcionales del almidón de *P. lunatus* variedad roja, determinándose que el contenido de amilosa y amilopectina fue de 21,1% y 78,19%, respectivamente; también se obtuvo 9,24% de almidón resistente, comparándolo con otras fuentes convencionales no amiláceas (Miranda *et al.*, 2013).

Los altos valores en la capacidad de retención de agua y poder de absorción de agua de este tipo de almidón (tipo I) de *P. lunatus*, hacen posible considerarlos en su incorporación a productos cárnicos embutidos, productos de panificación, enlatados, salsas, aderezos, jaleas, caramelos, gomas dulces, por proporcionarles su textura característica; por último, el contenido de almidón resistente de este frijol fue de 9,24%, porcentaje que lo hace atractivo en la aplicación de alimentos por sus propiedades funcionales (para modificar la textura, apariencia y consistencia de los alimentos) y nutricionales (su digestión en el intestino grueso lo hace un agente prebiótico, lo que se asocia a una buena salud en el colon) (Miranda *et al.*, 2013).

Sin embargo, ha sido por muchos años un cultivo casi olvidado y asediado por muchos problemas que hacen que disminuyan sus rendimientos, además, el cultivo crece a menudo en condiciones de agricultura de subsistencia. Pero, recientemente se le ha dado más atención a través de programas nacionales, compañías privadas de semillas y organizaciones agroquímicas, lo que está empezando a tener un impacto positivo en la producción de frijol en diferentes regiones del mundo. En parte, esto es debido a la mejora de variedades y su aceptación por los agricultores, lo que finalmente deriva en estrategias de gestión ambiental y de plagas, más efectivas.

Phaseolus lunatus conocido como frijol lima, Ib, comba, pallar, haba pallar o frijol mantequilla, es uno de los cinco taxa domesticados del género *Phaseolus* y es la segunda especie de mayor distribución, superficie cultivada y consumo del género *Phaseolus* en el mundo. Se encuentra en áreas tropicales y subtropicales y se cultiva en varios países de América, así como en algunas regiones de Europa, Asia y África. Como todo frijol, constituye

una rica fuente de proteínas, carbohidratos, hierro, calcio, fibra, y se distingue por tener bajo contenido de grasas (López-Alcocer *et al.*, 2016).

No se tiene con exactitud cuántas especies conforman al género *Phaseolus*, manejándose números que van de 35 a 55 especies, de las cuales se han domesticado muy pocas, entre las cuales se encuentra *P. lunatus*. Una planta domesticada es aquella que ha sido seleccionada y favorecida por el hombre en razón de alguna característica y que depende de él para su supervivencia y reproducción. Por ejemplo, la vaina de *P. lunatus* domesticado no se abre espontáneamente, evitando así la salida de las semillas. A esta propiedad se le llama indehiscencia. Así, una planta cultivada que es de este tipo, requiere del cuidado del hombre para su supervivencia y reproducción. Otra característica importante en el tipo domesticado es el aumento en el tamaño de sus semillas, ya que, comparadas con el silvestre, son más grandes; además, el domesticado muestra una gran diversidad en la forma y en los patrones de coloración de las semillas. Estas presiones de selección y domesticación han hecho que *P. lunatus* se pueda desarrollar en diferentes ambientes (Wicab y Martínez, 2011).

En el Continente Americano, Perú es el mayor productor de frijol lima, conocido como pallar, donde se siembran 7 000 ha y se cosechan 11 000 t anuales. Se cultiva principalmente en la costa peruana en el departamento de Ica, donde se produce una variedad de pallar grande blanco de exportación; por su tamaño, calidad y demanda internacional al departamento de Ica se le ha concedido la denominación de origen de este pallar. El frijol lima también se cultiva y consume en Ecuador (tip "big lima", conocido como haba pallar), Brasil, Cuba (frijol caballero) y Estados Unidos ("big lima" y "baby lima", identificados como "butter bean") (López-Alcocer *et al.*, 2016).

En México el frijol lima se siembra en la Península de Yucatán, en donde se le denomina Ib o Ibe en Maya y representa el cuarto cultivo más importante integrado dentro del sistema de producción milpa; en esta región del país el Ib domesticado presenta gran variación en la forma y color del grano. Se siembra en junio o julio asociado con maíz (*Zea mays* L.), sistema donde desarrolla lentamente; una vez que la gramínea llega a madurez y hay mayor penetración de luz en el sistema, el frijol muestra un desarrollo vigoroso, florece y produce. También se cultiva en la Depresión del Río Balsas, entre el Estado de México, Guerrero y Michoacán, donde se le conoce como frijol comba y es muy aceptado por la población local; allí se siembra en

condiciones de secano o temporal, en pequeñas parcelas ubicadas en las vegas de ríos o laderas, asociado con maíz o en monocultivo con varas como tutor (López-Alcocer *et al.*, 2016).

En Colombia se le llama comúnmente frijol Zaragoza, denominado también frijol lima o sencillamente zaragoza en la costa Caribe colombiana; es una leguminosa de grano que tiene fuerte incidencia en la cultura popular alimentaria de sus pobladores. Actualmente en Colombia las regiones productoras más importantes son Antioquia, Santander, Nariño y Huila; su principal uso es como grano para la alimentación humana (Miranda *et al.*, 2013). En Cuba se destaca por su importancia agrícola y social, teniendo un peso fundamental en los hábitos alimentarios de la población (Ramírez *et al.*, 2010).

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar parámetros de crecimiento y rendimiento en el cultivo de Haba (*Phaseolus lanatus* L.), en ausencia y presencia de macronutrientes en la localidad El Carmen, Manabí.

Objetivos específicos

- Determinar variables de crecimiento en el cultivo de haba bajo diferentes substituciones de macronutrientes.
- Determinar variables de rendimiento en el cultivo de haba bajo diferentes substituciones de macronutrientes.

HIPÓTESIS

Nula: La fertilización con exclusión del elemento faltante no afecta el rendimiento del cultivo de Haba (*Phaseolus lunatus*).

Alternativa: La fertilización con exclusión del elemento faltante si afecta el rendimiento del cultivo de Haba (*Phaseolus lunatus*).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Aspectos generales de *Phaseolus*

A nivel mundial son quince las especies que ocupan alrededor del 60,7% de la superficie de cultivos hortícolas. Entre ellas, *P. vulgaris*: “judía verde” (España), “ejote” (México), “habichuelas” (Colombia), “chauchas” (Argentina), “porotos verdes” (Chile), entre otros nombres comunes que se le da a *P. vulgaris* en toda la geografía americana. Aunque las legumbres son citadas a menudo como un complemento a los cereales, en términos de concentración de aminoácidos, también constituyen una contribución especialmente importante a la nutrición mediante el suministro de micronutrientes; es entre las leguminosas de granos alimenticios, la especie más importante por su amplia difusión y además por considerarse uno de los complementos básicos en la dieta alimenticia de América Latina (Salinas *et al.*, 2012).

Se ha señalado que aunque el frijol es de origen americano, las especies mejoradas surgieron en Europa y después en toda América; en las épocas precolombinas varias especies de *Phaseolus* eran artículos importantes en la alimentación, desde el actual Canadá hasta Chile y Argentina. El frijol y sus formas mejoradas se identifican botánicamente como *Phaseolus vulgaris*, del cual hay gran variación en cuanto a formas de crecimiento, color de semilla y de la vaina, y épocas de producción; el género *Phaseolus* contiene unas 200 especies y es probablemente el más importante, económicamente.

Font Quer (1982), clasifica al frijol así:

REINO: Vegetal

DIVISIÓN: Fanerógamas

SUB-DIVISIÓN: Angiospermas

CLASE: Dicotiledóneas

FAMILIA: Leguminosas

SUBFAMILIA: Papilionácea

GÉNERO: *Phaseolus*

ESPECIE: *Phaseolus vulgaris*

Nombre científico: *Phaseolus vulgaris* L. 1753

Sinónimos: *Phaseolus esculentus* 1769

Phaseolus communis 1855

Familia: Leguminosae

Nombres vulgares: Habichuela, frijol, fréjol, vainica, chaucha, judía poroto, ejote, alubia, o caraota.

Phaseolus lunatus

El Haba (*P. lunatus*), se ha catalogado como uno de los principales cultivos a nivel mundial y se destaca por su importancia nutricional. Su domesticación se ha extendido en el continente americano, especialmente en América del Sur; se estima que pudo originarse en la región neotropical de América, desde México y América Central, hasta la región andina de Perú, Chile y la zona central de América del Sur (FAO, 2018).

Hasta hace poco no se sabía exactamente cuál era su Centro de Origen. Sin embargo, la primera propuesta general es la de Fernández & Rodríguez (2007) ubicándolo como otros frijoles (*P. vulgaris*) en su lista de distribución general común a Norte, Centro y Sur América. Cabe mencionar que por sus características (alta variabilidad, alto rendimiento, riqueza de formas y semillas caedizas) su cultivo ya habría empezado hace más de 5 000 años.

Cabieses (2015), evocando los primeros años de la invasión ibérica, indicó:

“Los europeos de antes de la Conquista conocieron únicamente los garbanzos, las lentejas y las arvejas o chícharos; encontraron frijoles en México y el Caribe, pero las habas no fueron conocidas por ellos sino cuando llegaron a Perú; su significativa antigüedad andina y sus excelentes cualidades alimenticias justifican largamente el nombre de “frijol de lima” (Lima bean) como se le conoce mundialmente; sin embargo, si bien la distribución del Haba se da en casi todo el Continente Americano, no es necesariamente de la misma especie que se está hablando”.

Otros estudios como el de León (2013) establecieron que *Phaseolus*, se habría originado en Guatemala, habiéndose hallado formas silvestres de las Habas; en este sentido, es muy probable que Guatemala sea su lugar de origen; no obstante, de una manera más amplia, se propone también que las Habas pudieron haberse domesticado en una zona entre el sur de Centroamérica y el norte de Sudamérica, pero también en el suroeste de Ecuador y en el noroeste peruano.

Así mismo, León (2013) señaló que la alta variedad de colores y tamaños de Habas peruanas en sitios arqueológicos, podría dar una idea de la gran profundidad temporal de su cultivo en los Andes Centrales; estos resultados indicaron que el ancestro de *Phaseolus*, se halla en la parte septentrional de Sud América; sin embargo, *P. lunatus*, es una especie que fue domesticada en los Andes Centrales, sin olvidar obviamente, su origen genético. Teniendo en cuenta que, durante el Pleistoceno final, hace aproximadamente 14 000 años, fue el momento en el cual ingresaron los primeros hombres a los Andes Centrales, fueron ellos los que se encargaron de seleccionar y domesticar las diferentes plantas que en la actualidad se consumen, entre ellas las Habas.

La taxonomía de *P. lunatus* según Trópicos 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: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus lunatus* L.

En cuanto a sus características botánicas, *P. lunatus* es una planta autógama, herbácea de hábito principalmente trepador voluble, con algunas variedades erectas, y pueden ser bianuales o perennes (rebrotan de las raíces), e incluso en algunas regiones son tratadas como anuales (FAO, 2018).

Vásquez (1993) describió a *P. lunatus* como una planta herbácea, de raíz pivotante, de acuerdo al hábito de crecimiento se pueden encontrar dos tipos de crecimiento indeterminado y determinado. Los de crecimiento indeterminado o del tipo trepador son perennes, retorcidos

de 1,8 a 4 m de altura, se caracterizan porque el tallo principal y las ramas laterales terminan en un meristemo vegetativo susceptible al crecimiento indefinido, la inflorescencia es axilar.

Los de crecimiento determinado o arbustivo son generalmente anuales, con un tamaño de 30 a 90 cm. Se caracterizan porque el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia terminal; la germinación es epígea, las hojas son compuestas trifoliadas, su color es más oscuro (azul-verdoso) con relación al color de las hojas de las otras especies; su inflorescencia tiene forma de racimo, con flores de color blanco o blanco verdoso.

Con respecto a la forma de las hojas se denota que, a excepción de las dos primeras, las cuales son acorazonadas, es de forma ovalada, la inflorescencia es en racimo y la corola llega a medir 1 cm de diámetro; frutos (vainas) plano-curvadas, con la base aguda y el ápice cónico y delgado de 7-12 cm., con 2-4 semillas; semillas aplanadas, arriñonadas, con el hilo largo y angosto, presentan líneas o rebordes que irradian desde el hilo; el tamaño y la coloración muy variable; uniformemente blancas, negras o amarillentas; cuando hay manchas es frecuente que se distribuyan siguiendo las líneas que parten del hilo (Fernández y Rodríguez, 2007).

Las vainas de *P. lunatus* son más curvadas y aplanadas que en *P. vulgaris*; asimismo contiene menos granos (2 a 4), la vaina termina en un pico que esta desplazado al costado de la sutura placentar y los granos presentan sobre su tegumento estrías divergentes a partir del hilio (estrías poco visibles en ciertos cultivares).

Con base en estudios morfológicos, bioquímicos y moleculares de la variabilidad genética efectuados principalmente con frijol silvestre, se han definido dos acervos genéticos de *P. lunatus*: Andino y Mesoamericano; el acervo genético del Andino, de la forma domesticada se distingue por desarrollar órganos de mayor tamaño, especialmente semillas, las cuales son del tipo “big lima” o “baby lima”, mientras que el complejo genético Mesoamericano, también de la forma domesticada, produce semilla más pequeña tipo “sieva” (López-Alcocer *et al.*, 2016).

Como leguminosa es de suma importancia y conocida con diversos nombres como “frijol lima”, “Ib”, “comba”, “pallar”, “haba pallar” o “frijol mantequilla”. Es uno de los cinco taxa domesticados del género *Phaseolus* y es la segunda especie de mayor distribución, superficie cultivada y consumo del género en el mundo (López *et al.*, 2016). Es caracterizada por tener

potencial nutricional, después del frijol común, constituye un recurso de importancia alimenticia (Pesantes *et al.*, 2016).

En las diferentes regiones de Ecuador se conoce comúnmente a *P. lunatus* con el nombre de haba pallar o tortas (Peralta, 2019). Esta es consumida masivamente en la alimentación, sobre todo en la provincia de Manabí, en la cual el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha liberado dos variedades mejoradas, INIAP 490 é INIAP 491 que se caracterizan por ser precoces, tolerantes a enfermedades y de alta producción (García, 2008).

Aun ante su importancia cada año existen grandes pérdidas en los cultivos debido a diferentes causas como el tratamiento inadecuado del suelo y el uso excesivo o deficiente de fertilizantes (FAO, 2019). Para el cultivo adecuado de esta leguminosa se deben considerar algunas pautas y lineamientos, tanto en espacios limitados como extensiones de tierra amplias (Corcuera, 2017).

Requerimientos nutricionales en *P. lunatus*

El análisis del suelo es primordial para el cultivo de esta especie, pues se consolida como una estrategia para analizar humedad y nutrientes, logrando contrarrestar problemas de sensibilidad de la leguminosa y sobre todo incrementar el rendimiento de los cultivos (Mercado & Quispe, 2019).

Se debe enfatizar en que cada tipo de planta tiene diferentes requerimientos nutricionales para su óptimo crecimiento. Además, existen diferentes tipos de suelos y cada uno de estos posee elementos minerales, pero en diferentes cantidades, por esta razón es necesario tener en cuenta el tipo de suelo que se emplea para la producción del cultivo que se va a llevar a cabo (Briceño & Quicaliquín, 2019).

Basado en el género *Phaseolus*, los requerimientos nutricionales de *P. lunatus* se presentan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de *Phaseolus*..

Nutrientes	N	P	K	NPK	Mg	S
Kg ha ⁻¹	97	9	93	54	18	25

Fuente: Arias et al. (2007).

Nociones sobre fertilización en plantas

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).

Fertilización en frijol

Ancín, (2011) expuso importantes consideraciones relacionadas con la fertilización del frijol. Como la mayoría de los cultivos requiere de la adición de nitrógeno, fósforo y potasio, si el suelo no dispone de ellos en las cantidades requeridas para su óptimo desarrollo. El nitrógeno, normalmente tiene un mayor efecto en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo que cualquier otro nutriente. Pero está claro, que su uso excesivo puede ser un derroche económico y dar lugar a problemas. Por tanto, a la hora de realizar la fertilización nitrogenada hay que tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

1. Los requerimientos de nitrógeno por el cultivo.
2. La cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar al cultivo.
3. Los costos de los fertilizantes y el valor esperado de la cosecha.

El nitrógeno disponible en el suelo es la cantidad de nitrógeno (kg ha^{-1} de N) para ser asimilado por el cultivo desde el establecimiento hasta el final de la fase de crecimiento, teniendo en cuenta las pérdidas que se pueden dar.

El fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radical, fecundación e inicio de la fructificación. Pero hay que tener particular cuidado para evitar llegar a niveles elevados de fósforo en el suelo, que son innecesarios. Esto supone un costo importante y aumenta la pérdida de fósforo de los suelos, lo que puede causar la contaminación de las aguas superficiales.

La importancia del potasio, está en el papel que juega como regulador fisiológico en varios procesos: permeabilidad de las membranas celulares, equilibrio ácido-básico intracelular, formación y acumulación de sustancias de reserva, así como regulador del estatus hídrico de los cultivos.

En cuanto a microelementos, el frijol es reconocido como particularmente sensible al exceso de boro y cloruro sódico; en un contenido superior a los 15,5 kg de bórax por hectárea, pueden ocasionar lesiones sobre la plantación. También se le ha atribuido sensibilidad a deficiencias de otros elementos como el cobre, molibdeno, manganeso y zinc. Por otro lado, se ha referido al frijol como poco sensible a la falta de magnesio en el suelo.

Particularmente se ha estudiado el fósforo como un macronutriente esencial en leguminosas como *P. vulgaris*; el P es parte integral del metabolismo de la energía, componente de los ácidos nucleicos y de las membranas; además, los niveles de P regulan la expresión de un gran número de genes, incluyendo aquellos involucrados en el metabolismo de la fotosíntesis y del carbono. Igualmente, forma parte de los fosfolípidos, desempeñando un papel relevante en la integridad de la membrana y su función; así mismo, participa en la fosforilación y defosforilación de las proteínas que son fundamentales para las vías de transducción de señales en las plantas. Por otra parte, la homeostasis del fosfato en el cloroplasto regula el transporte de azúcares fosforilados a través de la membrana y la síntesis de almidón.

La baja disponibilidad de P es uno de los principales factores que limitan la producción de cultivos en la mayor parte del planeta; una de las respuestas típicas a un bajo nivel de P en el

medio son los cambios en la arquitectura y la producción de biomasa radical; además, se ha observado que el área foliar se reduce significativamente con la falta de fósforo en *P. vulgaris*. No obstante, algunos estudios han determinado que el hábito de crecimiento de los brotes (hábito determinado o indeterminado) juega un papel complejo e importante en la adaptación a la deficiencia de P, y a los cambios en la arquitectura de la raíz (longitud y densidad). Las variaciones en la absorción de P y su concentración en el interior de la planta también se han relacionado con diferencias genotípicas en esta especie de leguminosa. Niveles excesivos de P disponible en el medio pueden interferir con la absorción de Zn o Fe (Marschner, 1995) y, en consecuencia, pueden alterar la producción de biomasa.

Además, se ha indicado que las deficiencias de Zn o de Fe son más frecuentes cuando existen altas concentraciones de P en el medio; debido a que la fisiología de la toxicidad del P no es conocida totalmente, las interacciones del P con el Zn o el Fe pueden causar síntomas que reflejen carencias de micronutrientes, aunque realmente su origen podría estar en una toxicidad debido a los altos niveles de P; de este modo, es probable que estudios que han descrito deficiencias de micronutrientes hayan sido, de hecho, un reflejo de síntomas de toxicidad debido a altos niveles de P (Mengel y Kirkby, 2000).

Investigaciones de fertilización en *P. lunatus*

Granados (1993), en una investigación que evaluó los efectos de la fertilización NPK y de la densidad de siembra en el cultivo de *P. lunatus* var. PGL-521, encontró respuesta altamente significativa a la fertilización NPK y a la densidad de siembra en el rendimiento; dicha respuesta presentaba una tendencia lineal creciente conforme se incrementaba el nivel de fertilización NPK aportado; el mayor rendimiento (4790 kg ha⁻¹) se presentó a nivel de 160-160-80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, siendo los incrementos del 38% respecto de 120-120-80, de 9,4% respecto de 80-80-40, de 38,8% respecto de 40-40-20 y del 91,4% respecto del tratamiento testigo no fertilizado.

Así mismo, Villareal (1998), estudió el efecto de dos fórmulas de fertilización (40-20-20 y 120-60-60 kg ha⁻¹ de NPK, respectivamente) comparados con un testigo en *P. lunatus* var. 'Sieva' G-25237 de tipo arbustivo; en los componentes de rendimiento: número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas, no se encontraron diferencias significativas; sin embargo, el rendimiento más alto se presentó a nivel de la fertilización con

NPK (40-20-20) con un valor de 4 443 kg ha⁻¹ observándose decrecimientos a mayor fertilización.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la finca “Quinta 4 hermanos” propiedad del Sr. Leiber Intriago, ubicada en el sector La Caoba, parroquia Santa María, cantón el Carmen, provincia de Manabí-Ecuador; esta se encuentra a 200 - 300 msnm, con una temperatura de 25,6 °C. Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo para determinar la disponibilidad de nutrientes en el mismo (AGQ, 2017). Esto permitió establecer las dosis de fertilizante a aplicar.

Material vegetal

El material vegetal empleado lo constituyó semilla de Haba (*P. lunatus*) variedad INIAP 490.

Condiciones del cultivo

El cultivo se estableció en campo abierto, con una distancia de siembra de 2 m entre hileras y 0,30 m entre plantas. Se realizaron labores culturales tales como: desmalezado aproximadamente cada 22 días, control de plagas y enfermedades de acuerdo a la incidencia, fertilización la cual fue realizada en la semana 7 y con respecto al nitrógeno y el cloruro de potasio fueron realizadas en dos fracciones en las semanas 7 y 8.

Técnicas

Se aplicó la técnica del elemento faltante (Alfonso *et al.*, 2017) para diseñar los tratamientos, en los cuales se omitirá un nutriente para observar así los posibles efectos sobre su crecimiento y rendimiento.

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 haba (*Phaseolus lunatus* L).

Tratamiento	Descripción
T1	Sin aplicación (Testigo)
T2	Aplicación de P y K
T3	Aplicación de N y K
T4	Aplicación de N y P
T5	Aplicación de N, P y K

VARIABLES DE ESTUDIO

- Altura de planta
- Número de hojas
- Días a floración
- Número de vainas planta⁻¹
- Biomasa de una vaina planta⁻¹
- Biomasa de las vainas sin semillas
- Número de semillas vaina⁻¹

A continuación se describen los procedimientos a seguir para la medición de las variables:

- **Altura de la planta:** Se medirá la altura de las plantas cada 15 días después de la siembra, hasta los 135 días cuando el cultivo ha llegado a su madurez fisiológica.
- **Número de hojas:** Fue realizado contando semanalmente el número de hojas presentes en la planta.
- **Días a floración:** Se inició a partir de cuándo las plantas presentaron 10 flores en antesis.
- **Número de vainas por planta:** Se realizó manualmente el conteo de las vainas después de la cosecha en verde, se contaron las vainas obtenidas de la cosecha por cada planta (10 plantas tratamiento⁻¹).
- **Biomasa de una vaina planta⁻¹:** En este sentido, 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:** De la vaina extraída por planta se le retiraron las semillas y se obtuvo la biomasa de la vaina, esto se realizó sobre 10 plantas, utilizando una balanza.
- **Número de semillas vaina⁻¹:** Se contabilizó el número de semillas contenidos en una vaina, esto se hizo sobre 10 plantas.

Diseño experimental

Los tratamientos se establecieron en una parcela experimental, bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa Infostat, donde se aplicó el test de normalidad de Shapiro Wilks para analizar la normalidad del conjunto de datos. Con el fin de conocer la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados también se realizó un análisis de varianza (Tabla 3). Por último, se empleó la prueba de Tukey (0,05) para hacer una comparación múltiple de los parámetros mencionados con anterioridad.

Tabla 3. Esquema de ADEVA aplicado.

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

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan la discusión de los resultados analizando cada variable de estudio por separado.

Altura de la planta

En esta variable no hubo diferencias significativas por efecto de los tratamientos ($P > 0,01$) en los primeros muestreos; fue a partir de los 56 días después de la siembra (muestreo ocho), hasta los 119 días del ciclo del cultivo (muestreo 17), donde se observaron diferencias derivadas por la influencia del factor de estudio. En estos muestreos el tratamiento donde se aplicó NPK (T5) permitió la obtención de la mayor altura de planta a lo largo del tiempo, diferenciándose del resto de los tratamientos; mientras que con el testigo sin aplicación (T1) se consiguieron los menores valores. En Tabla 4 se puede evidenciar la variación de la altura de la planta de acuerdo al avance del ciclo de cultivo (tiempo de muestreo) comparando los distintos tratamientos.

Tabla 4. Variación de la altura de planta (cm) en *P. lunatus* de acuerdo a los días de muestreo y por efecto de la sustitución y combinación de macronutrientes.

Días después de la siembra	T1	T2	T3	T4	T5
56	98,32c	104,85b	107,72b	107,72b	110,75 ^a
63	116,45d	123,20c	126,47b	126,52b	133,10 ^a
70	130,95c	139,02b	142,65b	142,70b	151,60 ^a
77	142,60c	152,92b	156,85b	156,25b	165,45 ^a
84	151,95d	161,05c	164,42b	163,90b	171,65 ^a
91	162,25c	171,35b	173,62b	173,62b	182,10 ^a
98	176,15c	184,92b	186,52b	186,77b	194,20 ^a
105	191,92c	199,67b	202,05b	202,27b	210,72 ^a
112	197,77c	205,60b	207,75b	207,87b	215,67 ^a
119	204,07c	211,37b	213,62b	213,75b	221,02 ^a

Medias con letras diferentes en las filas presentaron diferencias significativas según la prueba de HSD de Tukey ($P < 0,01$). T1: Sin aplicación (Testigo); T2: Aplicación de P y K; T3: Aplicación de N y K; T4: Aplicación de N y P; T5: Aplicación de N, P y K.

Como se puede visualizar en la Tabla 4 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, y las menores alturas obtenidas con el testigo sin aplicación. Esto sugiere la aplicación de estos tres elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, y en este particular para el crecimiento óptimo de *P. lunatus*.

Siguiendo una tendencia sigmoide, típica 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 está pendiente fue menor (Figura 1).

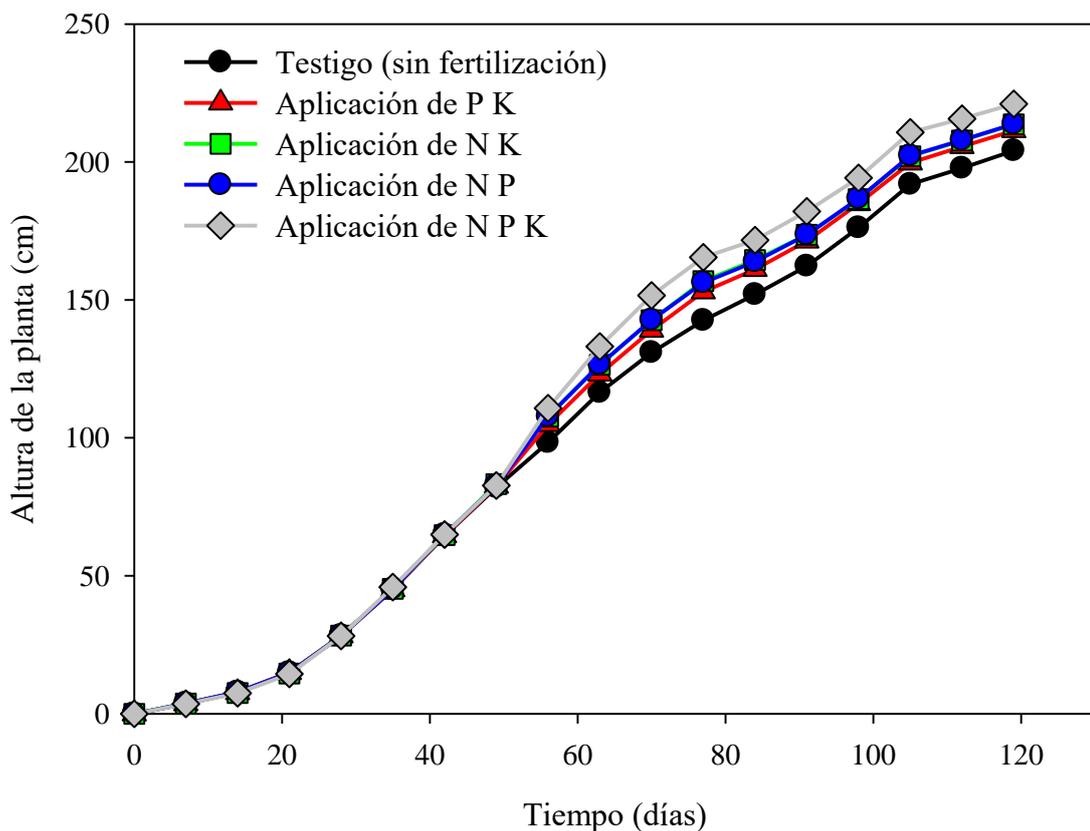


Figura 1. Altura de la planta en función del tiempo en plantas de Haba (*P. lunatus*) con aplicación y no de macronutrientes.

Al igual que los resultados de esta investigación Bejarano y Méndez (2004), comparando la fertilización orgánica con la fertilización química en frijol, determinaron que los tratamientos

afectaron significativamente la altura de la planta a partir de los 60 días de evaluación; a los 30 días cuando se efectuó la primera evaluación las diferencias no fueron estadísticamente significativas. El tratamiento con fertilizante químico (10-30-10) produjo plantas con la mayor altura a los 60 y 90 días (24,7 cm y 33,7 cm, respectivamente).

Ranjbar & Aminpanah (2015) evaluaron el efecto de la aplicación de fosfato con una fuente química (superfosfato triple en dosis de 0, 25, 50, 75, y 100 kg·ha⁻¹) y bio-fertilizante (fosfato bio-fertilizante con semillas inoculadas con *Pseudomonas fluorescens*) sobre el crecimiento y rendimiento de judías (*P. vulgaris*); los autores determinaron que la aplicación de SPT y bio-fertilizantes afectaron significativamente la altura de la planta, el número de vainas por planta, rendimiento y la concentración de N y P en las vainas.

Así mismo, Ramírez *et al.* (2010) evaluaron alternativas de nutrición en el frijol común (*P. vulgaris*, L.), variedad Velasco Largo, donde el uso de los fertilizantes químicos fue a dosis menores que las recomendadas, la utilización de abonos orgánicos: humus de lombriz tanto sólido como líquido y el bio-fertilizante Ecomic. Se tomaron mediciones de altura de las plantas, nodulación y rendimiento y sus componentes, así como también se realizó un análisis económico con base a los rendimientos obtenidos. Los resultados mostraron que la utilización de diferentes alternativas de fertilización provocó un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas de frijol, sobre la nodulación natural y el rendimiento y sus componentes, los mismos sugirieron la utilización de combinaciones de fertilizantes químicos, orgánicos y bio-fertilizantes para la obtención de altos rendimientos de forma sostenible en el cultivo del frijol.

Takayuki *et al.* (2013) se plantearon como objetivo evaluar la eficiencia del fertilizante organomineral “Fertiflora” en el desarrollo vegetativo y en la productividad del frijol (*P. vulgaris*) en sistema de siembra directa. Los tratamientos fueron: químico con 08-28-16 a 200 kg ha⁻¹; organomineral con 04-14-08 + materia orgánica (MO) a razón de 250 kg ha⁻¹, organomineral con 04-14-08 + MO empleando 200 kg ha⁻¹; organomineral con 04-14-08 + MO aplicando 150 kg ha⁻¹ y organomineral con 04-14-08 + MO a razón de 100 kg ha⁻¹. De acuerdo con los resultados obtenidos se concluyó que en la evaluación inicial el tratamiento con 04-14-08 + MO a 150 kg ha⁻¹ presentó los mayores valores de altura de plantas y diámetro del tallo, y 04-14-08 + MO a 200 kg ha⁻¹ presentó el mayor número de ramificaciones.

Ancín (2011) al realizar el análisis estadístico no encontró diferencias significativas entre los tratamientos (NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, KCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Compost, Guano Isla, y Biol, considerando un nivel de significación de 0,05. Concluyó que no se podría asegurar que las diferencias que hubo entre los tratamientos en cuanto a la altura de planta se debieron exclusivamente a la fertilización.

La altura media de la planta presentó un valor entorno a los 40-45 cm en los tratamientos estudiados. No existió una gran variabilidad entre tratamientos, siendo el tratamiento 10 (Biol) el que presentó una altura media más baja. En cuanto a las plantas de mayor altura, fueron los tratamientos 5 (compost con calcio) y 2 (químico) los que destacaron. Pero se observó que los tratamientos 3 (químico con calcio), 4 (compost) y 6 (guano de isla) los que estuvieron muy próximos entre ellos. En general cabría esperar que las plantas del tratamiento 1 (testigo) fuesen las más bajas; sin embargo, los tratamientos 9 (guano de isla + Biol) y 10 (Biol) estuvieron por debajo del testigo (Ancín, 2011).

Jácome et al. (2013) compararon la fertilización orgánica e inorgánica en frijol. Los tratamientos aplicados fueron: lombricompost (T1) en dosis equivalente a 5 mg ha^{-1} , fertilizante inorgánico 10-30-10 (T2) en dosis de 300 kg ha^{-1} , lombricompost más fertilizante inorgánico (T3) en dosis de 5 mg ha^{-1} y 300 kg ha^{-1} , respectivamente, y el tratamiento testigo (T4) sin ninguna aplicación. La aplicación combinada del fertilizante inorgánico con el lombricompost logró alcanzar la mayor altura de planta y mayor rendimiento con respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, no se logró alcanzar los rendimientos de la región de estudio debido probablemente a la ocurrencia de días calurosos de aproximadamente $35 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura que pudieron afectar el desarrollo de las plantas.

En la investigación anterior la altura de las plantas en el tratamiento que combinó abonos orgánico e inorgánico (T3) fue significativamente diferente de aquellos que utilizaron el abono por separado orgánico e inorgánico (T1 y T2) y diferente con el testigo (T4). El rendimiento alcanzado por T3 no presentó diferencias significativas con T2 pero sí con T1, indicando que el beneficio de la aplicación de enmiendas orgánicas, además que suministro nutrientes, fue la que proporcionó el acondicionamiento del suelo, mejorando las relaciones de porosidad, pues su composición permite incrementar las proporciones de arena y limo, aflojando el suelo y mejorando la atmósfera del mismo. Sin embargo, en el rendimiento, la fracción más importante

es la de arcilla por su alta capacidad de intercambio catiónico en comparación con las arenas y los limos, que permite una reserva nutricional para las plantas.

En términos generales, la combinación de enmiendas orgánicas con fertilizantes inorgánicos ofrece mejores resultados, tanto al suelo como para la planta, puesto que la aplicación de materia orgánica contribuye con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y el fertilizante inorgánico proporciona los nutrientes necesarios para las plantas.

Número de hojas planta⁻¹

Similar a la variable altura de planta, la diferencia entre tratamientos por efecto del factor fertilización se evidenció a partir del muestreo 9 (63 días) hasta el 17 (119 días), donde la aplicación de NPK (T5) presentó los mayores valores y el testigo sin aplicación (T1) los menores valores de la variable número de hojas (Tabla 5).

Tabla 5. Variación de número de hojas planta⁻¹ en *P. lunatus* 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
56	43,75b	44,02ab	44,30ab	44,65ab	45,87 ^a
63	51,72b	52,22ab	52,42ab	52,65ab	54,25 ^a
70	59,77b	60,37b	60,47ab	60,72ab	63,67 ^a
77	66,92b	68,15b	68,15b	68,55b	72,95 ^a
84	75,80c	79,62b	79,45b	79,47b	85,42 ^a
91	82,75c	86,00b	85,92b	85,80b	90,32 ^a
98	191,92c	199,67b	202,05b	202,27b	210,72 ^a
105	91,22c	94,07b	94,20b	94,12b	97,40 ^a
112	95,32c	98,42b	98,62b	98,77b	101,80 ^a

Medias con letras diferentes en las filas presentaron diferencias significativas según la prueba de HSD de Tukey ($P < 0,01$). T1: Sin aplicación (Testigo); T2: Aplicación de P y K.; T3: Aplicación de N y K; T4: Aplicación de N y P; T5: Aplicación de N, P y K.

A diferencia de la variable altura de planta el tratamiento testigo no se diferenció estadísticamente de T2, T3 y T4 (sustrayendo N, P y K, respectivamente), hasta el muestreo 12 (84 días); a partir del muestreo 13, T1 fue el tratamiento que produjo el menor número de hojas, T5 el que presentó la obtención del mayor valor de esta variable, y T2, T3 y T4 arrojaron valores intermedios, no diferenciándose estadísticamente. 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 NPK en etapas avanzadas del cultivo a fin de lograr una mayor organogénesis foliar.

En la figura 2 se puede observar el incremento del número de hojas a través del avance en crecimiento del cultivo (tiempo de muestreo).

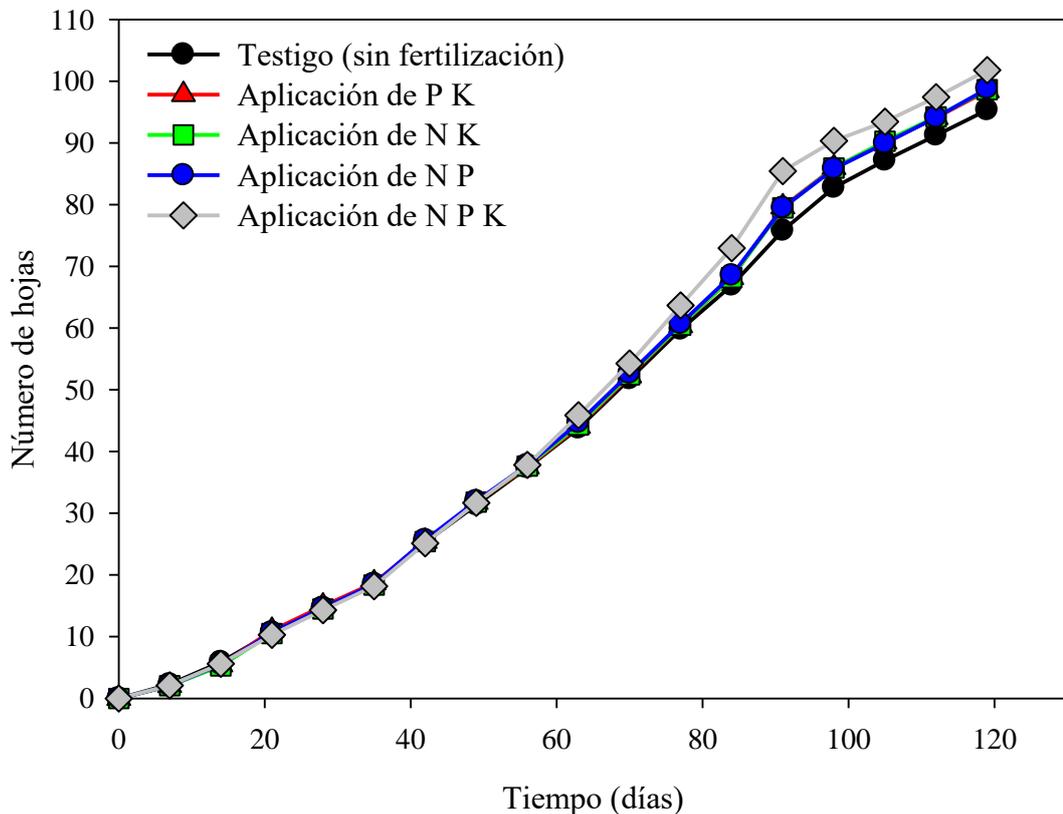


Figura 2. Número de hojas planta⁻¹ en función del tiempo en haba (*P. lunatus*) con aplicación y no de macronutrientes.

Número de vainas planta⁻¹

Con respecto a la variable vainas·planta⁻¹ el factor aplicación de macronutrientes ejerció un efecto significativo ($P < 0,05$). Un poco diferente a las variables anteriores T5 fue el mejor tratamiento (15,05 vainas planta⁻¹) y T2 (13,02) el menor, pero este último tratamiento no se diferenció estadísticamente de T3, T4 y T1 con valores de 13,40; 13,42 y 13,67 vainas planta⁻¹, respectivamente.

Estos resultados están en concordancia con los obtenidos en la investigación de Bejarano y Méndez (2004), cuando analizaron la variable vainas·planta⁻¹ por efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. El tratamiento químico con 10-30-10 fue el que produjo el mayor valor de esta variable con 27,3 vainas planta⁻¹. El coeficiente de variación fue de 8,24% y la media general fue de 23 vainas planta⁻¹, superior al obtenido en esta investigación, lo que coloca en evidencia que los factores ambientales también ejercen un efecto importante sobre el rendimiento.

Independientemente de la aplicación de bio-fertilizantes, el número de vainas aumentó significativamente de 55 a 85 vainas por planta cuando la aplicación de P aumento de 0 a 100 kg ha⁻¹. El rendimiento de vainas aumentó a mayor dosis de P de 0 a 100 kg ha⁻¹. El número de vainas y rendimiento fue significativamente mayor en las parcelas inoculadas con bio-fertilizantes en comparación con el testigo, para todas las dosis de fosfato. El número de vainas planta⁻¹ y rendimiento se incrementó en un 16% y 15%, respectivamente, cuando se aplicó bio-fertilizante. Los resultados sugieren que la aplicación de P en dosis de 100 kg ha⁻¹ y la aplicación de bio-fertilizante fue recomendable para obtener mayor rendimiento de vaina de judías (Ranjbar & Aminpanah, 2015).

En otra investigación donde se evaluó la fertilización inorgánica, la orgánica y su combinación, se determinó que el tratamiento con la fórmula completa 04-14-08 más materia orgánica, a razón de 150 kg ha⁻¹ permitió los mayores valores del número de vainas. Mientras que con el tratamiento 04-14-08 + MO pero a 200 kg ha⁻¹ se logró la mayor productividad, posiblemente debido a la mayor disponibilidad nutricional en relación con el período y el acondicionamiento general (Takayuki *et al.*, 2013).

Otro resultado similar que apoyó los resultados de esta investigación fue el de Granados (1993), quien evaluó los efectos de la fertilización con NPK y de la densidad de siembra en el

cultivo de *P. lunatus* var. PGL-521; en ese estudio, se encontraron respuestas altamente significativas a la fertilización con NPK sobre las variables número de vainas·planta⁻¹, número de granos vaina⁻¹ y área foliar.

El efecto de la aplicación de superfosfato triple y bio-fertilizante también resultó significativo sobre el crecimiento y rendimiento de judías (*P. vulgaris*), específicamente afectó el número de vainas·planta⁻¹, el rendimiento y la concentración de N y P en los frutos (Ranjbar & Aminpanah, 2015).

A diferencia de las investigaciones anteriores, Peña (2009) no encontró diferencias estadísticas significativas en cuanto al factor de tipo de fertilización, cuando evaluó tipos de fertilización biológicas e inorgánicas, concluyendo que si se requiere obtener un mayor número de vainas planta⁻¹ se podrá obtener aplicando fertilizante químico (60-80-60), inoculante (*Rhizobium*), o simplemente sin la aplicación de ninguno de estos tratamientos. Al respecto hubo evidencias, acotó Peña, donde se demostró que hubo poca influencia de la fertilización nitrogenada en caso de las leguminosas ya que estas, a través de las bacterias, fijaron nitrógeno atmosférico.

Una explicación a los resultados anteriores, acotada por el autor, estaría relacionada con la fertilidad natural del suelo, que pudo ser suficiente para el buen crecimiento y desarrollo de la leguminosa. En este caso, se trabajó en suelos medianamente fértiles, con buena textura, y con presencia de carbonatos que posiblemente enmascararon el efecto de los tratamientos. Tales aseveraciones fueron válidas y aplicables también a la presente investigación bajo las condiciones agroecológicas en las que se desarrolló el estudio.

Días a floración

Con respecto a esta variable no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P>0,05$), obteniendo un promedio de 105,13 días. Estos resultados se diferenciaron de los obtenidos por Díaz *et al.* (2009) quienes con el objeto de incrementar la producción y rentabilidad del cultivo de frijol (*P. vulgaris*), evaluaron dos tipos de zeolitas comerciales: “Zeolite C” y “Roca Mágica”, ambas del tipo Clinoptilolita, en dosis de 25, 50 y 75% de la fertilización recomendada para el cultivo en la localidad de Quevedo (80-40-00), obteniendo como resultado que con la mayor dosis de zeolita se adelantó la floración del frijol aproximadamente 2 días.

Berajano & Méndez (2004) al igual que en esta investigación también encontraron diferencias en cuanto a la variable días de floración cuando se comparó la fertilización química y orgánica en frijol. El coeficiente de variación y la media general fueron de 2,95% y 49,4 días respectivamente. El tratamiento con Biol (10%), un estimulante biológico fue el tratamiento que permitió el menor tiempo a floración con 47,6 días; mientras que en el testigo fue a los 52,4 días, contrastando con los resultados obtenidos en esta investigación.

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

Para ninguna de estas variables el análisis estadístico arrojó diferencias significativas por efecto de la aplicación o no de macronutrientes ($P > 0,01$). Los valores promedios para NSV, BVP y BVSS fueron 4,43; 4,37 y 4,47, respectivamente.

Estos resultados concordaron con los encontrados por Villareal (1998), cuando estudió el efecto de dos fórmulas de fertilización (40-20-20 y 120-60-60 kg ha⁻¹ de NPK, respectivamente) comparados con un testigo en *P. lunatus* var. 'Sieva' G-25237 de tipo arbustivo. En los componentes de rendimiento el número de granos por vaina y la biomasa de 100 semillas, no se encontraron diferencias significativas.

A diferencia de otras investigaciones, como la de Ancín (2011) la fertilización química en comparación con la fertilización orgánica permitió alcanzar los mayores valores de biomasa fresca por vaina, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos. El tratamiento donde se aplicó fórmula completa más calcio resultó superior en comparación con la aplicación de compost, compost con calcio, guano de isla, guano de isla con Biol y solo Biol.

Díaz *et al.* (2009) cuando evaluaron el efecto de dos tipos de zeolitas comerciales analizaron también el número de vainas por planta, número de granos por vaina, biomasa de 100 semillas, rendimiento por planta y por hectárea, encontrándose solo diferencias estadísticas en la biomasa de 100 semillas y rendimiento por planta; en las otras variables no se presentaron diferencias estadísticas similar a lo obtenido en esta investigación. En la comparación zeolita vs sin zeolita se encontró una mayor producción por planta y por hectárea a favor de la aplicación de la zeolita. Con el empleo del fertilizante más 75% de Zeolita y 25% de “Roca Mágica” se

obtuvieron las mayores rentabilidades.

Igualmente, Peña (2009) analizó el rendimiento, específicamente el número de granos vaina⁻¹ de *P. lunatus*, comparó el efecto de la fertilización biológica e inorgánica y los resultados determinaron que no hubo diferencias estadísticas, atribuyendo dichos resultados a que el carácter número de granos fue un componente que dependió sobre todo de la carga genética de la planta y mantuvo una relativa estabilidad frente a los factores ambientales. Situación contraria se presentó con respecto a la variable biomasa de 100 semillas, el factor tipo de fertilización determinó significación estadística, obteniéndose un mayor promedio (41,47 g) cuando se aplicó fertilizante (60-80-60), en comparación con los demás tratamientos (inoculante y testigo).

Así mismo, Granados (1993) encontró diferencias entre tratamientos para la variable biomasa de 100 semillas, pero solo para el factor fertilización con NPK; los efectos fueron altamente significativos, en cambio para el factor densidad de siembra y en la interacción de ambos factores de estudio no encontró diferencias significativas.

En relación a los resultados obtenidos, es importante no descartar la afectación de los mismos por efectos genéticos, aun cuando no haya sido un factor de estudio analizado. En este sentido, López-Alcocer *et al.* (2016) estudiando poblaciones silvestres de *P. lunatus* de la región occidente de México, éstas mostraron amplia variabilidad morfológica. Las variables cualitativas (color de hipocotilo, color de flor y de vaina, forma y color de la semilla), presentaron diferencias significativas. Las de orden cuantitativo con mayor variabilidad fueron longitud y ancho de hoja primaria, longitud y ancho del foliolo central, días a floración, longitud de vaina y biomasa de 100 semillas.

Adicionalmente, se encontró correlación alta y positiva entre la biomasa de la semilla y las variables longitud y ancho de la hoja primaria, longitud de la vaina y la altitud de la recolecta. Los análisis de conglomerados y el “Biplot” elaborado con los dos primeros componentes principales detectaron dos grupos, uno integrado por poblaciones de semillas pequeñas originarias de sitios de recolecta ubicados en bajas altitudes, y otro formado por accesiones de semillas grandes en sitios de mayor altitud, todo lo cual fuese suma importancia considerar para futuras investigaciones en esta especie de *Phaseolus*.

Finalmente, como un aporte adicional a esta investigación se presenta en la Tabla 6, una comparación del contenido de NPK expresado en porcentaje de biomasa seca en *P. lunatus*, evidenciándose muy pocas diferencias entre los contenidos de los macronutrientes entre tratamientos, lo que podría explicar también en parte que solo tres del total de las variables analizadas resultaron afectadas por el factor de estudio, restando entre otros aspectos, analizar las técnicas y procedimientos de aplicación de los fertilizantes empleados.

También es pertinente hacer un recordatorio final sobre los efectos de los macronutrientes en el crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo cual su combinación (T5) ejerció un efecto positivo sobre la altura de la planta, el número de hojas y el número de vainas·planta⁻¹.

El nitrógeno forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila, por tanto, es esencial en los procesos de síntesis de proteínas y en la fotosíntesis; también destaca el aceleramiento de la división celular, y la elongación de las raíces. El fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radical, fecundación e inicio de la fructificación. La importancia del potasio radica en su participación como regulador fisiológico en los procesos de permeabilidad de las membranas celulares, equilibrio ácido-básico intracelular, formación y acúmulo de sustancias de reserva, así como regulador del estatus hídrico de los cultivos (Azcón & Talón, 2013).

Tabla 6. Comparación de tratamientos (sustitución de macroelementos y su combinación) en función de los contenidos de N, P y K, expresados en porcentaje de materia seca en *P. lunatus* L.

Fertilizantes	T1	T2	T3	T4	T5
N (%)	3,33	3,54	3,67	4,06	3,72
P (%)	0,24	0,27	0,25	0,27	0,28
K (%)	2,48	2,52	2,70	2,81	2,86

Fuente: AGROLAB.

CONCLUSIONES

La aplicación de N, P y K y su combinación afecta la altura de la planta y el número de hojas por planta en *Phaseolus lunatus* en las etapas avanzadas del cultivo. La fertilización con los tres macroelementos en combinación fue necesario para obtener 221,02 cm de altura y 101,80 hojas·planta⁻¹ a los 119 días, en comparación con la no aplicación, con lo que se obtuvo 204,07 cm y 95,32 hojas planta⁻¹, respectivamente.

El número de vainas planta⁻¹ fue mayor con la aplicación de N, P y K, permitiendo obtener un valor de 15,05 vainas planta⁻¹, superior al obtenido cuando se suprimió la aplicación de N, P o K y del tratamiento sin aplicación con los que se consiguió en promedio 13,38 vainas planta⁻¹.

Los días a floración, el número de semillas·vaina⁻¹, la biomasa de la vaina sin semilla y la biomasa de las vainas sin semillas, no fueron dependientes de la aplicación de macronutrientes en las diferentes combinaciones evaluadas bajo las condiciones particulares de la experimentación.

Se recomienda continuar investigaciones donde se analicen otros aspectos relacionados con la fertilización (técnicas, fuentes orgánicas y biológicas, dosis, entre otros), así como el efecto de otros elementos minerales esenciales para el óptimo crecimiento y desarrollo de esta importante especie de leguminosa.

BIBLIOGRAFÍA

- AGQ. (3 de febrero de 2017). *La Importancia del Análisis de Suelos Agrícolas*. Obtenido de 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%20un,as%C3%AD%20la%20perdida%20de%20fertiliz>
- 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.
- Ancín, M. (2011). Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. *alubia*) en el distrito de San Juan de Castrovirreyna-Huancavelica (Perú). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Pública de Navarra, ESCUELA TECNICA DE INGENIEROS AGRONÓMOS, Perú. 109 p.
- Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)*. Antioquia: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a1359s/a1359s.pdf>
- Azcón, J. & Talón, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología vegetal*, Segunda Edición. Mcgraw-Hill - Interamericana de España. 669 p.
- Basantes, E. (2016). *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador*. Pichincha. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Briceño, J., & Quicaliquín, D. (2019). *Determinación del contenido nutricional en harinas de habichuela (*Phaseolus lunatus* baby lima bean), haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.), maca (*Lepidium meyenii*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*) como fuentes de carbohidratos y minerales*. Ambato. Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30177>.
- Cabieses, F. (2015). *Cien Siglos de Pan. 10,000 años de alimentación en el Perú*. 4ta edición. Asociación Peruana, Fernando Cabieses, Lima.

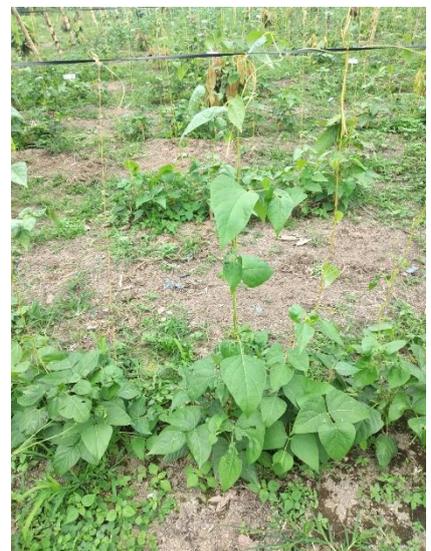
- Conabio. (22 de julio de 2009). *Fabaceae = Leguminosae/Phaseolus lunatus L.* Obtenido de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/phaseolus-lunatus/fichas/ficha.htm>
- Corcuera, V. (2017). Guía para el cultivo urbano del pallar Moche, *Phaseolus lunatus*. *Pueblo Continental*, 28(2), 393-417. <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/801>
- Decco. (26 de agosto de 2019). *Nutrientes para plantas fundamentales para su óptimo desarrollo*. Obtenido de DECCO Naturally Postharvest: <https://www.deccoiberica.es/nutrientes-para-plantas-fundamentales-para-su-optimo-desarrollo/>
- Díaz, G., Sánchez, F., Llerena, L. & Vásconez, 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.
- Escobar, N., Mora, J. & Romero, N. (2013). Respuesta agronómica de *Zea mays* L. y *Phaseolus vulgaris* L. a la fertilización con compost. *Revista Luna Azul*, 37, 18-29.
- FAO. (2017). *Semillas Andinas Tradicionales del Ecuador*. Ecuador: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/897_andean_seeds_of_ecuador.pdf
- 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>
- Fernández, A. & Rodríguez E. (2007). *Etnobotánica del Perú pre-Hispano*. Ediciones Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

- García, K. (2008). *Estudio de la Diversidad Genética de Phaseolus Lunatus en Zonas Silvestres y Cultivadas en la Provincia de Imbabura - Ecuador*. Sangolquí Escuela Politécnica del Ejército.
- Granados, G. (1993). *Efecto de la fertilización N, P, K y de la densidad de siembra en el cultivo de pallar (Phaseolus lunatus L.) bajo RLAf: exudación*. (Tesis Ing. Agron. Universidad Nacional Agraria La Molina). Lima, Perú. 78 p.
- Lara, Y. (2016). *Efecto del uso de bioestimulantes y dosis en el rendimiento de pallar baby (Phaseolus lunatus L.) en Lambayeque*. Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16695/lara_ty.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- León, E. (2007). *Orígenes Humanos*. En los Andes del Perú. Lima: Universidad de San Martín de Porres. 14,000 años de alimentación en el Perú. Fondo Editorial Universidad San Martín de Porres, Lima.
- López, J., Lépiz, R., González, D., Rodríguez, R., & Alcocer, E. (2016). Variabilidad morfológica de *Phaseolus lunatus* L. Silvestre de la región occidente de México. *Revista fitotecnica mexicana*, 39(1), 49-58. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n1/v39n1a9.pdf>
- 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%20adsticas%20En%20Dos%20L%20c%20acneas%20Promisorias%20De%20Pallar%20%28P%20haseolus%20Lunatus%20L.%29>.
- Mengel, K. y Kirkby, E.A. (2000). Fósforo. p. 355-375. En: *Principios de nutrición vegetal*. 4ta. Edición. Instituto Internacional del Potasio. Basilea/Suiza.
- Miranda-Villa, P., Marrugo-Ligardo, Y. & Montero-Castillo, P. (2013). Caracterización funcional del almidón de Fríjol Zaragoza (*Phaseolus lunatus* L.) y cuantificación de su almidón resistente. *Tecno. Lógicas*, 30, 17-32.

- Peña, R. (2009). *Efecto de la densidad de siembra y fertilización biológica e inorgánica en el rendimiento de "pallar baby" (Phaseolus lunatus L.) var. 'Sieva' de crecimiento determinado, en Supte-Tingo María*". Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 87 p.
- Peralta, E. (2019). *Lúdica y Juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia*. Quito: Letra Sabia Servicios Editoriales. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5546/1/L%203%209aDICA%20Y%20JUEGOS%20CON%20FR%20c3%29JOL%202019.pdf>
- Pesantes, M., León, E., Cruz, E. D., & Rodríguez, J. (2016). Variabilidad morfo-agronómica en poblaciones de pallar, *Phaseolus lunatus*, cultivado en condiciones de Costa de la Provincia de Trujillo (Perú). *Rebiol*, 35(2), 29-38. <https://core.ac.uk/download/pdf/267888076.pdf>
- Ramírez Olivera, R., Ramos, M. & Palacio, S. (2010). Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con el uso de alternativas de fertilización. *Ciencias Holguín*, XVI.
- Ranjbar-Moghaddam, F. & Aminpanah, H. (2015). Green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield as affected by chemical phosphorus fertilizer and phosphate bio-fertilizer. *IDESIA*, 33(2), 77-85.
- Salinas, R., Sánchez, E., Ruíz, J., Lao, M. & Romero, L. (2012). Producción de biomasa y rendimiento en judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Strike en respuesta a la fertilización fosforada. *ΦYton*, 81, 35-39.
- Serafín, H. (2018). *Influencia de la fertilización nitrogenada y fosfórica a la respuesta agronómica del cultivo del haba pallar*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29017/1/Seraf%20C3%2ADn%20%20C3%2811var%20Henry%20Gilberto.pdf>
- Tropicos. (1982). <http://www.tropicos.org>
- Vásquez, J. (2019). *Efecto de las diferentes concentraciones de NaCl en la germinación y crecimiento de plántulas de Pasheolus Lunatus L. "pallar bebe" en condiciones de laboratorio*. Trujillo-Perú: Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12457/VASQUEZ%20SERIN>

- Vásquez, J. (1993). El cultivo del paliar. Transformación de la tecnología agropecuaria TTA. Lima, Perú. 72 p.
- Villarreal, S. H. (1998). *Efecto de la fertilización N-P-K y la densidad en el rendimiento de grano seco de paliar Sieva determinado (Phaseolus lunatus L.) CV G – 25237*. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Malina. Lima, Perú. 92 p.
- Wicab, G. & Martínez, J. (2011). El frijol maya del siglo XXI. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, México. 24, 2.

ANEXOS





ANEXO RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELO



Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

INFORME: ANÁLISIS DE SUELO

PT0901.EV01		Pág 1/2
Código Agrarprojekt:	LIB-100921	Informe de Ensayo N°
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 H₂O y KCl, Método Volumen 1:2
 C.E.: Método Volumen 1:2 (extracto en H₂O)
 NH₄, K, Ca y Mg: Extracción con NaCl 0.05 M
 Fe, Mn, Zn y Cu: Extracción con DTPA / CaCl₂
 P: Extracción con NaHCO₃ 0.5 M (Método Olsen)
 NO₃, SO₄, Na, Cl y B: Extracto Agua

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



Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 info@agrarprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

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

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Fréjol / Haba
Número de Muestras:	# 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 Zoolal - Cultivos Intensivo	Resultado	
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	8 - 15	8.2	
	Textura	-	"arena franca" hasta "franca arcillosa arenosa"	franca limosa	
	Fración de Partículas	%	-	Areno: 22 %, Limo: 68 %, Arcilla: 10 %	
	% de Saturación de Bases en el % de Saturación	%	> 85	43 % (Calificación: moderado en bases)	
Nutrientes	Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	-	Ca: 34 %, Mg: 6 %, K: 3 %, Na: < 1 %	
	***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
Microelementos	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	60 - 120	87.0
	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 nitratos (ajustes de nitrógeno Nitrobium spp.)
 *** CC-Intercambio, utilizamos Acetato de Amonio (SM pH=7) ■
 -> No Aplica
 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.

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



ANEXO RESULTADOS DE ANÁLISIS FOLIAR



AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGRICOLA

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6219
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación:	R4 T1	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo:	HABA	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	3.33	0.24	2.48	0.15	0.25	0.09

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	7.00	36.50	84.00	23.00	53.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg) SUMATORIA
Tiene	R4	R5	R2	R1	R3	2.88




Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB

Dirección: Calle Río Chumbira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Arajeo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-407



AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGRICOLA

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6220
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación:	R4 T2	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo:	HABA	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	3.54	0.27	2.52	0.64	0.25	0.11

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	8.00	37.82	105.00	24.00	53.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg) SUMATORIA
Tiene	R4	R5	R2	R1	R3	3.41




Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB

Dirección: Calle Río Chumbira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Arajeo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-407



AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGRICOLA

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6221
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación:	R4 T3	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo:	HABA	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	3.67	0.25	2.70	0.71	0.27	0.13

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	8.00	32.54	99.00	20.00	53.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg) SUMATORIA
Tiene	R4	R5	R2	R1	R3	3.68




Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB

Dirección: Calle Río Chumbira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Arajeo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-407



AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGRICOLA

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6222
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	06/01/2022
Identificación:	R4 T4	Fecha de impresión:	18/01/2022
Cultivo:	HABA	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	4.08	0.27	2.81	0.65	0.24	0.12

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiene	8.00	28.59	99.00	22.00	51.00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg) SUMATORIA
Tiene	R4	R5	R2	R1	R3	3.70




Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB

Dirección: Calle Río Chumbira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Arajeo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-407


RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia		
Cliente :	Sr. LEIVER INTRIAGO	Numero de muestra:	6223	
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	08/01/2022	
Identificación:	R4 T5	Fecha de impresión:	18/01/2022	
Cultivo:	HABA	Fecha de Entrega:	20/01/2022	
Edad :	120 DÍAS	No. Laboratorio	Desde: 0 001	Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiempo	3,72	0,28	2,86	0,63	0,22	0,10

ppm					
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn
Tiempo	8,00	31,22	98,00	21,00	39,00

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiempo	1,3	13,29	0,08	201,79	0,3	3,71

Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB

