



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agrónomo

Título del Proyecto de Investigación

“Evaluación de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache”

Autor:

Junnior Damian Tasinchano Tite

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Moisés Arturo Menace Almea, M. Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Junnior Damian Tasinchano Tite**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

Junnior Damian Tasinchano Tite
Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

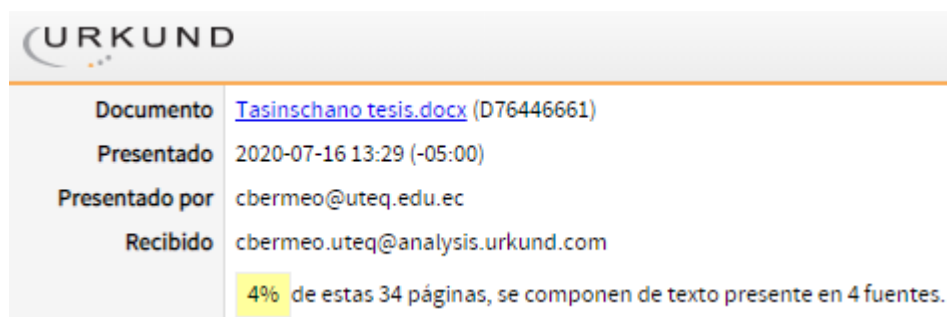
El suscrito **Ing. Moisés Arturo Menace Almea, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Junnior Damian Tasinchano Tite**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Ing. Moisés Arturo Menace Almea, M. Sc.
Director del Proyecto de Investigación

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

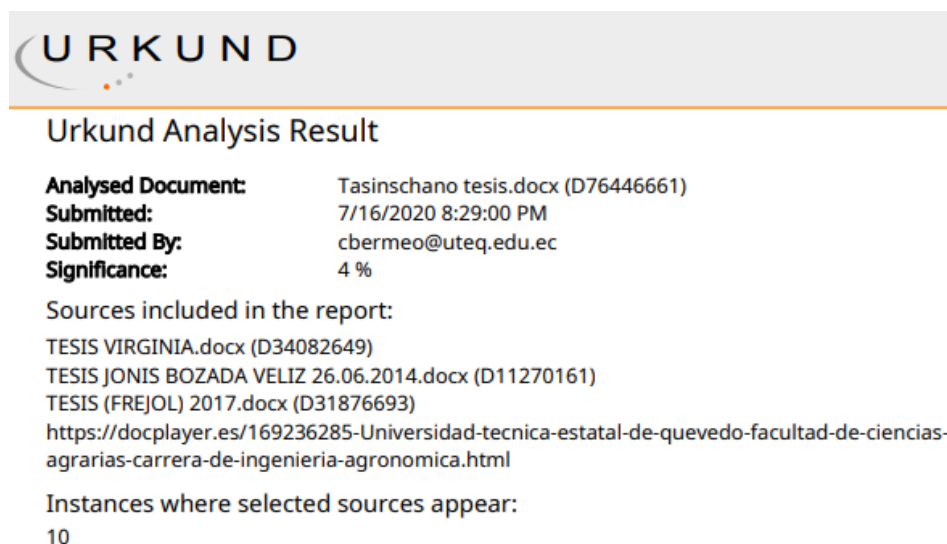
El suscrito **Ing. Moisés Arturo Menace Almea, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Evaluación de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Junnior Damian Tasinchano Tite**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 4%.



URKUND

Documento	Tasinchano tesis.docx (D76446661)
Presentado	2020-07-16 13:29 (-05:00)
Presentado por	cbermeo@uteq.edu.ec
Recibido	cbermeo.uteq@analysis.orkund.com

4% de estas 34 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.



URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tasinchano tesis.docx (D76446661)
Submitted: 7/16/2020 8:29:00 PM
Submitted By: cbermeo@uteq.edu.ec
Significance: 4 %

Sources included in the report:
TESIS VIRGINIA.docx (D34082649)
TESIS JONIS BOZADA VELIZ 26.06.2014.docx (D11270161)
TESIS (FREJOL) 2017.docx (D31876693)
<https://docplayer.es/169236285-Universidad-tecnica-estatal-de-quevedo-facultad-de-ciencias-agrarias-carrera-de-ingenieria-agronomica.html>

Instances where selected sources appear:
10

Ing. Moisés Arturo Menace Almea, M. Sc.
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Evaluación de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título
de:

Ingeniero Agrónomo

Aprobado por:

Ing. Freddy Sabando Ávila, M. Sc.
Presidente del Tribunal

Ing. Cesar Bermeo Toledo, M. Sc.
Miembro del Tribunal

Ing. Ramiro Gaibor Fernández, M. Sc.
Miembro del Tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

AGRADECIMIENTOS

Sin lugar duda a Dios quien me ha guiado y permitido cumplir unos de mis más grandes objetivos brindándome de fortaleza en cada meta que me he propuesto seguir y sobre todo permitirme estas rodeado de personas en mi vida que han sido fundamental durante toda esta etapa.

Agradezco a las autoridades de la Universidad y la Facultad de Ciencias Agrarias, a mis docentes por cada uno de los conocimientos impartidos durante todo el periodo de estudios, por la paciencia requerida, los consejos y amistad que se creó durante mi preparación.

Al Ing. Moisés Menacé Almea, Director del Proyecto de Investigación por su constante apoyo y motivación para poder culminar con esmero este trabajo que ha sido de mucho aporte en mi formación académica.

Gracias a cada una de las personas que me ayudaron de forma directa e indirectamente en este proyecto y durante los años de preparación, les estaré eternamente agradecido.

Junnior Damian Tasinchano Tite

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios por darme la fortaleza de culminar una de mis grandes metas.

A mi madre, María Ernestina Tite Ortega por su enorme sacrificio durante estos largos años supo darme su apoyo y su amor incondicional.

A mi padre José Patricio Tasinchano Almachi por darme siempre sus consejos apoyarme cuando más lo necesitaba, gracias por guiarme por el camino del bien, gracias por todo eres un ejemplo a seguir.

A mis hermanos mayores Marcelo Tite y Darwin Tasinchano por su apoyo incondicional, por darme su ayuda fueron un pilar fundamental en esta meta, sin su ayuda esto no sería posible.

A todos mis familiares y amigos por cada palabra y gesto de aliento que supieron expresarme demostrando su incondicional afecto y comprensión.

¡Dedicado a cada uno de ustedes!

Junnior Damian Tasinchano Tite

RESUMEN

Tanto la fertilización edáfica como la foliar representan beneficios para los cultivos, sin embargo, difieren, pero a su vez se pueden complementar entre sí. Es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. El ensayo se realizó en el Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, km 7 vía Quevedo – El Empalme. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro bloques. Todas las variables de respuesta fueron sometidas al análisis de varianza, y se usó la prueba de Tukey ($p > 0.05$) para la comparación de las medias de los tratamientos. Los tratamientos evaluados fueron: T₁: Yara Vera Amidas (200 kg ha⁻¹) + Muriato de Potasio (200 kg ha⁻¹) + Fosfato Diamónico (160 kg ha⁻¹), T₂: Biotek (1 l ha⁻¹), T₃: Yara Vera Amidas (200 kg ha⁻¹) + Muriato de Potasio (200 kg ha⁻¹) + Fosfato Diamónico (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹) y T₄: Sin fertilización. Los resultados obtenidos demostraron que el cultivo de fréjol mostró mayor crecimiento al fertilizarlo con T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), produciendo plantas más altas (47.33 cm a los 30 días después de la siembra), más vainas por planta (28.55 vainas), número de granos por vaina (4.75 granos) y granos más homogéneos que tuvieron un mayor peso (22.25 g/100 granos) en comparación con los demás tratamientos. La aplicación de fertilizante edáfico y foliar, es decir T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), al reflejar mayores valores de los componentes del rendimiento, promovió la producción del cultivo por hectárea (1357.32 kg ha⁻¹). El mayor beneficio económico se obtuvo al fertilizar el cultivo con T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), reflejando una rentabilidad de 44.51%.

Palabras claves: fertilizante edáfico, fertilizante foliar, producción de fréjol.

ABSTRACT

Both edaphic and foliar fertilization represent benefits for crops, however, they differ, but in turn can complement each other. That is why the present investigation aimed to evaluate the response of the bean variety (*Phaseolus vulgaris* L.) dove leg to soil and foliar fertilization in the Mocache canton, Los Ríos province. The test was carried out at the “La María” Campus of the Quevedo State Technical University, km 7 via Quevedo - El Empalme. A randomized complete block design (DBCA) with four treatments and four blocks was used. All response variables were subjected to the analysis of variance, and the Tukey test ($p > 0.05$) was used to compare the means of the treatments. The treatments evaluated were: T1: Yara Vera Amides (200 kg ha^{-1}) + Potassium Muriate (200 kg ha^{-1}) + Diammonium Phosphate (160 kg ha^{-1}), T2: Biotek (1 l ha^{-1}), T3: Yara Vera Amides (200 kg ha^{-1}) + Potassium Muriate (200 kg ha^{-1}) + Diammonium Phosphate (160 kg ha^{-1}) + Biotek (1 l ha^{-1}) and T4: Without fertilization. The results obtained showed that the bean crop showed greater growth when fertilized with T3: YaraVera Amidas (280 kg ha^{-1}) + Muriate of potassium (200 kg ha^{-1}) + DAP (160 kg ha^{-1}) + Biotek (1 l ha^{-1}), producing taller plants (47.33 cm at 30 days after sowing), more pods per plant (28.55 pods), number of grains per pod (4.75 grains) and more homogeneous grains that had a higher weight (22.25 g/100 grains) compared to the other treatments. The application of edaphic and foliar fertilizer, that is to say T3: YaraVera Amides (280 kg ha^{-1}) + Muriate of potassium (200 kg ha^{-1}) + DAP (160 kg ha^{-1}) + Biotek (1 l ha^{-1}) by reflecting higher values of the yield components, it promoted crop production per hectare ($1357.32 \text{ kg ha}^{-1}$). The greatest economic benefit was obtained when fertilizing the crop with T3: YaraVera Amides (280 kg ha^{-1}) + Muriate of potassium (200 kg ha^{-1}) + DAP (160 kg ha^{-1}) + Biotek (1 l ha^{-1}), reflecting a profitability of 44.51%.

Key words: edaphic fertilizer, foliar fertilizer, bean production.

TABLA DE CONTENIDOS

Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del Proyecto de Investigación	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.....	iv
Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación	v
Agradecimientos.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
Tabla de contenido.....	x
Índice de Tablas.....	xiv
Índice de Anexos	xv
Código Dublín	xvi
Introducción.....	1
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Problematización.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1. Marco teórico	7
2.1.1. Aspectos generales del cultivo de fréjol.....	7
2.1.1.1. Clasificación taxonómica del fréjol.....	7
2.1.1.2. Situación mundial del fréjol	7
2.1.1.3. Contexto nacional del fréjol	8
2.1.1.4. Importancia del fréjol	9
2.1.1.5. Características morfológicas del fréjol.....	9
2.1.1.6. Etapas fenológicas	11
2.1.1.7. Requerimientos edafoclimáticos	12
2.1.2. Importancia de la fertilización en el cultivo de fréjol	13
2.1.3. Fertilización.....	13
2.1.3.1. Edáfica.....	13
2.1.4. YaraVera Amidas	14
2.1.5. DAP.....	15
2.1.6. Muriato de potasio.....	16
2.1.7. Biotek	17
2.1.8. Requerimiento de macro y micronutrientes	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1. Localización de la investigación	21
3.2. Tipo de investigación	21
3.3. Métodos de investigación.....	21
3.4. Fuentes de recopilación de la investigación	21
3.5. Tratamientos estudiados	22
3.6. Diseño experimental y análisis estadístico.....	22

3.1.1.	Especificaciones del experimento	23
3.2.	Instrumentos de investigación	23
3.2.1.	Material genético	23
3.2.2.	Manejo del ensayo	23
3.2.2.1.	Preparación del terreno	23
3.2.2.2.	Siembra	24
3.2.2.3.	Raleo	24
3.2.2.4.	Control de malezas	24
3.2.2.5.	Control fitosanitario	24
3.2.2.6.	Fertilización	24
3.2.2.7.	Cosecha	25
3.3.	Variables evaluadas	25
3.3.1.	Altura de planta (cm)	25
3.3.2.	Número de vainas por planta	25
3.3.3.	Número de granos por vaina	26
3.3.4.	Peso de 100 granos (g)	26
3.3.5.	Rendimiento (kg/ha)	26
3.3.6.	Análisis económico	26
3.4.	Recursos humanos y materiales	26
3.4.1.	Recursos humanos	26
3.4.2.	Recursos materiales	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
4.1.	Resultados	29
4.1.1.	Altura de planta a los 30 días (cm)	29
4.1.2.	Número de vainas por planta	29

4.1.3.	Número de granos por vaina	30
4.1.4.	Peso de 100 granos (g)	30
4.1.5.	Rendimiento (kg/ha).....	31
4.1.6.	Análisis económico	32
4.2.	Discusión.....	33
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		35
5.1.	Conclusiones	36
5.2.	Recomendaciones.....	37
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....		38
6.1.	Referencias bibliográficas	39
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....		43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación taxonómica del cultivo de fréjol.....	7
Tabla 2.	Características químicas de YaraVera Amidas	15
Tabla 3.	Características químicas del DAP	16
Tabla 4.	Características químicas de Muriato de potasio.....	16
Tabla 5.	Características químicas de Biotek	17
Tabla 6.	Descripción de los tratamientos evaluados	22
Tabla 7.	Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo.	22
Tabla 8.	Especificaciones del experimento	23
Tabla 9.	Descripción de la aplicación de los tratamientos en estudio.....	25
Tabla 10.	Altura de planta a los 30 días.....	29
Tabla 11.	Número de vainas por planta.....	30
Tabla 12.	Número de granos por vaina.....	30
Tabla 13.	Peso de 100 granos.	31
Tabla 14.	Rendimiento por hectárea.....	31
Tabla 15.	Análisis económico.	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Primera visita del Director del Proyecto de Investigación después del raleo.....	44
Anexo 2.	Aplicación de insecticida y fungicida.....	44
Anexo 3.	Aplicación de fertilizante edáfico.....	45
Anexo 4.	Conteo del número de vainas por planta	45
Anexo 5.	Conteo del número de semillas por vaina.....	46
Anexo 6.	Análisis de suelo del sitio experimental	47

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Evaluación de la respuesta de la variedad de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos
Autor:	Junnior Damian Tasinchano Tite
Palabras clave:	Nutrición de cultivos, respuesta agronómica, rendimiento.
Fecha de publicación	
Editorial:	
Resumen:	<p>Tanto la fertilización edáfica como la foliar representan beneficios para los cultivos, sin embargo, difieren, pero a su vez se pueden complementar entre sí. Es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta de la variedad de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. El ensayo se realizó en el Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, km 7 vía Quevedo – El Empalme. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro bloques. Todas las variables de respuesta fueron sometidas al análisis de varianza, y se usó la prueba de Tukey ($p > 0.05$) para la comparación de las medias de los tratamientos. Los tratamientos evaluados fueron: T₁: Yara Vera Amidas (200 kg ha⁻¹) + Muriato de Potasio (200 kg ha⁻¹) + Fosfato Diamónico (160 kg ha⁻¹), T₂: Biotek (1 l ha⁻¹), T₃: Yara Vera Amidas (200 kg ha⁻¹) + Muriato de Potasio (200 kg ha⁻¹) + Fosfato Diamónico (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹) y T₄: Sin fertilización. Los resultados obtenidos demostraron que el cultivo de fréjol mostró mayor crecimiento al fertilizarlo con T₃: Yara Vera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), produciendo plantas más altas (47.33 cm a los 30 días después de la siembra), más vainas por planta (28.55 vainas), número de granos por vaina (4.75 granos) y granos más homogéneos que tuvieron un mayor peso (22.25 g/100 granos) en comparación con los demás tratamientos. La aplicación de fertilizante edáfico y foliar, es decir T₃: Yara Vera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), al reflejar mayores valores de los componentes del rendimiento, promovió la producción del cultivo por hectárea (1357.32 kg ha⁻¹). El mayor beneficio económico se obtuvo al fertilizar el cultivo con T₃: Yara Vera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), reflejando una rentabilidad de 44.51%.</p>
Descripción:	
Url	

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, específicamente en la región costa, la disponibilidad de cultivos alternantes o de rotación se centra en algunos agricultores en especies pertenecientes a la familia de las leguminosas, para Salas (2011), el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es el que destaca dentro de esta familia, además, menciona que es la leguminosa alimenticia más importante del mundo, constituyendo una fuente principal de proteína para una parte significativa de la población en gran número de zonas en las que la agricultura de subsistencia es la principal actividad productiva.

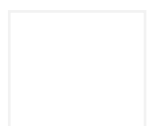
Leal (2016), manifiesta que esta leguminosa es sembrada generalmente en terrenos con pendientes en asociación con maíz, en suelos poco fértiles, con problemas de enfermedades y manejo agronómico; en su mayoría son agricultores pequeños, orientados a la producción para el autoconsumo, sin descartar la existencia de áreas donde los agricultores producen para el mercado. Al ser un cultivo sembrado en su mayoría por pequeños agricultores en pequeñas áreas, el manejo de este se da entorno a labores culturales básicas simples y que no demanden de pago de jornales, adjudicándose todo el trabajo los mismos dueños del cultivo implantado, excluyendo laboras importantes como las de fertilización.

El fréjol como cultivo de ciclo corto comercializado en estado seco, según lo afirmado por el Sistema de Información Pública Agropecuaria (2018), en sus portal de cifras agroproductivas, se desarrolla anualmente en aproximadamente 34469 hectáreas distribuidas principalmente en provincias de la Costa y generando un total nacional de 19 383 toneladas, dejando un promedio de rendimiento por hectárea de 0.64 toneladas, mientras que en estado tierno comercializado en vaina, ocupa un total nacional de 18 613 hectáreas, arrojando una producción de 20 400 toneladas, con promedio de 1.17 t ha⁻¹

El manejo apropiado del cultivo para elevar los rendimientos en cosechas, es una actividad que poco a poco toma fuerza entre las zonas de producción dedicadas a este cultivo, en donde se destaca la utilización de tecnologías como la fertilización edáfica y foliar, que mejoren la productividad del cultivo, y en consecuencia el nivel económico de los agricultores, para de este modo constituir un sistema de producción sostenible. Es por ello que la presente investigación se enfocó en la evaluación del efecto de ambos tipos de fertilización en la respuesta agronómica del cultivo de fréjol.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



1.1. Problematización

1.1.1. Planteamiento del problema

La obtención de rendimientos aceptables que permitan maximizar las utilidades a los agricultores, es algo que muy pocos productores pueden hacer, puesto que el fréjol es un monocultivo que comúnmente se desarrolla con poca o nula implementación de labores de fertilización (edáficas y foliar) en sus respectivas etapas de desarrollo, basándose en el mito de que el cultivo por ser una leguminosa no requiere ser fertilizado y en consecuencia se presenta como un cultivo no rentable, descartándose en su mayoría la adopción de planes de fertilización que podrían mejorar significativamente el rendimiento.

La mala calidad del grano a la hora de comprar por parte de los consumidores es otro aspecto que se produce por la poca implementación de tecnologías al cultivo, y que consecuentemente perjudica a los productores de fréjol, pues al solo disponer de granos que no presentan calidad visual, no existe atracción hacia el grano de esta leguminosa, afectando el dinamismo del mercado de fréjol, en el cual intervienen algunos de los mismos productores que se dedican al cultivo de esta especie. Esto convierte en necesario la ejecución de investigaciones orientadas a obtener productos de mejor calidad, y mayor rendimiento que permitan obtener un mejor beneficio económico.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la respuesta de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Qué efectos lograrían producir la aplicación de fertilizantes edáficos y foliares en la variedad de fréjol pata de paloma?

¿Cuál es el tratamiento que presenta la mejor respuesta?

¿Lograrán mejorar el rendimiento y la rentabilidad a los agricultores si aplican fertilizantes edáficos y foliares al fréjol?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma a la fertilización edáfica y foliar en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento agronómico de la variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) pata de paloma bajo la aplicación de fertilizante edáfico y foliar.
- Identificar el fertilizante o combinación de mayor eficiencia en función del rendimiento.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en relación al rendimiento obtenido.

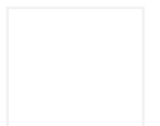
1.3. Justificación

El cultivo de fréjol es de suma importancia, desde el punto de vista nutricional, económico y social, ya que es un grano que aporta altos contenidos de proteína y es considerado como un componente básico en la alimentación, y también, porque es adoptado como cultivo de rotación en gran parte de agricultores y como cultivo principal de subsistencia en otros.

La implementación de tecnologías existentes y comunes que habían estado al margen del desarrollo del cultivo por desconocimiento de su utilización y efectividad, tales como la aplicación de nutrientes por la vía edáfica y foliar, se presentan como una alternativa tecnológica que permite demostrar el verdadero potencial genético de las variedades de fréjol. La obtención de cosechas que superen las expectativas y la producción de granos de calidad, es un beneficio para agricultores y personas dedicadas a la comercialización del grano, ya que, al aumentar la calidad de granos de esta leguminosa, se tendría la atención de los consumidores, y por ende un mejor precio de sus productos, beneficiando la economía de los productores.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN



2.1. Marco teórico

2.1.1. Aspectos generales del cultivo de fréjol

2.1.1.1. Clasificación taxonómica del fréjol

La clasificación taxonómica del fréjol según Valladares (2010), se detalla a continuación:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de fréjol

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Phaseolus
Especie	<i>P. vulgaris</i>

2.1.1.2. Situación mundial del fréjol

El fréjol es la leguminosa de mayor importancia en el consumo humano a nivel mundial, mismo que se realiza principalmente en los países en desarrollo, aunque en muchos de éstos el consumo se ha reducido en los años recientes, al sustituirlo por otros productos (Quintana *et al.*, 2016)

Durante la década reciente, la cosecha mundial de fréjol reporta una ligera tendencia al alza, impulsada por aumentos en la superficie cosechada y en los rendimientos por unidad de superficie. Myanmar, India, Brasil, México, Tanzania, Estados Unidos y China son los principales productores de fréjol, y en conjunto aportan el 64.8 por ciento de la oferta global (FIRA, 2015).

Su comercio en el mercado internacional es reducido en comparación con otros productos agrícolas y como proporción del consumo global de esta leguminosa, debido a que en general los principales países productores son también los consumidores más importantes (Sangerman-Jarquín *et al.*, 2010). La superficie cosechada por fréjol, en el año 2016 significó un total aproximado de 29 392 817 de hectáreas, de donde se produjeron cerca de

26 833 394 de toneladas de fréjol seco según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, registrando un promedio de 9 129 kg ha⁻¹ (FAO, 2018).

De acuerdo con los informes presentados por SEPSA y la FAO, el 55% de la producción total, se concentra en sólo 5 países: Brasil, India, China, Myanmar y México. Brasil es el principal productor universal de fréjol, y logra una producción de 2.8 millones de TM. India es el otro gran productor mundial de fréjol, con un 31% del área y una participación del 14% en la producción mundial. Similar al caso de Brasil, India presenta un alto volumen de producción pero con bajos rendimientos, de casi un 50% inferior a la media mundial (Cano, 2013).

2.1.1.3. Contexto nacional del fréjol

El fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de mayor área de cultivo y consumo en Ecuador. El consumo de fréjol en Ecuador se da en grano seco y grano con alto contenido de humedad, cosechada antes de la madurez fisiológica (de aquí en adelante referida como grano fresco). Los valles de los ríos Chota y Mira en las provincias norteñas de Imbabura y Carchi en Ecuador se encuentran entre las áreas productoras de fréjol más importantes del país. En nuestro país, la producción de fréjol está concentrado en un alto porcentaje (70-80%) en los pequeños y medianos agricultores, con propiedades que fluctúan entre 0.5 a 20 hectáreas, donde se practica como monocultivo y en asociaciones con maíz principalmente (Basantes, 2015).

En Ecuador, el cultivo de fréjol es un componente de los sistemas de producción, principalmente en la Región Sierra. La producción de esta leguminosa genera trabajo, empleo, alimento e ingresos económicos a pequeños, medianos y grandes agricultores, que tratan de satisfacer la demanda interna y externa y de la agroindustria artesanal o convencional (Peralta *et al.*, 2007).

El fréjol como cultivo de ciclo corto comercializado en estado seco, según lo afirmado por el Sistema de Información Pública Agropecuaria (2018), en sus portal de cifras agroproductivas, se desarrolla anualmente en aproximadamente 34 469 hectáreas distribuidas en provincias de la Costa y Sierra, generando un total nacional de 19 383

toneladas por hectárea, dejando un promedio de rendimiento por hectárea de 0.64 toneladas, mientras que en estado tierno comercializado en vaina, ocupa un total nacional de 18 613 hectáreas, arrojando una producción de 20 400 toneladas, con promedio de 1.17 t ha⁻¹.

2.1.1.4. Importancia del fréjol

El fréjol desde el punto de vista nutricional es muy importante para la dieta humana, la semilla del fréjol contiene entre 20 – 25 % de proteína, y la phaseolina es la principal. También es fuente de vitaminas y minerales. Contiene biotina la cual es un factor esencial para una variedad de carboxilasas y descarboxilasas establecidas en diversas vías metabólicas de todos los organismos. Se cree que el estado de la biotina varía entre las plantas durante el desarrollo y condiciones de crecimiento (Cano, 2013). Además, se le considera muy importante para la salud, en especial para diabéticos, para personas con problemas cardiovasculares, desnutrición, anemia, obesidad, para prevenir el cáncer y otros beneficios (Lara, Peralta, & Villacrés, 2009).

2.1.1.5. Características morfológicas del fréjol

2.1.1.5.1. Sistema radicular

En la primera etapa de desarrollo su sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. A los pocos días de emerger la radícula es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. En general, el sistema radical es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo (Ochoa, 2013).

2.1.1.5.2. Tallo

Las plantas de fréjol poseen un tallo principal, el cual, dependiendo del cultivar, puede presentar un hábito de crecimiento erecto, semirrecto, semiprostrado o prostrado, pudiendo alcanzar de 30-90 cm. de longitud, en variedades determinadas. En variedades

indeterminadas, puede alcanzar 2 o más metros. El tallo está conformado por nudos y entrenudos; al primer nudo se le denomina cotiledones luego aparece el segundo nudo que es el de las hojas primarias unifoliadas, después de estas, el tallo continúa con una sucesión de nudos (punto de intersección de hojas trifoliadas en el tallo y un grupo de yemas axilares) y entrenudos (espacio entre dos nudos) (Matute, 2013).

El número total de nudos en el tallo principal puede fluctuar entre 6 y más de 30. Las variedades que tienen tipos de crecimiento determinado se ramifican más, la altura total de la planta es menor (30-90 cm.) y al comenzar la floración cesa el desarrollo de la misma (Matute, 2013).

2.1.1.5.3. Hojas

Las hojas del fréjol son de dos tipos: simples y compuestas, y están insertadas en los nudos del tallo, se forman en la semilla durante la embriogénesis y caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las hojas compuestas trifoliadas son las hojas típicas del fréjol, tienen tres folíolos, un peciolo y un raquis. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estipulas de forma triangular que siempre son visibles (Andino, 2011).

2.1.1.5.4. Flores

Las flores aparecen en racimos en las axilas de las hojas. Cada flor individual tiene una bráctea basal y al final del pedúnculo un par de bractéolas. Hay dos pétalos laterales, las alas, y uno superior y más grande, el estandarte, los colores de los pétalos en el fréjol varían de blanco a morado y cambian con la edad de la flor y las condiciones ambientales (Villalba, 2017).

2.1.1.5.5. Fruto

Puesto que el fruto es una vaina esta especie se clasifica como leguminosa; las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar de la semilla del fréjol (CIAT, 2009).

2.1.1.6. Etapas fenológicas

Las etapas fenológicas del cultivo de fréjol se dividen o agrupan en dos fases según lo mencionando por el INTA (2009), estas son fase vegetativa y reproductiva, las cuales se detallan a continuación:

- **Germinación (V-0):** En esta etapa la semilla absorbe agua para favorecer el proceso de germinación con la aparición de la radícula, la cual se convierte en la raíz primaria. En la parte alta de la radícula se desarrollan entre tres y siete raíces secundarias. Sin embargo, si la semilla es de mala calidad ésta no germina o se pudre en el suelo.
- **Emergencia (V⁻¹):** El hipocotílo, corresponde a la parte subterránea del tallo principal, comienza a desarrollarse uno a dos días después de la aparición de la radícula y conduce a los cotiledones hacia arriba hasta que son visibles sobre el suelo. Si la semilla es de calidad, emerge uniforme y crece con vigor.
- **Hojas primarias (V-2):** Son unifoliadas, opuestas y se desarrollan a partir del segundo nudo del tallo. En la medida que la planta alcanza otras etapas fenológicas, las hojas primarias se desprenden en alguna etapa del cultivo y dejan visible el segundo nudo del tallo.
- **Primera hoja trifoliada (V-3):** Al inicio los folíolos todavía unidos aumentan de tamaño, luego se separan, al final se despliegan y extienden en un solo plano, cuando se inicia la etapa V-3 la primera hoja trifoliada se encuentra por debajo de las hojas primarias.
- **Tercera hoja trifoliada (V-4):** Se presenta entre los 18 y 22 días después de la siembra, el fréjol comienza a producir los brotes laterales que posterior se convierten en ramas principales donde se fijará la producción de vainas. En este momento las plantas demandan mayor cuidado en lo que respecta a las malezas, por ser el período crítico de competencia.
- **Prefloración (R-5):** En las variedades de hábito indeterminado el inicio de esta etapa se presenta con la aparición de racimos en los nudos inferiores.

- **Floración (R-6):** La floración ocurre entre los 28 y 38 días después de la siembra. Las variedades precoces florecen más rápido mientras que la floración en variedades tardías lo realizan en mayor número de días. Las variedades de color rojo tienen flores de color blanco. El fréjol es una planta autógama, por lo tanto, las flores se autofecundan. La fecundación cruzada se puede presentar entre 2 y 5 por ciento, en condiciones normales de cultivo.
- **Formación de vainas (R-7):** La formación de vainas en las variedades comerciales ocurren entre 40 y 60 días después de la siembra.
- **Llenado de vainas (R-8):** Las vainas después de la floración comienzan su desarrollo y el grano comienza a crecer. Las vainas aumentan entre los 15 a 20 días después de la floración. Los granos crecen rápido y alcanzan su peso máximo entre los 30 a 35 días después de la floración.
- **Madurez fisiológica y cosecha (R-9):** Cuando las plantas entran en madurez fisiológica, las hojas comienzan a madurar y se desprenden de la planta, las vainas cambian de color verde a crema o amarillo rojizo de acuerdo con la variedad.

2.1.1.7. Requerimientos edafoclimáticos

2.1.1.7.1. Temperatura

El fréjol es cultivado desde el trópico hasta la zona templada, es sensible a las heladas, los vientos fuertes y la excesiva humedad del suelo. Las temperaturas menores a 13°C retrasan el crecimiento; mientras que las altas provocan la caída de flores, disminución del número y peso de vainas, bajo llenado de vainas, semillas pequeñas y de menor vigor (Sarmiento, 2002).

2.1.1.7.2. Suelo

El fréjol es una leguminosa que necesita de una buena preparación del suelo para desarrollarse en forma apropiada. Prospera bien en suelo livianos, francos arenosos o arenosos; los suelos compactos y pesados afectan el desarrollo de las plantas. Suelos bien

preparados proporcionan a la semilla una cama mullida, libre de malezas y de condiciones físicas apropiadas. Para obtener un terreno de tales características es necesario iniciar las labores con suficiente anticipación, de modo que el residuo vegetal se descomponga y sea beneficioso para el cultivo (Villasís, 2000). Se le puede considerar como no exigente en cuanto a las condiciones físicas del suelo (Mogollón, 2008).

2.1.2. Importancia de la fertilización en el cultivo de fréjol

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Esta publicación trata solamente los nutrientes absorbidos del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando (Pérez, 2017).

El fréjol como planta leguminosa fija nitrógeno atmosférico, por lo que usualmente se considera que no necesita de la aplicación de más fertilizantes. Sin embargo, para alcanzar altos niveles productivos la fijación biológica parece no ser suficiente y es necesario aplicar fertilizantes, sea de forma edáfica o foliar (Ochoa, 2013).

Como cualquier otro cultivo leguminoso, requiere un suelo relativamente fértil para el buen desarrollo de la planta. En América latina, el fréjol crece en suelos muy diferentes, en algunos de ellos, las deficiencias y toxicidades nutricionales pueden limitar los rendimientos. Por ejemplo, en América Central y en el occidente de América el Sur, los fréjoles generalmente crecen en zonas de montaña, donde predominan los andosoles (inceptisoles). En estos suelos las deficiencias de fósforo y las toxicidades de aluminio y manganeso son los principales problemas (Villasís, 2000).

2.1.3. Fertilización

2.1.3.1. Edáfica

El abastecimiento nutrimental vía fertilización edáfica depende de muchos factores tanto del suelo como del medio que rodea al cultivo, de aquí, que la fertilización foliar para ciertos

nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica (Fageria *et al.*, 2009).

La fertilización mineral permite una rápida disponibilidad de elementos para la planta, favoreciendo algunas variables de crecimiento y rendimiento, lo cual depende de las condiciones ambientales, debido a que este tipo de fertilización tiene una rápida mineralización y adsorción al suelo, además de una frecuencia de aplicación mayor, debido a su alta solubilidad y precipitación (Citak & Sonmez, 2010).

2.1.1. Foliar

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no substituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo (Orbea, 2013).

Corregir requerimientos nutrimentales que no se logran cubrir con la fertilización común al suelo, abastecer de nutrimentos a la planta que se retienen o se fijan en el suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta, hacer eficiente el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes, corregir problemas fitopatológicos de los cultivos al aplicar cobre y azufre, y reforzar la fertilización edáfica para optimizar el rendimiento de una cosecha (Martínez, Jasso-Chaverría, & Huerta-Díaz, 2012).

2.1.4. YaraVera Amidas

YaraVera Amidas es un fertilizante edáfico, proporciona una aplicación simultánea de N y S en una relación de 8 a 1, la cual es comparable con la relación existente en la materia orgánica del suelo. Esta relación no sólo es ideal para la planta, sino que además reduce al mínimo las pérdidas de N por volatilización. El Azufre que contiene, mejora la eficiencia del Nitrógeno Amídico al reducir las pérdidas por volatilización. Tanto el Nitrógeno como

el Azufre entran en la composición de las proteínas vegetales, las enzimas y las vitaminas que regulan casi la totalidad de los procesos biológicos de la planta (Cool & Mero, 2018).

Las mayores reservas de ambos nutrientes se encuentran en la materia orgánica contenida en el suelo. Ambos, Nitrógeno y Azufre tienen que ser transformados por acción de las bacterias del suelo antes de que la planta pueda asimilarlos. La distribución de la aplicación en el tiempo y las cantidades aplicadas para ambos nutrientes son importantes para la obtención de rendimientos altos y para evitar pérdidas innecesarias por lixiviación (Mora, 2013).

Las características de este fertilizante se presentan en la tabla 2:

Tabla 2. Características químicas de YaraVera Amidas

Características químicas	
Nitrógeno total (N)	40%
Nitrógeno (N) amoniacal	5%
Nitrógeno (N) Ureico	35%
Trióxido de Azufre (SO ₃)	14%

Fuente: Mora (2013)

Elaboración: Autor

2.1.5. DAP

El fosfato diamónico (DAP) es el fertilizante fosfatado más utilizado en el mundo. Está hecho de dos componentes comunes de la industria de los fertilizantes y es popular debido a su contenido de nutrientes relativamente alto y sus excelentes propiedades físicas. El DAP es una excelente fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y por lo tanto se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponibles para las plantas. Una característica notable del DAP es el pH alcalino que se desarrolla alrededor de los gránulos en disolución (IPNI, 2019).

Como la disolución de gránulos del DAP libera amonio, el amoníaco volátil puede ser dañino para las plántulas y raíces de plantas cercanas. Este daño potencial es más común cuando el pH del suelo es superior a 7, una condición que comúnmente existe alrededor del gránulo del DAP en disolución. Para evitar la posibilidad de dañar las plántulas, se debe

tener cuidado evitando colocar grandes cantidades del DAP concentrado cerca de la zona de germinación (Timana, 2015).

Tabla 3. Características químicas del DAP

Formula química	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Contenido de N	18%
Contenido de P_2O_5	46%
Solubilidad en agua	588 g/l
pH solución	7.5 a 8

Fuente: Timana (2015)

Elaboración: Autor

2.1.6. Muriato de potasio

Los fertilizantes potásicos son comúnmente utilizados para superar las deficiencias de las plantas. Donde los suelos no pueden abastecer las cantidades de potasio (K) requeridas por los cultivos, se hace necesario el agregado de este nutriente vegetal esencial. Potasa es un término general usado para designar una variedad de fertilizantes utilizados en la agricultura que contienen K. El cloruro de K (KCl), la fuente más comúnmente utilizada, es también conocido como muriato de K. El K siempre está en los minerales en forma de catión monovalente (K^+) (Gonzálvez, 2008).

Es el fertilizante potásico más extensamente utilizado debido a su bajo costo relativo y a que incluye más cantidad de K que otras fuentes 50-52% K (60-63% K_2O) y 45-47% Cl. El KCl es usualmente esparcido sobre la superficie del suelo previo a las labores para la siembra. También puede ser aplicado en bandas cerca de la semilla. Ya que al disolverse el fertilizante se incrementará la concentración de sales solubles, el KCl en bandas se coloca al costado de la semilla para evitar daños durante la germinación de las plantas (Pereira, 2011).

Tabla 4. Características químicas de Muriato de potasio

Formula química	KCl
Grado del fertilizante	0-0-60
Contenido de K_2O	60 a 63 %
Contenido de Cl	45 a 47 %
Solubilidad en agua	344 g/l
pH solución	Aprox. 7

Fuente: Pereira (2011)

Elaboración: Autor

2.1.7. Biotek

Es un fitorregulador y fertilizante foliar completo con alta concentración de citoquininas de aplicación foliar. Su formulación está diseñada para aumentar y mejorar el rendimiento de las cosechas. Contiene en forma balanceada el complejo hormonal formado por: Auxinas, giberelinas y citoquininas; macroelementos (N, P, K); elementos secundarios (Ca, S, Mg); además de estar complementado con vitaminas y todos los microelementos esenciales para intensificar los procesos metabólicos de las plantas, estimulando al máximo su potencial genético (García, 2018).

La acción conjunta de las citoquininas y auxinas permite incrementar la floración, amarre y cuajado de los frutos, así como aumentar y uniformizar el tamaño de los frutos. El alto contenido de citoquininas favorecerá en un mayor número de tallos laterales, incremento en la calidad y tamaño de hojas y frutos, así como un retraso en el envejecimiento de los órganos vegetales; por otro lado, las giberelinas actuarán en la brotación de yemas y elongación de frutos (Vaca, 2011).

Tabla 5. Características químicas de Biotek

Nombre y formula del I.A.	Cantidad
Extractos orgánicos, fitohormonas y vitaminas biológicamente activas	87.60 %
Citoquininas	2197.95 ppm
Giberelinas	33.50 ppm
Auxinas	34.70 ppm
Nitrógeno (N)	7.40 g/l
Fosforo (P)	14.70 g/l
Potasio (K)	15.50 g/l
Calcio (Ca)	3.70 g/l
Magnesio (Mg)	6.20 g/l
Hierro (Fe)	28.30 g/l
Zinc (Zn)	35.70 g/l
Manganeso (Mn)	14.80 g/l
Cobre (Cu)	7.20 g/l
Boro (B)	5.30 g/l
Cobalto (Co)	3.10 g/l
Azufre (S)	53.00 g/l
Molibdeno (Mo)	5.30 g/l

Fuente: Pereira (2011)

Elaboración: Autor

2.1.8. Requerimiento de macro y micronutrientes

El fréjol tiene requerimientos relativamente altos en nitrógeno y medianos de fósforo, pero se menciona como una de las especies con menor eficiencia relativa en la fijación de nitrógeno (comparado con otras leguminosas) (INIAP, 2002).

Según Tamayo (2011), una parte importante del abastecimiento de nitrógeno se logra a través de la fijación simbiótica establecida entre las plantas de fréjol y las bacterias nitrificantes de la especie *Rhizobium phaseoli*. La cantidad de nitrógeno que no alcanza a ser suplida por el proceso de fijación simbiótica, es absorbida desde el suelo por el sistema radical de las plantas. Debido a esto, la aplicación de nitrógeno debe ser de 60 a 70 kg ha⁻¹, la misma que tiene que ser distribuida en dos fracciones; la primera, de 25 a 30 kg ha⁻¹ al momento de la siembra, en tanto que la segunda, hay que aplicarla a comienzo de la floración, 35 a 40 kg restantes.

El fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos de la planta, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radicular, fecundación e inicio de la fructificación (Ancin, 2014). Suelos con más de 10 ppm de fósforo, no presentan respuesta a la aplicación de este elemento. Las dosis máximas de fósforo recomendadas no superan 60 a 70 kg ha⁻¹, exceptuando los suelos trumao (Tierra arenisca muy fina), en los cuales puede ser necesario aplicar cantidades superiores a 120 kg ha⁻¹ (Khadri *et al.*, 2000).

En cuanto al potasio, su mayor importancia está en el papel que juega como regulador fisiológico en varios procesos: permeabilidad de las membranas celulares, equilibrio ácido-básico intracelular, formación y acúmulo de sustancias de reserva, regulador del estatus hídrico de los cultivos (Ancin, 2014). El nivel crítico de potasio se estima en 80 ppm en el suelo, por lo tanto, sólo se debe aplicar en suelos con bajas cantidades de este nutriente a razón de 40 kg ha⁻¹ (Khadri *et al.*, 2000).

En cuanto a los micros elementos, el fréjol es particularmente sensible a las carencias de zinc, molibdeno, manganeso y cobre (Khadri *et al.*, 2000). Según Valladares (2010), las deficiencias de micro-nutrientes son mucho menos comunes que los de N, P, o K, pero pueden ocurrir bajo las siguientes condiciones:

- En suelos acídicos y arenosos que están muy lixiviados.
- En suelos con un valor pH más de 7.0 (con la excepción del molibdeno que es más disponible a los niveles de pH más bajos).
- Los suelos extensivamente cultivados y abonados sólo con los macro-nutrientes.
- Las áreas donde se cultivan los vegetales, las leguminosas y los árboles de frutas.
- Suelos orgánicos (turba).

Las toxicidades de micro-nutrientes: el hierro, el manganeso, y el aluminio se pueden poner demasiado solubles y tóxicos a las plantas en suelos muy ácidos. El boro y el molibdeno pueden causar toxicidad si son aplicados incorrectamente (Valladares, 2010).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se llevó a cabo en Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, km 7 vía Quevedo – El Empalme, ubicado en la latitud sur de 1° 05’ 18’’ y longitud occidental de 79° 32’24’’, a una altura de 75 msnm.

El sitio donde se desarrolló el experimento se encuentra en una zona climática tropical húmeda, su temperatura media anual es de 24.8°C, precipitación media anual de 2252 mm; humedad relativa 84%, y 894.0 horas sol año⁻¹. El suelo presenta una topografía plana, textura franco- limoso con un pH promedio de 5.5 (Franco, 2018).

3.2. Tipo de investigación

Se llevó a cabo una investigación de tipo experimental, ya que se manejaron diferentes tratamientos, para posteriormente determinar la respuesta del cultivo de fréjol, mediante la evaluación de las diferentes variables de respuesta tanto agronómicas como la económica.

3.3. Métodos de investigación

En el desarrollo de la presente investigación se hizo uso de los siguientes métodos:

- **Inductivo:** en la selección de las variables de respuesta de acuerdo a los objetivos planteados.
- **Deductivo** en la determinación de la respuesta específica del cultivo de fréjol a la aplicación de la fertilización edáfica y foliar.
- **Analítico:** en el análisis de los datos obtenidos en la evaluación de las variables de respuesta, para la posterior generación de resultados de la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de la investigación

La recopilación de información para la investigación se efectuó mediante la observación directa (fuentes primarias) mediante evaluación de diferentes variables de respuesta consideradas de acuerdo a los objetivos de la investigación, así como de fuentes secundarias

constituidas por libros, boletines divulgativos, manuales técnicos, revistas, publicaciones, internet.

3.5. Tratamientos estudiados

Se estudiaron cuatro tratamientos conformado por fertilización tanto edáfica, como foliar, tal como se muestra a continuación:

Tabla 6. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Descripción
T ₁ : YVA + MP + DAP	Yara Vera Amidas (280 kg ha ⁻¹) + Muriato de Potasio (200 kg ha ⁻¹) + Fosfato Diamónico (160 kg ha ⁻¹)
T ₂ : Biotek	Fertilización foliar con Biotek (1 l ha ⁻¹)
T ₃ : YVA + MP + DAP + Biotek	Yara Vera Amidas (280 kg ha ⁻¹) + Muriato de Potasio (200 kg ha ⁻¹) + Fosfato Diamónico (160 kg ha ⁻¹) + Biotek (1 l ha ⁻¹)
T ₄ : Sin fertilización	Sin aplicación de fertilización edáfica ni foliar

3.6. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro bloques. Todas las variables de respuesta fueron sometidas al análisis de varianza, y se usó la prueba de Tukey (p>0.05) para la comparación de las medias de los tratamientos. La tabulación de los datos se realizó en Excel 2016, y el procesamiento estadístico en Infostat versión 2017.

El esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo se presenta en la Tabla 7:

Tabla 7. Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	3
Tratamientos	3
error	9
Total	15

3.1.1. Especificaciones del experimento

Las especificaciones del experimento se presentan en la Tabla 8:

Tabla 8. Especificaciones del experimento

Especificaciones	Descripción
Distancia entre plantas	0.25 m
Distancia entre hileras	0.5 m
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimental	16
Ancho de las repeticiones	4.0 m
Longitud de las repeticiones	11.0 m
Dimensiones de cada subparcela	4.0 * 2.0 m
Área de cada subparcela	8.0 m ²
Área de las repeticiones	44.0 m ²
Área total del ensayo	225.5 m ²
Número de plantas por unidad experimental	64
Número de plantas por hilera	16
Número de plantas útiles por unidad experimental	28
Total de plantas útiles en el ensayo	448
Total de plantas en el ensayo	1536

3.2. Instrumentos de investigación

3.2.1. Material genético

Como material genético se utilizó semilla de fréjol Pata de paloma.

3.2.2. Manejo del ensayo

3.2.2.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en dos pases de rastra en ambos sentidos (cruza y recruza) para dejar el suelo mullido, en condiciones de siembra adecuadas, estos pases de rastra permitieron desintegrar los terrones del suelo, para de este modo facilitar la germinación y desarrollo radicular del cultivo.

3.2.2.2. Siembra

La siembra se la realizó en las primeras semanas de febrero, de forma manual colocando dos semillas por hoyo, con un distanciamiento de 0.25 entre plantas y 0.50 m, utilizando un espeque para hacer cada hoyo.

3.2.2.3. Raleo

Se lo manejo a partir de los 12 días después de la siembra, con el fin de seleccionar las plantas con mayor vigor y dejar una por hoyo (Anexo 1).

3.2.2.4. Control de malezas

El control de malezas se efectuó utilizando bomba de mochila CP-3 con una boquilla tipo abanico color rojo donde se aplicó Basta (Glufosinato de amonio) en dosis de 2 l/ha. El control químico se realizó hasta los 20 días y posteriormente el control de malezas se continuo de manera manual.

3.2.2.5. Control fitosanitario

Se utilizó el insecticida no sistémico Deltaclor (Clorpirifos) a los 25 días después de la siembra con dosis de 1 l ha⁻¹ para controlar el ataque de Lepidópteros y Chrysomélidos (mariquitas) en todos los tratamientos (Anexo 2).

3.2.2.6. Fertilización

La fertilización edáfica se llevó a cabo previo el análisis de suelo (Anexo 6), el programa de fertilización que estuvo conformado preferentemente por elementos N P K, provenientes de los insumos YaraVera Amidas, DAP y Muriato de potasio. Los tratamientos se aplicaron a los 15 días después de la siembra y la segunda aplicación fue ligada a la etapa previa de floración (30 días después de la siembra). Para la fertilización edáfica, en la primera aplicación únicamente se aplicó YaraVera Amidas, mientras que para la segunda aplicación se realizó una mezcla física homogénea entre Muriato de potasio y DAP (Anexo 3). La descripción de las aplicaciones de los fertilizantes edáficos y el fertilizante foliar se muestran a continuación (Tabla 9):

Tabla 9. Descripción de la aplicación de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Descripción de la aplicación	
	15 días después de la siembra	Previo a la floración
T1: YVA + MP + DAP	3.5 g de YaraVera Amidas por planta	4.5 g de la mezcla entre Muriato de potasio y DAP
T2: Biotek	500 cc ha ⁻¹	500 cc ha ⁻¹
T3: YVA + MP + DAP + Biotek	3.5 g de YaraVera Amidas por planta + 500 cc ha ⁻¹ de Biotek 5 días después de la aplicación	4.5 g de la mezcla entre Muriato de potasio y DAP + 500 cc ha ⁻¹ de Biotek 5 días después de la aplicación
T4: Sin fertilización	Sin aplicación de ningún tipo de fertilización	

3.2.2.7. Cosecha

Las labores de cosecha fueron realizadas cuando el cultivo cumplió su etapa fisiológica de madurez de las vainas y estas presentaron cambios en su coloración, dicha labor se realizó de forma manual.

3.3. Variables evaluadas

3.3.1. Altura de planta (cm)

Se efectuó la medición de la altura de planta a los 30 días después de la siembra utilizando un flexómetro, escogiendo aleatoriamente 10 plantas por unidad experimental, para luego expresar el promedio en centímetros. Para la determinación de la altura de la planta, se consideró la medida entre el nivel del suelo hasta el ápice del eje central.

3.3.2. Número de vainas por planta

Se registró el número de vainas por plantas en la cosecha, tomando 10 plantas al azar de las hileras útiles y posteriormente se promediaron los valores (Anexo 4).

3.3.3. Número de granos por vaina

Para la toma de esta variable se procedió a contabilizar el número de granos por vaina en 10 plantas tomadas al azar dentro del área útil de cada unidad experimental (Anexo 5).

3.3.4. Peso de 100 granos (g)

Una vez realizada la cosecha de cada parcela, se tomaron 100 granos al azar y se registró su peso en gramos.

3.3.5. Rendimiento (kg ha⁻¹)

El rendimiento fue constituido por el peso en kilogramos de los granos cosechados de cada parcela útil y llevado a kg/ha.

3.3.6. Análisis económico

Para el análisis económico, se consideró el costo de cada uno de los tratamientos en estudio, para luego hallar la relación beneficio/costo en base a la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costo Total}}$$

$$\text{Ingreso bruto} = \text{Rendimiento} * \text{Precio de venta por kg}$$

$$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costo total}$$

$$\text{Costo Total} = \text{Costo fijo} + \text{costo variable} + \text{costo del tratamiento}$$

3.4. Recursos humanos y materiales

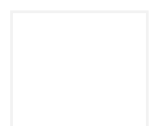
3.4.1. Recursos humanos

- Estudiante responsable del Proyecto de Investigación
- Docente Director del Proyecto de Investigación

3.4.2. Recursos materiales

- Balanza digital
- Baldes plásticos
- Bomba CP3
- Flexómetro
- Computador
- Cuaderno de campo
- Espeque
- Hojas de papel bond
- Impresora
- Machetes
- Memoria USB
- Pala
- Piola
- Fréjol variedad pata de paloma
- Fertilizantes edáficos: YaraVera Amidas, DAP, Muriato de potasio
- Fertilizantes foliares: Biotek

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. Resultados

4.1.1. Altura de planta a los 30 días (cm)

Los promedios correspondientes a la altura de planta de fréjol en respuesta a la fertilización edáfica y foliar se presentan en la Tabla 10. De acuerdo al análisis de varianza, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, obteniéndose un coeficiente de variación de 10.06%. Los valores de altura de planta fluctuaron entre 41.48 y 47.33 cm, siendo el tratamiento T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), es decir la combinación de los dos tipos de fertilización el que presentó plantas de mayor altura, mientras que al no aplicarse ningún tipo de fertilización se obtuvieron las plantas más bajas.

Tabla 10. Altura de planta a los 30 días en el cultivo de fréjol a los 30 días después de la siembra en respuesta a la aplicación de fertilización edáfica y foliar en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, 2019.

Tratamientos	Altura de planta (cm)
T ₁ : YVA (200 kg ha ⁻¹) + MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹)	43.23 b
T ₂ : Biotek (1 l ha ⁻¹)	43.03 b
T ₃ : YVA (200 kg ha ⁻¹) + MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹) + Biotek (1 l ha ⁻¹)	47.33 a
T ₄ : Sin fertilización	41.48 c
Promedio	43.98
Coefficiente de variación (%)	10.06

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0.05$)

4.1.2. Número de vainas por planta

Los promedios del número de vainas por planta se presentan en la Tabla 11. El análisis de varianza determinó la existencia de diferencias significativas en el nivel 0.01, con un coeficiente de variación de 16.04%.

Con el tratamiento de T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹) se pudo obtener mayor número de vainas por planta con 28.55 vainas, superando estadísticamente a los demás tratamientos y testigo que registraron valores entre 14.02 y 25.85 vainas, siendo el testigo sin fertilización el que menor número de vainas por planta produjo.

Tabla 11. Número de vainas por planta en el cultivo de fréjol a los 30 días después de la siembra en respuesta a la aplicación de fertilización edáfica y foliar en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, 2019.

Tratamientos	Número de vainas por planta	
T1: YVA (200 kg ha ⁻¹)+ MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹)	25.85	b
T2: Biotek (1 l ha ⁻¹)	24.95	b
T3: YVA (200 kg ha ⁻¹)+ MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹) + Biotek (1 l ha ⁻¹)	28.55	a
T4: Sin fertilización	14.02	c
Promedio	24.84	
Coefficiente de variación (%)	16.04	

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

4.1.3. Número de granos por vaina

En la Tabla 12, se presentan los valores del número de granos por vaina, cuyo respectivo análisis de varianza determinó significancia estadística en el nivel 0.05. El coeficiente de variación fue de 18.14%. Con la fertilización a base de T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹) se registró mayor número de granos por vaina con 4.75 granos, superando estadísticamente a los tratamientos restantes que alcanzaron promedios entre 4.25 y 4.50 granos por vaina. El testigo sin fertilización presentó menor número de granos por vaina con 4.25 granos.

Tabla 12. Número de granos por vaina en el cultivo de fréjol a los 30 días después de la siembra en respuesta a la aplicación de fertilización edáfica y foliar en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, 2019.

Tratamientos	Número de granos por vaina	
T1: YVA (200 kg ha ⁻¹)+ MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹)	4.50	b
T2: Biotek (1 l ha ⁻¹)	4.50	b
T3: YVA (200 kg ha ⁻¹)+ MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹) + Biotek (1 l ha ⁻¹)	4.75	a
T4: Sin fertilización	4.25	c
Promedio	4.50	
Coefficiente de variación (%)	18.14	

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

4.1.4. Peso de 100 granos (g)

Los promedios del peso de 100 granos de fréjol se presentan en la Tabla 13. De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos no alcanzaron el nivel de significancia estadística, con

un coeficiente de variación de 6.98%. Los tratamientos presentaron valores entre 20.50 y 22.25 g, siendo el tratamiento T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹) el que mayor promedio registró y el testigo el de menor peso de 100 granos.

Tabla 13. Peso de 100 granos en el cultivo de fréjol a los 30 días después de la siembra en respuesta a la aplicación de fertilización edáfica y foliar en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, 2019.

Tratamientos	Peso de 100 granos (g)
T ₁ : YVA (200 kg ha ⁻¹) + MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹)	21.00 a
T ₂ : Biotek (1 l ha ⁻¹)	21.25 a
T ₃ : YVA (200 kg ha ⁻¹) + MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹) + Biotek (1 l ha ⁻¹)	22.25 a
T ₄ : Sin fertilización	20.50 a
Promedio	21.25
Coeficiente de variación (%)	6.98

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

4.1.5. Rendimiento (kg ha⁻¹)

En la Tabla 14, se presentan los promedios del rendimiento del cultivo de fréjol. El análisis de varianza reflejó alta significancia estadística para los tratamientos en estudio, alcanzando un coeficiente de variación de 20.21%. Con la aplicación de T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹) se registró mayor rendimiento con 1357.32 kg ha⁻¹, superando estadísticamente a los demás tratamientos que registraron rendimientos entre 432.74 y 1036.51 kg ha⁻¹, siendo el testigo sin fertilización el que menor rendimiento produjo.

Tabla 14. Rendimiento por hectárea en el cultivo de fréjol a los 30 días después de la siembra en respuesta a la aplicación de fertilización edáfica y foliar en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, 2019.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
T ₁ : YVA (200 kg ha ⁻¹) + MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹)	1036.51 b
T ₂ : Biotek (1 l ha ⁻¹)	667.07 c
T ₃ : YVA (200 kg ha ⁻¹) + MP (200 kg ha ⁻¹) + DAP (160 kg ha ⁻¹) + Biotek (1 l ha ⁻¹)	1357.32 a
T ₄ : Sin fertilización	432.74 d
Promedio	873.41
Coeficiente de variación (%)	20.21

* Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

4.1.6. Análisis económico

El análisis económico presentado en la Tabla 15, demuestra que con la aplicación del tratamiento de T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), se obtuvo mayor beneficio económico con un ingreso neto de \$ 313.55 ha⁻¹, a un costo total de \$ 704.44, con un costo de tratamiento de \$ 377.00, generando una rentabilidad de 44.51%.

Tabla 15. Análisis económico del rendimiento por hectárea en el cultivo de fréjol a los 30 días después de la siembra en respuesta a la aplicación de fertilización edáfica y foliar en la zona de Mocache, provincia de Los Ríos, 2019.

Indicadores	Tratamientos			
	T ₁ : YVA + MP + DAP	T ₂ : Biotek	T ₃ : YVA + MP + DAP + Biotek	T ₄ : Sin fertilización
Rendimiento (kg/ha)	1036.51	667.07	1357.32	432.74
Ingreso bruto (\$)	777.38	500.30	1017.99	324.56
Costo variable (\$)	62.19	40.02	81.44	25.96
Costo del tratamiento (\$)	273.00	104.00	377.00	0.00
Costo total (\$)	581.19	390.02	704.44	271.96
Ingreso neto	196.19	110.28	313.55	52.60
B/C	1.34	1.28	1.45	1.19
Rentabilidad (%)	33.76	28.28	44.51	19.34

Precio de venta/kg: \$ 0.75
 Costo fijo/ha: \$ 246.00
 Costo variable/kg: \$ 0.06

T₁: YVA (200 kg ha⁻¹) + MP (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹)

T₂: Biotek (1 l ha⁻¹)

T₃: YVA (200 kg ha⁻¹) + MP (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹)

T₄: Sin fertilización

4.2. Discusión

El fréjol a pesar de ser una leguminosa que tiene las propiedades de fijar el nitrógeno atmosférico requiere de suelos profundos y fértiles, lo que se traduce en la necesidad de aplicar planes de fertilización en suelos poco fértiles, tanto para promover el crecimiento, así como la producción del cultivo. Esto se comprueba al evidenciarse que, en el presente estudio, el crecimiento de las plantas fue mayor al combinarse la fertilización edáfica con la foliar, cuyas plantas bajo este tratamiento, a los 30 días fueron un 14.10 % más altas que las plantas que no recibieron ningún tipo de fertilización, lo que concuerda con Torres-Moya *et al.* (2016), quienes sostiene que la fertilización foliar puede complementar la edáfica, aportando nutrientes de una forma más asimilable, que se ve reflejada en el incremento del crecimiento de los cultivos. Respecto a esto, Meléndez, Hernández, y Fernández (2006), también obtuvieron mejores resultados al aplicar de forma conjunta y complementaria estos dos tipos de fertilizaciones, observando mayor crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo.

Es evidente y ampliamente reconocido que una fertilización balanceada, puede aportar una mejor nutrición a los cultivos (Arias & Arnaude, 2010), y esto no es la excepción en el cultivo de fréjol de la variedad Pata de Paloma en el área de estudio, obteniéndose mejores resultados al realizar una combinación de la fertilización foliar con T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), puesto que estos proveen diferentes nutrientes a las plantas de fréjol, lo que ocasionó una mayor producción de vainas por planta, lo que concuerda con Cedeño (2018), quienes indican que los rendimientos y calidad de los cultivos, se pueden incrementar significativamente al proveer fertilizantes tanto edáficos como foliares a las plantas.

El número de granos por vainas fue parcialmente potenciado con el tratamiento de ambos tipos fertilizaciones, sobrepasando entre 0.25 y 0.50 granos por vainas a los demás tratamientos, lo que de acuerdo a lo evidenciado por Ancin (2014), podría aportar a un mayor rendimiento, puesto que se tiene mayor cantidad de granos.

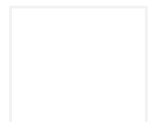
A pesar de que el peso de 100 granos (22.25 g), demostró ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, el beneficio de combinar la fertilización edáfica y foliar

a base de T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), fue evidente al observar que el rendimiento ascendió a 1357.32 kg/ha, sobrepasando abruptamente al testigo sin fertilización. Esto es importante, puesto que se obtiene un grano uniforme, y a la vez genera mayor rendimiento por unidad de superficie, concordando con Quintana-Blanco, Pinzón-Sandoval, & Torres (2016), quienes indican que la obtención de un grano uniformizado y mayor rendimiento aporta a una mayor calidad de las cosechas, y apreciación por el consumidor.

La aplicación de T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), generó una mayor rentabilidad que, aunque apenas superó en 10.75 y 16.24 puntos a las rentabilidades obtenidas con la fertilización edáfica y foliar respectivamente, el beneficio económico podría ser mayor al aumentar la superficie sembrada. Con esto se puede puntualizar que ambas fertilizaciones no deberían estar aisladas, sino más bien complementarse para potenciar significativamente el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos (Quinto, Córdoba, & Minotta, 2019), lo que demuestra que esta combinación es una buena alternativa para la producción de cultivos de interés agrícola y económico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



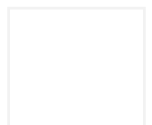
5.1. Conclusiones

- El cultivo de fréjol mostró mayor crecimiento al fertilizarlo con T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), produciendo plantas más altas (47.33 cm a los 30 días después de la siembra), más vainas por planta (28.55 vainas), número de granos por vaina (4.75 granos) y granos más homogéneos que tuvieron un mayor peso (22.25 g/100 granos) en comparación con los demás tratamientos.
- La aplicación de fertilizante edáfico y foliar, es decir T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), al reflejar mayores valores de los componentes del rendimiento, promovió la producción del cultivo por hectárea (1357.32 kg ha⁻¹).
- El mayor beneficio económico se obtuvo al fertilizar el cultivo con T₃: YaraVera Amidas (280 kg ha⁻¹) + Muriato de potasio (200 kg ha⁻¹) + DAP (160 kg ha⁻¹) + Biotek (1 l ha⁻¹), reflejando una rentabilidad de 44.51%.

5.2. Recomendaciones

- Aplicar la fertilización foliar como complemento a la edáfica para potenciar el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de fréjol.
- Estudiar diferentes dosificaciones de los fertilizantes que presentaron mejores resultados a fin de establecer posibles variantes en los resultados obtenidos e identificar la dosis de mejor respuesta en el cultivo de fréjol.
- Evaluar el efecto de fertilizante foliar a base de algas marinas en la variedad de fréjol evaluada, para identificar posibles incrementos de rendimiento al aplicar este tipo de productos que han demostrado múltiples beneficios en otros cultivos.
- Estudiar distanciamientos de siembra con dosis y fertilizantes a fin de incrementar los rendimientos del cultivo de fréjol para alcanzar mayores beneficios.
- Investigar la aplicación combinada de fertilizantes químicos y orgánicos para determinar los rendimientos y minimizar los impactos negativos causados al momento de la fertilización.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA



6.1. Referencias bibliográficas

- Ancin, M. (2014). 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). Universidad Pública de Navarra. Pamplona-España. 109 p.
- Andino, W. (2011). Evaluación de tres tipos de Bioles en la producción de Fréjol (*Phaseolus vulgaris* Var. Calima), en verde. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 101 p.
- Arias, K., & Arnaude, O. (2010). Efecto de la fertilización química, orgánica y combinada sobre el rendimiento de la papa variedad Granola. *Agronomía Tropical* 60(1): 75-84.
- Basantes, E. (2015). Manejo de cultivos andinos del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito-Ecuador. 213 p.
- Cano, A. (2013). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en plantas de *Phaseolus vulgaris* L. (fréjol). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 73 p.
- Cedeño, J., Cedeño, G., Alcívar, J., Cargua, J., Cedeño, F., Cedeño, G., & Constante, G. (2018). Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes. *Scientia Agropecuaria* 9(4): 503-509.
- CIAT. (2009). Adaptabilidad del frijol arbustivo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Palmira, Colombia. 93 p.
- Citak, S., & Sonmez, S. (2010). Effects of conventional and organic fertilization on spinach (*Spinacea oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. *Scientia Horticulturae* 126(4): 415-420.
- Cool, G., & Mero, J. (2018). Efectividad de fuentes nitrogenadas de liberación controlada sobre el rendimiento del maíz amarillo duro en el valle del río Carrizal. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta-Ecuador. 51 p.
- Fageria, N., Barbosa, M., Moreira, A., & Guimarães, C. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 32 (6): 1044-1064.
- FAO. (2018). Cultivos: Fréjol. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FIRA. (2015). Panorama Agroalimentario: frijol 2015. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura "FIRA". México DF-México. 33 p.

- Franco, L. (2018). Eficiencia de utilización del nitrógeno en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) adaptada a la zona norte de la provincia de Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 98 p.
- García, A. (2018). Efecto de la fertilización nitrogenada complementada con cosmo r y biotek sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 76 p.
- Gonzálvez, V. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. SEAE. Valenca-España. 24 p.
- INIAP. (2002). Producción de semilla de fréjol. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito-Ecuador. 8 p.
- INTA. (2009). Cultivo de frijol: Guia tecnologica para la produccion de frejol comun (*Phaseolus vulgaris* L.). Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Managua-Nicaragua. 32 p.
- IPNI. (2019). Fuentes de nutrientes específicos: Fosfato diamónico. Obtenido de [https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/\\$FILE/NSS-ES-17.pdf](https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/$FILE/NSS-ES-17.pdf)
- Khadri, M., Soussi, M., Zuñiga, D., & Ocaña, B. (2000). Evolución de la fijación de nitrógeno y metabolismo de ureidos en plantas de *Phaseolus vulgaris* Microbiología Agrícola. Universidad Agropecuaria de Cordova. Cordova-Argentina. 92 p.
- Lara, K., Peralta, E., & Villacrés, E. (2009). Mejor alimentación...mejor nutrición preparando: Recetas con leguminosas. Publicación Miscelánea No. 97. INIAP Estacion Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito-Ecuador. 150 p.
- Leal, C. (2016). Evaluación del potencial de germinación y vigor de semillas de cultivares de fréjol. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 92 p.
- Martínez, M., Jasso-Chaverría, C., & Huerta-Díaz, J. (2012). Efecto de dosis de fertilización con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo. Revista mexicana de ciencias agrícolas 3(8): 1551-1564.
- Matute, C. (2013). Evaluación agronómica de quinca cultivares de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Estación Experimental Austro "Bullcay", mediante el apoyo de la investigación participativa con enfoque de género para la Sierra Sur del Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 179 p.

- Meléndez, L., Hernández, A., & Fernández, S. (2006). Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro* 18(2): 107-114.
- Mogollón, O. (2008). Evaluación de fórmulas de producción a diversos niveles de tecnología en el trébol var. ECUA - 0006 en condiciones de una siembra de primera en la costa central. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 89 p.
- Mora, B. (2013). Comportamiento agronómico del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes nitroazufrados más encapsuladores orgánicos en la zona de Babahoyo. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo-Ecuador. 53 p.
- Ochoa, E. (2013). Evaluación agronómica de 120 cultivares de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Taura, provincia del Guayas. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 76 p.
- Orbea, L. (2013). Fertilización química nitrogenada en la producción de fréjol (*Phaseolus vulgaris*), Valencia 2013. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 57 p. Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/286/1/T-UTEQ-0011.pdf>
- Peralta, E., Murillo, A., Falconí, E., Mazón, N., & Pinzón, J. (2007). Manual de campo para el reconocimiento y control de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo del fréjol en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito-Ecuador. 113 p.
- Pereira, C. (2011). Sistemas de producción vegetal II. Obtenido de https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4781/sistemas_de_produccion_vegetal_2.pdf.
- Pérez, F. (2017). fisiología vegetal: Nutrición mineral. Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali-Perú. 175 p. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Quintana-Blanco, W., Pinzón-Sandoval, E., & Torres, D. (2016). Evaluación del crecimiento de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cv Ica Cerinza, bajo estrés salino. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 19 (1): 87 - 95.
- Quinto, H., Córdoba, L., & Minotta, M. (2019). Efectos de la fertilización del suelo sobre la producción de hojarasca en bosques pluviales tropicales del Chocó biogeográfico, Colombia. *Bosque (Valdivia)* 40(3): 315-322.
- Salas, J. (2011). Rendimiento de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) con aplicación de abonadura orgánica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 66 p.

- Sangerman-Jarquín, D., Acosta-Gallego, J., Schwenstesius, R., Damián, M., & Larqué, B. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 1(3): 363-380.
- Sarmiento, G. (2002). Evaluación de la densidad de siembra en el cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* L) cv. I-1548 conducidos en espaldera en la Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 90 p.
- SIPA. (2018). Cifras agroproductivas de fréjol. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2018). Cifras agroproductivas. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Tamayo, V. (2011). Comportamiento de cinco cultivares de frejol arbustivo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 60 p.
- Timana, N. (2015). Efectos de la fertilización química-orgánica en el rendimiento de dos variedades de Alfalfa (*Medicago sativa* L.), en la Comunidad de Calpaqui, provincia de Imbabura. Universidad Técnica de Babahoyo, Sede El Ángel. El Ángel-Ecuador. 130 p.
- Torres-Moya, E., Ariza-Suárez, D., Baena-Aristizabal, C., Cortés-Gómez, S., Becerra-Mutis, L., & Riaño-Hernández, C. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y Forrajes* 39(2): 102⁻¹10.
- Vaca, R. (2011). Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). en Santa Martha de Cuba – Carchi. Universidad Técnica del Norte. Tulcán-Ecuador. 12 p.
- Valladares, C. (2010). Factores agroecológicos de los cultivos de grano: clima y suelos. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Tegucigalpa-Honduras. 10 P.
- Villalba, J. (2017). Desarrollo fenológico del cultivo del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Cargabello en el cantón Bucay, provincia del Guayas. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 61 p.
- Villasís, C. (2000). Situación del cultivo de frejol en el Ecuador y aspectos generales de su producción: En primer curso sobre el cultivo de frejol usando la metodología aprender haciendo. INIAP Estacion Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. 43 p

CAPÍTULO VII

ANEXOS



Anexo 1. Primera visita del Director del Proyecto de Investigación después del raleo.



Anexo 2. Aplicación de insecticida y fungicida.



Anexo 3. Aplicación de fertilizante edáfico.




Anexo 4. Conteo del número de vainas por planta



Anexo 5. Conteo del número de semillas por vaina

Anexo 6. Análisis de suelo del sitio experimental



INIAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Tasinchano Tite Junio Damian
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : La Maria (UTEQ)
 Provincia : Los Rios
 Cantón : Quevedo
 Parroquia :
 Ubicación : Sitio La Maria

PARA USO DEL LABORATORIO

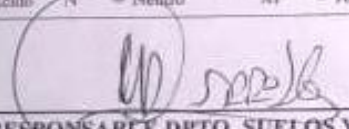
Cultivo Actual : Palma Teca
 N° Reporte : 5758
 Fecha de Muestreo : 11/06/2019
 Fecha de Ingreso : 11/06/2019
 Fecha de Salida : 02/07/2019

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
95372	Muestra 1		5,3 Ae RC	14 B	11 M	0,47 A	8 M	1,7 M	24 A	2,3 M	8,5 A	242 A	15,6 A	0,70 M	

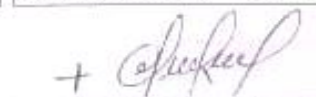
INTERPRETACION

pH				Elementos: de N a B	
M.A. = Muy Acido	L.A. = Liger. Acido	L.A. = Liger. Alcalino	RC = Requiere Cal	0 = Bajo	
Ae = Acido	PN = Pres. Neutro	M.A. = Média. Alcalino		M = Medio	
M.A. = Média. Acido	N = Neutro	A. = Alcalino		A = Alto	

METODOLOGIA USADA	EXTRACTANTES
pH = Suelo : agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B = Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S = Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	B,S



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf. 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : Tasinchano Yite Junnio Damian
 Dirección :
 Ciudad : Quevedo
 Teléfono :
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : La Maria (UTEQ)
 Provincia : Los Rios
 Cantón : Quevedo
 Parroquia :
 Ubicación : Sitio La Maria

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Palma Teca
 N° de Reporte : 5758
 Fecha de Muestreo : 11/06/2019
 Fecha de Ingreso : 11/06/2019
 Fecha de Salida : 02/07/2019

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l) ^{1/2}	ppm	Textura (%)			Clase Textural	
	Al+H	Al	Na									C.E.	M.O.	Mg		K
95372					1,4	B	4,7	3,62	20,64	10,17			34	45	21	Franco

INTERPRETACION

Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS

C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA

C.E.	= Conductímetro
M.O.	= Titulación de Walkley Black
Al+H	= Titulación con NaOH

[Firma]
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

+ *[Firma]*
 RESPONSABLE LABORATORIO