

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



## EVALUACIÓN AGROECONÓMICA Y CONTENIDO NUTRICIONAL DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.), BAJO LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES EN CHALTURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

**AUTORA:**

Silvia Daniela Chamorro Pozo

**DIRECTORA:**

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD

Ibarra, 2024

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

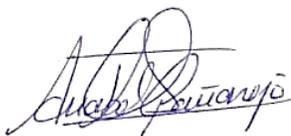
## EVALUACIÓN AGROECONÓMICA Y CONTENIDO NUTRICIONAL DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.), BAJO LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES EN CHALTURA

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener Título de:  
**INGENIERO/A AGROPECUARIO/A**

APROBADO:

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD

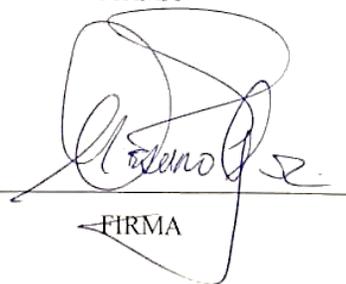
**DIRECTOR**



FIRMA

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc

**ASESOR**



FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula de identidad:	040187105-8
Apellidos y nombres:	Chamorro Pozo Silvia Daniela
Dirección:	San Francisco de la Línea Roja
Email:	<a href="mailto:sdchamorro@utn.edu.ec">sdchamorro@utn.edu.ec</a>
Teléfono fijo:	0998719312

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“EVALUACIÓN AGROECONÓMICA Y CONTENIDO NUTRICIONAL DE FRÉJOL ARBUSTIVO ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.), BAJO LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES EN CHALTURA”
Autor:	Chamorro Pozo Silvia Daniela
Fecha:	7 de junio de 2024
Solo para trabajos de grado	
Programa	<input checked="" type="checkbox"/> Pregrado <input type="checkbox"/> Posgrado
Título por el que opta	Ingeniería Agropecuaria
Director	Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD

### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 7 días del mes de junio del 2024

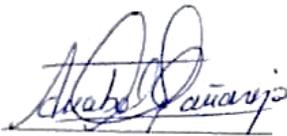
EL AUTOR

  
.....

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Srta. Chamorro Pozo Silvia Daniela, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 7 días del mes de junio de 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Magali Cañarejo', written over a horizontal line.

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD  
DIRECTORA DE TESIS

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

Ibarra, 7 de junio de 2024

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD

C.C.: ...1003137992

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 7 días del mes de junio del 2024

**Silvia Daniela Chamorro Pozo:** "EVALUACIÓN AGROECONÓMICA Y CONTENIDO NUTRICIONAL DE FRÉJOL ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.), BAJO LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES EN CHALTURA"

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 7 días del mes de junio del 2024, con 91 páginas.

**DIRECTOR (A):** Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la respuesta agroeconómica y el contenido nutricional de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo la aplicación de microalgas como bioestimulante

Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Determinar el rendimiento del cultivo de fréjol bajo la aplicación de bioestimulantes.
2. Valorar el contenido de proteína cruda de los tratamientos en estudio.
3. Realizar un análisis económico de cada uno de los tratamientos estudiados.



Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD

**Directora de Trabajo de Grado**



Chamorro Pozo Silvia Daniela

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero agradecer primeramente a Dios por bendecirme con la vida, la salud, y por brindarme mucha sabiduría para realizar el presente trabajo de investigación.*

*De igual manera quiero agradecer infinitamente a mis padres Santiago Chamorro y Patricia Pozo por haberme apoyado en cada una de las etapas de mi vida tanto personales como académicas, por enseñarme a luchar ante las adversidades y salir adelante por mí misma, también les agradezco por la confianza que día a día me brindaron, los valores que me impartieron y las enseñanzas que compartieron conmigo.*

*Agradezco también a mis hermanos y abuelos por estar siempre a mi lado apoyándome para salir adelante y enseñarme a cumplir mis sueños. También le agradezco a mi compañero de vida el joven William Chunes por haber sido un apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.*

*Un agradecimiento a mi directora de tesis la Doctora Magaly Cañarejo por haber sido mi guía durante todo mi trabajo de investigación. Así como también a mi asesor el MSc. Miguel Gómez por haber sido una guía esencial durante la fase experimental en mi trabajo de titulación.*

*Gracias al MSc. Sheldon Caref por su predisposición de brindarme sus conocimientos y haberme apoyado económicamente en la fase experimental.*

***Daniela Chamorro***

## **DEDICATORIA**

*Este nuevo logro se lo dedico a mis padres porque a pesar de las dificultades que se nos presentaron en la vida siempre me tendieron su mano para salir adelante, también por motivarme a ser una profesional llena de valores que ellos mismos me inculcaron y enseñarme a luchar por mis sueños.*

*También dedico el presente trabajo a mis abuelos por darme siempre sus bendiciones, brindarme sus consejos y enseñarme a valorar las cosas que nos ofrece la vida.*

*A mis hermanos por enseñarme que en la vida las cosas se obtienen trabajando y por el amor que siempre me han tenido.*

*También dedico este trabajo a mis sobrinas y sobrino por ser mi inspiración diaria para salir adelante.*

***Daniela Chamorro***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE ANEXOS .....	7
RESUMEN .....	9
CAPÍTULO I .....	11
INTRODUCCIÓN .....	11
1.1 Antecedentes .....	11
1.2 Problema .....	13
1.3 Justificación .....	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	14
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	14
1.5 Hipótesis .....	14
2.1 Cultivo de fréjol.....	15
2.1.1 <i>Ciclo del cultivo</i> .....	15
2.1.2 <i>Requerimientos climáticos y edáficos</i> .....	15
2.1.3 <i>Fréjol arbustivo variedad centenario</i> .....	16
2.2 Bioestimulantes.....	18
2.2.1 <i>Efeto de los bioestimulantes en los cultivos</i> .....	18
2.2.2 <i>Clasificación de los bioestimulantes</i> .....	19
2.3 Fertilización .....	25
2.3.1 <i>Fertilización química</i> .....	26
2.3.2 <i>Fertilización orgánica</i> .....	26
2.4 Métodos para la determinación de análisis proximal.....	27
2.4.1 <i>Contenido de proteína</i> .....	27
2.4.2 <i>Contenido de humedad</i> .....	27

2.4.3 Contenido de fibra .....	27
2.4.4 Contenido de grasa .....	27
2.4.5 Contenido de cenizas .....	28
2.5 Métodos para determinación de análisis foliar .....	28
2.5.1 Método gravimétrico.....	28
2.5.2 Método de dumas .....	28
2.5.3 Método colorimétrico.....	28
2.5.4 Método por absorción tónica.....	29
2.6 Marco legal .....	29
CAPÍTULO III.....	31
MARCO METODOLÓGICO.....	31
3.1 Caracterización del área de estudio .....	31
3.2 Materiales.....	32
3.2.1 Material genético.....	32
3.2.2 Material de oficina.....	32
3.2.3 Material de campo .....	32
3.2.4 Insumos .....	32
3.3 Métodos .....	33
3.3.1 Factores en estudio.....	33
3.3.2 Tratamientos .....	33
3.3.3 Diseño experimental .....	33
3.3.4 Características del experimento .....	34
3.3.5 Análisis estadístico.....	35
3.4 Variables a evaluar.....	35
3.4.1 Días a la floración .....	35
3.4.2 Altura de la planta .....	36
3.4.3 Análisis foliar.....	36
3.4.4 Número de vainas por planta.....	36
3.4.5 Longitud de la vaina .....	37

3.4.6 Número de granos por vaina .....	37
3.4.7 Peso de 100 granos.....	37
3.4.8 Rendimiento por hectárea.....	37
3.4.9 Contenido nutricional del grano de fréjol .....	37
3.4.10 Costos de producción.....	38
3.4 Manejo del experimento .....	38
3.5.1 Análisis de suelo .....	38
3.5.2 Preparación del terreno.....	38
3.5.3 Delimitación del terreno.....	39
3.5.4 Surcado .....	39
3.5.5 Siembra .....	39
3.5.6 Fertilización.....	40
3.5.7 Deshierba.....	42
3.5.8 Aporque.....	42
3.5.9 Riego .....	42
3.5.10 Controles fitosanitarios .....	42
3.5.11 Cosecha.....	43
4.1 Días a la floración .....	44
4.2 Altura de la planta.....	45
4.3 Análisis foliar.....	46
4.4 Número de vainas por planta .....	49
4.5 Número de granos por vaina .....	50
4.6 Tamaño de la vaina .....	51
4.7 Peso 100 granos .....	52
4.8 Rendimiento.....	53
4.9 Contenido nutricional.....	54
4.10 Costos de producción.....	57
CAPÍTULO V.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59

5.1 Conclusiones .....	59
5.2 Recomendaciones .....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Mapa de ubicación del ensayo experimental Granja Experimental "La Pradera".....</i>	31
<b>Figura 2</b> <i>Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas (DBCAF) .....</i>	34
<b>Figura 3</b> <i>Días a la floración de fréjol arbustivo centenario.....</i>	36
<b>Figura 4</b> <i>Alineación del terreno para la implementación del experimento .....</i>	39
<b>Figura 5</b> <i>Delimitación del terreno en bloques y unidades experimentales.....</i>	39
<b>Figura 6</b> <i>Riego de las parcelas de fréjol arbustivo variedad centenario.....</i>	42
<b>Figura 7</b> <i>Resultado de días a la floración del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones.....</i>	44
<b>Figura 8</b> <i>Efecto de la variable altura del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones.....</i>	45
<b>Figura 9</b> <i>Resultado de número de granos por vaina del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones.....</i>	50
<b>Figura 10</b> <i>Efecto del tamaño de la vaina del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones.....</i>	52
<b>Figura 11</b> <i>Resultados del peso de 100 granos del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones.....</i>	53
<b>Figura 12</b> <i>Efecto del rendimiento del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones.....</i>	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Características agronómicas de la variedad de fréjol arbustivo centenario</i> .....	17
<b>Tabla 2</b> <i>Descripción de los tres tratamientos de la presente investigación</i> .....	33
<b>Tabla 3</b> <i>Características y dimensiones de la unidad experimental</i> .....	35
<b>Tabla 4</b> <i>Aportes nutrimentales de fertilizantes en kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento T1 (50% fertilización orgánica - 50% fertilización química)</i> .....	40
<b>Tabla 5</b> <i>Aportes nutrimentales de fertilizantes en kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento T2 (100% fertilización orgánica)</i> .....	41
<b>Tabla 6</b> <i>Aportes nutrimentales de fertilizantes en kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento T3 (100% fertilización química)</i> .....	41
<b>Tabla 7</b> <i>Dosis de aplicación e ingredientes activos para los tratamientos químicos</i> .....	43
<b>Tabla 8</b> <i>Contenido mineral, ceniza y materia orgánica en hojas del cultivo de fréjol arbustivo en la etapa de inicio de la floración</i> .....	47
<b>Tabla 9</b> <i>Resultado de número de vainas por planta con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones (Medias ± Error Estándar)</i> .....	49
<b>Tabla 10</b> <i>Resultado de análisis bromatológico de grano de fréjol arbustivo en base seca bajo la aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones</i> .....	55
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis económico del cultivo de fréjol en kg ha<sup>-1</sup> mediante la aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones</i> .....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> <i>Análisis foliar de 500 gramos de muestra de hojas de fréjol arbustivo del T1 (50% fertilización orgánica- 50% fertilización química)</i> .....	69
<b>Anexo 2</b> <i>Análisis foliar de 500 gramos de muestra de hojas de fréjol arbustivo del T2 (100% fertilización orgánica)</i> .....	70
<b>Anexo 3</b> <i>Análisis foliar de 500 gramos de muestra de hojas de fréjol arbustivo del T3 (100% fertilización química)</i> .....	71
<b>Anexo 4</b> <i>Análisis bromatológico de 500 gramos de muestra de fréjol arbustivo en seco del T1 (50% fertilización química - 50% fertilización orgánica)</i> .....	72
<b>Anexo 5</b> <i>Análisis Bromatológico de 500 gramos de muestra de fréjol arbustivo en seco del T2 (100% fertilización orgánica)</i> .....	73
<b>Anexo 6</b> <i>Análisis Bromatológico de 500 gramos de muestra de fréjol arbustivo en seco del T3 (100% fertilización química)</i> .....	74
<b>Anexo 7</b> <i>Análisis de Suelo</i> .....	75
<b>Anexo 8</b> <i>Germinación de las plantas de fréjol arbustivo</i> .....	75
<b>Anexo 9</b> <i>Crecimiento de las plantas de fréjol arbustivo</i> .....	76
<b>Anexo 10</b> <i>Riego del área experimental cultivo de fréjol arbustivo</i> .....	76
<b>Anexo 11</b> <i>Ataque del gusano cogollero al cultivo de fréjol arbustivo</i> .....	76
<b>Anexo 12</b> <i>Evaluación de la variable rendimiento de cada unidad experimental</i> .....	77
<b>Anexo 13</b> <i>Evaluación de la variable número de granos por vaina</i> .....	77
<b>Anexo 14</b> <i>Toma de 500 gramos de muestra de fréjol en base seca</i> .....	77
<b>Anexo 15</b> <i>Costos de producción del T1(50% fertilización química-50% fertilización orgánica)</i> .....	78
<b>Anexo 16</b> <i>Costos de producción del T2 (100% fertilización orgánica)</i> .....	79
<b>Anexo 17</b> <i>Costos de producción del T3 (100% fertilización química)</i> .....	80
<b>Anexo 18</b> <i>Fuentes fertilizantes de N-P-K y minerales existentes en el mercado para el tratamiento T1 (50% fertilización orgánica – 50% fertilización química)</i> .....	81
<b>Anexo 19</b> <i>Fuentes fertilizantes de N-P-K y minerales existentes en el mercado para el tratamiento T2 (100% fertilización orgánica)</i> .....	81

<b>Anexo 20</b> <i>Fuentes fertilizantes de N-P-K y minerales existentes en el mercado para el tratamiento T2 (100% fertilización química)</i> .....	82
<b>Anexo 21</b> <i>Ficha técnica del bioestimulante en estudio</i> .....	82

**“EVALUACIÓN AGROECONÓMICA Y CONTENIDO NUTRICIONAL DE FRÉJOL  
ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.), BAJO LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES  
EN CHALTURA”**

Silvia Daniela Chamorro Pozo

\*Universidad Técnica del Norte

Correo: [sdchamorro@utn.edu.ec](mailto:sdchamorro@utn.edu.ec)

**RESUMEN**

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una fuente esencial para la alimentación, ya que aporta el 22% de proteína. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos es una causa principal de la contaminación ambiental, es por esto que los bioestimulantes surgen como una nueva alternativa para disminuir el uso de estas prácticas convencionales. El objetivo de la investigación fue determinar el comportamiento agroeconómico y contenido nutricional de fréjol mediante la aplicación de fertilización orgánica (compost, humus y bioestimulante). El análisis de la varianza reveló que la fertilización orgánica (T2) presentó valores más altos en las variables: días a la floración (44.83 días), altura de la planta (47.08 cm), número de granos por vaina (6.13 granos), peso de 100 granos (58.17 g) y rendimiento (1.76 t ha<sup>-1</sup>), sin embargo, el tratamiento T1 registró el valor más alto de longitud de la vaina (14.40 cm). Por otro lado, el número de vainas por planta no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que el análisis bromatológico demostró que la aplicación de la fertilización orgánica presentó mayor contenido de proteína (25.47%), además el contenido de humedad (17.77%), grasa (1.26%) y ceniza (4.41%) fue mayor para el tratamiento T1, y el contenido de fibra fue mayor para T3 (3.75%). Asimismo, el análisis económico afirmó que la aplicación del T2 tuvo mayor beneficio/costo (2.40). Por lo tanto, la aplicación de la fertilización orgánica resultó ser efectiva en el cultivo de fréjol, ya que influyó positivamente en el contenido de proteína y el comportamiento agroeconómico.

**Palabras claves:** fertilización orgánica; fertilizantes químicos; proteína; contaminación ambiental; rendimiento.

**“AGROECONOMIC EVALUATION AND NUTRITIONAL CONTENT OF BUSH BEAN  
(*Phaseolus vulgaris* L.), UNDER THE APPLICATION OF BIOESTIMULANTS IN  
CHALTURA”**

Silvia Daniela Chamorro Pozo

\*Universidad Técnica del Norte

Correo: [sdchamorro@utn.edu.ec](mailto:sdchamorro@utn.edu.ec)

**ABSTRACT**

The bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an essential source for alimentation, since it provides 22% of protein. However, excessive chemical fertilizers are a major cause of environmental pollution, which is why bioestimulant emerge as a new alternative to reduce the use these conventional practices. The objective of this research was to determine the agroeconomic behavior and nutritional content of beans through the application of organic fertilization (compost, humus and bioestimulant). The analysis of variance revealed that organic fertilization (T2) presented higher values in the variables: days to flowering 44.83 days, plant height 47.08 cm, number of grains per pod 6.13 grains, weight of 100 grains 58.17 g and yield (1.76 t ha<sup>-1</sup>), however, the treatment T1 recorded the highest value of pod length (14.40 cm). On the other hand, the number of pods per plant did not show significant differences between the treatments, while the bromatological analysis showed that the application of organic fertilization presented a higher protein content (25.47%), in addition to the moisture content (17.77%), fat (1.26%), and ash (4.41%) was higher for treatment T1, and fiber content was higher for T3 (3.75%). Likewise, the economic analysis stated that the application of T2 has a greater benefit/cost (2.40). Therefore, the application of organic fertilization turned out to be effective in bean cultivation, since it positively influenced the protein content and agroeconomic behavior.

**Keywords:** organic fertilization; chemical fertilizers protein; environmental pollution; performance.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), es una leguminosa de grano, nativa de México, este cultivo abarca el 35% de la producción mundial, y es uno de los granos más demandados en el mundo. Además, esta leguminosa es de gran importancia, tanto en el ámbito económico, social y nutricional. Para la población ecuatoriana es una fuente esencial de proteína (22%) y carbohidratos (60%), especialmente para las familias de escasos recursos quienes no pueden tener acceso a proteína de origen animal, contiene fibra, hierro, fósforo, vitamina B, lípidos, ácido fólico, calcio, potasio y zinc (Subía et al., 2007). Finalmente, este grano es uno de los más cultivados después del maíz (Broers, 1994).

El consumo per cápita anual a nivel mundial es de 3.57 kg/persona, mientras que en Ecuador el consumo depende de la zona geográfica donde se encuentre ubicado. La región Costa consume 5 kg/persona/año y en la región Sierra 5.4 kg/persona/año. Sin embargo, el consumo de esta leguminosa es muy bajo en Ecuador a diferencia de otros países de la zona andina, donde su demanda es mucho más alta.

Según Torres et al. (2013), en Ecuador se produce 39 725 toneladas de fréjol común, a nivel mundial este valor corresponde al 0.2% de la producción. Actualmente se cosechan 89 789 ha de 105 127 ha de superficie sembrada en grano seco, mientras que en grano verde se cosechan de 15 241 a 16 464 ha; de las cuales se han obtenido altos rendimientos de 2 t ha<sup>-1</sup> y rendimientos bajos de hasta 430 kg ha<sup>-1</sup> en monocultivo. En la actualidad aproximadamente 57 mil ha de tierra están destinadas para la producción orgánica, de los cuales se ha obtenido 1518 productos orgánicos, tanto para consumo interno como para exportaciones, además existen 13 500 productores orgánicos en Ecuador, de los cuales el 98% pertenecen a la agricultura familiar especialmente en las zonas rurales (AGROCALIDAD, 2022).

En el mercado mundial, el 40% de los bioestimulantes se basa principalmente en macro y microalgas. Donde las microalgas verde azules son implementadas con mayor frecuencia en los cultivos, ya que producen moléculas bioactivas como, licopeno, luteína, flavonoides, quercetina y  $\beta$ -caroteno, las cuales mejoran la producción. Pérez et al. (2020) demuestran que mediante la aplicación de microalgas con dosis de  $3 \text{ L ha}^{-1}$  con frecuencia de aplicación de 8 días, mejora la producción de trigo en un 10.7%. Además, evaluó la aplicación de espirulina en el cultivo pepino donde reportó un alto rendimiento de 69.2%.

En un estudio elaborado por Aguilar et al. (2022), se puede observar los resultados de un ensayo realizado en maíz con la aplicación de fertilización orgánica (hongo *Rizophagus irregularis*) y química (N=90, P=50, K=30) en concentración 50/50, donde se evidencia efectos favorables de las variables mediante el uso del fertilizante biológico en asociación con el fertilizante químico con respecto a la fertilización al 100%. Además, el autor menciona que este comportamiento pudo deberse a que el hongo incidió positivamente en la asimilación de nutrientes en el suelo, mejorando de tal manera la estructura de las plantas.

Estudios realizados demuestran que la aplicación de bioestimulantes es una buena alternativa para modificar el metabolismo de las plantas ya que incide en la floración, actúa en el crecimiento y desarrollo de la planta, aumenta el rendimiento de los cultivos y brinda mayor rentabilidad. Fernández et al. (2020) menciona que la aplicación de espirulina en el cultivo de fréjol a campo abierto en concentración de  $25 \text{ g L}^{-1}$  de agua, presento resultados favorables para el cultivo en el cual se pudo notar alta presencia de proteína alcanzando un porcentaje de 61% y en materia seca de 65%, además se consiguió un contenido de cenizas de 12%, un valor superior al máximo que es de 9%, con lo cual se pudo obtener un producto de mejor calidad.

Es así que Martínez (2023) en su estudio, evaluó la aplicación de espirulina en el cultivo de pimiento en concentración de  $1 \text{ L } 3 \text{ L}^{-1}$  de agua bajo condiciones de invernadero. El autor reporto que mediante la aplicación del alga la floración inicio en la semana 9 y 10, mientras que con el tratamiento testigo inicio entre la semana 11 y 12; además obtuvo mayor altura de la plantas de fréjol con un promedio 87.04 cm con respecto al tratamiento testigo (64.75 cm), también demostró tener mayor rendimiento ( $14643.53 \text{ kg ha}^{-1}$ ) a diferencia del testigo el cual presentó un valor muy

bajo de 2451.74 kg ha<sup>-1</sup>. Asimismo, los datos reportaron tener mayor beneficio neto (\$732.4) con la aplicación de la espirulina, mientras que el tratamiento testigo reportó un beneficio de \$ 97.7

Las levaduras también han demostrado ser promotoras esenciales del crecimiento vegetal. De tal manera Fu et al. (2016) en su estudio aisló levaduras de la filósfera y rizósfera de la planta *Drosera spatulata*. Los resultados presentaron que las levaduras fueron promotoras de crecimiento vegetal, debido a su capacidad de producir ácido indol acético, sideróforos, amoniaco, ACC desaminasa, enzimas líticas de la pared celular de hongos y poliaminas, además tuvieron la capacidad de solubilizar fosfatos y zinc.

## **1.2 Problema**

El uso indiscriminado de productos agroquímicos ha sido una de las causas principales de la contaminación ambiental, pérdida de biodiversidad y degradación de los suelos. En el mundo las malas prácticas de manejo convencional han ocasionado problemas a la salud de las personas y desequilibrio ecológico. Por ejemplo, la aplicación de plaguicidas en los cultivos, provocan altos residuos químicos en postcosecha los cuales afectan a la salud del ser humano, también, causan deterioro en el suelo, lo que provoca cambios significativos en la composición vegetal, pérdida de fertilidad de suelos y pérdida de materia orgánica (Del Puerto et al., 2014).

Es indispensable mencionar que la aplicación de químicos al suelo ocasiona que los microorganismos que se encuentran en la superficie mueran y por tal motivo el suelo no tenga los componentes necesarios para tener una buena fertilidad, y sea más susceptible a plagas y enfermedades (Izquierdo, 2017). Sumado a esto también se puede mencionar que el bajo precio de los productos agrícolas y el alza considerable de la agricultura convencional han incidido negativamente en a la economía de los productores, debido a los altos costos de producción que ocasiona implementar un cultivo con manejo convencional (Borja, 2020).

## **1.3 Justificación**

Las nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente son alternativas frente al gran impacto negativo que ha ocasionado el uso de agroquímicos al suelo, al medio ambiente y a la generación de problemas de salud en las personas y a la vez aumentar los rendimientos en los

cultivos. Por lo tanto, los bioestimulantes orgánicos son fuentes capaces de mejorar los procesos fisiológicos de las plantas e incrementar los rendimientos y la calidad de los cultivos, sin necesidad de perjudicar el agroecosistema (Kapoore et al., 2021).

Bajo este antecedente, la presente investigación tiene la finalidad de incorporar un bioestimulante, como alternativa de fertilización orgánica. Este producto contiene microalgas y un consorcio de microorganismos entre ellos las bacterias y las levaduras. Adicional al bioestimulante, se aplicó una complementación orgánica de humus de lombriz y compost. La mezcla de estos productos pretende contribuir al desarrollo y defensa de las plantas, así como a la regeneración del suelo. Además, con la aplicación de los productos orgánicos se pretende obtener un cultivo de fréjol de calidad y sano, apto para el consumo humano y amigable con el medio ambiente. Además de generar información sobre nuevas tecnologías de producción que permita a los agricultores tener altos rendimientos y mayor retribución económica.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

- Evaluar la respuesta agroeconómica y el contenido nutricional de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo la aplicación de microalgas como bioestimulante

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Determinar el rendimiento del cultivo de fréjol bajo la aplicación de bioestimulantes.
- Valorar el contenido de proteína cruda de los tratamientos en estudio.
- Realizar un análisis económico de cada uno de los tratamientos estudiados.

## **1.5 Hipótesis**

**Ho:** la aplicación del bioestimulante, no influye en la respuesta agroeconómica y el contenido nutricional del cultivo de fréjol.

**Ha:** la aplicación del bioestimulante, influye en la respuesta agroeconómica y el contenido nutricional del cultivo de fréjol.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

### 2.1 Cultivo de fréjol

El fréjol es una leguminosa de grano, la cual ocupa el octavo lugar en las leguminosas más sembradas en el mundo, especialmente en América Latina, en Ecuador es uno de los granos más consumidos por sus altos contenidos de proteína y carbohidratos, y desde la antigüedad es uno de los granos más conocidos, ya que formaba parte de la dieta alimenticia y hasta hoy es uno de los más consumidos, además de este producto durante años se han desarrollado una serie de diversas variedades las cuales están adaptadas en diferentes climas y con mejoras genéticas para soportar cualquier tipo de estrés o enfermedades (Torres et al., 2013).

El fréjol es uno de los granos más utilizados en la alimentación humano, tanto en grano seco como en verde, esto debido a su alto contenido de proteína y carbohidratos, aunque su periodo de producción está dentro de los rangos entre 85 y 120 días, tomado en cuenta la zona donde sea, requiere un manejo adecuado para que las producciones sean rentables y con alta calidad del producto (Álava et al., 2004).

#### *2.1.1 Ciclo del cultivo*

La planta de fréjol se desarrolla en diversas zonas, por tal razón, su ciclo depende de la zona geográfica. El fréjol en su estado tierno comprende un ciclo que varía de los 80 a 90 días, en zonas cálidas de los valles, en zonas más altas se su ciclo termina alrededor de 110 días. Por otra parte, el grano en seco en las zonas de los valles se estima de 110 a 115 días, y en estribaciones se da de 150 a 165 días (Torres et al., 2013).

#### *2.1.2 Requerimientos climáticos y edáficos*

##### **2.1.2.1 Altitud y temperatura.**

El cultivo de fréjol se desarrolla adecuadamente dentro de 16-25 °C, un aumento o baja de temperatura puede afectar al cultivo. Se debe tomar en cuenta que el si el cultivo se desarrolla a

altas temperaturas la actividad metabólica afectara negativamente al ciclo de la planta, también el polen no será apto, y el crecimiento del embrión disminuirá significativamente, por otro lado si la temperatura baja, se verá afectado el rendimiento de la producción, además se retarda el crecimiento del tubo polínico y existirá una reducción considerable de las semillas de las vainas ya que no serán tan viables para las próximas producciones. Este cultivo se desarrolla en altitudes de 1200 a 2500 msnm en los valles y en las colinas de 1000 a 2200msnm (Alves et al., 2020).

#### **2.1.2.2 Precipitación.**

El cultivo de fréjol necesita de 300 mm a 700 mm de agua, para solventar las necesidades hídricas, no se debe de exceder estos rangos para evitar enfermedades por el exceso de humedad (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2014).

#### **2.1.2.3 Fotoperiodo.**

El fotoperiodo conjuntamente con la temperatura, son los factores más importantes para que el cultivo de fréjol pueda salir adelante, además acorde la temperatura aumenta también aumenta el fotoperiodo. El fréjol es una especie de días cortos, ya que en días largos la floración se extiende, cada hora de luz retarda los procesos de maduración de 2.6 días (Avila et al., 2014).

#### **2.1.2.4 Suelo.**

Para que una planta de fréjol se desarrolle adecuadamente, el suelo debe tener óptimas condiciones ente ellos un pH que se encuentre de los rangos de 5.5 a 7.7, los suelos más aptos para el fréjol son los francos, limosos, arenosos, los cuales tengan un buen drenaje y aireación, también deben ser profundos y fértiles, con no menos de 1.5% de materia orgánica (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2019).

### ***2.1.3 Fréjol arbustivo variedad centenario***

La variedad mejorada INIAP 488 Centenario, fue lanzada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el año 2003, la misma tiene resistencia genética a cuatro diferentes enfermedades como: roya, antracnosis, mancha angular y pudrición de la raíz, entre sus características principales tenemos su alto rendimiento en campo, tiene buena calidad y es altamente demandado en el mercado (INIAP, 2012).

### 2.1.3.1 Manejo del cultivo.

De acuerdo con el INIAP (2012), la cantidad de semilla empleada por hectárea es de 90 kg, con una distancia entre plantas de 30 cm, 60 cm entre surcos y una cantidad de 3 semillas por sitio. En caso de la fertilización se recomienda aplicar 200 kg ha<sup>-1</sup> de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o 5000 kg ha<sup>-1</sup> de gallinaza y un kg ha<sup>-1</sup> de quelato de zinc. Se recomienda aplicar pesticidas o plaguicidas cuando se haya confirmado con criterio técnico la presencia de enfermedades y plagas que puedan causar daño económico.

### 2.1.3.2 Características de la variedad.

El grano de fréjol arbustivo Centenario está determinado por ser de tipo I (sin guía), presenta un color rojo moteado con crema, tamaño grande, y forma arriñonada. Es seleccionado por los agricultores de Urcuquí y los valles de Mira – Chota por su alto rendimiento en grano seco (2150 kg ha<sup>-1</sup> promedio), además abarca intervalos de rendimiento de 1500 a 2800 kg ha<sup>-1</sup> en las localidades anteriormente seleccionadas. La Tabla 1 muestra algunas de las características más importantes que presenta esta variedad:

**Tabla 1**

*Características agronómicas de la variedad de fréjol arbustivo centenario*

<b>Características</b>	<b>Intervalos</b>
Días a la cosecha en grano seco	90 a 110 días
Días a la floración	42 a 45 días
Altura de la planta	45 a 50 centímetros
Número de vainas por planta	8 a 23 vainas
Largo de la vaina	12 a 14 centímetros
Número de granos por vaina	4 a 7 granos
Peso de 100 granos	55 a 58 gramos

### **2.1.3.3 Características nutrimentales.**

El fréjol centenario presenta las siguientes características nutricionales en base seca: proteína 26.77%, carbohidratos 63.67%, fibra 4.79%, grasa 1.06%, calcio 0.04%, fósforo 0.50%, zinc 30 ppm, hierro 52 ppm, manganeso 9 ppm y cobre 8 ppm (INIAP, 2012).

## **2.2 Bioestimulantes**

Según (Del Jardín, 2015), un bioestimulante es una sustancia y/o microorganismos, los cuales, al ser aplicados al suelo o planta, ayudan a mejorar los procesos naturales y biológicos, ya que ayuda a solubilizar los nutrientes que se encuentran en el suelo para que los mismos sean adquiridos por las plantas de una forma más eficaz. Uno de los objetivos del bioestimulante, es obtener mayor rendimiento en las producciones de cultivos, además de conseguir una mejor calidad de cada fruto. También, ayudan a dar soluciones a algunos problemas que pueden afectar a la economía de los productores, así como soluciona la falta de humedad, falta de luz, ayuda con el control de altas y bajas temperaturas (CERTIS, 2021).

En la actualidad los bioestimulantes son cada vez más utilizada en la agricultura obteniéndose de diferentes compuestos en los cuales se encuentran; las sustancias húmicas, extractos de algas, hidrolizados de proteínas y microorganismos. Además, actúan en las diferentes etapas de desarrollo, ya que gracias a su composición ayudan a que la planta no tenga problemas de falta de agua y estrés, también estimula el desarrollo de la planta para aumentar rendimientos, calidad y reduce los costos de producción al no implementar muchos fertilizantes (Del Jardín, 2015). Cabe mencionar que debido a su gran composición la cual estimula a la planta para sus procesos fisiológicos este tipo de agricultura orgánica y ecológica, trata de reducir al máximo el uso de fertilizantes químicos (Solis, 2020).

### ***2.2.1 Efecto de los bioestimulantes en los cultivos***

Los bioestimulantes son una alternativa para disminuir el uso de los fertilizantes, esto con el fin de reducir egresos de productores, para producir ingresos futuros, los cuales ayudaran a la economía de las familias campesinas, quienes se dedican a producir alimentos. Existen nuevos métodos que han demostrado que los bioestimulantes como son, las bacterias promotoras de

crecimiento y ácidos húmicos, mejora características agronómicas de las plantas, aumenta el rendimiento de los cultivos, también, contribuye la fertilidad del suelo al inyectar microorganismos al mismo (Filgueiras et al., 2021)

### **2.2.2 Clasificación de los bioestimulantes**

Los bioestimulantes se han aplicado desde aproximadamente la década de los cincuenta, y por ende cuentan con una clasificación, la cual se deriva en sustancias húmicas, las cuales se extraen del suelo como son, la turba, carbón mineral y lignito, aminoácidos que son parte de la síntesis de proteínas, también componentes de extracto de algas, los cuales dependen de la especie de alga para adquirir sus beneficios, también pueden ser a base, microorganismos, hongos y bacterias benéficas, quitosanos y biopolímeros (Castañeda et al., 2021).

#### **2.2.2.1 Extracto de algas.**

Los extractos son un componente el cual es extraído a base de macro y microalgas de cualquier origen, ya sea de algas de agua dulce o de algas marinas. Las algas marinas contienen importantes componentes los cuales ayudan a la planta para su crecimiento y desarrollo, además en su composición contiene nutrientes nitrogenados como las betaínas que son vitaminas y hormonas (Castañeda et al, 2021).

##### **a) Microalgas.**

Las microalgas son organismos unicelulares que realizan procesos de fotosíntesis, mediante la captación de la luz solar y el CO<sub>2</sub> para sintetizar procesos metabólicos, las mismas han sido utilizadas en diferentes contextos a nivel mundial, tanto como para la formulación de biocombustibles, la farmacéutica, la nutraceútica, e importante en la cosmetología (Chanda et al., 2019). Por otra parte, la utilización de las microalgas en la agricultura, han sido exploradas en los últimos años especialmente en las algas verde azules, ya que las mismas tiene alta capacidad de fijar nitrógeno, los cuales están dentro de los rangos de 20-30 kg/ha, principalmente en leguminosas y gramíneas, además ayudan a la activación de mecanismos de defensa de las plantas, producen enzimas hidrolíticas y compuestos antimicrobianos, lo cual le ayuda a la planta a tener mayor resistencia para el ataque de patógenos (Kapoore et al., 2021).

Varios estudios demuestran que las microalgas promueven el crecimiento de cultivos, como lo son las auxinas, citoquininas, betaínas, aminoácidos, vitaminas y poliaminas, además contiene giberelinas y brasinoesteroides, quienes tienen gran influencia en la germinación, desarrollo de las raíces, brotes, lo cual hace que la planta crezca en condiciones adecuadas y en un futuro tener buena producción. Los aminoácidos traen consigo efectos positivos, donde su función en las plantas es mitigar lesiones que son causadas por el estrés abiótico (Pérez et al., 2020).

En la composición química varía dependiendo del lugar donde se encuentren, ya que depende de la disponibilidad de nutrientes que tenga, se han identificado que contiene fitohormonas y reguladores de crecimiento, polisacáridos matriciales y de reserva, además de oligosacáridos, biotinas y compuestos antioxidantes como poli fenoles, cetonas halogenadas, flavonoides; además cuenta con reserva de clorofila y carotenos, macro y micro minerales, vitaminas, aminoácidos, proteínas, materia orgánica, enzimas y ácidos orgánicos principalmente, palmítico, butírico, oleico, linoleico; esta gran gama de componentes actúa en procesos fisiológicos, que al momento de ser aplicados traen consigo efectos positivos para el desarrollo adecuado de los cultivos y el suelo (López et al., 2020).

El carbono es el nutriente más importante que contiene las microalgas ya que el mismo produce  $\text{CO}_2$ , ya que es un compuesto esencial para cubrir sus requerimientos en el crecimiento. El nitrógeno es otro de los nutrientes esenciales, el mismo se incorpora en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), y en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el fósforo se encuentra en menos del 1% en su composición química, para la producción en medios de cultivo este se incorpora en forma de  $\text{HPO}_4^{2-}$  o  $\text{HPO}_4^-$  ya que en forma su forma pura limita gran parte en el crecimiento, este nutriente participa en procesos celulares, así como la formación de ácidos nucleicos y transmisión de energía (Hernández y Labbé, 2014).

#### **b) La Espirulina composición y sus beneficios en la agricultura.**

La espirulina (*Arthrospira platensis*), es la principal microalga que será implementada en la investigación, además, es una de las más estudiadas a nivel internacional y nacional, por su alto contenido de proteína, fuente de aminoácidos, vitaminas, biotina, ácidos grasos poliinsaturados esenciales, ácido pantoténico, fólico, inositol y niacina, los cuales ayudan a la activación del

sistema inmune de la planta, lo que genera que las plantas tengan más resistencia a plagas y enfermedades, también al estrés ambiental y estimula la etapa de germinación, también induce en las etapas fenológicas de los cultivos (Coalla y Roupael, 2020).

La Espirulina es una microalga verde-azul simbiótica. Dentro de la composición bioquímica de la espirulina se encuentra del 46-71% de proteína, 15-20% de carbohidratos, lípidos de 6-13%, ácidos nucleicos 4.2-6% y de 2.2-4.8% de minerales. Asimismo, contiene y aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina y valina, y también vitamina B12, K y  $\beta$ -caroteno provitamina A, todos estos componentes ayudan a que la planta se desarrolle y crezca adecuadamente sin interrumpir sus fases fenológicas, con esto se evitaría que factores externos como plagas afecten a la planta e impidan su adecuado desarrollo y lo más importante es que es una fuente muy eficaz para sustituir la fertilización química en los (Núñez et al., 2020; Rebolera et al., 2008).

Se ha demostrado que la espirulina tiene diversos beneficios en el ámbito de la agricultura, ya que ayuda a fortalecer los mecanismos de defensa, esto con el fin de crear resistencia contra plagas y enfermedades, aumenta la producción, reduce periodos vegetativos de los cultivos, genera resistencia contra el estrés abiótico y biótico, además aumenta la producción en kg/ha, y es importante para fortalecer el sistema radicular de cada planta, estos resultados se asocian con la composición química que tiene la espirulina, de ahí se derivan todos estos beneficios los cuales son una alternativa para la agricultura (Guzmán, 2021).

#### **2.2.2.2 Microorganismos.**

Los microorganismos trabajan en el suelo para solubilizar los nutrientes, además los mismos interactúan con las raíces y distintas sustancias que se encuentran en el suelo, esto con el fin de brindarle a la planta los nutrientes necesarios para su buen desarrollo, también, facilitan la asimilación de nutrientes mediante el sistema radicular, de esta manera, este sistema se fortalece para dar soporte al cultivo y mejora la fertilidad del suelo. El mecanismo de como los microorganismos le brindan a la planta alimento es por parte de los exudados radiculares y el aporte de la materia orgánica (Luna y Mesa, 2016).

## **a) Hongos benéficos**

Los hongos y las plantas interactúan entre sí, esto con el fin de fortalecer el sistema radicular para que la planta pueda tener un buen soporte y evitar la presencia de plagas y enfermedades. Los bioestimulantes a base de hongos estimulan el rendimiento de los cultivos, además de promover la eficiencia nutricional y preparar a la planta para soportar el estrés, entre los principales hongos tenemos a las micorrizas, los cuales se han visto asociados con organismos fijadores de nitrógeno, además, entre sus funciones esta proteger a las raíces de hongos patógenos y nematodos; otra especie es el *Trichoderma* spp, la cual ha sido implementada gracias a su gran capacidad bioplaguicida, y también ayuda al crecimiento y morfogénesis de los órganos de los cultivos (Del Jardín, 2015).

- **Levaduras**

Las levaduras son hongos microscópicos unicelulares, los cuales se encuentran en grandes cantidades en la naturaleza, el suelo, las plantas y el intestino de los animales. Por lo general la presencia de hongos hace alusión a microorganismos patógenos, pero en el caso de las levaduras este enunciado es erróneo, ya que una de las funciones principales de estos hongos microscópicos es la descomposición de azúcares e hidratos de carbono, mediante el proceso de fermentación que realizan las mismas (Acosta, 2021). Dentro los componentes macromoleculares de las levaduras se encuentran las proteínas en concentración del 40 al 50%, además glicoproteínas, polisacáridos, polifosfatos, lípidos y ácidos nucleicos. La pared celular está constituida del 15 al 20% de masa seca y su principal componente son los polisacáridos en abundancia del 80 al 90%, asimismo se compone en menor proporción de quitina, proteínas y lípidos (Suárez et al., 2016).

Existen diversas especies de levaduras, las cuales son comunes encontrar dentro de la naturaleza, entre ellas se encuentran las levaduras pertenecientes a la familia *Pichiaceae*, poseen células esféricas, la función principal de esta familia es fermentar azúcares y asimilar nitratos. Por otro lado, la familia *Saccharomycetaceae*, no poseen micelio y la reproducción de las células vegetativas se origina por germinación multilateral (Cepero et al., 2012). Estas dos familias de levaduras son los componentes más abundantes dentro de la composición del bioestimulante.

## **b) Bacterias benéficas.**

Los consorcios microbianos en el suelo se han convertido en componentes vitales para asegurar la seguridad y sostenibilidad de los suelos. Dentro de las funciones esenciales que realizan este tipo de microorganismos se encuentra la transformación de carbono, el ciclaje de nutrientes, el mantenimiento de la estructura del suelo la regulación de las poblaciones biológicas (Alvarado et al., 2015).

Otras de las funciones más importantes que cumplen las bacterias son promover el crecimiento y la producción de las plantas, entre los microorganismos más conocidos están los géneros *Bacillus*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, donde estas se encargan de captar el nitrógeno atmosférico y fijarlo en el suelo, además tienen la capacidad de solubilizar fosfatos. Las PGPB (bacterias promotoras de crecimiento de las plantas), actúan tanto directa como indirectamente. De forma directa lo hacen produciendo hormonas vegetales como las auxinas, citoquininas y giberelinas, y de forma indirecta mediante la inducción de cambios hormonales en la planta (Alvarado et al., 2015).

- ***Bacillus***

Citando a Corrales et al. (2017) los bacilos son un género de bacterias gram positivas formadoras de endosporas. Entre sus funciones se encuentra la producción de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, además inducen en el crecimiento vegetal y aumento del potencial productivo debido a la producción de ácido indol acético, la solubilización de fósforo y la fijación de nitrógeno.

Los bacilos fueron estudiados desde la antigüedad, debido a su poder insecticida de proteínas Cry, además varias especies han demostrado generar impacto antagónico ante agentes fitopatógenos de diversos cultivos, entre ellos fréjol, maíz, arroz, frutales, entre otros. Esto se debe a que estas bacterias benéficas utilizan diferentes mecanismos de defensa para evitar la propagación y desarrollo de organismos fitopatógenos entre ellos la producción de lipopéptidos, enzimas líticas, sideróforos, endotoxinas y finalmente induciendo la resistencia sistemática de las plantas (Villarreal et al., 2018).

- ***Rhizobium***

(Ballesteros et al., 2017) afirma que los rizobios son bacterias gram negativas que forman parte del suelo, este género de microorganismos se divide en dos grupos las alfa proteobacterias y betaproteobacterias, donde su función principal es la fijación de nitrógeno una vez que se hayan establecido endosimbióticamente. Esta especie de bacterias tienen la capacidad de infectar la raíz de las plantas de la familia de las fabáceas e inducir a la formación de un nuevo órgano en el área radicular.

Las células bacterianas del nódulo radicular están cubiertas de la membrana peribacteroidal, mediante el cual la planta tiene la capacidad de intercambiar recíprocamente los nutrientes del bacterioide. Los rizobios presentan pangenomas complejos y algunas de las cepas presentan grandes cantidades de simbiosis, los cuales son indispensables para la nodulación y fijación de nitrógeno. Además, tienen plantas hospedadoras específicas, con lo cual se convierte en modelos base para estudiar los diferentes mecanismos que pueden desarrollar (Poole et al., 2018).

- ***Pseudomonas***

Las pseudomonas son un género de bacilos gram negativos aeróbicos, los cuales presentan flagelos móviles y encapsulados, además producen pigmentos verdes y azules. Por otro lado, tienen la capacidad de oxidar carbohidratos, pero al mismo tiempo no los fermentan. Asimismo, estas bacterias pueden cultivarse in vitro lo que causa gran interés en varios investigadores (Lupo et al., 2018).

Este tipo de bacterias presentan una serie de procesos metabólicos, lo cual les permite actuar sobre el crecimiento vegetal, debido a que las mismas tienen la capacidad de producir ácido indolacético ácido glucónico para solubilizar fósforo, ácido cianhídrico y la capacidad de fijar y convertir nitrógeno atmosférico en amonio. De igual manera actúa como controlador biológico al inducir en la respuesta sistemática inducida, mediante lipopolisacáridos, la producción de sideróforos, la secreción de enzimas celulíticas y la gran cantidad de antibióticos que presentan, entre ellos la pioluteorina (Sánchez y Guerra, 2022).

- ***Azotobacter***

Los *azotobacter* son un grupo de bacterias gram negativas aeróbicas, las cuales presentan forma ovalada y poseen la capacidad de fijar nitrógeno, además algunas de las especies pueden moverse mediante flagelos peritricos y otras se caracterizan por ser inmóviles. Asimismo, varias especies de este género han demostrado mejorar los niveles nutrimentales de las plantas y fertilidad de los suelos, también se caracterizan por producir aminoácidos cuando se cultivan en medios de cultivo con fuentes carbonatadas y nitrogenadas (Sumbul et al., 2020).

Las bacterias del género *azotobacter* tienen la capacidad de sintetizar auxinas y citoquininas, de igual manera producen ácido indol-3-acético, estos componentes son indispensables para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Además de ser bacterias heterótrofas no simbióticas, son capaces de fijar al año  $20 \text{ kg N ha}^{-1}$ , con lo cual mejora el crecimiento de las plantas y aumenta la cantidad de nitrógeno en el suelo sin tener la necesidad de adicionar grandes cantidades de fuentes nitrogenadas (Jnawali et al., 2015).

### **2.3 Fertilización**

De acuerdo con Olguin (2014), las plantas para su crecimiento y desarrollo necesitan nutrientes esenciales, los mismos que se encuentran en el suelo y el agua. A medida que pasa el tiempo la planta toma los nutrientes existentes en la tierra para desarrollar sus órganos (hojas, flores, tallo, fruto). Debido a este proceso el suelo va perdiendo fertilidad ya que la planta absorbe todos los nutrientes los cuales dependiendo de los tipos de suelos en muchas ocasiones no son suficientes para alcanzar los requerimientos nutricionales que la misma exige, por lo cual es importante enriquecer con fertilizaciones.

La fertilización ha sido considerada por mucho tiempo como un método eficiente para corregir las deficiencias de nutrientes en las plantas, años atrás se consideraba que las raíces tenían la capacidad de absorber todos los nutrientes y agua necesaria, por ende, se decía que las aplicaciones en el suelo eran la forma más efectiva de cubrir los requerimientos nutricionales de las plantas. No obstante, con el paso del tiempo se fue implementando un método diferente que consistía en hacer aplicación en la hoja, comprobando de esta manera que algunos nutrientes son mejor asimilados cuando ingresan por el tejido foliar. Mencionado esto es importante recalcar que

la aplicación de estos dos métodos es necesario para el buen desarrollo de la planta, recalcando que la fertilización foliar es el mejor complemento para la fertilización edáfica (Sánchez et al., 2022).

### ***2.3.1 Fertilización química***

Un fertilizante químico es definido como una sustancia mineral, animal, vegetal o sintético, los mismos que en su composición contienen al menos un elemento químico indispensable para el crecimiento y desarrollo de la planta. Por lo general los fertilizantes de origen químico se comercializan de forma sólida o granulada, los cuales se emplean en el suelo y se hidrolizan hasta deshacer los gránulos. Por otra parte, también se comercializan en forma líquida para aplicaciones foliares y edáficas con dosis específicas, la diferencia entre los fertilizantes granulados y líquidos está en que los primeros suelen estar más concentrados mientras que los otros son menos concentrados y poseen formulaciones específicas (Ortiz y Venialgo, 2017).

Navarro y Navarro (2014) mencionan que la fertilización química aporta al enriquecimiento e incremento de fertilidad en el suelo, con lo cual las plantas se desarrollan mejor debido a que mediante estas aplicaciones los elementos son directamente asimilados. Sin embargo, la aplicación de la misma también genera efectos secundarios que afectan negativamente, entre los cuales se puede mencionar la eliminación de los microorganismos vivos del suelo, los cuales tienen la función de hacer asimilables los nutrientes para alimentar a la planta, también la dependencia de los suelos a la aplicación constante de este tipo de fertilizantes, la contaminación del ecosistema entre otros.

### ***2.3.2 Fertilización orgánica***

La fertilización orgánica consiste en agregar al suelo fuentes nutritivas de origen natural ya sean vegetal o animal, los cuales tienen la capacidad de mejorar las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo. Por otro lado, este tipo de fertilización permite formar una cadena circular, debido a que muchos de los restos de cultivos pueden ser aprovechados como fuentes biofertilizantes, además regulan los procesos productivos de las plantas debido a su gran composición microbiana (Conforme, 2019).

Este tipo de métodos permite aportar minerales complementarios a las plantas y al suelo a través de sustancias naturales que incrementan la microbiología y fertilidad del suelo, logrando una nutrición vegetal un poco más lenta pero balanceada y equilibrada. Además, mediante la aplicación de este tipo de fertilización se observa la presencia notable de organismos vivos que promueven la obtención de productos más saludables y un ecosistema más sostenible (Perez et al., 2019).

## **2.4 Métodos para la determinación de análisis proximal**

### ***2.4.1 Contenido de proteína***

El método de Dumas es uno de los más utilizados para analizar el contenido de proteínas, el cual es una alternativa al método de Kjeldahl, ya que no solo se puede obtener el contenido de proteínas sino también de nitrógeno. Este se caracteriza por su velocidad, seguridad, limpieza, productividad y menor costo (Sica, 2021). Además, se basa en la combustión, donde consiste en quemar una muestra a una temperatura que oscila entre 700 y 1000 °C mediante un flujo de oxígeno puro y todo el carbono se convierte en dióxido de carbono en la combustión (Müller, 2017).

### ***2.4.2 Contenido de humedad***

Esta técnica de medida de la humedad se basa en colocar la muestra en una estufa para realizar el respectivo calentamiento, luego se procede a medir la pérdida de peso que ocasiona esta reacción debido a la volatilización del agua. (Bianco et al., 2014).

### ***2.4.3 Contenido de fibra***

Existen algunos métodos para determinar la fibra, uno de ellos es el químico-gravimétrico, el cual analiza una serie de procesos que tiene la fibra, así como fibra cruda, bruta, acida detergente, dietética, fibra neutra. Además, este método tiene la finalidad de separar los carbohidratos de la muestra en fracciones digeribles e indigeribles (Interlab, 2020).

### ***2.4.4 Contenido de grasa***

Uno de los métodos más utilizados para conocer el contenido de grasa es, el método de Soxhlet, para esta prueba es necesario que la muestra este bien seca para evitar alteraciones en los resultados (Jensen, 2007). Este método es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico,

donde el disolvente se calienta, volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. El contenido de grasa se cuantifica por la diferencia de peso inicial y final (VIRESA, 2021).

#### ***2.4.5 Contenido de cenizas***

El análisis gravimétrico se basa en la determinación del contenido de analito en una muestra mediante una serie de operaciones de pesada. De este método existe una clasificación donde se destaca el método de la precipitación, en el cual el analito se separa del resto de componentes de la muestra por formación de un compuesto insoluble (Anónimo, 2023).

### **2.5 Métodos para determinación de análisis foliar**

#### ***2.5.1 Método gravimétrico***

El método gravimétrico se basa en la medición de masa principalmente, en este método existe una clasificación en la cual resalta la precipitación química, la cual se obtiene sobre la muestra en disolución en donde el analito se separa por medio de la suma de un reactivo que ocasiona la formación de un precipitado insoluble el cual contiene el analito de interés (Anónimo, 2023). Los dos componentes obtenidos a partir de este método es la ceniza y la materia orgánica.

#### ***2.5.2 Método de dumas***

Este método se caracteriza por pirólisis completa de una muestra y medición de contenido de nitrógeno de los gases de combustión, este macronutriente puede ser medido mediante el uso de un manómetro una vez absorbido el dióxido de carbono en una solución alcalina o por conductividad térmica en el caso de métodos automatizados (Romero, 1997). El macronutriente determinado mediante este método fue el nitrógeno.

#### ***2.5.3 Método colorimétrico***

Este método parte de la obtención de ceniza de una muestra la cual se disuelve con ácido clorhídrico concentrado y agua, como resultado se obtiene una solución molibdovanadato amónico de color amarillo que es una característica principal de la misma. Para obtener el valor del fósforo se calcula mediante la calibración con fosfato (FEDNA, 2002).

#### ***2.5.4 Método por absorción tómica***

Este método es una técnica para obtener información sobre metales, el cual se basa en que los átomos de un elemento absorben la energía emitida por una fuente de excitación del mismo elemento. Estos átomos del analito presentes en cualquier solución son transformados a su estado atómico mediante el uso de una llama, horno de grafito o una manta calefactora (SOLINSA, 2024). En este método el Laboratorio de AGROCALIDAD determinó algunos macro y micronutrientes presentes en las hojas de fréjol abrasivo variedad centenario entre ellos se tiene el potasio, fosforo, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc.

#### **2.6 Marco legal**

El presente estudio, está ligado a las leyes de la Constitución de la República del Ecuador (2008), donde principalmente se hace énfasis en los Arts. 71-72-73, en los cuales se resalta los derechos que tiene la naturaleza a conservarse, y a la regeneración de la misma, además, se menciona que el estado y la sociedad, debemos crear alternativas para regenerar la naturaleza y preservar las especies endémicas de cada zona, esto con el fin de tener un ambiente sanos para todos los seres vivos y de esta manera concientizar a todos las personas sobre el buen manejo del patrimonio natural, los recursos naturales.

Con respecto a la sección primera del capítulo 2, Art, 13, toda la población tenemos derechos a una seguridad y soberanía alimentaria, esto se lo puede lograr mediante la adquisición de productos sanos y nutritivos, que sean producidos primordialmente a nivel local, esto con el fin de salvaguardar las entidades y tradiciones culturales, esto conjuntamente con el Art. 14, el cual promueve un ambiente sano libre de contaminantes tóxicos, por otro lado, conjuntamente el Art.15 menciona, que se debe hacer uso de tecnologías limpias y alternativas que no contaminen al medio ambiente, además prohíbe el uso de productos agroquímicos que sean internacionalmente prohibidos, y organismos genéticamente modificados los cuales sean perjudiciales para la salud humana y daños del ambiente (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Finalmente, La Ley Orgánica de la Soberanía Alimentaria (LORSA), Capítulo 3, Art.9, el estado asegura el desarrollo de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente, además de

realizar investigación científica, con el fin de crear nuevas alternativas, para mejorar la calidad nutricional de los alimentos, productividad, sanidad alimentaria y lo más importante enriquecer la agro biodiversidad, así como el Art. 24, el cual recalca la sanidad de los alimentos, para brindar a la población alimentos sanos para evitar a través de los años enfermedades en las personas, por el consumo de alimentos que contengan compuestos tóxicos (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA), 2010).

# CAPÍTULO III

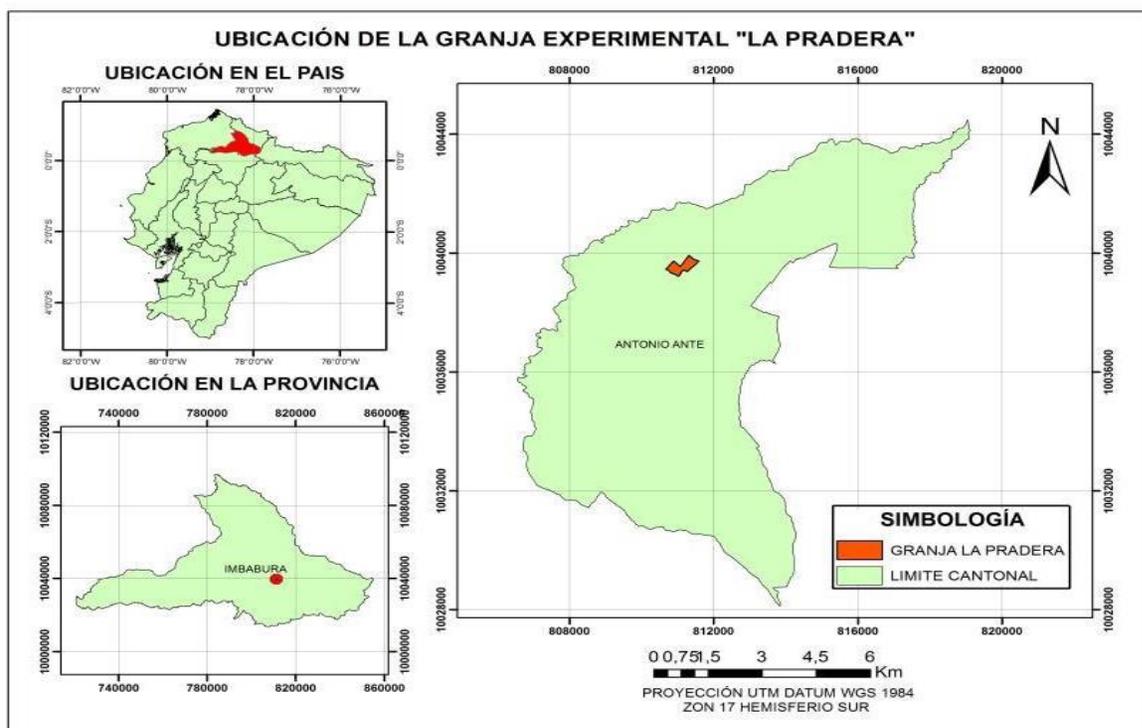
## MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental "La Pradera", perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, la cual se encuentra ubicada en la parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. De acuerdo con Proaño (2007), la Granja Experimental la Pradera posee las siguientes condiciones climáticas y coordenadas geográficas: altitud 2376 msnm, temperatura de 10 a 32 °C, humedad relativa de 65-90%, precipitación media anual 750 mm, latitud 00°21'32.31" Norte y longitud 78°12'15.02" Oeste

**Figura 1**

*Mapa de ubicación del ensayo experimental Granja Experimental "La Pradera"*



## **3.2 Materiales**

Durante la investigación se utilizó diversos tipos de materiales de oficina, campo y material genético, además se incorporó equipos, insumos y herramientas, las cuales contribuyeron para realizar una fase de campo eficaz.

### ***3.2.1 Material genético***

Para la presente investigación, se utilizó semillas de fréjol de la variedad mejorada INIAP 488 Centenario.

### ***3.2.2 Material de oficina***

- Computadora
- Lápiz, esferos
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Material bibliográfico

### ***3.2.3 Material de campo***

- Cinta métrica
- Estacas
- Azadón, rastrillo
- Bomba de mochila
- Rótulos de información, balanza
- Balanza

### ***3.2.4 Insumos***

- Extracto de algas y microorganismos
- Compost
- Fertilizante químico, fungicidas, insecticidas, bactericidas

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Factores en estudio

Dentro del presente estudio, se tomó en cuenta un factor el cual es la aplicación del bioestimulante como fuente de fertilización orgánica.

#### 3.3.2 Tratamientos

En la presente investigación se aplicó los tratamientos mencionados con su respectiva descripción en la Tabla 2, los cuales fueron calculados en función del requerimiento de nitrógeno:

**Tabla 2**

*Descripción de los tres tratamientos de la presente investigación*

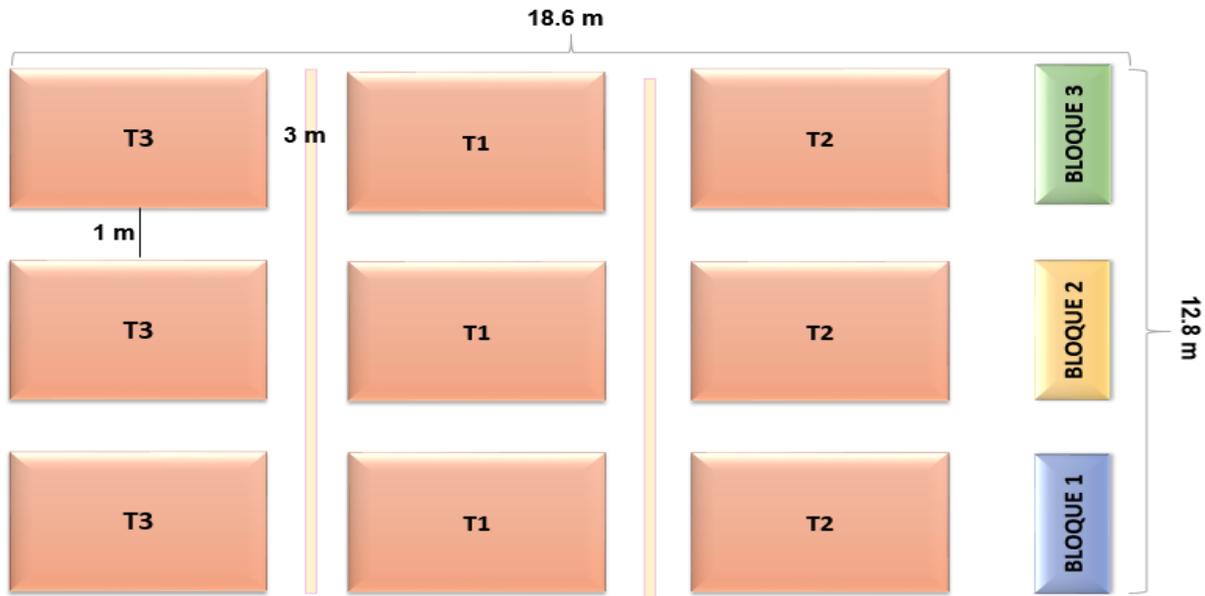
Tratamientos	Descripción
T1	<ul style="list-style-type: none"><li>• 50% Fertilización orgánica (bioestimulante, compost y humus)</li><li>• 50% Fertilización química (cloruro de potasio, superfosfato simple, carbonato de calcio, urea, foliares [calcio, potasio y fósforo])</li></ul>
T2	<ul style="list-style-type: none"><li>• 100% Fertilización orgánica (bioestimulante, compost y humus)</li></ul>
T3	<ul style="list-style-type: none"><li>• 100% Fertilización química (cloruro de potasio, superfosfato simple, carbonato de calcio, urea, foliares [calcio, potasio y fósforo])</li></ul>

#### 3.3.3 Diseño experimental

La Figura 2 muestra el diseño experimental implementado en la fase de campo de la presente investigación.

**Figura 2**

*Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas (DBCAF)*



### **3.3.4 Características del experimento**

A continuación, presenta las características del diseño experimental:

- Factor en estudio: 1
- Bloques: 3
- Unidades experimentales: 9
- Área total del ensayo: 238.08 m<sup>2</sup>

#### **3.3.4.1 Características de la unidad experimental.**

En la Tabla 3 se muestra la descripción de las características de cada una de las unidades experimentales con sus respectivas dimensiones

**Tabla 3***Características y dimensiones de la unidad experimental*

<b>Datos</b>	<b>Medidas</b>
Distancia entre plantas	0.3 m
Distancia entre surco	0.6 m
Distancia entre franjas	3 m
N° de plantas por unidad experimental	252 plantas
N° de semillas por punto	3 semillas
Área de la unidad experimental	15.12 m <sup>2</sup>

### ***3.3.5 Análisis estadístico.***

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el programa InfoStat versión 2018, con el fin de analizar las variables cuantitativas mediante la implementación de los modelos lineales y los modelos generales mixtos. También se trabajó con análisis de varianza para las variables cuantitativas significativas, y también se analizó la prueba de LSD Fisher al 5%.

## **3.4 Variables a evaluar**

### ***3.4.1 Días a la floración***

Para evaluar la variable días a la floración se hizo seguimiento desde la siembra, posteriormente se seleccionó 10 plantas al azar de la cada una de las parcelas. Finalmente, una vez que las plantas entraban en estado de floración se contabilizó los días a los que floreció la planta y se registró los datos en la libreta de campo.

### **Figura 3**

*Días a la floración de fréjol arbustivo centenario*



#### ***3.4.2 Altura de la planta***

En el caso de esta variable, se observó en campo que las plantas de fréjol arbustivo se encuentran en un 50% de floración. Luego se seleccionó 10 plantas al azar de la parcela neta de cada unidad experimental, y se midió con una cinta métrica la altura de cada una de las plantas desde la base del tallo hasta la guía de las plantas. Finalmente, el resultado fue expresado en centímetros.

#### ***3.4.3 Análisis foliar***

Para obtener los resultados de los componentes del análisis foliar, se envió 500 gramos de hoja en etapa de inicio de la floración de cada uno de los tres tratamientos a la Dirección de Diagnóstico Vegetal del Laboratorio de AGROCALIDAD. Las metodologías utilizadas por el laboratorio para la determinación de ceniza y materia orgánica fue el método gravimétrico PEE/SFA/42, para el contenido de nitrógeno el método de dumas PEE/SFA/60, para el contenido de potasio, calcio y magnesio se implementó el método de absorción atómica PEE/SFA/38 y para analizar el contenido de hierro, manganeso, cobre y zinc se utilizó el método de absorción atómica PEE/SFA/39. Los métodos se pueden observar en los Anexos 1-2-3.

#### ***3.4.4 Número de vainas por planta***

Se tomó en cuenta 10 diez plantas al azar de la parcela neta de cada unidad experimental y se procedió a contabilizar las vainas.

#### ***3.4.5 Longitud de la vaina***

Una vez realizada la cosecha se seleccionaron 10 vainas de cada unidad experimental, y se midió la longitud total con un calibrador. Los resultados fueron expresados en centímetros.

#### ***3.4.6 Número de granos por vaina***

De las vainas seleccionadas en la variable anterior se procedió a contar el número de granos que contenía cada una de las mismas.

#### ***3.4.7 Peso de 100 granos***

El peso se midió mediante la ayuda de una balanza electrónica, donde se contabilizó 100 granos, con 10 repeticiones por cada unidad experimental. Los resultados se fueron expresados en gramos.

#### ***3.4.8 Rendimiento por hectárea***

Para calcular esta variable se pesó el rendimiento de cada una de las unidades experimentales mediante una balanza electrónica, el dato fue registrado en gramos, para posteriormente expresar los datos en  $t\ ha^{-1}$ .

#### ***3.4.9 Contenido nutricional del grano de fréjol***

Para determinar el contenido nutricional se realizó un Análisis Bromatológico Proximal. Para el análisis se preparó una muestra de 500 gramos de grano en base seca de cada uno de los tres tratamientos. La muestra fue enviada al laboratorio de la Dirección de Diagnóstico de Inocuidad Alimentos y Control de Insumos Agropecuarios de AGROCALIDAD. Las metodologías utilizadas por el laboratorio para la determinación de humedad se implementó el método gravimétrico PEE/B/01, para el contenido de proteína el método AOAC 968.06 de dumas, para el contenido de grasa el método Soxhlet PEE/B/03, para el contenido de ceniza el método gravimétrico PEE/B/04 y para analizar el contenido fibra se utilizó el método gravimétrico PEE/B/05. Las metodologías mencionadas se muestran en los Anexos 4-5-6.

### ***3.4.10 Costos de producción***

Esta variable fue evaluada mediante la tabla de costos de producción presentada por Moring (2021), donde se tomó en cuenta todos los procedimientos del manejo del experimento de la presente investigación, por cada uno de los tres tratamientos. Para ellos se evaluó costos directos como: preparación del terreno, mano de obra, insumos y fertilizantes, también, se tomó en consideración costos indirectos como: transporte y bomba de mochila.

Adicionalmente, se tomo en cuenta el 10% de imprevistos, los cuales interpretan algunos gastos que se pueden presentar durante el manejo del ensayo. También se efectuó un análisis de la relación B/C, para el cual se tomó en cuenta indicadores como: costos de producción, rendimiento, costo del fréjol arbustivo en seco e ingresos por la venta del producto. Donde al la R:B/C, se la obtuvo dividiendo los ingresos netos para los costos de producción totales (Bello, 2021).

## **3.4 Manejo del experimento**

### ***3.5.1 Análisis de suelo***

La muestra de 1 kg para el análisis de suelo se la consiguió cavando tres hoyos en diferentes puntos de área experimental, los cuales tuvieron una profundidad de 20 cm. Luego se procedió a mezclar la muestra obtenida de los tres puntos y a empacar la muestra en una funda plástica hermética y se procedió a etiquetar la muestra (Bejarano, 1974). La muestra fue enviada al laboratorio de suelos del INIAP.

### ***3.5.2 Preparación del terreno***

La preparación del terreno fue de forma mecánica, mediante la ayuda de un tractor. El cual realizó dos pases de rastra y una de arado, esto con el fin de eliminar los restos del cultivo anterior y adecuar el espacio para la siembra.

#### **Figura 4**

*Alineación del terreno para la implementación del experimento*



#### **3.5.3 Delimitación del terreno**

Se procedió a delimitar el área total del ensayo, y el área de cada una de las 9 unidades experimentales, mediante la ayuda de una cinta métrica, piola y estacas.

#### **Figura 5**

*Delimitación del terreno en bloques y unidades experimentales*



#### **3.5.4 Surcado**

El surcado se lo realizó de forma manual, con la ayuda de un azadón y piola, marcando una distancia de 60 cm entre surco.

#### **3.5.5 Siembra**

La siembra se la ejecutó manualmente, para esta actividad se utilizó una distancia entre plantas de 30 cm y se colocaron tres semillas por cada sitio marcado.

### 3.5.6 Fertilización

Para efectuar la fertilización se basó en las recomendaciones realizadas mediante los datos obtenidos del análisis de suelo (Anexo 7), además se tuvo en cuenta el requerimiento del cultivo de fréjol arbustivo. En la Tabla 4 se muestra las fuentes de fertilización tanto químicas como orgánicas recomendadas para cubrir los requerimientos nutricionales de fréjol arbustivo. Las fuentes fertilizantes por cada componente del tratamiento T1 con sus aportes se encuentran detallados en el Anexo 18.

**Tabla 4**

*Aportes nutrimentales de fertilizantes en kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento T1 (50% fertilización orgánica - 50% fertilización química)*

			<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Ca</b>	<b>Cl</b>	<b>S</b>	<b>Na</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fuente</b>	10-20	20-40	0-20	396								
16.6	kg	Cloruro de potasio	0.00	0.00	10.00	0.00	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86	kg	Superfosfato simple	0.00	18.06	0.00	17.20	0.00	8,6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
400	kg	Carbonato de calcio	0.00	0.00	0.00	154.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.4	kg	Urea	9.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.5	kg	K-FOS	0.00	0.98	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	L	Calcio	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
240	kg	Humus	7.20	16.49	7.22	14.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	kg	Compost	2.20	1.10	1.20	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38.6	L	Bioestimulante	0.01	0.00	0.07	0,00	0.00	0.00	0.09	0.54	0.06	0.32	1.27	0.04
<b>TOTAL</b>			<b>18.79</b>	<b>36.63</b>	<b>20.49</b>	<b>195.30</b>	<b>7.80</b>	<b>8.60</b>	<b>0.09</b>	<b>0.54</b>	<b>0.06</b>	<b>0.32</b>	<b>1.27</b>	<b>0.04</b>

La Tabla 5 muestra las fuentes y cantidad de fertilizantes orgánicos recomendadas que se aplicaron en el tratamiento T2. Las fuentes fertilizantes por cada componente de este tratamiento con sus aportes se encuentran detallados en el Anexo 19.

**Tabla 5**

*Aportes nutrimentales de fertilizantes en kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento T2 (100% fertilización orgánica)*

Cantidad	Unidad	Fuente	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Cl	S	Na	Fe	Mn	Zn	B	Cu
			10-20	20-40	0-20	396								
480	kg	Humus	14.40	32.98	14,45	28.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	kg	Compost	4.40	2.20	2.40	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77.7	L	Bioestimulante	0.01	0.00	0,15	0,00	0.00	0.00	0.18	1.09	0.12	0.64	2.56	0,09
<b>TOTAL</b>			<b>18.81</b>	<b>3.18</b>	<b>17.00</b>	<b>44.80</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.18</b>	<b>1.09</b>	<b>0.12</b>	<b>0.64</b>	<b>2.56</b>	<b>0.09</b>

En la Tabla 6 se puede observar las fuentes fertilizante implementadas para cubrir los requerimientos de frejol arbustivo para el tratamiento T3. Las fuentes fertilizantes por cada componente del tratamiento T3 con sus aportes se encuentran detallados en el Anexo 20.

**Tabla 6**

*Aportes nutrimentales de fertilizantes en kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento T3 (100% fertilización química)*

Cantidad	Unidad	Fuente	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Cl	S
			10-20	20-40	0-20	396		
33.2	kg	Cloruro de potasio	0.00	0.00	19.9	0.00	15.60	0.00
172	kg	Superfosfato simple	0.00	36.12	0.00	34.40	0.00	17.20
800	kg	Carbonato de calcio	0.00	0.00	0.00	308.80	0.00	0.00
40.8	kg	Urea	18.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	kg	K-FOS	0.00	1.96	4.06	0.00	0.00	0.00
10	L	Calcio	0.00	0.00	0.00	2.60	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>18.77</b>	<b>38.08</b>	<b>23.98</b>	<b>345.80</b>	<b>15.60</b>	<b>17,20</b>

### **3.5.7 Deshierba**

Esta actividad se la realizó mediante la ayuda del azadón 30 días después de la siembra, para evitar la propagación de las arvenses y de darle soporte al tallo de la planta de fréjol. También se incorporó fertilización basada en el análisis de suelo para cubrir los requerimientos de la planta y el suelo.

### **3.5.8 Aporque**

Se realizó el aporque 45 días después de la siembra para que las plantas tengan mayor resistencia y evitar el acame de las mismas.

### **3.5.9 Riego**

El tipo de riego que se implementó fue por gravedad, la frecuencia con la que se suministró el riego fue una vez al mes.

### **Figura 6**

*Riego de las parcelas de fréjol arbustivo variedad centenario*



### **3.5.10 Controles fitosanitarios**

Para el control se utilizó fungicidas, insecticidas y bactericidas para el tratamiento 3 con una frecuencia de aplicación de 8 días (Tabla 7), por otro lado, se empleó el bioestimulante en el Tratamiento 2 con aplicaciones periódicas de 8 días con dosis de 10ml L<sup>-1</sup>. De igual manera, para el tratamiento T1 se aplicó la mitad de las dosis de la tabla 6, y adicionalmente se aplicó la mitad de la dosis del tratamiento T2 5 ml L<sup>-1</sup>.

**Tabla 7***Dosis de aplicación e ingredientes activos para los tratamientos químicos*

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Control</b>	<b>Dosis</b>	<b>Época de aplicación</b>	<b>Frecuencia de aplicación</b>
Thiophanate methyl	Podredumbre	1.25 g L <sup>-1</sup>	4 primeras semanas	8 días
Lambda cyhaloptrin	Mosca blanca	1.5 ml L <sup>-1</sup>	semana 6 a la 15	10 días
Folpet	Antracnosis	3 g L <sup>-1</sup>	8 primeras semanas	8 días
Acephate	Gusano	0.6 g L <sup>-1</sup>	semana 6 a la 15	10 días

### **3.5.11 Cosecha**

La cosecha se la realizó una vez transcurridos los 122 días después de la siembra, cuando el mayor porcentaje de los granos de fréjol se encontraban totalmente secos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

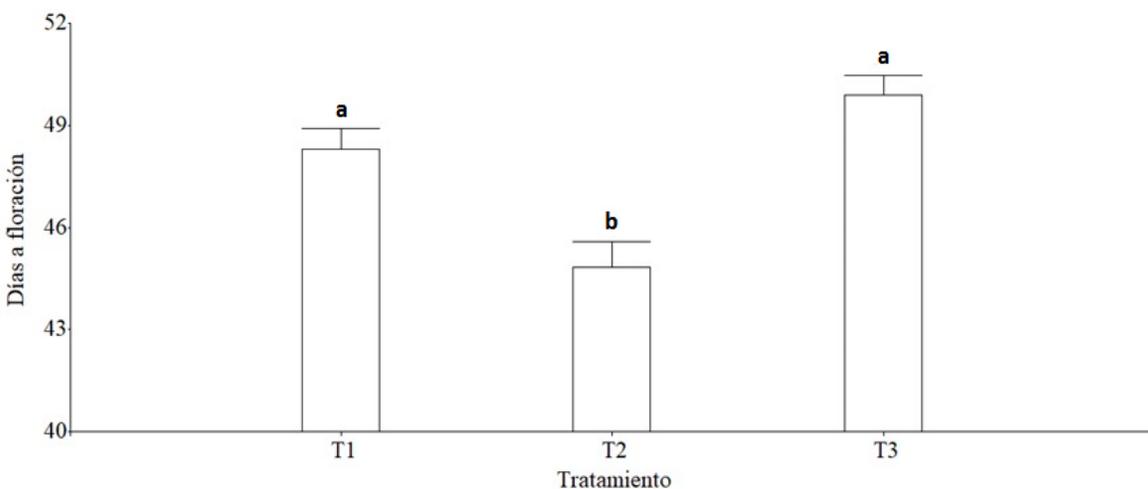
La presente investigación se llevó a cabo durante 4 meses, desde abril hasta agosto del 2023, a continuación, se presentan las variables que influyen directamente en el componente agroeconómico y contenido nutricional del cultivo de fréjol arbustivo:

#### 4.1 Días a la floración

En la Figura 7 se muestran los resultados de la variable días a la floración bajo la aplicación de los tratamientos T1 (50% fertilización química y 50% fertilización orgánica), T2 (100% fertilización orgánica) y T3 (100% fertilización orgánica). Además, se observa que las plantas de fréjol con aplicación del T2, presentaron menor número de días a la floración con valores de 44.83 días y fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) con respecto a los tratamientos T1 y T3, los cuales fueron estadísticamente similares con 48.30 y 49.90 días, respectivamente. Los datos de la presente investigación con respecto a los intervalos presentados por el INIAP (2012), se encuentran dentro de valores propuestos por el autor (42 a 45 días) en el caso de T2, mientras que los tratamientos T1 y T3 tardaron más días en florecer.

#### Figura 7

*Resultado de días a la floración del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*



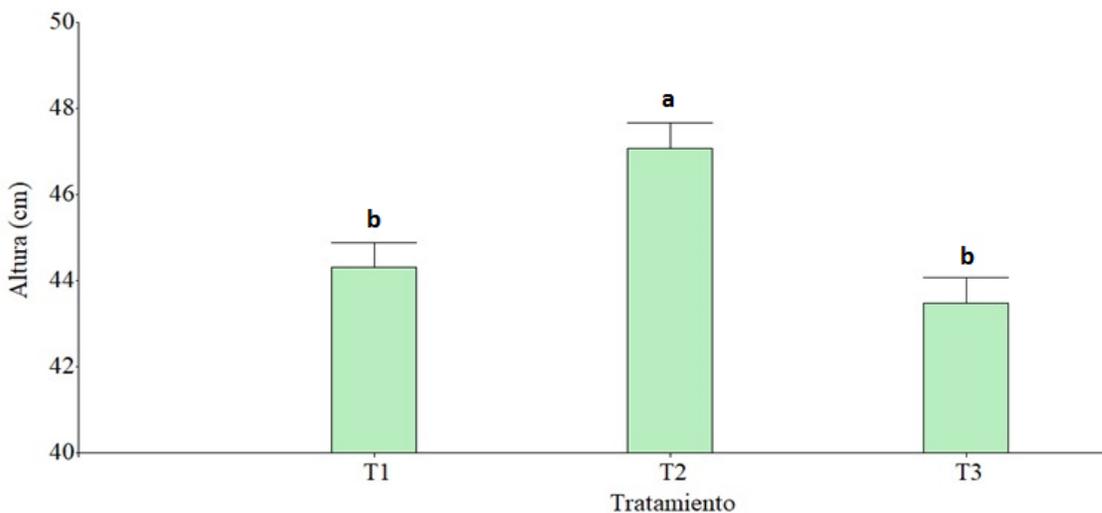
Esta diferencia se debe a que el tratamiento T2 contiene una fuente proteica (espirulina) la cual disminuye los días a la floración Coalla y Rouphael (2020), también contiene pseudomonas las cuales se encargan de la solubilización de fósforo el cual es el principal componente para la formación de flores (Fu et al., 2016). De acuerdo con Martínez (2023), los bioestimulantes inciden en la floración, ya que en su estudio aplicó dosis de espirulina en concentración (1:3) a plantas de pimiento y observó que la floración inicio entre la semana 9 y 10. Mientras que el tratamiento testigo, la floración inicio entre la semana 11 y 12. Asimismo, Pérez et al. (2020), afirma que los bioestimulantes de algas inciden a la floración, debido a que contienen cantidades significativas de proteínas y aminoácidos (65%), las cuales se activan y favorecen esta etapa fenológica de los cultivos.

#### 4.2 Altura de la planta

La Figura 8 indica el efecto de los tratamientos sobre la variable altura de planta. Los resultados evidenciaron que bajo la aplicación de tratamiento T2, la planta de fréjol registró una altura de 47.08 cm y fue significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor con respecto a los tratamientos T1 y T3 los cuales fueron similares estadísticamente. De acuerdo con los valores de la variedad de fréjol reportados por el INIAP (2012), indica que la altura de la planta alcanza valores de 45 hasta 50 cm. Los resultados de los tres tratamientos estudiados están dentro de los valores señalados por el autor.

#### Figura 8

*Efecto de la variable altura del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*



La diferencia estadística en esta variable se debe a que el la composición del bioestimulante se encuentran las pseudomonas las cuales se encargan de el crecimiento de las plantas, además contiene bacterias y levaduras productoras de la auxina ácido indol acético el cual se encarga de la división celular y el desarrollo de las zonas apicales de la planta (Corrales et al., 2017; Fu et al., 2016; Jnawali et al., 2015; Sánchez et al., 2022). Por otro lado, Pérez et al. (2020) demostraron que los bioestimulantes a base de algas promueven el crecimiento de los cultivos, ya que contienen componentes como las auxinas, aminoácidos y vitaminas, las cuales se activan y favorecen el crecimiento de las plantas.

Martínez (2023) en su estudio, evaluó la aplicación de espirulina en el cultivo de pimiento en concentración de 1L 3L<sup>-1</sup> de agua bajo condiciones de invernadero. El autor observó que, la altura de la planta (87.04 cm) fue mayor para el tratamiento con aplicación de espirulina, a diferencia del tratamiento testigo, en el cual, las plantas registraron una altura promedio de 64.76 cm. Los resultados de este trabajo tienen el mismo comportamiento con los del autor, ya que al utilizar la dosis del 100% fertilización orgánica (T2), la planta de fréjol fue más alta.

### **4.3 Análisis foliar**

La Tabla 8 indica los resultados del análisis foliar de hojas de fréjol arbustivo variedad centenario, las cuales fueron tomadas en la etapa de la floración de cada uno de los tres tratamientos estudiados. Los Anexos 1, 2 y 3, muestran los resultados de cada uno de los análisis realizados por cada tratamiento. De acuerdo con los resultados observados en la Tabla 8, el potasio (K) fue el principal macronutriente en los tres tratamientos (1.82 – 2.53%), seguido del calcio (1.44 – 1.82%), magnesio (0.30 – 0.42%) y fósforo (0.31 – 0.35%). El tratamiento T1 tuvo el mayor contenido de N, K, Ca, Mg, Cu y ceniza, mientras que el T2 fue alto en materia orgánica, fósforo y zinc, por otro lado, el tratamiento T3 presentó el mayor contenido de hierro y manganeso.

**Tabla 8**

*Contenido mineral, ceniza y materia orgánica en hojas del cultivo de fréjol arbustivo en la etapa de inicio de la floración*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Ceniza	%	13.30	13.00	13.20
Materia orgánica	%	86.70	87.00	86.8
Nitrógeno	%	3.68	3.34	3.56
Fósforo	%	0.31	0.35	0.33
Potasio	%	2.53	1.82	2.50
Calcio	%	1.82	1.70	1.44
Magnesio	%	0.42	0.30	0.34
Hierro	mg kg <sup>-1</sup>	139.00	257.92	282.97
Manganeso	mg kg <sup>-1</sup>	40.50	51.48	55.49
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	9.00	7.50	8.50
Zinc	mg kg <sup>-1</sup>	33.00	35.49	34.00

*Nota.* T1= (50% fertilización orgánica – 50% fertilización química); T2 (100% fertilización orgánica); T3 (100% fertilización química).

Alalade et al. (2016) en su estudio examinó el análisis proximal de los granos de fréjol en base seco, donde como resultado obtuvo el 5.08% de ceniza, además menciona que este contenido se encuentran dentro de los intervalos establecidos de este componente (3-9.56%). Estos resultados con respecto a los de la presente investigación tiene un comportamiento diferente ya que el contenido de ceniza en la presente investigación es mucho mayor, esto se debe al alto contenido de alcalinidad, en los tres tratamientos.

Citando a Osorio (2012), las concentraciones de nitrógeno en hojas de fréjol se encuentran en los intervalos de 3 a 5%. Al comparar los datos de la presente investigación con respecto a los del autor, se encuentran dentro de los intervalos establecidos, además el contenido de nitrógeno es numéricamente similar, debido a que las fuentes fertilizantes se encuentran parcialmente ajustadas. Asimismo, Orchardson (2020) menciona que el nitrógeno es utilizado por las plantas para producir

aminoácidos, los cuales originan proteínas que construyen las células. Además, el fréjol es una leguminosa capaz de captar el nitrógeno presente en el suelo de forma natural y transportarlo a través de las plantas (Acosta, 2021).

Osorio (2012) presenta que las concentraciones de análisis foliar en las hojas de fréjol a campo abierto mediante manejo convencional para el P son (0.2-0.3%), estos datos fueron promovidos por el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia. Los resultados del presente trabajo con respecto a los obtenidos por el autor, presentan un comportamiento diferente, ya que los datos de la investigación son más altos. Esto se debe a que la cantidad de fósforo obtenida mediante el análisis de suelo (Anexo 7), presentan un alto valor de este macroelemento. De acuerdo con Garcia (2020), el exceso de fósforo en el suelo es absorbido por las raíces de las plantas, hasta distribuirse en las hojas, lo cual incide en la alta concentración de este macronutriente.

Si se analiza los datos del presente trabajo, en comparación con la concentración foliar de fréjol (K= 2-2.25%) presentada por Osorio (2012), se observa que existe un déficit en el caso del tratamiento T2, y un exceso del macroelemento en los tratamientos T1 y T3. Este comportamiento se debe a que el tratamiento T2 recibió menor cantidad de  $P_2O_5$ , mientras que los tratamientos T1 y T3 recibieron mayor cantidad de este macroelemento.

De acuerdo con Meléndez y Molina (2002), las concentraciones foliares de fréjol arbustivo mediante manejo convencional para los dos minerales son Ca=1.3-2.0% y Mg= 0.35-1.3%, estos datos fueron sustentados por el laboratorio el Centro de Investigaciones Agronómicas. Los resultados del mineral calcio del presente trabajo con respecto al estudio presentado por los autores, tienen el mismo comportamiento, ya que se encuentra dentro de los rangos establecidos. Asimismo, los resultados de Mg de los tratamientos T1 y T3 presentan el mismo comportamiento con respecto a los autores, mientras que para el tratamiento T2 existió un déficit de magnesio. La deficiencia de este mineral para el T2, se debió a que no se corrigió el pH con ningún insumo agrícola, a diferencia de los otros dos tratamientos donde sí se equilibró el pH (Ortiz y Venialgo, 2017).

Asimismo, Meléndez y Molina (2002) presentan los rangos establecidos por el Centro de Investigaciones Agronómicas de concentración foliar para los siguientes micronutrientes: Fe= 100-800 mg kg<sup>-1</sup>, Mn= 20-200 mg kg<sup>-1</sup>, y Zn= 25-50 mg kg<sup>-1</sup>. Los resultados del presente trabajo

con respecto a los datos presentados por los autores tienen el mismo comportamiento en los tres tratamientos, ya que los datos obtenidos de cada micronutriente se encuentran dentro de los rangos establecidos, en las hojas de fréjol.

Por otro lado, el microelemento cobre presenta los siguientes rangos de concentración foliar en fréjol de 15-25 mg kg<sup>-1</sup> (Meléndez y Molina, 2002). Los resultados del presente trabajo con respecto a los datos presentados por los autores tienen un comportamiento diferente, ya que, los datos de la investigación son bajos. Esto se debe a que, durante las 4 primeras semanas del cultivo, existió altas precipitaciones que afectaron al cultivo de fréjol arbustivo. De acuerdo con Bloodnick (2023), la deficiencia de cobre se debe a las altas precipitaciones que se presentaron en las 4 primeras semanas del cultivo.

#### 4.4 Número de vainas por planta

El análisis de la varianza con respecto a la variable número de vainas por planta muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en estudio ( $p=0.5243$ ), por tanto, se incluye la Tabla 9 con los resultados de la variable por tratamiento. Además, para esta variable el INIAP (2012) muestra que los valores se encuentran en intervalos de 8 a 23 vainas por planta; al comparar los datos del INIAP con respecto a los datos expuestos por la presente investigación los promedios en los tres tratamientos se encuentran dentro de los valores de fréjol arbustivo variedad centenario.

**Tabla 9**

*Resultado de número de vainas por planta con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones (Medias  $\pm$  Error Estándar)*

Tratamientos	Número de vainas por planta
T1	18.63 $\pm$ 0.60
T2	18.50 $\pm$ 0.62
T3	17.73 $\pm$ 0.59

Debouck (2018) afirma que la producción de las vainas se debe a la floración. Por tal motivo en el presente estudio se implementó fertilizantes e insumos agrícolas que inciden tanto en la floración como en la producción de vainas. En el caso de tratamiento T3 se implementó NPK,

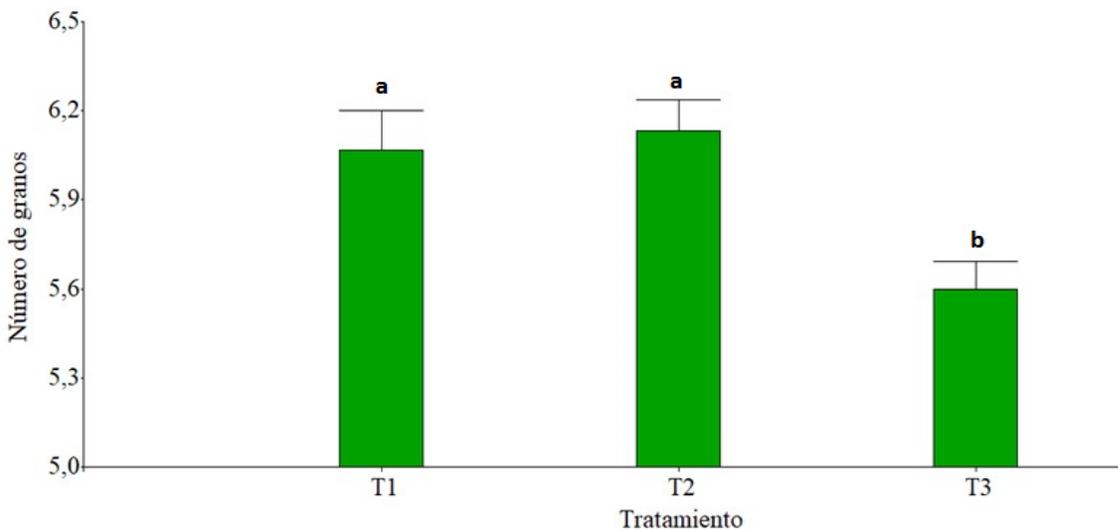
que influye en la floración mediante abono químico, mientras que para el tratamiento T2 se aplicó el bioestimulante que es fuente principal de proteína la cual induce a la floración y ayuda a formar las paredes celulares de la vaina. Por tal motivo si los tres tratamientos tienen fuentes que activan la producción de vainas, como resultado se obtiene el mismo número de vainas por planta.

#### 4.5 Número de granos por vaina

De acuerdo con el análisis estadístico la variable número de granos por vaina con respecto a los tratamientos muestran diferencias significativas ( $p=0.0018$ ). Las plantas de fréjol que recibieron la dosis de 50% fertilización orgánica y 50% fertilización química (T1), así como la dosis (T2), registraron mayor número de granos por vaina (6.13 y 6.07, respectivamente) con respecto al tratamiento 100% fertilización química (T3), ver Figura 9. Citando al INIAP (2012) el fréjol arbustivo variedad centenario presenta de 4 a 7 granos por vaina, al contrastar los datos presentados por el instituto de investigaciones con respecto a los del presente trabajo se encuentra dentro de los intervalos en el caso de los tres tratamientos.

#### Figura 9

*Resultado de número de granos por vaina del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*



La diferencia estadística de los tratamientos T1 y T2 con respecto al T3, se debe probablemente a que los dos primeros tratamientos recibieron fuentes orgánicas como lo son las levaduras y bacterias, las cuales contienen ácido indol acético una auxina que participa en la

división celular, y regula la producción de granos por legumbre (Corrales et al., 2017; Del Jardín, 2015; Fu et al, 2016; Jnawali y otros, 2015).

Núñez et al. (2020), también ensayaron dos tratamientos con dosis de aplicación de 3.5 y 7.0 L ha<sup>-1</sup>, de bioestimulantes compuestos por la cianobacteria *Spirulina* spp. y vinaza que fueron aplicados en el cultivo de fréjol común. Los resultados demostraron que el tratamiento de *Spirulina* spp. presentó mayor número de granos 5 granos por vaina y, el tratamiento control registró 4 granos por vaina. Asimismo, Quintero et al. (2018), evaluaron la aplicación de microorganismos en dosis de 50 ml L<sup>-1</sup> en el cultivo de fréjol, donde los resultados evidenciaron que, al aplicar microorganismos eficientes, incrementó el número de granos por vaina en un 49.39% con respecto al tratamiento testigo.

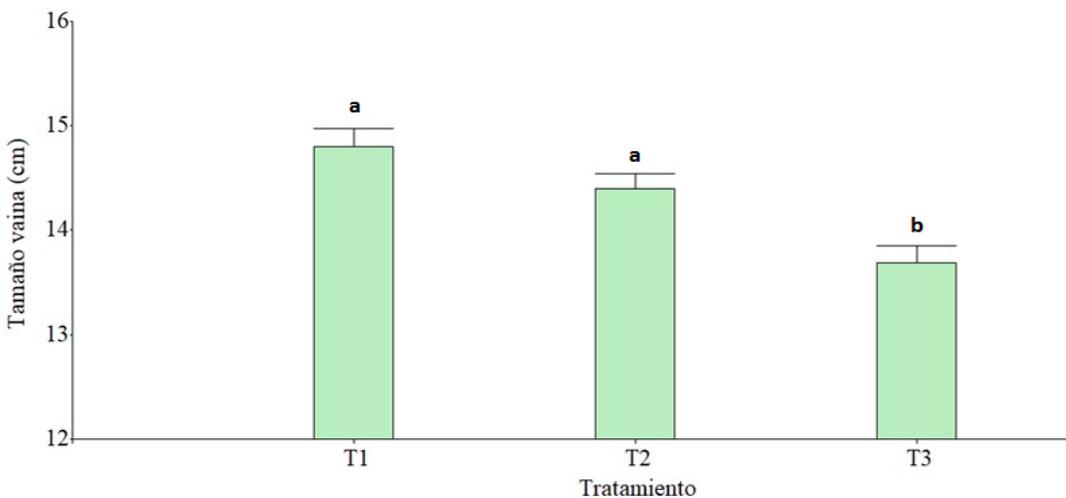
#### **4.6 Tamaño de la vaina**

La Figura 10 muestra los resultados de la variable tamaño de la vaina, y se observó que el T1 y T2 presentaron mayor longitud con un promedio de 14.80 y 14.40 cm, respectivamente y fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0.0001$ ) con respecto al T3 que registró un tamaño de vaina de 13.69 cm. De acuerdo con el INIAP (2012) los valores de la variedad para esta variable son de 12 a 14 centímetros, estos datos al ser comparados con los promedios de la presente investigación presentan un comportamiento similar en el caso del tratamiento T3, mientras que los tratamientos T1 y T2 presentan valores más altos.

De acuerdo con Vilches y Fernández (2005) esta diferencia se ve asociada a los diversos componentes que presenta el bioestimulante, entre ellos la biotina que es una vitamina que forma parte de la *Espirulina*, la cual participa en la actividad enzimática, la proliferación celular y mejora el metabolismo de las plantas aumentando así el tamaño de las legumbres.

**Figura 10**

*Efecto del tamaño de la vaina del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*



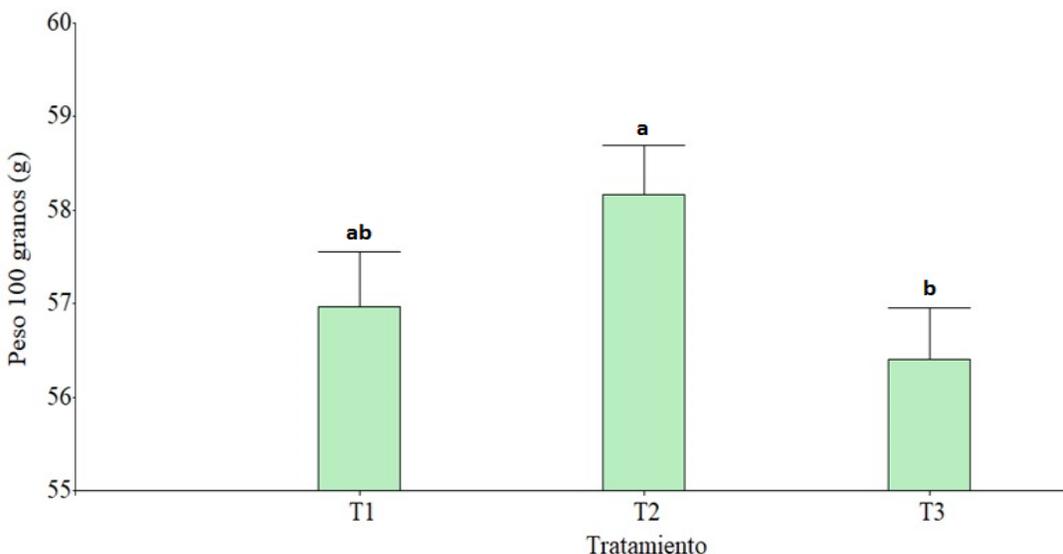
El estudio realizado por Bravo y Saltos (2022), demuestran que la aplicación de algas marinas en cultivo de fréjol caupí, con dosis de aplicación de  $0.75 \text{ L ha}^{-1}$ , presentó mayor tamaño de la vaina con un promedio de 18.55 cm. De la misma manera, el bioestimulante a base del alga *Durvillea antarctica*, mostró un valor más alto con respecto al tratamiento testigo.

#### **4.7 Peso 100 granos**

De acuerdo con el análisis de varianza de la variable peso de 100 granos, se muestra el efecto significativo de los tratamientos en estudio ( $p=0.0477$ ), ver Figura 11. El T2 fue el tratamiento que mayor peso tuvo, con un promedio de 58.17 gramos respectivamente, seguido del tratamiento T1 y T3, los cuales tuvieron valores de 56.97 y 56.40 gramos respectivamente; mencionado esto los tres tratamientos se encuentran dentro de los intervalos (55 a 58 gramos) presentados por la variedad de fréjol centenario (INIAP, 2012). De acuerdo con Valencia (2022) los bioestimulantes con tienen macronutrientes como NPK los cuales al aplicarlos en los cultivos, aumentan el tamaño de los frutos, además el fosforo es importante para brindar mayor peso a los productos, también aumenta la cantidad de azúcares de cada semilla o fruto.

## Figura 11

*Resultados del peso de 100 granos del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*



Pasco (2019), en su investigación, determinó que la aplicación foliar de bioestimulantes a base de extracto de algas y microorganismos en el cultivo de fréjol común variedad cápsula tuvo mayor peso de esta variable, resaltando los bioestimulantes del T4 algas y T3 microorganismos con 64.090 y 63.363 gramos. Mientras que el testigo obtuvo un peso de 60.04 gramos, un número significativo el cual permitió obtener mejor rendimiento en base a cantidad como calidad del cultivo tomando en cuenta la variable peso, evidenciando que la aplicación del bioestimulante si incide en el mejoramiento del producto final.

### 4.8 Rendimiento

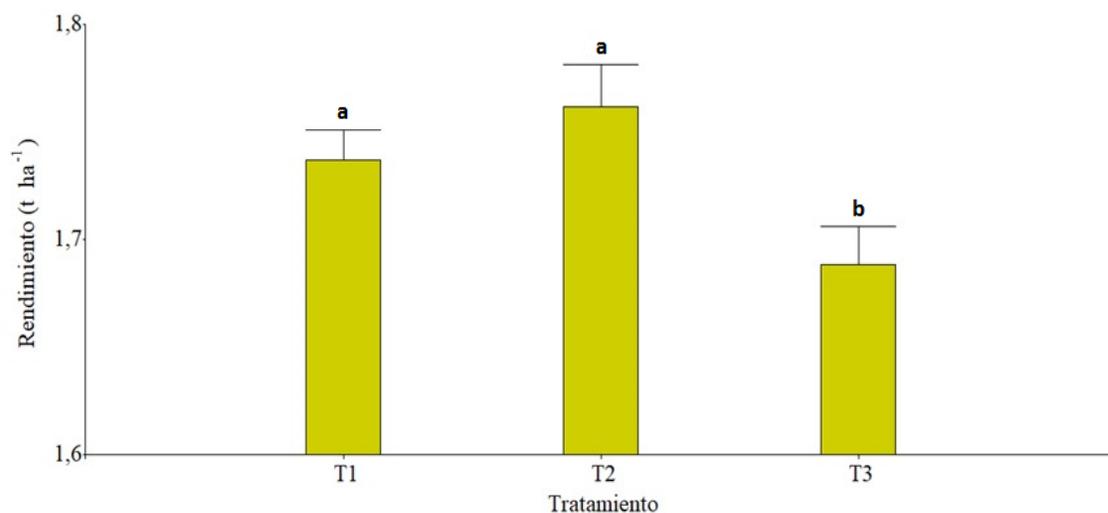
De acuerdo con el análisis estadístico, la variable rendimiento con respecto a los tratamientos estudiados muestra que existe un efecto significativo ( $p=0.0405$ ) entre los tratamientos. Los valores de rendimiento muestran que los tratamientos T2 y T1 no mostraron diferencias estadísticas entre los mismos, con valores de 1.76 y 1.74 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, pero si fueron estadísticamente diferentes con respecto al T3 (1.69 t ha<sup>-1</sup>), ver Figura 12.

De acuerdo con el INIAP (2012) el valor más alto en rendimiento de fréjol centenario es de 2150 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el menor rendimiento está valorado en 1500 kg ha<sup>-1</sup>, al realizar el contraste con los datos presentado en la presente investigación los mismos se encuentran dentro

de los intervalos establecidos por el instituto de investigaciones. Esta diferencia se ve asociada directamente con la variable anterior donde se obtuvo mayor peso en los cien gramos en el caso del tratamiento T2, además variables como número de granos por vaina y tamaño de la vaina también sobresalieron en este tratamiento, lo cual influyó directamente sobre el rendimiento del grano en base seca.

### Figura 12

*Efecto del rendimiento del cultivo de fréjol con aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*



Un estudio realizado por Brítez (2016), evidenció que la aplicación de bioestimulante de bacterias benéficas en diferentes dosis en el cultivo de soja tiene mayor efecto en el rendimiento al obtener (3520.96 kg ha<sup>-1</sup>) en el T2 con dosis de 300 ml ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento testigo obtuvo un promedio de 2650.74 kg ha<sup>-1</sup>. Asimismo, Quintero et al. (2018) en su ensayo experimental aplicaron bioestimulante de microorganismos en el cultivo de fréjol común. Los resultados demuestran que mediante la aplicación de microorganismos se tiene mayor rendimiento con 2.01 y 2 t ha<sup>-1</sup>. Los resultados de este trabajo tienen el mismo comportamiento con los autores, ya que al implementar la fertilización orgánica al 100% (T2), el rendimiento fue más alto.

### 4.9 Contenido nutricional

La composición proximal de los granos de fréjol seco se muestra en la Tabla 10. El contenido de proteína (25.47%) en el grano de fréjol del T2 fue significativamente más alto

( $p \leq 0.05$ ) que los tratamiento T1 y T3. En Contraste, el contenido de lípidos en el T1 (1.26%) fue alto con respecto a los tratamientos T2 y T3. Asimismo, el contenido de cenizas en el T1 (4.41%) fue significativamente alto con respecto a los tratamientos T2 y T3, sin embargo, estos dos últimos tratamientos fueron iguales estadísticamente. El mismo comportamiento se observó para la variable contenido de humedad, ya que el T1 registró un valor superior de humedad (17.77%) y fue estadísticamente diferente ( $p=0.0028$ ) con respecto a los tratamientos T2 y T3. Por otra parte, el contenido de fibra (3.75%) fue mucho más alto en el T3 y, fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a los tratamientos T1 y T2 que mostraron diferencias.

**Tabla 10**

*Resultado de análisis bromatológico de grano de fréjol arbustivo en base seca bajo la aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*

Componente %	T1	T2	T3
Proteína (Nx6.25)	23.14±0.31 b	25.47±0.31 a	20.27±0.86 c
Humedad	17.77±0.04 a	16.53±0.10 b	16.53±0.10 b
Grasa	1.26±0.00 a	0.86±0.02 c	1.10±0.04 b
Ceniza	4.41±0.00 a	3.89±0.07 b	3.89±0.07 b
Fibra	3.02±0.06 b	3.26±0.01 b	3.75±0.09 a

*Nota.* Los promedios ± error estándar seguido de letras diferentes existen diferencias significativas ( $n=3$ ,  $p \leq 0.05$ ).

Citando al INIAP (2012) el contenido de proteína en base seca para la variedad de fréjol centenario es de 26.77%, este dato con respecto a los de la presente investigación es aproximadamente similar. Además es importante mencionar que la diferencia entre el tratamiento T2 con respecto a los tratamientos T1 y T3 se debe a que, el alga espirulina presenta alto contenido de proteína 61% al ser cultivada a campo abierto. Por tal motivo, si esta solución madre es implementada en los cultivos como una fuente bioestimulante, tendrá efectos directos sobre el contenido de proteína de los cultivos Fernández et al. (2020).

Delgado (2019) en su estudio, obtuvo un alto valor en la concentración de proteína mediante el uso de bioestimulante a base de la fermentación de residuos de cultivo en forraje verde. Donde, como resultado consiguió un valor porcentual de 9.85, mientras que el tratamiento testigo

presentó un valor de 9.23%, es decir mediante la aplicación del bioestimulante se obtuvo un aumento del 0.62%. Estos resultados con respecto a los del presente trabajo tiene un comportamiento similar, ya que en los dos trabajos existió un aumento de proteína mediante la aplicación de tratamiento T2. Además, es importante mencionar que en la presente investigación mediante la aplicación del T2 se obtuvo un aumento del 5.2% con respecto al tratamiento testigo.

Según Rojas (2021) en su estudio, presenta que el contenido de humedad del grano de maíz mediante la aplicación de úrea y algas fue menor (4%), con respecto al tratamiento donde se aplicó solo úrea (5.7%). Por lo cual, como resultado obtuvo una variación del contenido de humedad de 1.7%, entre los dos tratamientos estudiados. Los resultados de este trabajo tiene un comportamiento diferente con los del autor, ya que al utilizar la dosis de 50% fertilización orgánica, 50% fertilización química (T1), presentó mayor contenido de humedad (17.77%), mientras que el T3 (100% fertilización química) tuvo menor humedad (16.53%). Por tal motivo, la variación entre el T1 y T3 es de 1.24%. El contenido de humedad es más alto para el T1 debido a que las parcelas de este tratamiento tardaron más tiempo en el secado de la semilla.

Como afirma el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] (2012), en el boletín divulgativo de fréjol arbustivo INIAP 484 Centenario, el contenido de grasa en base seca de fréjol es de 1.06% (manejo convencional). Estos resultados con respecto a los del presente trabajo presentan un comportamiento aproximadamente similar (1.10%) para el tratamiento T3 (fertilización química) mientras que, al implementar fertilización orgánica, el contenido de grasa fue menor con un 0.86%.

Un estudio realizado por Rojas (2021), demostró que la aplicación de urea y extracto de algas presentó mayor contenido de ceniza (4.6%) con respecto al tratamiento donde solo aplicó urea, mostrando como resultado (1.5%) de este componente. En este caso el autor menciona que la diferencia estadística es alta al tener una discrepancia porcentual del 3.1%. Los resultados obtenidos en el presente trabajo con respecto a los datos citados por el autor tienen un comportamiento similar ya que en el caso de las dos investigaciones tuvo más relevancia la asociación de las dos fertilizaciones (química y orgánica).

De acuerdo a los datos proporcionados por el INIAP (2012) el contenido de fibra en base seca del grano de fréjol arbustivo variedad centenario es de 4.79%, estos datos con los del autor de la presente investigación tiene un comportamiento bajo. De igual manera Veloz (2022) en su

estudio evaluó la aplicación de bioestimulantes con las siguientes dosis, microorganismos eficientes (1 L ha<sup>-1</sup>), citoquininas (0.5 L ha<sup>-1</sup>), ácidos húmicos (1 L ha<sup>-1</sup>), y extracto de algas (2 L ha<sup>-1</sup>), en pasto saboya. Donde obtuvo como resultado que al aplicar extracto de algas se obtuvo mayor contenido de fibra (10.94%), mientras que el tratamiento testigo presentó el valor más bajo (9.98%). Los resultados de este trabajo tienen un comportamiento diferente con respecto a los del autor, ya que al aplicar el tratamiento (T2), se tiene menor contenido de fibra (3.26%) con respecto al tratamiento testigo que obtuvo el valor más alto con 3.75%.

#### 4.10 Costos de producción

El análisis económico obtenido de cada tratamiento (Tabla 11), dio como resultado que el mayor costo de producción fue el del tratamiento T3 con 1782.87 \$ ha<sup>-1</sup>, aunque es el que presentó menores ingresos (3549 \$ ha<sup>-1</sup>). Por tal motivo, es el que obtuvo la menor R: B/C con un valor de 1.99, es decir por cada dólar invertido se tiene una ganancia de 0.99 centavos. Por otro lado, el T1 obtuvo costos de producción e ingresos medios de 1633.74 y 3654 \$ ha<sup>-1</sup> respectivamente, además presentó una relación beneficio/costo de 2.24, mientras que el valor más alto de la R: B/C es la del T2 con un valor de 2.40. Asimismo, presentó la mayor cantidad de ingresos (3696 \$ ha<sup>-1</sup>), y por otra parte es el que menor costos de producción tuvo (1542.37 \$ ha<sup>-1</sup>). Los costos de producción detallados de manera más precisa se encuentran en los Anexos 15, 16 y 17.

**Tabla 11**

*Análisis económico del cultivo de fréjol en kg ha<sup>-1</sup> mediante la aplicación de fertilización química y orgánica en distintas concentraciones*

Tratamiento	Costos de producción (USD)	Rendimiento (kg)	Costo por (kg) de fréjol seco	Ingresos por ventas (USD)	Relación B/C
T1	1633.74	1740	2.10	3654	2.24
T2	1542.37	1760	2.10	3696	2.40
T3	1782.87	1690	2.10	3549	1.99

Resultados similares presentó Martínez (2023), donde obtuvo que al aplicar espirulina en pimiento se obtiene un mayor beneficio neto con \$732.4 a diferencia del testigo donde solo se obtuvo un beneficio de \$97.7. Los resultados del trabajo con respecto a los presentados por el autor

poseen el mismo comportamiento, ya que al aplicar fertilización orgánica (T2) se obtiene mayor beneficio neto con respecto al tratamiento testigo.

Por otro lado, Conforme (2019) aplicó bacterias *Rhizobium* en fréjol. Donde como resultados obtuvo que el tratamiento químico fue el que presentó mayor costo e ingresos de producción, mientras el tratamiento con bioestimulante obtuvo menor costos e ingresos, por lo tanto, menor relación B/C de 0.39. Los resultados del presente trabajo con respecto al autor muestran un comportamiento diferente, ya que al implementar la fertilización orgánica se obtiene mejor beneficio con respecto al tratamiento testigo.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- El tratamiento de fertilización orgánica 50% y fertilización química 50% (T2) tuvo un efecto significativo sobre los tratamientos T1 y T3, ya que registró un menor número de días a la floración (44.83 días) y valores altos en altura de la planta (47.08 cm), en número de granos por vaina (6.13 granos), en peso de 100 granos (58.17 gramos).

- El rendimiento del tratamiento T2 fue mayor con 1.76 t ha<sup>-1</sup>, ya que registró un mayor peso de 100 granos con fertilización orgánica con respecto a los demás tratamientos.

- De acuerdo con el análisis bromatológico, el tratamiento T2 presentó un mayor contenido de proteína (25.47%), mientras que el tratamiento T1 obtuvo mayor contenido de humedad (17.77%), grasa (1.26%) y ceniza (4.41%) y el tratamiento T3 reportó el mayor en el contenido de fibra (3.75%).

- El T2 permitió alcanzar la mejor rentabilidad tomando en cuenta todos los costos, ya que se obtuvo una R: B/C de 2.40 por cada ciclo de producción, seguido por el T1 el cual tuvo un beneficio de 2.24, mientras que la menor rentabilidad la tuvo el T3 con un beneficio de 1.99.

#### **5.2 Recomendaciones**

- Evaluar la aplicación de bioestimulantes a base de extracto de microalgas y microorganismos en diferentes dosis.

- Replicar el ensayo en diversos agroecosistemas para comparar datos y así poder definir si el uso del bioestimulante es efectivo en cualquier localidad y cultivo.

- Ejecutar la aplicación del bioestimulante con frecuencia de 8 días para obtener mayores beneficios.

- Realizar estudios sobre la eficiencia del bioestimulante como posible controlados de plagas y enfermedades.

## REFERENCIAS

- Acosta, B. (17 de febrero de 2021). *Ecología verde*. Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas-y-su-importancia-2704.html>
- Acosta, B. (23 de febrero de 2021). *Ecología verde*. Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/levaduras-que-son-tipos-y-ejemplos-2585.html>
- AGROCALIDAD. (13 de enero de 2022). *Agrocalidad*. Agrocalidad: <https://www.agrocalidad.gob.ec/ecuador-cuenta-con-mas-de-9-mil-productores-organicos/>
- Aguilar, C., Arriaga, L., Cervantes, Y., Arenas, Y., & Salvador, J. (2022). Rentabilidad y producción del maíz VS-535 en respuesta a la fertilización química y biológica. *Acta universitaria*, 32(1-13). <https://doi.org/https://doi.org/10.15174/au.2022.3285>
- Alalade, J., Akinlade, J., Aderinola, O., Fajemisin, A., Muriana, T., & Amoo, T. (2016). Proximate, Mineral and Anti-nutrient Contents in *Psophocarpus tetragonolobus* (L) DC. (Winged Bean) Leaves. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 10(2), 1-7. <https://doi.org/10.9734/BJPR/2016/22087>
- Alava, J., Andrade, C., & Guamán, R. (2004). *Guía para el Cultivo de Fréjol en el Litoral ecuatoriano*. Quito: Estación Experimental Boliche INIAP - ECUADOR.
- Alvarado, Y., Leiva, M., Cruz, M., Mena, E., Acosta, M., Roque, B., Pichardo, T., Garcia, L., Jiménez, F., Hurtado, O., Veitía, N., & Padrón, L. (2015). Efecto de *Bacillus* spp. sobre el crecimiento y rendimiento agrícola de plantas in vitro de papa cv. 'Romano' en casa de cultivo. *IBP Instituto de Biotecnología de las Plantas*, 15(2), 115-122. <https://doi.org/https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/18/16>
- Alves, J., Angelotti, F., De Olivera, J., Moura, R., Franca, B., & De Melo, F. (2020). Optimal temperature for germination and seedling development in cowpea seeds. *Revista Colombiana de Ciencias Horticolas*, 232-238.
- Anónimo. (2023). *DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD Y CENIZAS TOTALES EN UNA MUESTRA POR MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS*. Universidad de Guayaquil. <https://doi.org/https://www.studocu.com/ec/u/30954959?sid=01706030123>

- Archila, O. (01 de febrero de 2020). *Metroflor*. Metroflor: <https://www.metroflorcolombia.com/bioestimulantes-herramienta-estrategica-en-la-produccion-de-ornamentales/>
- Avila, J., Avila, J., Rivas, J., & Martinez, D. (2014). *EL CULTIVO DEL FRIJOL*. México: Universidad de Sonora.
- Ballesteros, M., Duran, D., Domínguez, J., Alboreda, M., & Palacios, J. (2017). Análisis de la adaptación de la fase endosimbiótica de *Rhizobium leguminosarum*. En *Libro de resúmenes de la VII Reunión del Grupo Especializado de Microbiología de Plantas de la Sociedad Española de Microbiología* (pág. 2). Universidad Politécnica de Madrid.
- Bejarano, W. (1974). Como tomar muestras de suelo para un análisis químico. *INIAP*(54), 1-13. <https://doi.org/http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/173>
- Bello, E. (9 de diciembre de 2021). *IEBS*. IEBS: <https://www.iebschool.com/blog/analisis-coste-beneficio-finanzas/#:~:text=Un%20an%C3%A1lisis%20de%20coste%2Dbeneficio%20es%20el%20proceso%20de%20comparar,sentido%20desde%20una%20perspectiva%20comercial.>
- Bianco, H., Capote, T., & Garmendia, C. (2014). Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 45(2). [https://doi.org/http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04772014000200004#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20por%20excelencia%20para,volatilizaci%C3%B3n%20del%20agua%20\(2\).](https://doi.org/http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20por%20excelencia%20para,volatilizaci%C3%B3n%20del%20agua%20(2).)
- Bloodnick, E. (07 de septiembre de 2023). *Promix (La función del cobre en el cultivo de plantas)*. Promix : <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Borja, L. (2020). El alza de precios de los agroquímicos reduce la demanda en el mercado. *El comercio*.
- Bravo, M., & Saltos, J. (2022). *EFFECTO DE BIOESTIMULANTES A BASE DE ALGAS MARINAS EN EL CULTIVO DE FRÉJOL CAUPÍ (Vigna unguiculata L. Walp) (Tesis de Ingeniería)*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ, Calceta.

- Brítez, N. (2016). *Bioestimulante y su respuesta sobre el cultivo de la soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Universidad Nacional del Este (UNE), Itakyry.
- Broers, L. (1994). *Memoria del Primer Taller sobre Resistencia Duradera en Cultivos Altos Andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú*. Quito: INIAP-WAU-DGIS.
- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D., Peña, K., & Jiménez, J. (2019). EFECTO ENTRE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y FITOMAS-E EN EL INCREMENTO AGROPRODUCTIVO DEL FRIJOL. *Unicauca*, 17(1).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n1.1201>
- Cepero, M., Restrepo, S., Franco, A., Cárdenas, M., & Vargas, N. (2012). *Biología de hongos*. Uniandes.  
<https://doi.org/https://books.google.es/books?id=pS2RDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- CERTIS. (06 de abril de 2021). *Certis*. Certis:  
<https://www.certiseurope.es/noticias/detalle/news/que-es-un-bioestimulante-como-puede-mejorar-la-calidad-de-tu-cosecha>
- Chanda, M., El Arroussi, H., & Merghoub, N. (2019). Microalgae polysaccharides: the new sustainable bioactive products for the development of plant bio-stimulants? *World J Microbiol Biotechnol*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11274-019-2745-3>
- Coalla, G., & Rouphael, Y. (2020). Microalgas: nueva fuente de bioestimulantes vegetales. *Agrinomía*.
- Conforme, M. (2019). *Comportamiento agronómico y productivo del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) variedad cuarentón, bajo aplicación de inoculante y abonos orgánicos en el cantón Mocache, 2019 (Tesis de Ingeniería)*. Universidad Técnica Estatal del Quevedo, Mocache.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Arts. 13-15-71-72 y 73*.
- Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., & Rodríguez, J. (2017). Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *SciELO*, 15(27).  
<https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v15n27/1794-2470-nova-15-27-00046.pdf>

- Debouck, D. (23 de octubre de 2018). *Etapas de desarrollo de la planta de fréjol*. Palmira. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/99105/Taller%20Etapas%20Desarrollo%20Frijol%2023%20Oct%202018.pdf?sequence=1>
- Del Jardín, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Elsevier*, 3-14.
- Del Puerto, A., Suárez, S., & Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387. [https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es&nrm=iso](https://doi.org/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es&nrm=iso)
- Delgado, S. (2019). *EFFECTO DE UN BIOESTIMULANTE Y UN BIORREMEDIAADOR DEL SUELO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE Brachiaria brizantha cv. MG 5 EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE GANADO DE CARNE EN FLORENCIA, SAN CARLOS, ALAJUELA, COSTA RICA ( Tesis de Licenciatura)*. TECNOLÓGICO DE COSTA RICA, Ajuela.
- FEDNA. (julio de 2002). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. FEDNA: [http://www.fundacionfedna.org/tecnicas\\_de\\_analisis/f%C3%B3sforo-m%C3%A9todo-colorim%C3%A9trico](http://www.fundacionfedna.org/tecnicas_de_analisis/f%C3%B3sforo-m%C3%A9todo-colorim%C3%A9trico)
- Fernández, B., Rios , M., Hernández, A., Gómez, C., Rodríguez, M., García , O., Bárcena, G., & Ramírez, J. (2020). DESARROLLO DE UN CULTIVO A CIELO ABIERTO DE ALGA ESPIRULINA EN ZONA TROPICAL COMO FUENTE DE PROTEÍNA. *Academia Journals* , 1-7. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/343163560>
- Filgueiras, C., Doria, J., Peñaflor, M., Vasconcelos, R., & Willett, D. (2021). The Effects of Biostimulants on Induced Plant Defense. *Fronteris*, 1-9.
- Fu , S.-F., Sun, P.-F., Lua, H.-Y., Wei, J.-Y., Xiao, H.-S., Fang, W.-T., Cheng, B.-Y., & Chou, J.-Y. (2016). Rasgos promotores del crecimiento vegetal de levaduras aisladas de la filosfera y rizosfera de Drosera spatulata Lab. *ELSEVIER*, 120(3), 433-448. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.12.006>
- Garcia, S. (30 de diciembre de 2020). *Linked in*. Linked in: <https://es.linkedin.com/pulse/el-f%C3%B3sforo-en-suelo-y-las-plantas-sandra-k->
- Guzmán, E. (27 de septiembre de 2021). *Microalgasoleas*. Microalgasoleas: <https://www.microalgasoleas.com.mx/espirlulina-usos-y-beneficios-en-la->



- Martínez, A. (2023). *Evaluación del efecto de biol y espirulina en pimiento (Capsicum annuum) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui*. ESPE, Quito.
- Meléndez, G., & Molina, E. (2002). Tabla de Interpretación Foliar del Análisis Foliar en Fréjol. *Laboratorio de Suelos y Foliare, 1*(1).
- Moring, M. (03 de 02 de 2021). *Gestionar fácil*. Gestionar fácil: <https://www.gestionar-facil.com/como-calculat-los-costos-de-produccion/>
- Müller, J. (junio de 2017). *The Dumas method for nitrogenprotein analysis*. FOOS. The Food Tech: <https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/el-analisis-de-proteinas-y-la-cuantificacion-de-nitrogeno-en-alimentos-mediante-el-metodo-dumas/>
- Navarro, G., & Navarro, S. (2014). *Fertilizantes. Química y acción. 2ª edición*. Mundi-Prensa. <https://doi.org/https://books.google.com.ec/books?id=3McUBQAAQBAJ&lpg=PP1&hl=es&pg=PP7#v=onepage&q&f=false>
- Núñez, M., Delgado, C., López, I., & Martínez, L. (10 de noviembre de 2020). Nuevo bioestimulante y su influencia en la producción del frijol. *Inca, 41*(4). Inca.
- Olguin, S. (2014). *INNATIA*. INNATIA: <http://www.innatia.com/s/c-huerta-organica/a-fertilizacion-organica.html>
- Orchardson, E. (4 de diciembre de 2020). *CIMMYT*. CIMMYT: <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/#:~:text=%C2%BFPor%20qu%C3%A9%20plantas%20necesitan,los%20componentes%20b%C3%A1sicos%20del%20ADN>.
- Ortiz, A., & Venialgo, M. (2017). EL USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y EL CRECIMIENTO DE LA AGRICULTURA PARAGUAYA. *Contabilidad, Marketing y Empresa, 3*(1). <https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/facem/article/view/81>
- Osorio, N. (2012). EL ANALISIS FOLIAR: UN PODEROSA HERRAMIENTA PARA DIAGNOSTICAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS CULTIVOS, PASTURAS Y PLANTACIONES . *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal, 1*(3), 1-4.
- Pasco, P. (2019). *Aplicación foliar de bioestimulantes en el cultivo de frijol común Phaseolus vulgaris L. Var. cápsula) y su efecto en el desarrollo vegetativo y reproductivo, en condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna, 2018 (Tesis de Ingeniería Agrónoma)*. UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN, Huánaco.

- Pérez, Y., López, I., & Reyes, Y. (2020). Las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. En *las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes Cultivos Tropicales*. Cuba: INCA.
- Poole, F., Ramachandran, V., & Terpolilli, J. (2018). Rizobios: de saprófitos a endosimbiontes. *naturaleza revisa microbiología*, 16, 291–303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.171>
- Proaño, J. (2007). “*RESPUESTA DE CUATRO VARIEDADES DE ARVEJA (Pisum sativum L.) A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA EN LA GRANJA LA PRADERA*”. Chaltura-Ecuador.
- Quintero, E., Calero, A., Pérez, Y., & Enríquez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agícola*, 45(3), 73-80.
- Rebolera, J., Freitas, R., Pinteus, S., Silva, J., Alves, C., Pedrosa, R., & Bernardino, S. (2008). Spirulina. *Chapter 3.39*, 409-413.
- Rojas, D. (2021). *ESTUDIO DE BIOFERTILIDAD Y PROXIMAL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS L). EN EL EJIDO DE SAN MARCOS YACHIHUACALTEPEC, TOLUCA, ESTADO DE MEICO (Tesis para obtener el título de Bióloga)*. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Romero, N. (1997). *PRODUCCIÓN Y MANEJO DE DATOS DE COMPOSICION QUÍMICA DE ALIMENTOS EN NUTRICIÓN*. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. <https://doi.org/https://www.fao.org/3/ah833s/AH833S00.htm#Contents>
- SACSA. (11 de agosto de 2015). *SACSA (Servicios Agropecuarios de la Costa)*. SACSA: <https://www.gruposacsa.com.mx/diferentes-partes-de-una-planta-de-frijol/>
- Sánchez, R., & Guerra, P. (2022). Pseudomonas spp. benéficas en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2799>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019). *Aptitud agroclimática del frijol en México*. México: Benjamín Franklin 146.
- Sica. (04 de 10 de 2021). *Sica*. Sica: <https://www.sicamedicacion.com.mx/blog/procesos-quimicos/metodo-dumas-o-kjeldahl-en-la-determinacion-de-proteinas/>
- SOLINSA. (2024). *Solinsa*. Solinsa: <https://www.solinsa.mx/conoces-las-aplicaciones-de-una-absorcion-atmica-en-el-analisis-de-alimentos>

- Solis, K. (22 de 09 de 2020). Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de INGENIERO AGRÓNOMO. *APLICACIÓN DE DOS BIOESTIMULANTES AGRÍCOLAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL PIMIENTO (Capsicum annuum L.) EN EL RECINTO EL DESEO, GUAYAS*. Milagro, Ecuador.
- Suárez, C., Garrido, N., & Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20-28. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420004>
- Subía, C., Peralta, E., Falconí, E., Pinzón, J., Mooney, D., & Swinton, S. (2007). *Diagnóstico sobre el cultivo de fréjol arbustivo y el uso de pesticidas en el sistema de producción, en los valles del Chota y Mira*. Quito: Publicación Miscelánea No. 138.
- Sumbul, A., Ansari, R., Rizvi, R., & Mahmood, I. (2020). Azotobacter: un biofertilizante potencial para el manejo de suelos y sanidad vegetal. *Revista Saudita de Ciencias Biológicas*, 27(12), 3634-3640. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.004>
- Torres, E., Quispe, D., Sánchez, A., Reyes, M., González, B., Torres, A., Cedeño, A., & Haro, A. (junio de 2013). CHARACTERIZATION OF PRODUCTION OF BEAN IN ECUADOR COTOPAXI PROVINCE: CASE COMMUNE PANYATUG. *Revistacyt*.
- Valencia, F. (2022). *COMPORTAMIENTO DE LOS MACRONUTRIENTES (NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, N, P, K) EN FORMA DE DRENCH Y EDAFICA EN DOS TIPOS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE PIMIENTO (Capsicum annuum L.)*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, Milagro.
- Veloz, E. (2022). *EFFECTO COMPLEMENTARIO DE LOS BIOESTIMULANTES SOBRE LA PRODUCCIÓN FORRAJE EN EL PASTO SABOYA (Megathyrsus maximus Jacq.) EN LA ZONA DEL CARMEN, MANABÍ (Tesis de Ingeniería)*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, Guayaquil.
- Vilches, A., & Fernández, C. (2005). Efecto de la biotina sobre la expresión genética y el metabolismo. *Scielo*, 57(5). [https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-83762005000500009#:~:text=La%20biotina%20es%20una%20vitamina,inmunol%C3%B3gicas%20y%20en%20el%20metabolismo](https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-83762005000500009#:~:text=La%20biotina%20es%20una%20vitamina,inmunol%C3%B3gicas%20y%20en%20el%20metabolismo).
- Villarreal, M., Villa, E., Cira, L., Estrada, M., Parra, F., & De los Santos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola.

*Revista mexicana de fitopatología*, 36(1).

<https://doi.org/https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>

VIRESA. (01 de noviembre de 2021). VIRESA. VIRESA:

[https://viresa.com.mx/blog\\_determinacion\\_grasas\\_soxhlet\\_goldfish](https://viresa.com.mx/blog_determinacion_grasas_soxhlet_goldfish)

Werner, W. (1992). *World Fertilizer Use Manual*. IFA (International Fertilizer Association).

<https://doi.org/https://www.fertilizer.org/resource/world-fertilizer-use-manual/>



## Anexo 2

Análisis foliar de 500 gramos de muestra de hojas de fréjol arbustivo del T2 (100% fertilización orgánica).

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-FO02</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR</b>	<b>Rev. 5</b>
		<b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-SFA-E23-2093  
 Fecha emisión Informe: 06/07/2023

### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Daniela Chamorro  
 Dirección<sup>1</sup>: San Francisco  
 Provincia<sup>1</sup>: Carchi Cantón<sup>1</sup>: Montufar  
 Teléfono<sup>1</sup>: 0998719312  
 Correo Electrónico<sup>1</sup>: chamorrodaniela03@gmail.com  
 N° Orden de Trabajo: SFA-23-CGLS-00901  
 N° Factura/Documento: 026-001-17114

### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo <sup>1</sup> : Fréjol			
Provincia <sup>1</sup> : Imbabura	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ---	
Cantón <sup>1</sup> : Antonio Ante		Y: ---	
Parroquia <sup>1</sup> : San José de Chaltura		Altitud: ---	
Muestreado por <sup>1</sup> : Daniela Chamorro			
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 23-06-2023	Fecha de inicio de análisis: 23-06-2023		
Fecha de recepción de la muestra: 23-06-2023	Fecha de finalización de análisis: 06-07-2023		

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-23-2232	Tratamiento 2	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	13,0
		Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	87,0
		Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/60	%	3,34
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,35
		Potasio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	1,82
		Calcio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	1,70
		Magnesio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,30
		Hierro	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	257,92
		Manganeso	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	51,48
		Cobre	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	7,50
		Zinc	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	35,49

Analizado por: Edison Vega, Paulina Llive, Paola Morocho, Cristina Cuichán, Katty Pastás

### Anexo 3

Análisis foliar de 500 gramos de muestra de hojas de fréjol arbustivo del T3 (100% fertilización química).

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	<b>PGT/SFA/09-F002</b>
		<b>Rev. 5</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR</b>	<b>Hoja 1 de 1</b>

Informe N°: LN-SFA-E23-2094  
 Fecha emisión Informe: 06/07/2023

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Daniela Chamorro

Dirección<sup>1</sup>: San Francisco

Provincia<sup>1</sup>: Carchi

Cantón<sup>1</sup>: Montufar

Teléfono<sup>1</sup>: 0998719312

Correo Electrónico<sup>1</sup>: chamorrodaniela03@gmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-23-CGLS-00901

N° Factura/Documento: 026-001-17114

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra <sup>1</sup> : Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo <sup>1</sup> : Fréjol		
Provincia <sup>1</sup> : Imbabura	Coordenadas <sup>1</sup> :	X: ---
Cantón <sup>1</sup> : Antonio Ante		Y: ---
Parroquia <sup>1</sup> : San José de Chaltura		Altitud: ---
Muestreado por <sup>1</sup> : Daniela Chamorro		
Fecha de muestreo <sup>1</sup> : 23-06-2023	Fecha de inicio de análisis: 23-06-2023	
Fecha de recepción de la muestra: 23-06-2023	Fecha de finalización de análisis: 06-07-2023	

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-23-2233	Tratamiento 3	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	13,2
		Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	86,8
		Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/60	%	3,56
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,33
		Potasio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	2,50
		Calcio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	1,44
		Magnesio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,34
		Hierro	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	282,97
		Manganeso	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	55,49
		Cobre	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	8,50
		Zinc	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	34,00

Analizado por: Edison Vega, Paulina Llve, Paola Morocho, Cristina Cuichán, Katty Pastás

## Anexo 4

Análisis bromatológico de 500 gramos de muestra de frejol arbustivo en seco del T1 (50% fertilización química - 50% fertilización orgánica)

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA)</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828860 ext.2035	<b>PGT/B/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	<b>Rev. 7</b>
	Hoja 1 de 1	Informe N°: LN-B-E23-243 Fecha emisión Informe: 18/10/2023

### DATOS DEL CUENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Daniela Chamorro

Dirección<sup>1</sup>: San Francisco

Teléfono<sup>1</sup>: 0998719312

Correo Electrónico<sup>1</sup>: chamorrodaniela03@gmail.com

Provincia<sup>1</sup>: Carchi

Cantón<sup>1</sup>: Montúfar

N° Orden de Trabajo: B-23-CGLS-013425

N° Factura/ Memorando: 026-20215

### DATOS DE LA MUESTRA:

Lote <sup>1</sup> : --	Conservación de la muestra <sup>1</sup> : Ambiente
Provincia <sup>1</sup> : Imbabura	Tipo de envase <sup>1</sup> : Funda plástica
Cantón <sup>1</sup> : Antonio Ante	Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 23
Parroquia <sup>1</sup> : San José de Chaltura	Humedad Relativa(% HR): 46,2
Responsable de toma de muestra <sup>1</sup> : Daniela Chamorro	
Fecha de toma de muestra <sup>1</sup> : 10-09-2023	Fecha de inicio de análisis: 29-09-2023
Fecha de recepción de la muestra: 28-09-2023	Fecha de finalización de análisis: 18-10-2023

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA <sup>1</sup>
B230233	Tratamiento 1	Humedad	%	Gravimétrico	17,76	---
		Materia Seca	%	PEE/B/01	82,24	---
		Proteína	%	AOAC 968.06 DUMAS METHOD	23,14	---
		(Nx6,25)				
		Grasa	%	Soxhlet PEE/B/03	1,26	---
		Cenizas	%	Gravimétrico PEE/B/04	4,41	---
		Fibra	%	Gravimétrico PEE/B/05	3,02	---
ENN*	%	Cálculo	68,17	---		

ENN\*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando y Quím. A. Gabriela Pita

### Observaciones:

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información
- Informe revisado por Quím. A. Gabriela Pita

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: Anexo 1. Resultados Primarios



Quím. A. Gabriela Pita

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)

## Anexo 5

Análisis Bromatológico de 500 gramos de muestra de frejol arbustivo en seco del T2 (100% fertilización orgánica)

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	<b>LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA)</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828860 ext.2035	<b>PGT/B/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	<b>Rev. 7</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-B-E23-244

Fecha emisión Informe: 18/10/2023

### DATOS DEL CUENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Daniela Chamorro

Dirección<sup>1</sup>: San Francisco

Teléfono<sup>1</sup>: 0998719312

Correo Electrónico<sup>1</sup>: chamorrodaniela03@gmail.com

Provincia<sup>1</sup>: Carchi

Cantón<sup>1</sup>: Montúfar

N° Orden de Trabajo: B-23-CGLS-013425

N° Factura/ Memorando: 026-20215

### DATOS DE LA MUESTRA:

Lote <sup>1</sup> : --	Conservación de la muestra <sup>1</sup> : Ambiente
Provincia <sup>1</sup> : Imbabura	Tipo de envase <sup>1</sup> : Funda plástica
Cantón <sup>1</sup> : Antonio Ante	Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 23
Parroquia <sup>1</sup> : San José de Chaltura	Humedad Relativa(% HR): 46,2
Responsable de toma de muestra <sup>1</sup> : Daniela Chamorro	
Fecha de toma de muestra <sup>1</sup> : 10-09-2023	Fecha de inicio de análisis: 29-09-2023
Fecha de recepción de la muestra: 28-09-2023	Fecha de finalización de análisis: 18-10-2023

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA <sup>1</sup>
B230234	Tratamiento 2	Humedad	%	Gravimétrico	16,53	---
		Materia Seca	%	PEE/B/01	83,47	---
		Proteína (Nx6,25)	%	AOAC 968.06 DUMAS METHOD	25,47	---
		Grasa	%	Soxhlet PEE/B/03	0,85	---
		Cenizas	%	Gravimétrico PEE/B/04	3,89	---
		Fibra	%	Gravimétrico PEE/B/05	3,25	---
		ENN*	%	Cálculo	66,53	---

ENN\*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando y Quím. A. Gabriela Pita

### Observaciones:

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- <sup>1</sup>Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información
- Informe revisado por Quím. A. Gabriela Pita

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: Anexo 1. Resultados Primarios



Quím. A. Gabriela Pita

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)

## Anexo 6

Análisis Bromatológico de 500 gramos de muestra de frejol arbustivo en seco del T3 (100% fertilización química)

	<b>LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA)</b> Vía Interoceánica Km. 14% y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828860 ext.2035	<b>PGT/B/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	<b>Rev. 7</b>
	Hoja 1 de 1	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-B-E23-245

Fecha emisión Informe: 18/10/2023

### DATOS DEL CUENTE

Persona o Empresa solicitante<sup>1</sup>: Daniela Chamorro

Dirección<sup>1</sup>: San Francisco

Teléfono<sup>1</sup>: 0998719312

Correo Electrónico<sup>1</sup>: chamorrodaniela03@gmail.com

Provincia<sup>1</sup>: Carchi

Cantón<sup>1</sup>: Montúfar

N° Orden de Trabajo: B-23-CGLS-013425

N° Factura/ Memorando: 026-20215

### DATOS DE LA MUESTRA:

Lote <sup>1</sup> : --	Conservación de la muestra <sup>1</sup> : Ambiente
Provincia <sup>1</sup> : Imbabura	Tipo de envase <sup>1</sup> : Funda plástica
Cantón <sup>1</sup> : Antonio Ante	Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 23
Parroquia <sup>1</sup> : San José de Chaltura	Humedad Relativa(% HR): 46,2
Responsable de toma de muestra <sup>1</sup> : Daniela Chamorro	
Fecha de toma de muestra <sup>1</sup> : 10-09-2023	Fecha de inicio de análisis: 29-09-2023
Fecha de recepción de la muestra: 28-09-2023	Fecha de finalización de análisis: 18-10-2023

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA <sup>1</sup>	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA <sup>1</sup>
B230235	Tratamiento 3	Humedad	%	Gravimétrico PEE/B/01	16,53	---
		Materia Seca	%		83,47	---
		Proteína (Nx6,25)	%	AOAC 968.06 DUMAS METHOD	20,27	---
		Grasa	%	Soxhlet PEE/B/03	1,10	---
		Cenizas	%	Gravimétrico PEE/B/04	3,89	---
		Fibra	%	Gravimétrico PEE/B/05	3,75	---
		ENN*	%	Cálculo	70,99	---

ENN\*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando y Quím. A. Gabriela Pita

### Observaciones:

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información
- Informe revisado por Quím. A. Gabriela Pita

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: Resultados primarios



Quím. A. Gabriela Pita

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)



**Anexo 9**

*Crecimiento de las plantas de fréjol arbustivo*



**Anexo 10**

*Riego del área experimental cultivo de fréjol arbustivo*



**Anexo 11**

*Ataque del gusano cogollero al cultivo de fréjol arbustivo*



## Anexo 12

*Evaluación de la variable rendimiento de cada unidad experimental*



## Anexo 13

*Evaluación de la variable número de granos por vaina*



## Anexo 14

*Toma de 500 gramos de muestra de fréjol en base seca*



## Anexo 15

*Costos de producción del T1 (50% fertilización química-50% fertilización orgánica)*

<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Valor total (USD)</b>
<b>Costos directos</b>				
<b>1. Preparación de terreno</b>				
Arada	Tractor	1	47.00	47.00
Rastra	Tractor	2	47.00	94.00
<b>2. Mano de obra</b>				
Siembra	Jornal	6	15.00	90.00
Fertilización	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> Jornal	1	7.50	7.50
Deshierba	Jornal	8	15.00	120.00
Controles fitosanitarios	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> Jornal	7	7.50	52.50
Riego	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> Jornal	4	7.50	30.00
Cosecha	Jornal	12	15.00	180.00
<b>3. Insumos</b>				
Análisis de suelo	-	1	50.00	50.00
Semilla de fréjol arbustivo (centenario)	kg	90	1.20	108.00
Fungicida (Thiophanate methyl)	gr	1750	0.02	43.75
Insecticida (Lambda cyhaloptrin)	ml	2100	0.02	44.10
Fungicida (Folpet)	gr	4200	0.02	63.00
Insecticida (Acephate)	gr	600	0.02	12.60
Calcio	ml	1000	0.02	24.00
Bioestimulante	ml	10	13.00	130.00
<b>4. Fertilizantes</b>				
Cloruro de potasio	kg	3.15	0.95	2.99
Sulfato simple	kg	17.85	0.90	16.07
Carbonato de calcio	kg	88.00	0.80	70.40
Urea	kg	3.99	1.00	3.99
Abono orgánico humus de lombriz	kg	31.50	0.65	20.48
Abono orgánico compost	kg	42.84	0.23	9.85
<b>Subtotal costos directos</b>				<b>1220.22</b>
<b>Costos indirectos</b>				
Bomba de mochila	-	1	25.00	25.00
Transporte de insumos y cosecha	-	12	20.00	240.00
<b>Subtotal costos indirectos</b>				<b>265.00</b>
<b>Subtotal final</b>				<b>1485.22</b>
Imprevistos 10%				148.52
<b>Total</b>				<b>1633.74</b>

## Anexo 16

### Costos de producción del T2 (100% fertilización orgánica)

	Unidad	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
<b>Costos directos</b>				
<b>1. Preparación de terreno</b>				
Arada	Tractor	1	47.00	47.00
Rastra	Tractor	2	47.00	94.00
<b>2. Mano de obra</b>				
Siembra	Jornal	6	15.00	90.00
Fertilización	<sup>1/2</sup> Jornal	1	7.50	7.50
Deshierba	Jornal	9	15.00	135.00
Controles fitosanitarios	<sup>1/2</sup> Jornal	10	7.50	75.00
Riego	<sup>1/2</sup> Jornal	4	7.50	30.00
Cosecha	Jornal	12	15.00	180.00
<b>3. Insumos</b>				
Análisis de suelo	-	1	50.00	50.00
Semilla de fréjol arbustivo (centenario)	kg	90	1.20	108.00
Bioestimulante	L	20	13.00	260.00
<b>4. Fertilizantes orgánicos</b>				
Abono orgánico humus de lombriz	kg	63	0.65	40.95
Abono orgánico compost	kg	85.68	0.23	19.71
<b>Subtotal costos directos</b>				<b>1137.16</b>
<b>Costos indirectos</b>				
Bomba de mochila	-	1	25.00	25.00
Transporte de insumos y cosecha	-	12	20.00	240.00
<b>Subtotal costos indirectos</b>				<b>265.00</b>
<b>Subtotal final</b>				<b>1402.16</b>
Imprevistos 10%				140.22
<b>Total</b>				<b>1542.37</b>

## Anexo 17

### Costos de producción del T3 (100% fertilización química)

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
<b>Costos directos</b>				
<b>1. Preparación de terreno</b>				
Arada	Tractor	1	47.00	47.00
Rastra	Tractor	2	47.00	94.00
<b>2. Mano de obra</b>				
Siembra	Jornal	6	15.00	90.00
Fertilización	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> Jornal	1	7.50	7.50
Deshierba	Jornal	9	15.00	135.00
Controles fitosanitarios	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> Jornal	7	7.50	52.50
Riego	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> Jornal	4	7.50	30.00
Cosecha	Jornal	12	15.00	180.00
<b>3. Insumos</b>				
Análisis de suelo	-	1	50.00	50.00
Semilla de fréjol arbustivo (centenario)	kg	90	1.20	108.00
Fungicida (Thiophanate methyl)	gr	3500	0.03	87.50
Insecticida (Lambda cyhaloptrin)	ml	4200	0.02	88.20
Fungicida (Folpet)	gr	8400	0.02	126.00
Insecticida (Acephate)	gr	1200	0.02	25.20
Calcio	ml	2000	0.02	48.00
<b>4. Fertilizantes químicos</b>				
Cloruro de potasio	kg	6.30	0.95	5.99
Sulfato simple	kg	35.70	0.90	32.13
Carbonato de calcio	kg	175.99	0.80	140.79
Urea	kg	7.98	1.00	7.98
<b>Subtotal costos directos</b>				<b>1355.78</b>
<b>Costos indirectos</b>				
Bomba de mochila	-	1	25.00	25.00
Transporte de insumos y cosecha	-	12	20.00	240.00
<b>Subtotal costos indirectos</b>				<b>265.00</b>
<b>Subtotal final</b>				<b>1620.79</b>
Imprevistos 10%				162.08
<b>Total</b>				<b>1782.87</b>

## Anexo 18

Fuentes fertilizantes de N-P-K y minerales existentes en el mercado para el tratamiento T1 (50% fertilización orgánica – 50% fertilización química)

Fuente		N	P2O5	K2O	Ca	S	Cl	Na	Fe	Mn	Zn	B	Cu
Cloruro de potasio	KCl			60			47						
Superfosfato simple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{SO}_4\text{Ca}$		21		20	10							
Carbonato de calcio	$\text{CaCO}_3$				38,6								
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46											
K-FOS			28	58									
Calcio					26								
Humus		3	6,87	3,01	6								
Compost		2,2	1,1	1,2	8								
Bioestimulante		0,016		0,19				0,23	1,4	0,16	0,83	3,3	0,11

## Anexo 19

Fuentes fertilizantes de N-P-K y minerales existentes en el mercado para el tratamiento T2 (100% fertilización orgánica)

	Fuente	N	P2O5	K2O	Ca	S	Cl	Na	Fe	Mn	Zn	B	Cu
Humus		3	6,87	3	6								
Compost		2,2	1,1	1,2	8								
Bioestimulante		0,016		0,2				0,2	1,4	0,2	0,8	3,3	0,11

## Anexo 20

Fuentes fertilizantes de N-P-K y minerales existentes en el mercado para el tratamiento T2 (100% fertilización química)

	Fuente	N	P2O5	K2O	Ca	S	Cl	Na	Fe	Mn	Zn	B	Cu
Cloruro de potasio	KCl			60			47						
Superfosfato triple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{SO}_4\text{Ca}$		21		20	10							
Carbonato de calcio	$\text{CaCO}_3$				39								
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46											
K-FOS			28	58									
Calcio					26								

## Anexo 21

Ficha técnica del bioestimulante en estudio

### Componentes

<b>Componente</b>	<b>% (p/v)</b>
Materia orgánica	56.7
Materia seca	1.65
Carbón orgánico	32.88
<b>Nutrientes</b>	<b>Valores</b>
Carbón Total	3360 mg/Kg
Nitrógeno Total	160 mg/Kg
<b>Macroelementos</b>	<b>% (p/v)</b>
N total	0.016
P ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	<0.1
K ( $\text{K}_2\text{O}$ )	0.19
Ca ( $\text{CaO}$ )	<0.1
Mg ( $\text{MgO}$ )	<0.1
S ( $\text{SO}_4$ )	<0.1
Na ( $\text{Na}_2\text{O}$ )	0.23
<b>Microelementos</b>	<b>ppm</b>
Fe	1.4
Mn	0.16
Zn	0.83
B	3.3
Cu	0.11

## Características Físicoquímicas

### Propiedad

Estado físico  
Apariencia y olor  
pH (producto puro)  
Punto de ebullición  
Densidad  
Inflamabilidad  
Conductividad

### Descripción

Líquido  
Color oscuro, fermentado  
5.9±0.1 a 22 °C  
95 °C  
0.9998 g/ml a 22 °C  
No aplica  
0.079 S/m