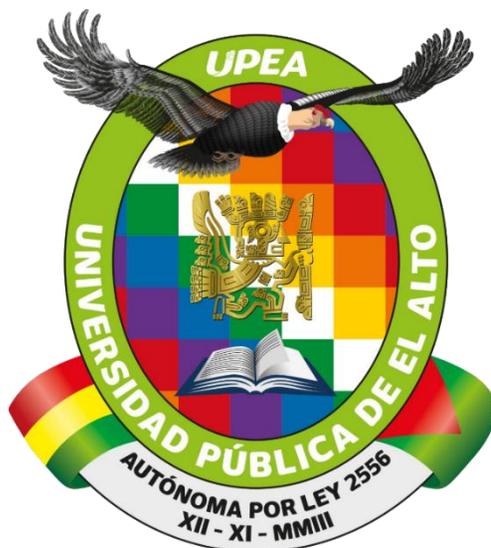


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR DE
DIFERENTES ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE
TRES VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), EN LA
COLONIA SAN ANTONIO DE BOLINDA DEL MUNICIPIO DE
CARANAVI – LA PAZ**

Por:

Gonzalo Yanahuaya Castillo

**EL ALTO – BOLIVIA
Julio, 2024**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR DE DIFERENTES
ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE TRES VARIEDADES DE FRIJOL
(Phaseolus vulgaris L.), EN LA COLONIA SAN ANTONIO DE BOLINDA DEL
MUNICIPIO DE CARANAVI – LA PAZ.**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Gonzalo Yanahuaya Castillo

Asesores:

Lic. Ing. Agr. Teófilo Serrano Canaviri

Ing. Agr. Cesar Luis Tola Cruz

Tribunal Revisor:

Dr. Lic. Ing. Agr. Francisco Mamani Pati

Ph.D. M.Sc. Lic. Ing. Agr. Humberto Nelson Sainz Mendoza

Lic. Ing. Agr. Simón Cocarico Yana

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

Con todo amor y cariño para mi querido padre por el esfuerzo que hizo por darme educación y por el apoyo constante durante toda mi carrera universitaria, que sin el apoyo de él no hubiera sido posible dar este paso tan importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por el don de la vida, por el cuidado y la bendición, que en su grande misericordia estuvo siempre conmigo.

A mí querida Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, que me acogió en sus aulas por todo el tiempo que estuve formándome académicamente.

A mis apreciados asesores, Ing. Teofilo Serrano Canaviri y Ing. Cesar Luis Tola Cruz por el gran apoyo que me brindaron, por sus consejos y correcciones pertinentes al realizar esta investigación.

A mis tribunales, quienes incondicionalmente apartaron un valioso tiempo para la revisión de este trabajo, por lo cual agradezco infinitamente por su colaboración al Dr. Ing. Francisco Mamani Pati, Ph.D. M.Sc. Ing. Humberto Nelson Sainz Mendoza y al Ing. Simón Cocarico Yana.

A todos mis docentes, con los que tuve el privilegio de aprender en sus distintas áreas, gracias mil por direccionar mi formación profesional, y por último a todos mis amigos con los que compartí momentos gratos

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Origen	4
2.2. Producción del cultivo del frijol en el mundo	5
2.3. Producción del cultivo del frijol en Bolivia	6
2.4. Importancia y usos del cultivo del frijol	7
2.5. Clasificación taxonómica	7
2.6. Descripción morfológica del cultivo	8
2.6.1. Raíz	8

2.6.2.	Tallo.....	9
2.6.3.	Hojas	12
2.6.4.	Inflorescencia	13
2.6.5.	Flor	13
2.6.6.	Fruto.....	14
2.6.7.	Semilla.....	15
2.7.	Fenología del frijol	16
2.8.	Variedades de frijol.....	17
2.8.1.	Variedad Negro Sen	17
2.8.2.	Variedad Rojo Oriental	18
2.8.3.	Variedad Carioca.....	18
2.9.	Requerimientos edafoclimáticos.....	18
2.9.1.	Temperatura	18
2.9.2.	Precipitación	19
2.9.3.	Fotoperiodo	19
2.9.4.	Suelo	19
2.10.	Manejo del cultivo.....	20
2.10.1.	Siembra	20
2.10.2.	Fertilización	20
2.10.3.	Requerimientos nutricionales	21
2.10.4.	Plagas del cultivo de frijol	21
2.10.5.	Enfermedades de frijol.....	24
2.10.5.1.	Enfermedades de raíz.....	24
2.10.5.2.	Enfermedades del follaje	24
2.10.5.3.	Enfermedad por virus.....	26
2.10.6.	Control de malezas.....	27

2.10.7.	Riego	27
2.10.8.	Cosecha	28
2.11.	Fertilización foliar	28
2.12.	Biofertilizantes orgánicos.....	29
2.13.	Biol	30
2.14.	Lixiviado de vermicompost	30
2.15.	Vigortop.....	31
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1.	Localización.....	33
3.1.1.	Ubicación geográfica	33
3.2.	Características Ecológicas	34
3.2.1.	Clima	34
3.2.2.	Suelo	34
3.2.3.	Flora	34
3.2.4.	Fauna	34
3.3.	Materiales.....	35
3.3.1.	Material biológico.....	35
3.3.2.	Insumos de producción.....	35
3.3.3.	Material de campo	36
3.3.4.	Material de gabinete	36
3.4.	Metodología.....	37
3.4.1.	Procedimiento experimental	37
3.4.1.1.	Preparación del terreno	37
3.4.1.2.	Muestreo y análisis de suelo.....	37
3.4.1.3.	Siembra	39
3.4.1.4.	Marbeteo de plantas	40

3.4.1.5.	Fertilización de abonos foliares	40
3.4.1.6.	Deshierbe	42
3.4.1.7.	Control de plagas y enfermedades	42
3.4.1.8.	Cosecha	42
3.4.1.9.	Desgrane de vainas.....	43
3.4.2.	Diseño experimental.....	43
3.4.3.	Factores de estudio	44
	Croquis del ensayo.	45
3.4.4.	Variables de respuesta	46
3.4.4.1.	Días a la emergencia.....	46
3.4.4.2.	Días a la floración	46
3.4.4.3.	Días al llenado de vainas.....	47
3.4.4.4.	Altura de planta.....	48
3.4.4.5.	Diámetro de tallo.....	48
3.4.4.6.	Área foliar	49
3.4.4.7.	Longitud de vaina	50
3.4.4.8.	Número de vainas por planta.....	50
3.4.4.9.	Número de granos por vaina	51
3.4.4.10.	Peso de cien granos	52
3.4.4.11.	Rendimiento.....	52
3.4.5.	Análisis económico.....	52
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1.	Variables edafoclimáticas.....	54
4.1.1.	Precipitación.....	54
4.1.2.	Temperatura.....	55
4.2.	Variables edafológicas	56

4.3.	Variables agronómicas	58
4.3.1.	Días a la emergencia.....	58
4.3.2.	Días a la floración	59
4.3.3.	Días al llenado de vaina	62
4.3.4.	Altura de planta	65
4.3.5.	Diámetro de tallo	68
4.3.6.	Área foliar	69
4.3.7.	Longitud de vaina	71
4.3.8.	Número de vainas por planta.....	74
4.3.9.	Número de granos por vaina	76
4.3.10.	Peso de 100 granos	78
4.3.11.	Rendimiento	82
4.4.	Variables económicas	85
5.	CONCLUSIONES	87
6.	RECOMENDACIONES	89
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	90
8.	ANEXOS	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición química del biol	30
Cuadro 2.	Composición química del vermicompost	31
Cuadro 3.	Composición química del Vigortop	31
Cuadro 4.	Abono orgánico foliar.....	44
Cuadro 5.	Variedad de frijol.....	44
Cuadro 6.	Características de las unidades experimentales.....	45
Cuadro 7.	Resultados del análisis de suelo	56
Cuadro 8.	Análisis de varianza para días a la emergencia.....	59
Cuadro 9.	Análisis de varianza para días a la floración.....	60
Cuadro 10.	Análisis de varianza para días al llenado de vainas.....	63
Cuadro 11.	Análisis de varianza para altura de planta	66
Cuadro 12.	Análisis de varianza para diámetro de tallo	69
Cuadro 13.	Análisis de varianza para área foliar	69
Cuadro 14.	Análisis de varianza para longitud de vaina.....	71
Cuadro 15.	Análisis de varianza para número de vainas por planta.....	74
Cuadro 16.	Análisis de varianza para número de granos por vaina	76
Cuadro 17.	Análisis de varianza para peso de 100 granos	79
Cuadro 18.	Análisis de varianza para interacción de rendimiento	82
Cuadro 19.	Análisis económicos	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Centros independientes de domesticación de plantas y animales reconocidos hasta 2006 (adaptado de Gpts, 2004 y Smith, 2006).	4
Figura 2. Proporción de la producción mundial de frijol, elaborado con base en FAO (2023)	5
Figura 3. Países con mayor producción de frijol, elaborado con base en FAO (2023) ...	5
Figura 4. Producción de frijol por departamento, elaborado con base en INE (2022)	6
Figura 5. Distribución departamental de producción de frijol, elaborado con base en INE (2022)	6
Figura 6. Variación en los patrones de desarrollo radicular, tomado de Avila <i>et al.</i> (2014:14).....	8
Figura 7. Raíz de frijol, tomado de Ávila <i>et al.</i> (2014:13).	9
Figura 8. Tallo de frijol, tomado de Orduño y Troyo (2003:7).....	10
Figura 9. Tipos de crecimiento de tallos de frijol, adaptado de Ramírez <i>et al.</i> (2019:5)	12
Figura 10. Hoja del cultivo de frijol.....	12
Figura 11. Flor de frijol.....	13
Figura 12. Diagrama y formula floral, tomado de Carrasquel (2000)	14
Figura 13. Fruto o vaina del frijol	15
Figura 14. Semilla de frijol	15
Figura 15. Morfología de la semilla de frijol, tomado de CIAT (1984), citado por Ávila <i>et al.</i> (2014)	16
Figura 16. Condiciones agroclimatológicas del frijol, tomada de SIAP (2019)	20
Figura 17. Mapa de ubicación	33
Figura 18. Semilla de Frijol	35
Figura 19. Insumos para la investigación.....	36
Figura 20. Material empleado en campo	36
Figura 21. Delimitación de la parcela de investigación	37

Figura 22.	Muestro de suelo	38
Figura 23.	Muestra de suelo para laboratorio	39
Figura 24.	Siembra de frijol.....	39
Figura 25.	Marbeteado de plantas muestra	40
Figura 26.	Aplicación de Biol	41
Figura 27.	Aplicación de lixiviado de vermicompost.....	41
Figura 28.	Aplicación de Vigortop	42
Figura 29.	Cosecha de frijoles	43
Figura 30.	Desgrane de vainas.....	43
Figura 31.	Croquis del experimento de investigación	45
Figura 32.	Características de la unidad experimental	46
Figura 33.	Días a la floración	47
Figura 34.	Días al llenado de vainas.....	47
Figura 35.	Altura de planta	48
Figura 36.	Diámetro de tallo	49
Figura 37.	Área foliar	49
Figura 38.	Longitud de vaina	50
Figura 39.	Número de vainas por planta.....	51
Figura 40.	Número de granos por vaina	51
Figura 41.	Peso de cien granos.....	52
Figura 42.	Precipitación	54
Figura 43.	Registro de temperaturas	55
Figura 44.	Promedios de abonos foliares para días a la floración	60
Figura 45.	Promedios de variedad para días a la floración.....	62
Figura 46.	Promedios de abonos foliares para días al llenado de vainas	63
Figura 47.	Promedios de variedad para días al llenado de vainas.....	65

Figura 48.	Promedios de tipo de abono foliar para altura de planta.....	66
Figura 49.	Promedios de variedad para altura de planta	68
Figura 50.	Promedios de abonos foliares para área foliar	70
Figura 51.	Promedios de abonos foliares para longitud de vaina	72
Figura 52.	Promedios de variedad para longitud de vaina	73
Figura 53.	Promedios de variedad para número de vainas por planta.....	75
Figura 54.	Promedios de abono foliar para número de granos por vaina	77
Figura 55.	Promedios de variedad para número de granos por vaina	78
Figura 56.	Promedios de abono foliar para peso de 100 granos	79
Figura 57.	Promedios de variedad para peso de 100 granos	81
Figura 58.	Promedios de abono foliar para rendimiento	83
Figura 59.	Promedios de variedad para rendimiento	84
Figura 60.	Promedios de interacción para rendimiento.....	85

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Resultados del análisis de suelo	100
Anexo 2.	Costo de producción para tratamiento 1	101
Anexo 3.	Costo de producción para tratamiento 2	101
Anexo 4.	Costo de producción para tratamiento 3	102
Anexo 5.	Costo de producción para tratamiento 4	102
Anexo 6.	Costo de producción para tratamiento 5	103
Anexo 7.	Costo de producción para tratamiento 6	103
Anexo 8.	Costo de producción para tratamiento 7	104
Anexo 9.	Costo de producción para tratamiento 8	104
Anexo 10.	Costo de producción para tratamiento 9	105
Anexo 11.	Costo de producción para tratamiento 10	105
Anexo 12.	Costo de producción para tratamiento 11	106
Anexo 13.	Costo de producción para tratamiento 12	106
Anexo 14.	Instalación de la parcela de investigación.....	107
Anexo 15.	Desarrollo del cultivo	107
Anexo 16.	Evidencias fotográficas de la investigación.....	108
Anexo 17.	Información de las propiedades del lixiviado de vermicompost	110

ABREVIATURAS

mm	milímetros
cm	Centímetro
km	kilometro
g	gramos
kg	kilogramo
m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
DDS	Días después de la siembra
ANVA	Análisis de varianza
GI	Grados de libertad
Fv	Fuente de variación
SC	Suma de cuadrados
CM	Cuadrado medio
CV	Coefficiente de variación
mmhos/m	milimhos por metro
dS/m	decisiemens por metro
ppm	Partes por millon

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la colonia San Antonio de Bolinda en el municipio de Caranavi del departamento de La Paz, a 15°47'11.84" de latitud Sur y 67°34'26.92" de longitud Oeste, altitud sobre los 1450 m.s.n.m. la región presenta un clima tropical con una temperatura promedio de 24,4°C, el pH varía de 4,5 a 5,5.

El trabajo experimental se organizó, con el objetivo de determinar el comportamiento agronómico y el rendimiento del frijol, para la que se procedió a establecer la parcela de producción a fin de evaluar tres tipos de abonos orgánicos foliares (factor A) y tres variedades de frijol (factor B). Para lo cual se hizo uso de variedades de frijol Negro Sen, Carioca y Rojo Oriental como material genético. Como insumos a evaluarse, se utilizó los siguientes abonos foliares: Biol (20%), Lixiviado de vermicompost (25%) y Vigortop (2,5%) y materiales correspondientes para la producción de frijol. Se sembró a 0,40 m por golpe, las aplicaciones de los abonos fueron en tres ocasiones del proceso productivo. A 15 días después de la emergencia, 45 días después de la emergencia y la tercera en la prefloración. El experimento se llevó a cabo, bajo el diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo en parcelas divididas, la combinación de factores nos dio 12 tratamientos y tres bloques llegando a 36 unidades experimentales, la significancia se realizó con Duncan ($p < 0,05$). Las variables de respuesta evaluadas fueron: días a la emergencia, días a la floración, días al llenado de vainas, altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, longitud de vaina, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos, rendimiento y variables económicas como la relación beneficio costo.

Los resultados que se obtuvo en la investigación fueron los siguientes: días a la emergencia sin significancia para ningún factor evaluado tampoco para la interacción de factores, días a la floración mostro significancia en el factor tipo de abono foliar siendo los tratamientos aplicados con abonos foliares diferentes estadísticamente al testigo, para variedad Negro sen alcanzó un promedio de 51,92 días. Similar fue el comportamiento de la variable días al llenado de vainas reportando menos días los tratamientos aplicados con abonos foliares, en el factor variedad, el Negro sen registró menos días en llenar las vainas con un promedio de días de 63,67. Para la variable de altura de planta el abono foliar Vigortop mostro mejor comportamiento con un promedio de 31,08 cm y la variedad que reportó mejor altura fue Negro sen con 33,03 cm. En la variable diámetro de tallo no se registro diferencias significativas para los factores así también para la interacción. El área foliar mostro

diferencias significativas los tratamientos que se aplicó abonos foliares, para variedad y la interacción no se encontró diferencias significativas. En cuanto a la longitud de vaina el que registro un mejor resultado estadísticamente fue Vigortop con una media de 11,03 cm y la variedad que registro mejor promedio fue Rojo oriental con 11,62 cm. Para número de vainas por planta la variedad Negro sen mostro mejor comportamiento estadísticamente con una media de 11,31 vainas. En la variable número de granos por vaina el lixiviado de vermicompost reportó mejores promedios con 4,43 granos, por otra parte, la variedad Negro sen mostro promedios superiores a las demás variedades con 4,90 granos. Para la variable peso de grano los tratamientos con Vigortop y lixiviado de vermicompost registraron mejores promedios con 26,91 g y 26,54 g respectivamente y la variedad Rojo oriental mostro mejor promedio con 38,15 g. respecto al rendimiento el abono foliar Vigortop mostro mejores promedios con 1.209,77 kg/ha y la variedad Rojo oriental reportó un promedio de 1.417,67 kg/ha. Los resultados del análisis económico identificaron que la interacción entre Vigortop y Rojo Oriental fue el tratamiento que mejor relación B/C mostró, con un valor de 3,64 Bs/Bs.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the San Antonio de Bolinda neighborhood in the municipality of Caranavi in the department of La Paz, at 15°47'11.84" South latitude and 67°34'26.92" West longitude, altitude over 1450 m.s.n.m. The region has a tropical climate with an average temperature of 24.4°C, the pH varies from 4.5 to 5.5.

The experimental work was organized with the objective of determining the agronomic behavior and yield of the bean, for which the production plot was established in order to evaluate three types of foliar organic fertilizers (factor A) and three bean varieties. (factor B). For this, Negro Sen, Carioca and Rojo Oriental bean varieties were used as genetic material. As inputs to be evaluated, the following foliar fertilizers were used: Biol (20%), Vermicompost leachate (25%) and Vigortop (2.5%) and corresponding materials for bean production. It was sown at 0.40 m per stroke, the fertilizer applications were on three occasions during the production process. 15 days after emergence, 45 days after emergence and the third in pre-flowering. The experiment was carried out under a completely randomized block design, with an arrangement in divided plots, the combination of factors gave us 12 treatments and three blocks reaching 36 experimental units, the significance was carried out with Duncan ($p < 0.05$). The response variables evaluated were: days to emergence, days to flowering, days to pod filling, plant height, stem diameter, leaf area, pod length, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains, yield and economic variables such as the benefit-cost ratio.

The results obtained in the research were the following: days to emergence without significance for any factor evaluated nor for the interaction of factors, days to flowering showed significance in the type of foliar fertilizer factor, with the treatments applied with different foliar fertilizers. Statistically, the control, for the Negro sen variety, reached an average of 51.92 days. The behavior of the variable days to pod filling was similar, with treatments applied with foliar fertilizers reporting fewer days. In the variety factor, the Negro sen recorded fewer days to fill the pods with an average number of days of 63.67. For the plant height variable, the Vigortop foliar fertilizer showed the best performance with an average of 31.08 cm and the variety that reported the best height was Negro sen with 33.03 cm. In the stem diameter variable, there were no significant differences for the factors as well as for the interaction. The leaf area showed significant differences between the treatments in which foliar fertilizers were applied, for variety and the interaction, no

significant differences were found. Regarding pod length, the one that recorded the best statistical result was Vigortop with an average of 11.03 cm and the variety that recorded the best average was Rojo oriental with 11.62 cm. For number of pods per plant, the Negro sen variety showed statistically better performance with an average of 11.31 pods. In the variable number of grains per pod, the vermicompost leachate reported better averages with 4.43 grains, on the other hand, the Negro sen variety showed higher averages than the other varieties with 4.90 grains. For the grain weight variable, the treatments with Vigortop and vermicompost leachate recorded better averages with 26.91 g and 26.54 g respectively and the Rojo oriental variety showed a better average with 38.15 g. Regarding the yield, the Vigortop foliar fertilizer showed better averages with 1,209.77 kg/ha and the Rojo oriental variety reported an average of 1,417.67 kg/ha. The results of the economic analysis identified that the interaction between Vigortop and Rojo Oriental was the treatment that showed the best B/C ratio, with a value of 3.64 BOB/BOB.

1. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es la leguminosa más popular en todo el mundo. Aunque sigue siendo un alimento básico en muchos países en desarrollo, su consumo ha disminuido con el tiempo, siendo reemplazado por otros productos como las hortalizas (FIRA, 2015).

El origen del frijol reporta a América del Sur, como parte del centro de origen se encuentra Bolivia, no obstante, se introdujo como variedad mejorada en los años 1979, específicamente al departamento de Santa Cruz (Choque, 2013). La superficie cultivada de frijol es de 81.991 hectáreas en el territorio de Bolivia del cual el departamento de Santa Cruz es el de mayor superficie producida con 72.136 hectáreas, por otra parte, el departamento de La Paz reporta una producción de 540 hectáreas (INE, 2022).

Cabe resaltar la razón de la producción en el oriente de Bolivia muestra una gran diferencia con respecto a la producción en el departamento de La Paz, se identifica varios factores uno de ellos es el tipo de sistema de producción que se emplea en el departamento de Santa Cruz, ya que es un sistema intensivo con la aplicación de agroquímicos y el empleo de la mecanización puesto que la topografía es una ventaja en el sector del oriente. Las regiones que se cultivan frijol en el departamento de La Paz están identificadas por el sector de los yungas, en comunidades como Sapecho, Palos, Caranavi y otros con similitudes características agroecológicas, no obstante, en el municipio de Caranavi desarrollan una producción tradicional, no mecanizada por la topografía accidentada que presenta la región.

Una variable importante para obtener buenos rendimientos es utilizar variedades mejoradas que muestren un buen comportamiento agronómico en la región de Caranavi. Otro aspecto de importancia para la producción es la nutrición del cultivo y las condiciones de la fertilidad del suelo.

Como se dio énfasis en la producción de diferentes cultivos la fertilización de las plantas es un factor de mucha importancia el cual con un buen manejo técnico se logra obtener mejores rendimientos y por consecuencia se generará mejores ingresos económicos en las familias de la región. La nutrición del suelo implica que tenga los nutrientes de forma natural o por intervención del hombre con la adición de elementos nutritivos, este último implica el uso de abonos orgánicos, ya sea de origen sólido así como se aplica al suelo o abonos orgánicos líquidos como es la aplicación de diferentes bioles el cual se aplica a la parte aérea de la planta. Para esta situación se conoce varios productos de abonos orgánicos.

Ya que estos productos al ser de origen orgánico no causan efectos en el medio ambiente, tampoco al personal que lo aplica y genera un producto libre de agrotóxicos y es muy saludable para los consumidores.

1.1. Antecedentes

Arismendi (2017), indica en su investigación, “evaluación de cuatro variedades de frijol en la comunidad de Sapecho del municipio de Palos Blancos”, muestra que la variedad Negro Sen reporto mejores valores en la variable de rendimiento con respecto a otras variedades, con $603,21 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, seguidamente por la variedad de frijol oriental con $516,51 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y la variedad de negro Chane alcanzó rendimientos de $468,22 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Por su parte Condori (2021), desarrolló su ensayo “Aplicación de abonos foliares orgánicos como ser lixiviado de vermicompost y biol en el cultivo de frijol en la estación experimental de Sapecho” como una alternativa de fertilización, los resultados mostraron rendimientos promedios de $1.187,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a los tratamientos aplicados con biol en contraste al tratamiento testigo fueron superiores.

1.2. Planteamiento del problema

La producción de frijol en la región de Caranavi enfrenta importantes desafíos, como los cambios climáticos constantes observados en los últimos años y los crecientes niveles de contaminación en el suelo. Otro factor es el uso excesivo de agroquímicos, lo que resulta en una menor cantidad de materia orgánica y un evidente deterioro, desgaste y degradación del suelo, así como erosión. En la mayoría de los casos, el suelo tiene un pH ácido que afecta negativamente la absorción de nutrientes por las plantas, lo que conlleva a una reducción de las áreas agrícolas disponibles y a una inestabilidad en la producción agrícola tradicional.

1.3. Justificación

Con la presente investigación se pretende identificar una variedad de frijol que mejor comportamiento agronómico muestre para la región, así también plantear la mejor alternativa de insumos foliares orgánicos tales como el Biol, lixiviado de vermicompost y Vigortop que tengan un efecto aceptable en el desarrollo del cultivo y de la forma más adecuada. Estas alternativas generan un incremento de ingresos económicos a las familias

productoras de este rubro de mucha importancia desde el punto de vista nutricional y sobre todo que involucra a las familias de la región de Caranavi.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la fertilización foliar de diferentes abonos orgánicos, en la productividad de tres variedades de frijol en la colonia San Antonio de Bolinda del municipio de Caranavi.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de frijol con la aplicación de tres abonos foliares orgánicos en la comunidad de San Antonio de Bolinda del municipio de Caranavi.
- Determinar el rendimiento de tres variedades de frijol con la aplicación de tres abonos foliares orgánicos en la comunidad de San Antonio de Bolinda del municipio de Caranavi.
- Determinar los costos parciales de los tratamientos.

1.5. Hipótesis

- La aplicación de diferentes abonos orgánicos foliares (Biol, Lixiviado de vermicompost y Vigortop), no muestra diferencias significativas en el rendimiento de frijol en la comunidad de San Antonio de Bolinda del municipio de Caranavi.
- El efecto de las tres variedades de frijol no muestra diferencias significativas en el rendimiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen

las leguminosas comestibles, incluida esta, tienen una significativa presencia global debido a su valor nutricional, siendo esenciales en las dietas de diversas regiones. Es especialmente relevante en América Latina y en naciones en desarrollo, donde se cultiva tradicionalmente (ASOPROL, 2009).

A esto Hernández, (2013), complementa que el conjunto de conocimientos recabados, como la edad de los restos fósiles y las características morfológicas, agronómicas y genéticas, establecen que el frijol común se originó en Mesoamérica y posteriormente se domesticó entre los 5000 y 20000 a. C. en dos sitios del continente americano: Mesoamérica (México y centro América) y Los Andes (Sudamérica). A partir del frijol silvestre se formaron dos acervos genéticos domesticados distintos, Mesoamérica y Andino. El uso de nuevas biotecnologías y genómicas han ofrecido evidencias definitivas sobre el origen, domesticación y diversidad de *Phaseolus vulgaris*.

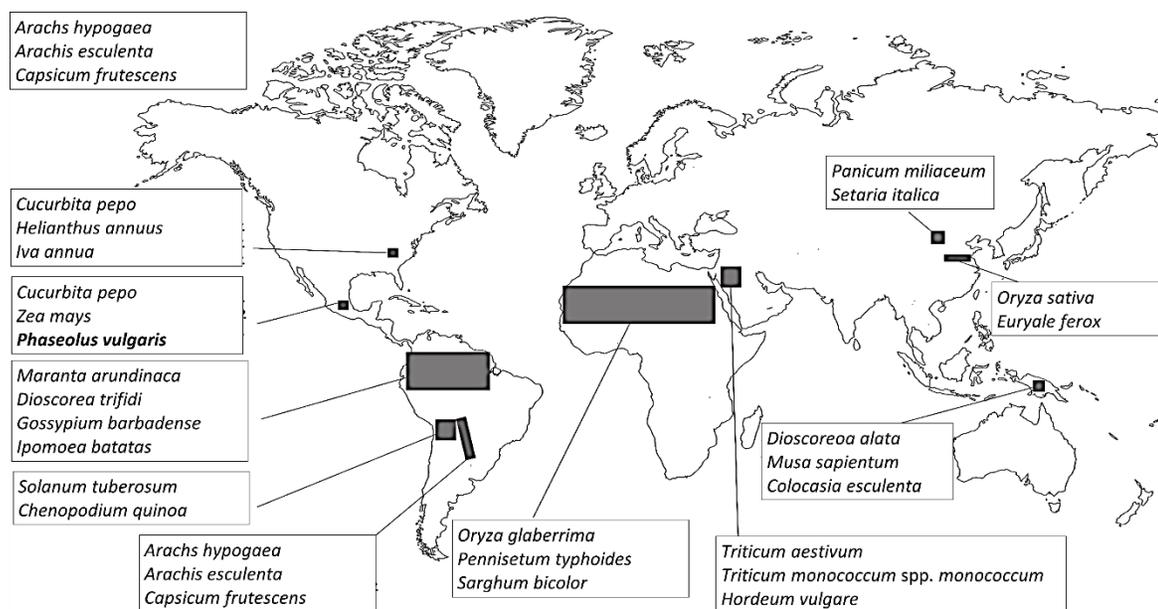


Figura 1. Centros independientes de domesticación de plantas y animales reconocidos hasta 2006 (adaptado de Gpts, 2004 y Smith, 2006).

Por su parte Castañeda (2005) citado por Arismendi (2017), indica que, el origen del frijol es de América hace miles de años. Se puede indicar que los restos antiguos (9000), se

encontraron en la región de Huachichocana al norte de Argentina, también en el Perú hay rastros de frijoles de 8000 años atrás.

2.2. Producción del cultivo del frijol en el mundo

Según FAO (2023), en el portal virtual de estadística de Cultivos y Productos de Ganadería indica que la producción mundial total en el año 2021 alcanzó un total de 27.715.024 toneladas, cultivadas en una superficie total de 35.920.590 hectáreas. De los cuales se identifica a países con mayor producción como a: India, Brasil, Myanmar, Tanzania, China, México, Estados Unidos, Uganda, Argentina, Kenya y Etiopia produciendo una cantidad de 19.330.172 toneladas que representa el 70% de la producción mundial total. De este 70% que son los países de mayores productores, la India reporta la más alta producción.

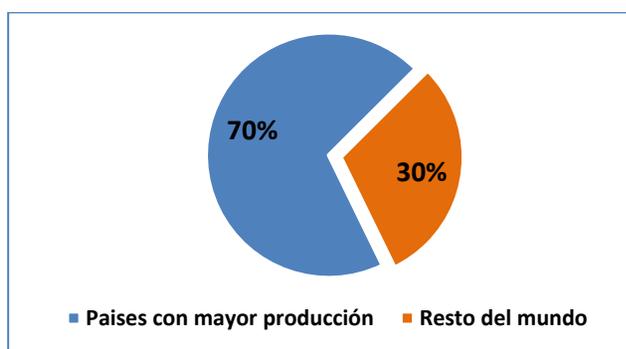


Figura 2. Proporción de la producción mundial de frijol, elaborado con base en FAO (2023)

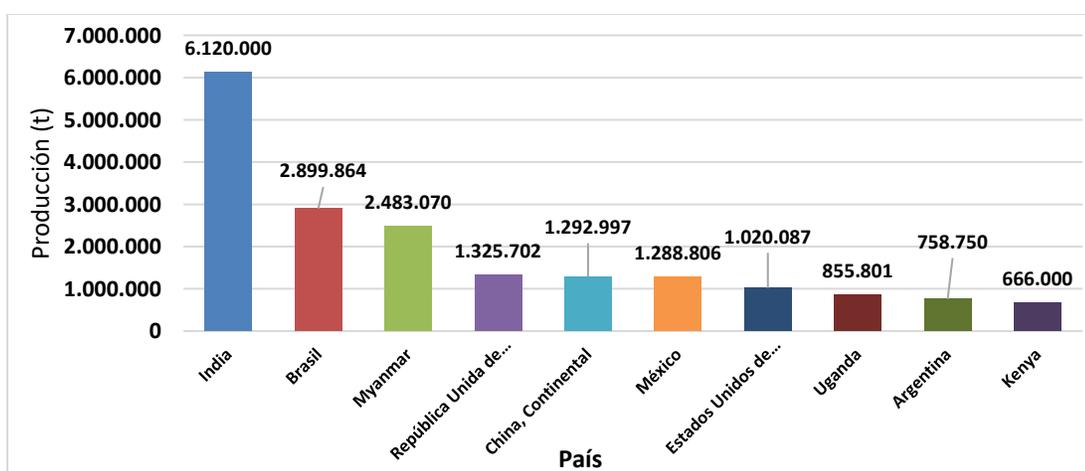


Figura 3. Países con mayor producción de frijol, elaborado con base en FAO (2023)

2.3. Producción del cultivo del frijol en Bolivia

Entre tanto para la producción de frijol en Bolivia, el INE (2022), manifiesta que la producción es de 102.215 toneladas métricas anuales, cultivadas en una superficie total de 81.991 hectáreas, de los cuales una gran parte de la producción asume el departamento de Santa Cruz con una producción de 92.765 toneladas en una superficie de 72.136 hectáreas, en el departamento de La Paz la producción de frijol es de 513 toneladas métricas, en una superficie de 540 hectáreas, identificando a la zona de los yungas los productores de esta leguminosa.

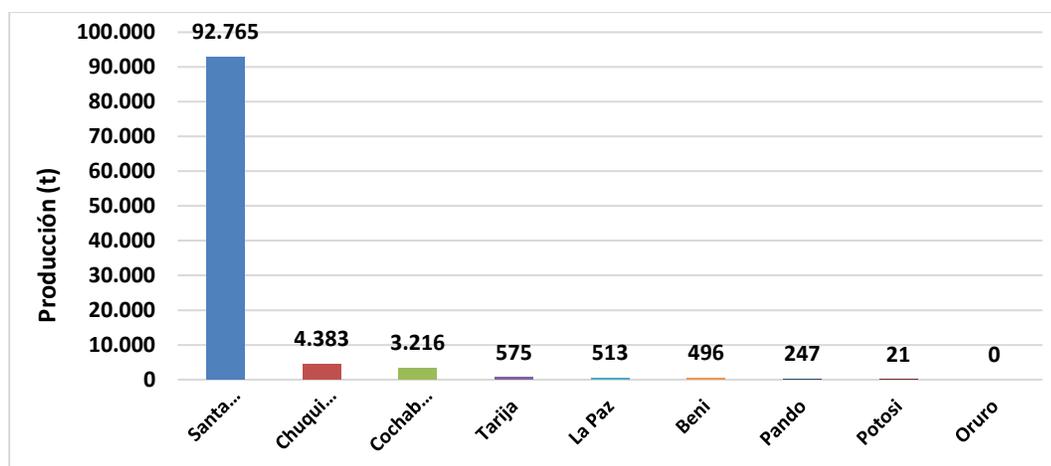


Figura 4. Producción de frijol por departamento, elaborado con base en INE (2022)

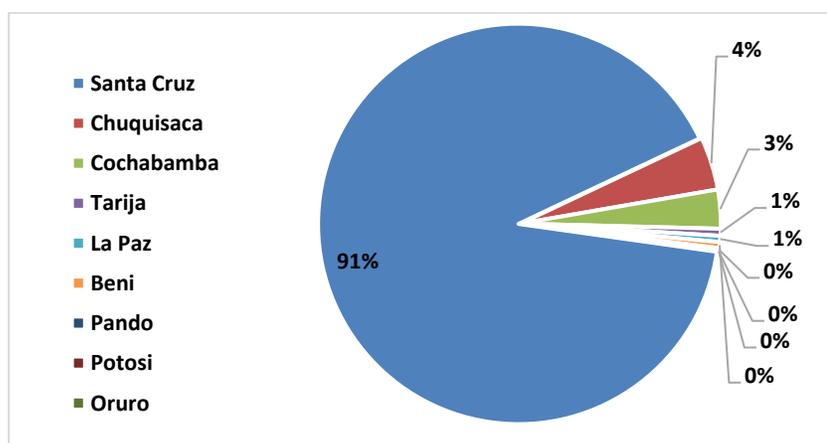


Figura 5. Distribución departamental de producción de frijol, elaborado con base en INE (2022)

2.4. Importancia y usos del cultivo del frijol

El frijol seco común o *Phaseolus vulgaris* L., es la leguminosa alimenticia más importante para el consumo en el mundo. Entre los principales cultivos alimentarios, tiene uno de los niveles más altos de variación en el hábito de crecimiento, características de la semilla (tamaño, forma, color), madurez y adaptación. El consumo de frijoles es elevado principalmente porque son un alimento relativamente económico. Para los pobres del mundo, son un medio para mantener a raya la desnutrición. Cualquier avance en la investigación científica que beneficia el rendimiento del frijol, particularmente en los países en desarrollo, ayuda a alimentar a los hambrientos y dar esperanza para el futuro (FAO, 1999).

Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo a evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100%. En relación a la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El almidón representa la principal fracción de energía en este tipo de alimentos, a pesar de que, durante su cocción, una parte del mismo queda indisponible dado que se transforma en el denominado almidón resistente a la digestión (Ulloa *et al.* 2011.).

2.5. Clasificación taxonómica

El INPN (2023), que es el Inventario Nacional del Patrimonio Natural, el portal de la biodiversidad y la geodiversidad en Francia, Difunde conocimientos sobre especies animales, vegetales y hongos, entornos naturales, indica la taxonomía del frijol:

Dominio:	Biota
Reino:	Plantae
Sub reino:	Viridaeplantae
Infra reino:	Streptophyta
Clase:	Equisetopsida

Sub clase: Magnoliidae
 Super orden: Fabales
 Familia: Fabaceae
 Sub familia: Papilionoideae
 Super tribu: Millettioides
 Tribu: Phaseoleae
 Sub tribu: Phaseolinae
 Género: *Phaseolus*

2.6. Descripción morfológica del cultivo

2.6.1. Raíz

De acuerdo con Ávila *et al.* (2014), el desarrollo de la raíz comienza durante la germinación. La radícula, siendo la primera estructura en emerger de la semilla, eventualmente se convierte en el sistema radicular. Al emerger, la radícula se orienta hacia abajo, y después de unos días, de 3 a 7 raíces secundarias o basales se desarrollan en la parte inferior, formando un sistema con una raíz principal y varias secundarias. Estas raíces crecen tanto horizontalmente como hacia abajo, generando un sistema radicular denso y extenso. Aunque la raíz principal puede crecer hasta los 150 cm, la mayoría de las raíces absorbentes se encuentran a una profundidad de 30 a 40 cm. Las raíces secundarias muestran una variedad de patrones de crecimiento, permitiendo al sistema radicular expandirse horizontalmente o profundizarse más. Estas variaciones en la orientación de la raíz ofrecen a la planta de frijol ventajas tanto en la absorción de agua como en la competencia, como se ilustra en la Figura 10.

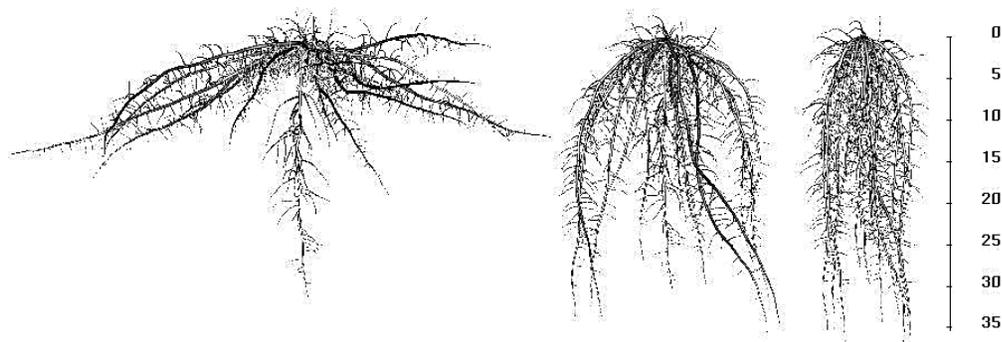


Figura 6. Variación en los patrones de desarrollo radicular, tomado de Avila *et al.* (2014:14).

Por su parte Orduño y Troyo (2003), mencionan que la raíz del frijol presenta desde sus primeros estados de desarrollo una raíz vigorosa donde a medida que la plántula continúa creciendo, la radícula se convierte en una raíz ramificada que botánicamente constituye un sistema radicular típico o pivotante, la raíz primaria emite raíces secundarias que a su vez emiten raíces terciarias y así sucesivamente.



Figura 7. Raíz de frijol, tomado de Ávila *et al.* (2014:13).

2.6.2. Tallo

El tallo, considerado el eje principal de la planta, está compuesto por una sucesión de nudos y entrenudos. Surge del meristemo apical presente en el embrión de la semilla. Durante la germinación y las primeras fases del desarrollo, el tallo es herbáceo y tiene una forma cilíndrica o ligeramente angular debido a las pequeñas corrugaciones en la epidermis. Por lo general, tiene un diámetro mayor que las ramas y puede crecer de forma erecta, semipostrada o postrada, dependiendo del hábito de crecimiento de la variedad (Arias *et al.* 2007).



Figura 8. Tallo de frijol, tomado de Orduño y Troyo (2003:7).

A su vez Ávila *et al.* (2014:14), señalan lo siguiente:

El sistema aéreo de la planta de frijol se desarrolla a través del crecimiento del epicotilo en el proceso germinativo, el cual se inicia con el crecimiento del hipocotilo acarreado consigo a los cotiledones los que al alcanzar la superficie del suelo se expanden y se tornan de color verde ayudando a la planta en estas primeras fases, iniciándose posteriormente el crecimiento del epicotilo en la parte superior de los cotiledones que dará origen al tallo principal el cual lleva en su porción terminal el meristemo apical que formara el total de las estructuras de la planta como: hojas, nudos, entrenudos, yemas axilares, ramas, flores en racimos etc. La planta presenta un tallo principal cilíndrico o ligeramente aplanado con pubescencia la cual puede ser semi glabro o pubescentes con pelos uncinulados, de color verde, rosado o morado. Dependiendo del hábito del crecimiento del tallo este se clasifica en un crecimiento determinado cuando su porción apical termina en una inflorescencia y de hábito indeterminado, en la cual la porción apical permanece en forma vegetativa. La altura del tallo varía desde unos 20 cm centímetros entre los tipos arbustivos determinados hasta más de 100 cm en los tipos indeterminados. El tallo puede ser erecto, semi erecto, semi rastrero, rastrero y

trepador. El ciclo de la planta depende del tipo de crecimiento del tallo, siendo de ciclo corto en los tipos erectos determinados y de ciclo largo en los indeterminados pudiendo ser desde 70 a 140 días hasta más de 220 días respectivamente. La planta de frijol se clasifica en cuanto a su tipo de crecimiento en cuatro grandes grupos.

Arbustivo. El crecimiento del tallo y las ramas finaliza cuando alcanzan una inflorescencia madura. Una vez formada esta estructura floral, el crecimiento suele detenerse. La floración sigue una dirección descendente, es decir, desde las partes superiores hacia las inferiores de la planta (Ramírez *et al.* 2019).

Trepador. En este tipo de crecimiento, la floración se dirige hacia arriba; las plantas pueden tener una postura postrada o semipostrada con una ramificación bien desarrollada. El tallo puede tener entre 20 y 30 nudos y, con el soporte adecuado, puede alcanzar una altura de más de dos metros. La etapa de floración es notablemente más prolongada que en otros hábitos, lo que permite que en la planta coexistan simultáneamente las etapas de floración, formación de vainas, llenado de vainas y maduración (Ramírez *et al.* 2019).

Determinado arbustivo TIPO I. El crecimiento del tallo y las ramas suele detenerse una vez que han alcanzado una inflorescencia completamente desarrollada. El tallo tiende a ser robusto, con un reducido número de entrenudos, típicamente entre 5 y 10, los cuales suelen ser cortos. La altura de la planta puede variar entre 30 y 50 cm, aunque existen variedades enanas que alcanzan solo de 15 a 25 cm. La fase de floración es breve, y la maduración de las vainas ocurre casi simultáneamente (Ramírez *et al.* 2019).

TIPO IV. Frijoles De Guía Indeterminados. Su tallo se alza verticalmente y carece de capacidad para trepar, aunque termina en una guía de escasa longitud. Las ramas no generan guías adicionales. Aunque posee pocas ramificaciones, estas son más numerosas que las del tipo I y suelen ser más cortas en relación con el tallo principal. El tallo presenta un mayor número de nudos que las plantas tipo I, normalmente superando los 12. Durante la fase de floración, las plantas continúan su crecimiento, aunque a un ritmo más lento (Ramírez *et al.* 2019).

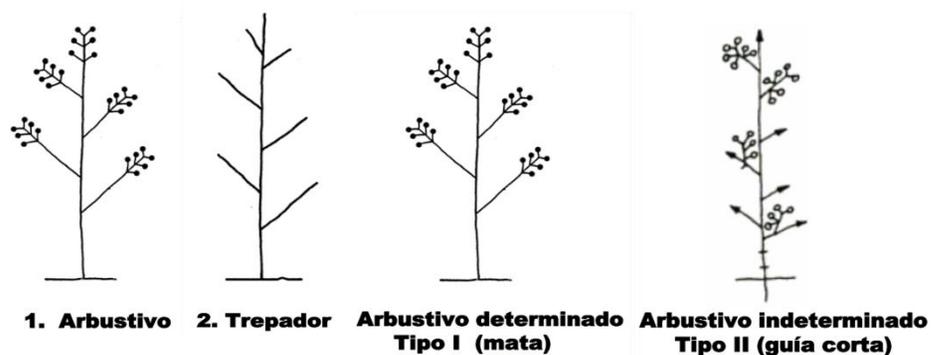


Figura 9. Tipos de crecimiento de tallos de frijol, adaptado de Ramírez *et al.* (2019:5)

2.6.3. Hojas

El primer par de hojas, que se origina a partir de los cotiledones, es opuesto y de forma acorazonada. Las hojas definitivas forman tres folíolos; el central es ovoide y simétrico, y los laterales son asimétricos. El tamaño varía con el cultivar y las condiciones de cultivo (Valladares, 2010).

Orduño y Troyo (2003) describen que las hojas cotiledonares, o primarias, son simples y tienen una forma deltoides-sagitada, con nervaduras muy marcadas. Las hojas verdaderas tienen pecíolos largos, estipulas semipermanentes en su base y un pulvínulo. La lámina foliar está compuesta por tres folíolos deltoides, cada uno con un pecíolo y estipulillas permanentes.



Figura 10. Hoja del cultivo de frijol

2.6.4. Inflorescencia

La inflorescencia puede surgir en las axilas del tallo, las ramas o en la parte terminal. Se origina a partir de una triada de yemas en la axila, formando un racimo de racimos. Se caracteriza por un pedúnculo que crece rápidamente antes de la floración y un raquis con varios nudos, identificados por brácteas primarias. Cada nudo produce dos botones florales, aunque ocasionalmente puede surgir una tercera flor en la yema central. En las variedades del grupo I, la floración comienza en la parte superior y desciende, mientras que, en las variedades de hábito indeterminado, como los grupos III y IV, las primeras flores aparecen en la base y se desarrollan hacia arriba (Ávila *et al.* 2014).

2.6.5. Flor

Orduño y Troyo (2003), indican que las flores aparecen en inflorescencias que se asemejan a racimos falsos y varían en su forma desde la base hasta el extremo superior de la inflorescencia. Las primeras flores emergen alrededor del sexto nudo, y cada inflorescencia produce hasta tres vainas como máximo, aunque en promedio solo se desarrollan dos vainas por racimo.

La flor alberga los órganos reproductivos de la planta. Los estambres son responsables de producir el polen, que, al entrar en contacto con los pistilos, da origen a las semillas o granos. El cáliz se presenta como un tubo en forma de campana que se divide en cinco lóbulos, dos de los cuales están parcialmente fusionados. La corola varía de rosa-púrpura a casi blanca y consta de cinco pétalos desiguales, siendo el más exterior el más amplio y llamativo, conocido como estandarte (Armando *et al.* 2011).



Figura 11. Flor de frijol

Carrasquel (2000), describe que las flores son hermafroditas y presentan una estructura con verticilos pentámeros. El cáliz está compuesto por cinco sépalos fusionados, mientras que la corola consta de cinco pétalos separados, siendo uno de ellos de mayor tamaño y asimetría irregular, formando el estandarte, dos pétalos laterales que conforman las alas, y la quilla, representada por dos pétalos unidos, ubicada entre las alas. La quilla puede variar en tamaño y coloración, incluyendo tonos blancos, azules, rojos, amarillos, naranjas, violetas y púrpuras. El androceo está formado por diez estambres, los cuales pueden estar libres o fusionados en dos grupos: monadelfos o diadelfos, siendo esta última disposición común. El gineceo es súpero y consta de un solo carpelo, monocarpelar.

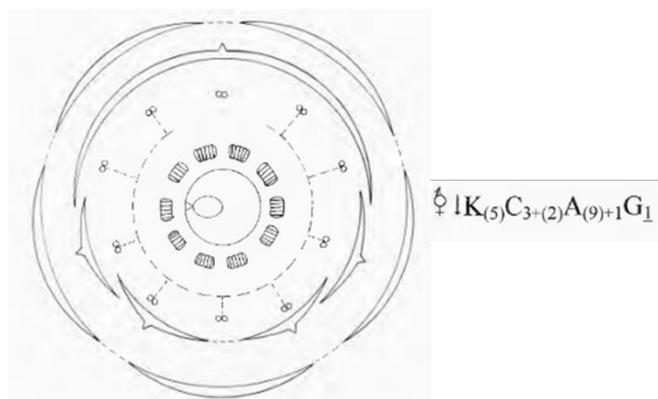


Figura 12. Diagrama y formula floral, tomado de Carrasquel (2000)

2.6.6. Fruto

Orduño y Troyo (2003:8), señalan lo siguiente:

El fruto es una vaina larga y aplanada con un ápice puntiagudo y con pubescencia permanente con un máximo de 6 semillas por cada vaina. Las vainas conservan el color verde durante casi todo su desarrollo; al acercarse al estado de madurez fisiológica adquiere un color verde amarillento, el cual cambia a amarillo después de algunos días.

Arias *et al.* (2007), Indica que el fruto es una legumbre compuesta por una vaina que se divide en dos valvas, derivadas del ovario comprimido. Estas características clasifican a esta especie como leguminosa. Las vainas pueden variar en color, desde uniformes hasta rayadas, según la variedad. En la unión de las valvas, aparecen dos suturas: la dorsal,

también conocida como placentar, y la ventral. Los óvulos, que darán origen a las futuras semillas, se alternan a lo largo de la sutura placentar.



Figura 13. Fruto o vaina del frijol

2.6.7. Semilla

Las semillas de frijol muestran una gran diversidad en cuanto a colores, tamaños y formas; entre los colores se puede señalar el blanco, amarillo, beige, café, rojo, negro o combinaciones entre los colores mencionados. Las formas pueden ser cilíndricas, arriñonadas, esféricas, ovaladas, y algunos irregulares (Vargas, 2013).



Figura 14. Semilla de frijol

Por su parte Ávila *et al.* (2014), señalan que la semilla de frijol está constituida en su mayor porción por los cotiledones, que es el tejido en donde se acumulan todas las sustancias de reserva para el sostenimiento de la plántula y que representa el 90 % del peso total de la semilla, también se encuentra el embrión en el que se aprecian las primeras hojas

verdaderas, la plúmula y la radícula, en la porción ventral se aprecian unas estructuras características de la semilla que corresponden al micrópilo, el hilio y rafe.

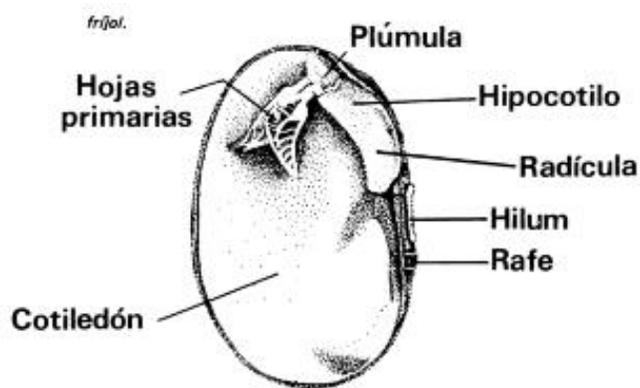


Figura 15. Morfología de la semilla de frijol, tomado de CIAT (1984), citado por Ávila et al. (2014)

2.7. Fenología del frijol

Yzarra y López (2011), mencionan a las fases fenológicas del frijol, como los siguientes:

Emergencia.- se inicia cuando los cotiledones aparecen a nivel del suelo.

Hojas primarias.- Comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas, esta termina cuando la primera hoja trifoliada está completamente desplegada.

Primera hoja trifoliada.- cuando la primera hoja trifoliada se encuentra completamente abierta con los folíolos ubicados en un plano y debajo de tres hojas primarios.

Tercera hoja trifoliada.- Se inicia cuando la tercera hoja trifoliada se halla desplegada. Se observa que esta hoja se encuentra aún debajo de la primera y segunda hoja trifoliada.

Botón floral.- Aparece el primer botón o racimo floral en las plantas.

Floración.- Se abren las primeras flores. En el caso de plantas habito determinado la floración se inicia en el último nudo del tallo y de las ramas. En cambio, en variedades indeterminados la floración comienza en la parte baja del tallo y las ramas.

Formación de vainas.- Aparece en la primera vaina con la corola de la flor colgada o recientemente desprendida.

Llenado de vainas.- Las primeras vainas empiezan a llenarse. En este momento comienza el crecimiento activo de las semillas.

Maduración.- Se inicia la decoloración (cambio de color) y secado de las primeras vainas. Las semillas van adquiriendo la forma, solidez y color típico de la variedad.

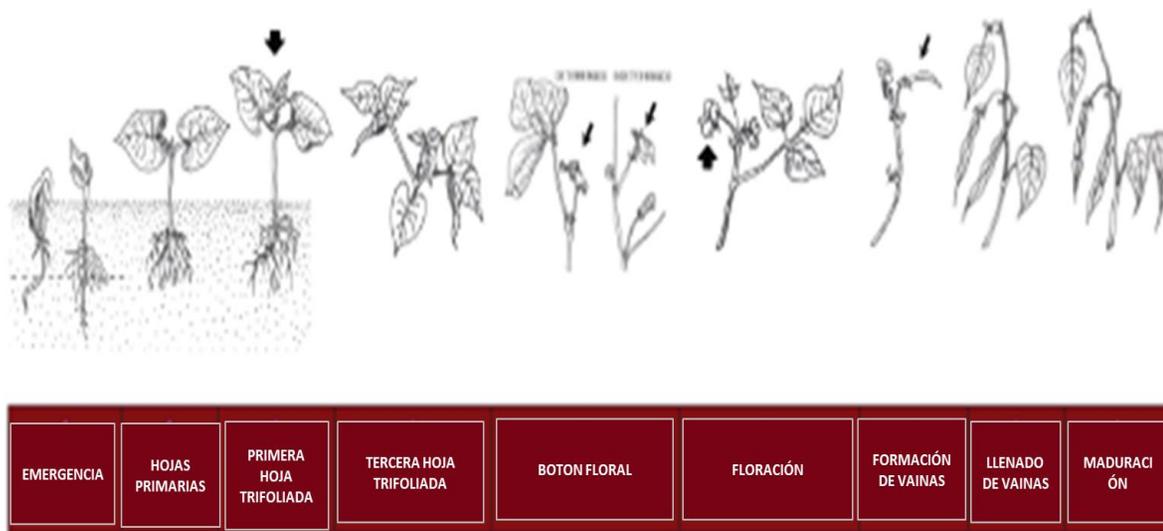


Foto 1. Fenología del cultivo de frijol, Tomada de Yzarra y Lopez (2011)

2.8. Variedades de frijol

2.8.1. Variedad Negro Sen

Según Choque (2016), esta variedad presenta un crecimiento arbustivo con un hábito de crecimiento clasificado como Tipo II, alcanzando una altura de entre 45 y 50 cm. Sus flores exhiben un color púrpura, mientras que sus granos maduros son de color negro y tienen una forma redonda alargada con un tamaño mediano. El periodo desde la siembra hasta la floración oscila entre 38 y 43 días, y el tiempo necesario para alcanzar la madurez fisiológica varía de 80 a 87 días. Se caracteriza por un ciclo de maduración precoz, con cada planta produciendo entre 10 y 15 vainas, y cada vaina conteniendo entre 5 y 6 granos. El peso de 100 semillas oscila entre 24 y 29 gramos, y su rendimiento promedio se sitúa entre 1300 y 1880 kg/ha.

2.8.2. Variedad Rojo Oriental

Esta variedad se destaca por su crecimiento en forma de arbusto y su hábito de crecimiento, clasificado como Tipo II, con una altura que varía entre 45 y 50 cm. Sus flores son blancas, mientras que los granos maduros tienen un tono rojo moreteado. La forma de los granos es alargada y arriñonada, siendo de tamaño grande. El período desde la siembra hasta la floración tiene una duración de 40 a 45 días, y el tiempo requerido para alcanzar la madurez fisiológica se ubica entre 85 y 90 días. Esta variedad presenta un ciclo de maduración intermedio y produce entre 10 y 12 vainas por planta, con cada una conteniendo de 3 a 4 granos. El peso de 100 semillas está en el rango de 50 a 55 gramos, y su rendimiento promedio varía entre 1000 y 1700 kg/ha (Choque, 2016).

2.8.3. Variedad Carioca

Esta variedad presenta un crecimiento en forma de arbusto con un hábito de crecimiento clasificado como II b, alcanzando una altura que varía entre 45 y 60 cm. Sus flores son de color blanco, mientras que los granos maduros exhiben un tono crema jaspeado. La forma de los granos es redondeada alargada, con un tamaño considerado mediano. Desde la siembra hasta la floración, el período de desarrollo abarca de 40 a 45 días, mientras que la madurez fisiológica se alcanza entre 90 y 95 días después de la siembra. Esta variedad presenta un ciclo de maduración tardío y produce entre 10 y 15 vainas por planta, con cada vaina conteniendo de 5 a 6 granos. El peso de 100 semillas varía de 22 a 26 gramos, y su rendimiento promedio oscila entre 1500 y 2000 kg/ha (Choque, 2016).

2.9. Requerimientos edafoclimáticos

2.9.1. Temperatura

Ávila *et al.* (2014), mencionan que el cultivo del frijol posee una amplia adaptación, ya que se cultiva desde Canadá hasta el norte de Argentina a altitudes desde los 0 a 3000 msnm, desde hábitats tipo tropical, templado y subtropicales hasta los semisecos, en cuanto a su rango de temperatura, esta varía con los tipos de frijol, por lo que en este aspecto la respuesta de la planta de frijol tiene un rango de temperatura que varía desde los 5 °C hasta los 35 °C, sin embargo, el rango óptimo para el desarrollo del cultivo se encuentra entre los 18 y 25 °C, así que el periodo de floración se alarga si las temperaturas son bajas. alargándose así mismo el ciclo del cultivo, siendo en los frijoles de mata bajo condiciones

cálidas con rango de 23 a 26 °C de 75 días, hasta los 120 días bajo temperaturas de 13 a 17 °C.

2.9.2. Precipitación

Aguilar (2015) menciona que el frijol necesita al menos 300 mm de lluvia durante todo su ciclo, aunque es poco tolerante a un exceso de precipitación, ya que el encharcamiento puede causar el marchitamiento de las plantas. Sin embargo, según IICA (1989), durante la floración, el cultivo de frijol requiere una disponibilidad adecuada de agua, aunque esta necesidad puede reducirse para el desarrollo de los frutos.

2.9.3. Fotoperiodo

Junto con la temperatura, el fotoperiodo es uno de los factores climáticos más importantes que afectan el crecimiento del frijol. Aunque generalmente se considera que el frijol común es una planta de día corto, existen genotipos neutros tanto en las variedades arbustivas como en las trepadoras. En condiciones de día largo, se promueve la elongación del tallo en las primeras etapas y se extiende el periodo hasta la aparición de las primeras flores. No obstante, la interacción entre la temperatura y el fotoperiodo tiene un efecto aún más significativo en el desarrollo de la planta de frijol. A medida que aumenta la temperatura, aumenta también el impacto del fotoperiodo en el desarrollo de la planta de frijol (Ávila *et al.* (2014).

2.9.4. Suelo

Vigliola *et al.* (1992), citado por Condori (2021), indican que el frijol se desarrolla mejor, con suelos sueltos de textura franca a franca arenosa, que sean permeables y tengan buen drenaje. No resiste condiciones de salinidad, con un pH óptimo de 5,5 – 6,8. Por su parte SIAT (2019), señala que el frijol debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenada. El pH adecuado actúa entre 6,5 y 7,5, ya que dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presenta su máxima disponibilidad; no obstante, se comporta bien en terrenos que tienen un pH entre 4,5 y 5,5.

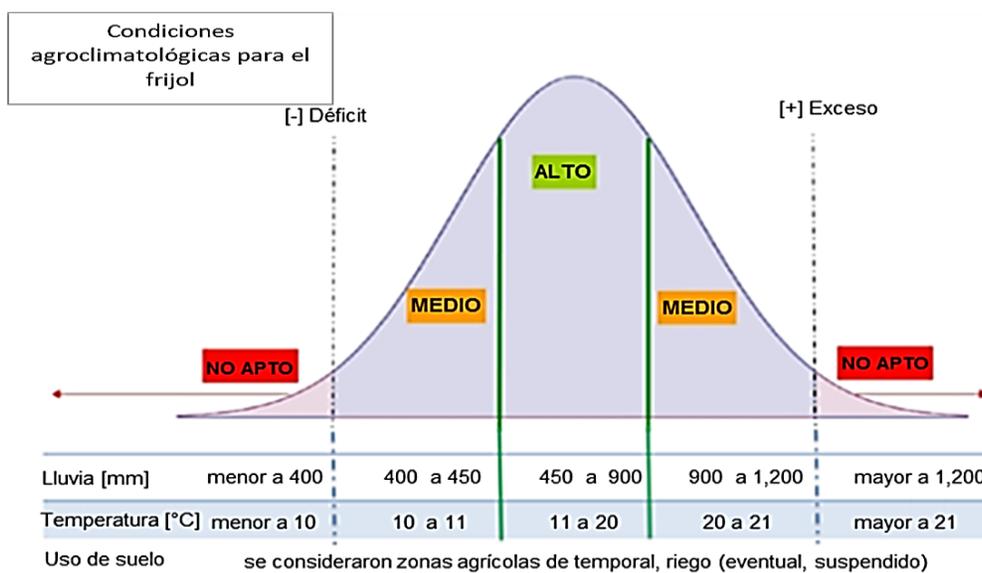


Figura 16. Condiciones agroclimáticas del frijol, tomada de SIAP (2019)

2.10. Manejo del cultivo

2.10.1. Siembra

Las épocas de siembra varían en regiones tropicales debido que cada región tiene características agroclimáticas diferentes. La distancia de siembra óptima es de 40 a 45 cm entre surcos. Sin embargo, se puede adaptar para aplicar sistemas de riego. La siembra manual se desarrolla en camas de 1,50 m, se ponen dos líneas separadas de 20 a 30 cm entre hilera, con 15 a 16 semillas por metro lineal por hilera, con lo cual se obtiene una distribución entre 200.000 a 213.333 semillas por hectárea (Lardizaval, *et al.* 2013).

2.10.2. Fertilización

Para asegurar una buena producción, los cultivos deben absorber del suelo cantidades mayores de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio en comparación con otros elementos nutritivos como zinc, hierro, manganeso, molibdeno y boro. Debido a la alta demanda de nitrógeno y fósforo en la mayoría de los cultivos, es crucial aplicar estos nutrientes en cada ciclo de crecimiento. Sin embargo, es fundamental realizar un análisis del suelo antes de la fertilización para determinar las cantidades disponibles de estos elementos, evitando así aplicaciones excesivas que podrían aumentar el riesgo de contaminación y los costos de producción. El nitrógeno,

siendo un elemento muy dinámico, ingresa y sale de la zona radicular de diversas formas (Ávila, *et al.* 2014).

2.10.3. Requerimientos nutricionales

En la agricultura del frijol, diversas investigaciones han documentado diferentes niveles de extracción de nutrientes, lo cual depende de las condiciones específicas del lugar de cultivo, las variedades de frijol utilizadas y los métodos de manejo agronómico aplicados, un promedio general que sirve como referencia inicial para calcular las necesidades de fertilización del cultivo son: N: 40 kg/t, P: 12kg/t, K: 40 kg/t, Ca: 33,4 kg/t, Mg: 7,4 kg/t, Fe: 271 g/t, Cu: 90,5 g/t, Zn 192,8 g/t y Mn: 174,8 g/t (Bertsch *et al.* 2003, citado por INTAGRI, 2021).

2.10.4. Plagas del cultivo de frijol

Según Choque (2013), las plagas más importancia en el cultivo del frijol son las siguientes:

a) Gusano tierrero o agrotis (*Agrotis ipsilon*)

El gusano tierrero es una Lepidóptera, en Bolivia esta plaga es considerada de importancia en la mayoría de los cultivos, el ataque que desarrolla esta plaga es en la etapa de plántula, en horas de la noche habitan en todas las zonas de producción agrícola, en las zonas de baja humedad la incidencia es mayor.

El daño que realizan es troceando el tallo de la plántula a nivel del cuello de la planta debilitándola haciendo irreversible el daño.

El control para esta plaga es una buena preparación del suelo y desarrollar en control de malezas.

b) Empoasca (*Empoasca kraemer*)

Hemiptera: Cicadellidae. Este insecto se encuentra presente en todas las zonas de producción de frijol en Bolivia. Los adultos son pequeños insectos de color verde pálido de unos 3 mm de largo, con manchas blancas en la cabeza y parte anterior del tórax, se encuentran en toda la planta.

El daño que causa son en las plántulas pueden ser atacadas después de su emergencia; donde *E.kraemeri* (ninfas y adultos) se alimentan succionando la savia en el envés de las hojas, peciolos y vainas. Como consecuencia de esta acción del insecto, las nervaduras de las hojas se distorsionan; los tejidos del margen se encrespan hacia el envés, se tornan amarillentos y después de color café; finalmente los tejidos se secan y se vuelven quebradizos.

Las hojas se caen prematuramente, las plantas se achaparran, produciendo pocas vainas con semillas pequeñas. Se considera que la fase más susceptible al ataque del insecto es desde la formación de la primera hoja trifoliada hasta la floración, seguida de la etapa de formación y llenado de vainas.

c) Diabrotica o petita verde (*Diabrotica speciosa*)

Diabrotica y cerotoma son plagas crisomélidas, importantes en el frijol y otros cultivos, en Bolivia están generalmente presentes en soya, caupi mucuna, hortalizas y otros cultivos, especialmente al inicio del ciclo de los cultivos, es decir en la fase inicial.

Se tiene la certeza que existen varias especies, pero en el frijol y soya, está presente la *Diabrotica speciosa*, *cerotoma arcuata* y *cerotoma rutcornis*.

El daño que ocasiona es en la etapa adulta que causan defoliación dejando orificios en las hojas más tiernas, el daño que causa es en todo el ciclo fenológico del cultivo reduciendo el área fotosintética pero el daño más significativo ocurre en fase inicial del cultivo, consumiendo las hojas más tiernas, si existe una población muy alta puede inducir a la muerte de la plántula.

El control para esta plaga se recomienda mantener el cultivo limpio de malezas.

d) Minador de hoja (*Liriomiza* spp.)

Díptera: Agromyzidae. El insecto adulto es una mosca pequeña de color negro con manchas amarillas en la cabeza, mide 2 mm de largo. Los huevos son depositados en el haz y envés de las hojas, entre 100 a 500 por cada postura, son de color blanco y opaco, las larvas color crema amarillo miden de 1 a 3 mm de largo, son de forma cilíndrica con la parte anterior aguda y el extremo posterior truncado. Las pupas son de color café, cilíndricas y permanecen debajo de la epidermis de las hojas o en el suelo. La duración de su ciclo

biológico varía principalmente con la temperatura de cada zona, en regiones con temperatura de 22 a 25°C el ciclo es de 17 días.

El daño que ocasiona es en la etapa de larva, son las que causan el mayor daño a las plantas de frijol, al comer los tejidos entre ambas epidermis de las hojas. Cuando se presentan ataques severos en la fase de plántula, se produce una clorosis, las plantas reducen su vigor y puede haber una defoliación prematura.

e) Chinche de encaje (*Corytrucha sp.*)

Hemiptera: Tingidae. Cuando existe una mayor población en el haz de las hojas, estas presentan manchas cloróticas y dificultan la fotosíntesis. Se alimenta exclusivamente de plantas herbáceas y árboles.

Los adultos pueden encontrarse agrupados entre sus eses oscuras y exubias de ninfas en el envés de las hojas bajas. Cuando crecen completamente son alrededor de la mitad del tamaño de los adultos. Los huevos son de color negro elongados y colorados al final en pequeños grupos en el envés de las hojas. Las hojas se despigmentan, tomando una coloración gris plomizo, terminando por secarse y caer.

f) Gorgojos del frijol (*Acanthoscelides obtectus*)

Coleoptera: Bruchidae. el daño que esta plaga ocasiona, se reflejan en las pérdidas que comúnmente tiene el frijol almacenado, estas pérdidas no son solamente en cantidad de grano, sino que también pierde su calidad por el aspecto que presentan los mismos. Cuando la plaga esta activa, se observan huevos, excrementos e insectos adultos muertos.

Los adultos son de color café con manchas negras y grises, midiendo alrededor de 3 mm de largo. Los huevos son depositados por el insecto entre los granos de frijol y no sobre la testa de los granos, como lo hace la hembra del insecto *Zabrotes subfasciatus*. Los huevos son blancos y alargados. Las hembras tan pronto como nacen (en 5 días) perforan los granos y permanecen en su interior.

El daño que ocasiona esta plaga es en su periodo larvario que afecta los granos almacenados del frijol. Sin embargo, el insecto también puede realizar su ataque en el campo durante la etapa reproductiva del cultivo y las hembras ovopositan sobre las vainas que van llegando a la madurez.

Para el control se recomienda cosecha temprana, No mezclar el frijol dañado con el sano, desinfección de sitios de almacenamiento para evitar infestaciones en el almacén.

Exposición del grano al sol ya que permite el secado reduciendo el daño por hongos infestación de gorgojos y eclosión de los huevos ante las altas temperaturas.

2.10.5. Enfermedades de frijol

Según Araya y Hernández (2006), las enfermedades ocurren por diferentes causas y señala a las principales enfermedades del frijol a los siguientes:

2.10.5.1. Enfermedades de raíz

Agentes causales son: *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytium* y *Sclerotium*.

Los síntomas que estos hongos provocan son pudriciones radicales la severidad varia de una región a otra dependiendo de las condiciones ambientales. Se presentan desde las primeras semanas de crecimiento de la planta, formando parches de diferente tamaño, varían ligeramente de acuerdo con el hongo que los cause. Por lo general se observa estrangulamiento, desintegración de la raíz de color café claro o café rojizo, cerca del nivel del suelo.

Le control de las pudriciones radicales se realiza mediante prácticas de cultivo preventiva (rotación de cultivos) o ampliación de productos químicos.

2.10.5.2. Enfermedades del follaje

- **Antracnosis**

La Antracnosis, es causada por el hongo *Colletrotichum lindemuthianum*, ataca al frijol desde que la planta emerge hasta que llega a la producción, incluso llegar a afectar a la semilla. Los síntomas iniciales aparecen en la parte inferior de la hoja mostrando lesiones pequeñas de color rojizo oscuro que con el tiempo se vuelven de color café oscuro a negro. En las vainas el daño muestra lesiones redondas hundidas, con brote bien definido y centro oscuro.

La principal medida de combate para la antracnosis es realizar una siembra de variedades comerciales mejoradas, ya que estas tienen niveles intermedios de resistencia, la rotación

de cultivos ayuda de gran manera. También aplicar productos químicos en el follaje y para el tratamiento de semillas antes de la siembra.

- **Mancha angular**

Causada por el hongo *Phaeoissaiopsis griseola*, el daño que realiza es en el follaje, vainas y las semillas. En el follaje inicia mostrando pequeñas manchas de color brillante, que se aumenta de tamaño y toman la forma de las nervaduras. En estado avanzado la macha toma de color café oscuro. En las vainas las manchas son de forma circular con borde definido, de color rojizo oscuro.

La forma de diseminación es por el transporte de las esporas causadas por el viento o también por la semilla.

Se combate con prácticas culturales, utilizar semilla sana, rotación de cultivos y combate con aplicación de productos químicos.

- **Mustia hilachosa o telaraña**

El agente causal es el hongo *Thnatephorus cucumeris*, se presentan en condiciones de temperatura alta y precipitaciones, estas manchas crecen y se unen con otras manchas generando así una lesión más grande a la hoja, dando el aspecto de una telaraña. Inicia con una pequeña mancha oscura redonda con bordeado de color amarillo, posteriormente estas manchas crecen. En las vainas las machas son oscuras de aspecto acuoso, forma irregular, que pueden cubrir toda la vaina. En estos casos la semilla se deforma y se decoloran. Cuando las condiciones ambientales son favorables para el hongo puede destruir toda la parcela de frijol en pocos días.

Para evitar o prevenir el desarrollo de este hongo se debe disminuir el efecto de salpique de agua, sembrar con mínima labranza, mejorar los drenajes, rotación de cultivos, uso de semilla de calidad. Para el control se recomienda aplicar productos químicos.

- **Mancha entyloma**

El agente causal de esta mancha es el hongo *Entyloma petuniae*, los síntomas se presentan en las plantas desde pequeñas en el cual ataca a las primeras hojas. Por encima de las hojas provoca lesiones redondas con borde amarillento, por debajo de las hojas son de

color café oscuro hasta azul grisáceo. Se disemina por el viento y tiene la capacidad de sobrevivir en residuos de cosecha.

El combate es proteger las semillas con fungicidas, aplicaciones al follaje con productos químicos recomendados.

- **Roya o herrumbre**

El agente causal es el hongo *Uromyces phaseoli*, inicia como pequeñas lesiones amarillas en las hojas, los cuales toman forma de un punto de color parecido a la herrumbre (oxidación), estos puntos muy raramente se muestran en las vainas. El principal medio de diseminación es el viento, no se transmite por semilla.

La forma de prevención de esta enfermedad es mediante prácticas de cultivos como rotación de cultivos, eliminación de residuos, eliminación de tutores y densidad de siembra adecuada.

- **Tizón bacteriano común**

Es causado por la bacteria *Xanthomonas axonopodis*, esta enfermedad es importante en zonas húmedas y calientes. Inicialmente se muestran puntos acuosos que crecen, toman un color oscuro de forma irregular rodeada por un área amarillenta. Se disemina por el salpique de lluvias e insectos, también el paso de personas o animales que entran al cultivo.

Para la prevención de esta enfermedad es vital el uso de semillas sanas y la rotación de cultivos. Hay variedades comerciales que ya poseen resistencia intermedia a la enfermedad.

2.10.5.3. Enfermedad por virus

- **Amachamiento**

La causa es el virus del moteado clorótico del Caupí. Se caracteriza por producir plantas de color verde más oscuro que las sanas, con guías anormales y largas, con deformación de las hojas, la producción de vainas es nula o muy reducida, y estas tienden a deformarse. Es transmitido por varias especies de insectos.

La estrategia de combate es a los insectos transportadores y malezas que hospedan al virus.

2.10.6. Control de malezas

Una buena preparación de suelo favorece la realización de las prácticas de control de malezas, lo recomendable es mantener el cultivo libre de malezas por lo menos los primeros 30 días después de germinado el cultivo, potencializando de esta manera un ahorro en pérdida por efecto de daño por malezas de hasta un 40% en rendimiento. Cuando la labranza convencional es monocultivo, se recomienda hacer limpiezas manuales con azadón, la primera entre los 15-20 días después de la siembra y una segunda entre los 25-30 días después de la siembra, lo cual garantiza llegar a la cosecha con un nivel aceptable de limpieza de cultivo (Escoto, 2011).

Por otra parte ASOPROL (2009), señala que el período crítico de competencia por malezas inicia desde el primer día hasta los 25 a 30 días después de haber emergido el frijol, por tanto, el productor debe mantener limpio de malezas el cultivo durante estos días, posterior a estos días se recomienda si es necesario, realizar control de malezas químicamente para cosechar en limpio, para esta actividad los sugieren el control manual que aplica el uso de machete, azadón y otros y el que realice esta actividad debe ser mano de obra calificada. También sugieren el control químico que es el uso de herbicidas que hay en el mercado local.

2.10.7. Riego

La planta de frijol utiliza el agua para su desarrollo y enfriamiento. La evapotranspiración (ETc) del cultivo depende de la variedad, arquitectura de la planta (Tipo I, II, III y IV), etapa fenológica clase de frijol densidad del dosel, condiciones climáticas y el manejo del cultivo y del riego. El cultivo de frijol que se desarrolla en óptimas condiciones requiere de unos 300 a 455 mm de lámina. Utiliza en sus primeras etapas un promedio de 0.1 mm de agua por día y poco menos de 7 mm por día en el periodo de floración y formación de vainas. Las raíces crecen en una profundidad efectiva para la extracción de agua de 600 mm en suelos con buenas características (Avila *et al.*, 2014).

Por su parte Guamán *et al.* (2004), indican que el fréjol es un cultivo de secano o secano temporal, por ende, este necesita entre 400 a 500 mm de agua por ciclo, en condiciones de

sequía se debe regar cada 8 días y más cuando la planta se encuentra en estado de floración y llenado de vainas.

2.10.8. Cosecha

Según Vincés (2020), señala que la cosecha se realiza de forma manual, sacando la planta, secándola y extrayendo su semilla, mientras que, para consumo en verde, las plantas deben encontrarse a una humedad entre 16 a 20% y, para semilla se procede a secarlas a humedades de 14-16% para que puedan ser almacenadas sin ninguna dificultad, adquiriendo así un rendimiento que va desde los 500 hasta los 3500 kg/ha, según la variedad, ubicación y manejo del cultivo. A su vez ASOPROL (2009), aporta que se debe cosechar cuando el grano obtenga la madures fisiológica, cuando el 90% de las vainas han cambiado de color, las hojas se vuelvan amarillas por la vejez o se han caído en su mayoría.

Posteriormente a la cosecha se desarrolla el secado o deshidratación de la semilla, cuando la semilla ha alcanzado un contenido de humedad de alrededor de los 14 a 16% se lleva a cabo la trilla el cual puede ser de manera manual o mediante la misma maquinaria que es utilizada para trigo y maíz haciéndole los ajustes necesarios para evitar el quebrado de la semilla sobre todo si el contenido de humedad es más bajo, es recomendable efectuar la trilla durante la tarde cuando se tenga menos humedad. Después de la trilla se lleva semilla a mesas cribadoras en donde se separa los terrones y piedras que pudieran irse en la trilla encostándolo posteriormente o dejándolo a granel (Ávila *et al.*, 2014).

2.11. Fertilización foliar

Trinidad y Aguilar (1999), mencionan que la fertilización foliar, que implica nutrir las plantas a través de las hojas, se emplea como un complemento a la fertilización del suelo. Esta práctica está documentada desde 1844 en la literatura, aunque su uso se remonta a la época babilónica. En este método de alimentación, la hoja desempeña un papel crucial en la absorción de nutrientes, ya que ciertos componentes facilitan la captación de iones. Los factores que afectan la fertilización foliar se pueden dividir en tres grupos: aquellos relacionados con la planta misma, el entorno en el que se encuentra y la composición de la solución aplicada sobre las hojas. En cuanto a los aspectos de la planta, se estudia la función de la cutícula, los estomas y los ectodesmos en la absorción de nutrientes mediante las hojas. En el entorno, se consideran la temperatura, la luz, la humedad relativa y el momento de la aplicación del fertilizante. En la formulación foliar, se evalúa el pH de la

solución, así como la presencia de surfactantes, adhesivos y sustancias activadoras, la concentración de la solución, los nutrientes y los iones acompañantes durante la aspersión.

La fertilización foliar es la aplicación de una solución nutritiva al follaje de las plantas, con el fin de complementar la fertilización realizada al suelo, o para corregir deficiencias específicas en el mismo período de desarrollo del cultivo, esta permite la aplicación de cualquiera de los nutrientes que las plantas necesitan para lograr un óptimo rendimiento (Quinde, 2014).

González (2019), La fertilización foliar se emplea en la agricultura para suministrar nutrientes, especialmente micronutrientes, directamente a través de las hojas. Esta práctica se utiliza para corregir deficiencias nutricionales durante el crecimiento de las plantas, suplementar las necesidades nutricionales no cubiertas por la fertilización del suelo, mejorar la calidad del producto agrícola, influir en el ritmo de desarrollo de la planta, abordar problemas fitopatológicos mediante la aplicación de cobre y azufre, y complementar la fertilización del suelo.

Cuando las plantas están sometidas a condiciones estresantes o crecen en suelos con poca disponibilidad de nutrientes, sus tejidos en la parte superior experimentan deficiencias nutricionales que la planta no puede resolver por sí sola. Para abordar estas carencias, se utiliza la fertilización foliar, un método que implica la aplicación de soluciones de nutrientes directamente sobre las hojas. Esto permite corregir rápidamente las deficiencias nutricionales y facilita que la planta restablezca su equilibrio metabólico (Weinbaum *et al.* 2002). La fertilización foliar no sustituye la fertilización convencional del suelo, sino que la complementa, contribuyendo así a que los cultivos puedan alcanzar altos rendimientos (Trinidad y Aguilar, 2000; Trejo-Téllez *et al.* 2007).

2.12. Biofertilizantes orgánicos

Restrepo (2007), define que los biofertilizantes son abonos líquidos con gran cantidad de energía equilibrada y en armonía mineral, preparados a base de estiércol fresco de bovinos, disuelta en agua y enriquecida con leche, melaza y ceniza, fermentados por varios días bajo un sistema anaeróbico (sin la presencia de oxígeno) y muchas veces enriquecidos con harina de rocas molidas o algunas sales minerales; como son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre.

2.13. Biol

Basaure (2006), manifiesta que, en la agricultura orgánica, una de las alternativas de fertilización foliar son los bioles. Abonos líquidos o bioles son una estrategia que consiente en aprovechar el estiércol de los animales, todo esto sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dan como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas). Investigaciones realizadas, permiten comprobar que aplicados foliarmente a los cultivos en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, mejora la calidad de los productos e incluso tienen cierto efecto repelente contra las plagas. La composición química de este abono orgánico foliar podemos observarlo en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química del biol

Parámetro	Unidades	Valor
pH		7,18
Conductividad eléctrica	dSm ⁻¹	18,77
Nitrogeno total	%	0,23
Fosforo	%	0,02
Potasio	%	0,44
Calcio	%	0,15
Magnesio	%	0,09
Sodio	%	0,14
Azufre	%	0,02
Zinc	%	0,0008
Hierro	%	0,0046

Fuente: Tomado de Plasencia (2017), citado por Gallegos (2021).

2.14. Lixiviado de vemicompost

Casco (2005), menciona que a medida que se riega el lombricario para mantener la humedad hay una pérdida de agua más una cantidad de nutrientes, microorganismos, etc. El lixiviado obtenido se ha demostrado ser una excelente fuente de potasio es de 2,4 gramos por litro y de nitrógeno 61 miligramos por litro (61 ppm) conteniendo además hierro, manganeso, cobre, zinc y micro nutrientes esenciales. Además, los fertilizantes líquidos elaborados con extracto de humus de lombriz de tierra aportan ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos vivos propios para la nitrificación y solubilización de minerales enlatados en el suelo.

Cuadro 2. Composición química del vermicompost

Parámetro	Unidades	Valor
pH		9,1
Conductividad eléctrica	dSm ⁻¹	21,71
Nitrogeno total	mg/l	252
Fosforo	mg/l	23,68
Potasio	mg/l	7738,1
Calcio	mg/l	46,66
Magnesio	mg/l	40,8
Sodio	mg/l	258,22
Manganeso	mg/l	0,453
Boro	mg/l	8,28
Hierro	mg/l	3,65

Fuente: Tomado de SPETROLAB (2015), citado por Casas (2022)

2.15. Vigortop

PROINPA (2009), menciona que el vigortop es un abono natural líquido que promueve el crecimiento, el aumento y fortalecimiento de la raíz, el follaje y mejora la tasa fotosintética e incrementa el rendimiento de los cultivos. Estimula el crecimiento de las plantas. Está compuesto por ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) extraídos del humus de lombriz e ingredientes complementarios, ricos en fitohormonas obtenidas de Marat y complementada con brasiniloides. Atrapa los micronutrientes disponibles en el medio, estabiliza el pH y genera condiciones para el crecimiento de microorganismos. Para hortalizas como el frijol la dosis de aplicación es de 250 ml/mochila de 20 l, se aplica al follaje al inicio del cultivo, se realiza de 3 a 4 aplicaciones durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 3. Composición química del Vigortop

Parámetro	Unidades	Valor
Ácidos humicos y fúlvicos	%	95
Extracto de brasicas	%	4
Extracto de Marat	%	1

Fuente: Tomado de PROINPA, (2009)

Mejía (2002), menciona que el purín es el líquido obtenido por la descomposición controlada de plantas especiales, escogidas por sus propiedades medicinales, alelopáticas o nutricionales. El purín bien producido tiene principios bioquímicos y energéticos, potenciados por los microorganismos que provocan la acción de tales sustancias y sean las más apropiadas para estimular la nutrición, el crecimiento o la salud de las plantas cultivadas.

Ortuño *et al*, (2009), indican que el bioinsumo Vigortop es un biofertilizante, bioestimulante, promotor de crecimiento foliar, líquido. Se puede utilizar en una gran diversidad de plantas (hortalizas, frutales, plantas ornamentales, etc.).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en la colonia San Antonio de Bolinda del municipio de Caranavi, se encuentra ubicado al noreste del departamento de La Paz a 113 km de la sede de gobierno, geográficamente está situada en la zona 19 Sur con coordenadas UTM 652729.00 m E y 8254150.00 m S, altitud sobre los 1450 m s. n. m. (Google Earth, 2021).

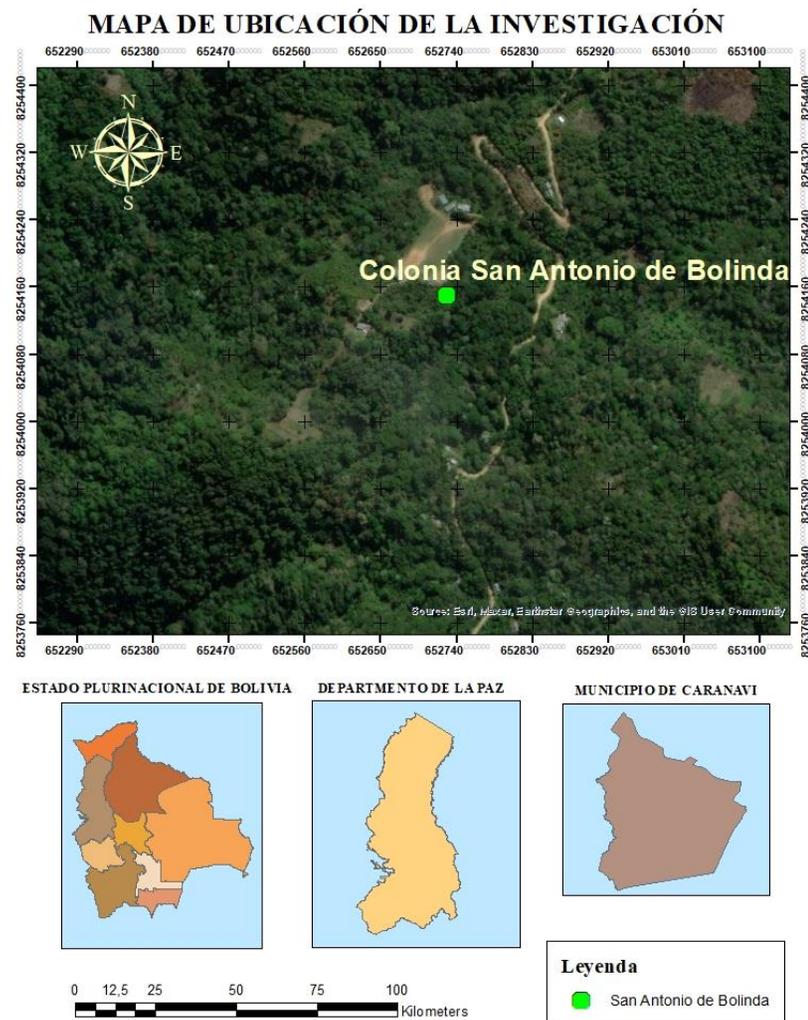


Figura 17. Mapa de ubicación

3.2. Características Ecológicas

3.2.1. Clima

Caranavi presenta un clima subtropical y tropical. Sus diferencias altitudinales van desde más de 3.600 msnm en la cordillera Oriental a menos de 420 msnm en las terrazas aluviales del río Alto Beni. La precipitación anual varía desde 1000 a 2500 mm y la evapotranspiración real entre 800 a 1200 mm, las temperaturas máximas que reporta el municipio de Caranavi son 32,8 °C, una temperatura mínima de 19,7 °C, y una temperatura media de 24,4 °C, la humedad (PTDI, 2016 - 2020).

3.2.2. Suelo

Los suelos son variados, en general se han originado por sedimentaciones pluviales jóvenes, y son en su mayoría de textura franco arcillosa, con una estructura de tipo bloque angular medio y fino, con un pH que varía desde 4,5 hasta 5,5; existiendo zonas donde el pH es ligeramente más bajo existiendo problemas de absorción de calcio y magnesio debido a los altos porcentajes de acumulación de aluminio y hierro (PTDI, 2016 – 2020).

3.2.3. Flora

Los bosques están conformados por una diversidad de especies del tipo herbáceas, arbustos y arbóreas, como fuente de generación de ingresos económicos están primero el café, cítricos, cereales, bananos, plátano, cacao, papaya, palto, mango, té, coca y algunos cultivos anuales como la yuca y hortalizas que se destinan para el consumo familia. Este aspecto permite a los comunarios realizar el uso y aprovechamiento de especies maderables y no maderables (PTDI, 2016 -2020).

3.2.4. Fauna

La diversidad de la fauna silvestre forma parte de los recursos naturales renovables se encuentran conformada por especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces e insectos, muchos de estos especímenes están afectados por los depredadores primarios (PTDI, 2016 -2020).

3.3. Materiales

3.3.1. Material biológico

- Semilla variedad Negro Sen, desarrollada por CIAT Colombia.
- Semilla variedad Carioca
- Semilla variedad Rojo Oriental



Figura 18. Semilla de Frijol

3.3.2. Insumos de producción

- Se utilizó biol el cual se obtuvo de la compra de las familias productoras de la región.
- Lixiviado de vermicompost, que se adquirió de la carrera ingeniería agronómica de la UPEA.
- Vigortop que es un insumo orgánico y se obtuvo de la fundación PROINPA.



Figura 19. Insumos para la investigación

3.3.3. Material de campo

Para esta investigación se usaron los siguientes materiales de campo: libreta de apuntes, bolsas plásticas, lapiceras, cámara fotográfica, balanza digital, marcador indeleble, bolsas de polietileno, cinta métrica, picota, pala, machete y letreros.



Figura 20. Material empleado en campo

3.3.4. Material de gabinete

Los materiales utilizados fueron: cuaderno de apuntes (libro de campo), bolígrafos, hojas bond, computadora, impresora, teléfono celular (Android), calculadora.

3.4. Metodología

3.4.1. Procedimiento experimental

3.4.1.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió inicialmente con la limpieza del área en el cual se implementó la investigación, esto inicia desde la tumba de especies de árboles característicos del lugar y arbustos de gran tamaño, seguidamente de la eliminación de la toda la vegetación del área y se dejó una semana para que la materia pueda secarse en la parcela de investigación. Esta actividad se realizó con la ayuda de un machete.

Posterior a la preparación del terreno se desarrolló el replanteo del croquis experimental dimensionando las unidades experimentales y bloques como se planteó en el perfil de tesis, esta actividad se desarrolló con el apoyo de una cinta métrica de 20 metros y estacas de madera que se obtuvo de las ramas de los arbustos tumbados del área, el área total de la parcela de investigación fue de 675,50 m².



Figura 21. Delimitación de la parcela de investigación

3.4.1.2. Muestreo y análisis de suelo

Para poder tener datos de las propiedades del suelo de la parcela de la investigación se procedió el respectivo muestreo del suelo, el método que se empleó fue la muestra compuesta, para ello se procedió a recolectar diez muestras en diferentes puntos de la parcela de investigación con la ayuda de una pala previamente limpiada y desinfectada se identificó puntos en forma zigzag, las muestras se recolectaron en un recipiente (balde), con el fin de acumular todas las muestras que se tomó, posteriormente a la recolección de

las muestras simples se desarrolló el respectivo cuarteo en el cual se mezcló sobre el nylon plástico transparente para homogenizar todas las muestras recolectadas. Seguidamente se realizó el cuarteo y se tomó una parte de la muestra aproximadamente 1 kg de la muestra total y se procedió a secarlo a temperatura ambiente, finalmente la muestra seca se metió a una bolsa de hielo y cerrarlos herméticamente con su respectiva identificación y fue llevado al Laboratorio de la Facultad de Agronomía de Suelos y Agua (LAFASA) de la Universidad Mayor de San Andrés - UMSA para su respectivo análisis, los parámetros a analizar serán; densidad aparente, textura, pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio intercambiable, carbonatos, capacidad de intercambio catiónico.



Figura 22. Muestro de suelo



Figura 23. Muestra de suelo para laboratorio

3.4.1.3. Siembra

La siembra se llevó a cabo de forma manual por el método de golpe con una distancia de siembra de 40 cm entre plantas y surcos, el procedimiento consistió en realizar aperturas a cada distancia de siembra, hoyos de 4 cm de profundidad aproximadamente y depositar las semillas de frijol.

Señalamos que las tres variedades de frijol fueron sembradas respectivamente en sus unidades experimentales el cual indica el croquis experimental propuesto en el perfil y también se observa más adelante.



Figura 24. Siembra de frijol

3.4.1.4. Marbeteo de plantas

Se desarrolló el marbeteo de las plantas muestra con el objetivo de desarrollar el seguimiento del desarrollo fisiológico de las plantas para posteriormente sistematizarlos y obtener datos representativos de la investigación. Esta actividad se realizó cuando el 75% de las plantas alcanzaron aproximadamente 10 cm de altura, después de la fase fisiológica de emergencia. Se marbetearon 10 plantas de cada unidad experimental, la manera de selección de las plantas muestra será al azar. Cabe señalar que las plantas muestras, estaban dentro del margen denominado efecto borde.



Figura 25. Marbeteo de plantas muestra

3.4.1.5. Fertilización de abonos foliares

La aplicación del biol se realizó de acuerdo al croquis experimental ya que es un factor del estudio, a los 15 días después de la emergencia, la segunda aplicación a los 45 días, la tercera se realizó en la prefloración. Se consideró las recomendaciones de Villanueva (2016), el cual indica 20% de biol, para el cual se realizó mezclando 2 litros de biol y 8 litros de agua en una mochila fumigadora para cada aplicación.



Figura 26. Aplicación de Biol

El lixiviado de vermicompost se aplicó bajo una concentración del 25%, en diferentes ocasiones 15 días después de la emergencia, 45 días después de la emergencia y 7 días antes de la floración, tomando en cuenta las recomendaciones de Cadena (2014). Este insumo se mezcló 2,5 litros de lixiviado y 7,5 litros de agua en una mochila fumigadora para cada aplicación planteada para el estudio.



Figura 27. Aplicación de lixiviado de vermicompost

El Vigortop se aplicó bajo una recomendación del 2,5%, de la misma manera que los insumos anteriores 15 días después de la emergencia, 45 días después de la emergencia y 7 días antes de la floración (PROINPA, 2014). La forma de aplicación de este insumo fue mediante la ayuda de una mochila fumigadora mezclando 25 ml de vigortop y 9,975 litros de agua, para cada aplicación propuesta en el estudio según las recomendaciones del fabricante del insumo.



Figura 28. Aplicación de Vigortop

3.4.1.6. Deshierbe

El deshierbe se desarrollo de manera manual eliminando hierbas o plantas que se desarrollen en las unidades experimentales y pasillos, con el fin que no puedan tener un efecto de competencia de nutrientes también a como una prevención de plagas y enfermedades, se realizó em dos ocasiones el deshierbe, la primera a 30 días después de la siembra y la segunda cuando el cultivo estaba en floración.

3.4.1.7. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades se aplico insumos de manera orgánica como ser el caldo sulfocalcico como método de prevención, en tres oportuidades, la primera aplicación se realizó a la primera semana después de la emergencia, y la segunda aplicación fue antes de la floración. Se pudo observar que el método pudo evitar el ataque de plagas y enfermedades, si bien se mostraron plagas al inicio de la investigación, pero no fueron significativas ya que el insumo evito mas ataque de las mismas.

3.4.1.8. Cosecha

La cosecha se realizó manualmente cuando los frutos de cada variedad de frijol alcanzaron la madurez fisiológica, se procedió cortando desde el cuello de la planta para cuidar y conservar el suelo, se tuvo cuidado con el manejo de las unidades experimentales ya que se identificó cada unidad experimental par así no tener ningún inconveniente en la

sistematización de los datos, posteriormente se apiló al aire libre para que pueda deshidratarse.



Figura 29. Cosecha de frijoles

3.4.1.9. Desgrane de vainas

Se realizó de manera manual, cuando las plantas de cada unidad experimental mostraron deshidratación, este proceso se procedió sobre una carpa tendida en el piso, posteriormente se realizó el venteo para eliminar los rastrojos.

Finalmente se dejó extendida en la intemperie sobre una lona con el objetivo de eliminar la humedad en la leguminosa.



Figura 30. Desgrane de vainas

3.4.2. Diseño experimental

El modelo estadístico que se aplicó para esta investigación fue el diseño en bloque completamente al azar con un arreglo en parcelas divididas con dos factores (Ochoa, 2008), en el cual se puede mencionar que la parcela mayor es el factor A (tipo de abono foliar), la parcela menor es el factor B (variedades de frijol), tiene 12 tratamientos, 3 bloques, logrando

tener 36 unidades experimentales. Para el análisis de diferencias de medias se aplicó Duncan (5%).

Modelo lineal aditivo:

$Y_{ijk} = +$

$$Y_{ijk} = + \mu + \alpha_i + \beta_k + \varepsilon_{ik} + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Observación cualquiera.

μ = Media general del ensayo.

α_i = Efecto del i-ésimo abono foliar

β_k = Efecto del k-ésimo bloque.

ε_{ik} = Error experimental de la parcela mayor

γ_j = Efecto de la j-ésima variedad de frijol

ε_{ijk} = Error experimental de la parcela menor.

3.4.3. Factores de estudio

Factor A: Abonos foliares

Cuadro 4. Abono orgánico foliar

Factor A (Abono foliar)	
a1	Sin abono foliar
a2	Biol
a3	Lixiviado de vermicompst
a4	Vigortop

Factor B: Variedad

Cuadro 5. Variedad de frijol

Factor B (Variedad)	
b1	Carioca
b2	Negro San
b3	Rojo Oriental

Interacción de factores

Cuadro 6. Características de las unidades experimentales

Factor A	Factor B	Interacción	Tratamiento
Sin abono foliar	Carioca	a1b1	T1 Sin abono * Carioca
	Negro Sen	a1b2	T2 Sin abono * Negro Sen
	Rojo Oriental	a1b3	T3 Sin abono * Rojo Oriental
Biol	Carioca	a2b1	T4 Biol * Carioca
	Negro Sen	a2b2	T5 Biol * Negro Sen
	Rojo Oriental	a2b4	T6 Biol * Oriental rojo
Lixiviado de vermicompost	Carioca	a3b1	T7 Lixiviado * Carioca
	Negro Sen	a3b2	T8 Lixiviado * Negro Sen
	Rojo Oriental	a3b3	T9 Lixiviado * Oriental rojo
Vigortop	Carioca	a4b1	T10 Vigortop * Carioca
	Negro Sen	a4b2	T11 Vigortop * Negro Sen
	Rojo Oriental	a4b3	T12 Vigortop * Oriental rojo

Croquis del ensayo.

El croquis del experimento y las características del mismo.

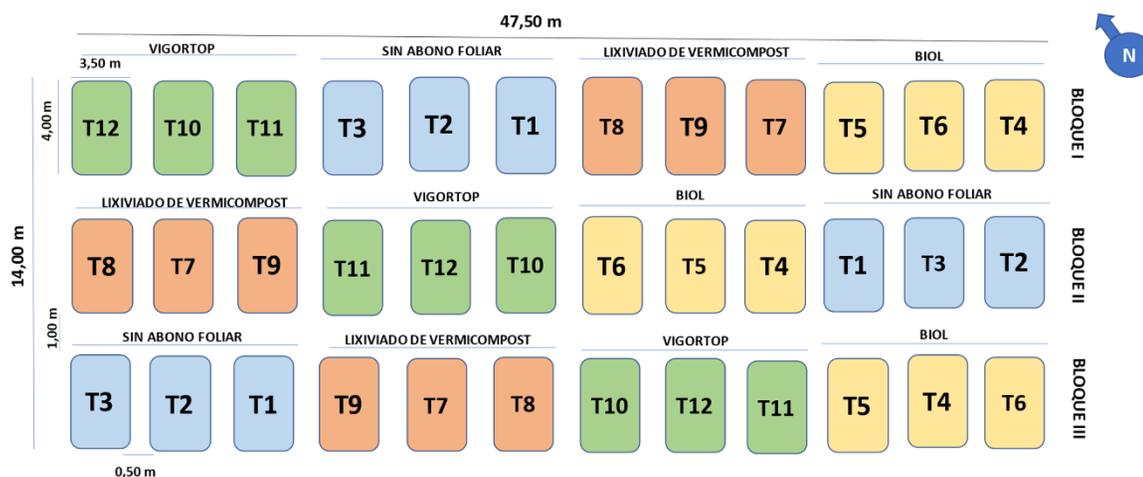


Figura 31. Croquis del experimento de investigación

Área total: 675,50 m²

Área sembrada: 504,00 m²

Largo de repetición: 47,50 m
 Ancho de repetición: 3,50 m
 Pasillo entre bloques: 1,00 m
 Pasillo entre unidades experimentales 0,50 m
 Área de unidad experimental: 14,00 m²
 Número de unidades experimentales: 36
 Número de plantas muestreadas 10

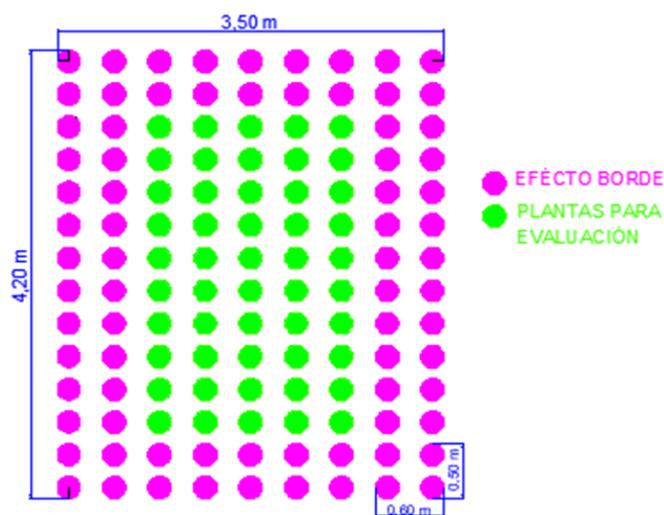


Figura 32. Características de la unidad experimental

3.4.4. Variables de respuesta

3.4.4.1. Días a la emergencia

Los días a la emergencia se determinó desarrollando un conteo de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas emergieron (con dos hojas verdaderas). Este procedimiento se repitió para todas las unidades experimentales.

3.4.4.2. Días a la floración

Para esta variable se procedió a contar los días después de la siembra hasta que el 50% de las plantas de la unidad experimental alcanzaron esta etapa fenológica que es la floración. Repitiendo el proceso para todas las unidades experimentales.



Figura 33. Días a la floración

3.4.4.3. Días al llenado de vainas

Para determinar esta variable se realizó el conteo de días a partir de la siembra hasta que el 50% de las plantas de una unidad experimental alcanzaron el llenado de vainas, el llenado de vainas se determinó por observación y una delicada presión con los dedos índice y pulgar para corroborar el llenado de vainas. Este procedimiento se realizó para todas las unidades experimentales.



Figura 34. Días al llenado de vainas

3.4.4.4. Altura de planta

La altura de planta se determinó tomando medidas de alturas con el apoyo de una regla y un flexómetro a partir desde el cuello del tallo hasta el ápice más alto de la planta, las unidades fueron en centímetros. La medida de esta variable se realizó a las plantas marbeteadas de cada unidad experimental.



Figura 35. Altura de planta

3.4.4.5. Diámetro de tallo

Esta variable se determinó tomando la medida del diámetro del tallo aproximadamente la parte intermedia con respecto a la altura, se midió a las plantas muestreadas de cada unidad experimental, el material empleado para este procedimiento es el vernier o calibrador y las unidades fueron en milímetros.



Figura 36. Diámetro de tallo

3.4.4.6. Área foliar

Esta variable se determinó con el apoyo del software ImageJ de cada planta evaluada, para el cual se tomó fotografías con una figura con dimensiones conocidas como referencia, para posteriormente el programa pueda determinar el área foliar en cm^2 ,

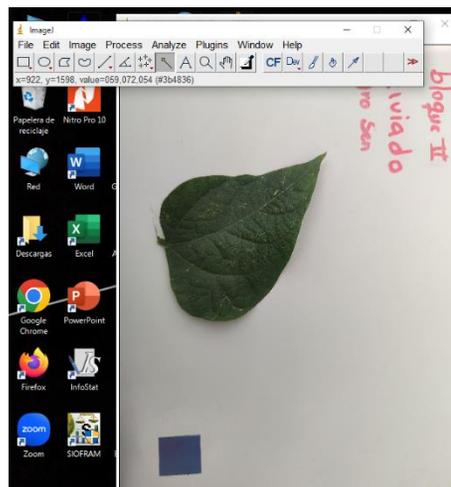


Figura 37. Área foliar

3.4.4.7. Longitud de vaina

La variable se determinó midiendo la vaina de las plantas muestreadas de cada unidad experimental con la ayuda de una regla, las unidades que se aplicaron para esta variable fueron los centímetros.



Figura 38. Longitud de vaina

3.4.4.8. Número de vainas por planta

El número de vainas por planta se determinó realizando un conteo simple de la cantidad de vainas en una planta de las plantas muestreadas de cada unidad experimental para posteriormente sistematizarlas.



Figura 39. Número de vainas por planta

3.4.4.9. Número de granos por vaina

Para determinar el número de granos por vaina se realizó el conteo de los granos de cada vaina de la planta muestra para posteriormente obtener un promedio. Este procedimiento se desarrolló de las plantas muestreadas de cada unidad experimental.



Figura 40. Número de granos por vaina

3.4.4.10. Peso de cien granos

El peso de cien granos se determinó realizando inicialmente el conteo de cien granos para posteriormente pesarlos en la balanza digital. Este procedimiento se repitió en cada unidad experimental.



Figura 41. Peso de cien granos

3.4.4.11. Rendimiento

El rendimiento se determinó relacionando el peso de grano de cada unidad experimental obtenido dividiendo entre la superficie ocupada de cada unidad experimental. Posteriormente se realizó un factor de conversión de las unidades hasta tener las unidades de kg/ha.

3.4.5. Análisis económico

La relación beneficio-costos se calcula dividiendo los beneficios totales de la producción por los costos totales asociados con él:

$$RBC = \frac{\text{Beneficios totales}}{\text{Costos totales}}$$

Beneficios Totales: Incluyen todos los ingresos o ahorros generados por el proyecto a lo largo de su vida útil.

Costos Totales: Comprenden todos los gastos necesarios para llevar a cabo el proyecto, incluyendo costos de inversión inicial, operación y mantenimiento.

- **Relación $B/C > 1$:** Indica que los beneficios del proyecto superan los costos, lo que lo hace económicamente viable.
- **Relación $B/C = 1$:** Los beneficios igualan los costos, por lo que el proyecto está en un punto de equilibrio.

Relación $B/C < 1$: Los costos superan los beneficios, lo que sugiere que el proyecto no es económicamente viable Loomis (2011).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables edafoclimáticas

Los datos climáticos como ser precipitación y temperaturas se obtuvieron de la estación climática de Caranavi que está disponible en la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, el cual se encuentra en ubicado en Longitud -67,573677 Oeste, latitud -15,834755 Sur y a una altura de 600 m s. n. m.

4.1.1. Precipitación

La precipitación que se presentó durante los meses que se desarrolló la investigación nos muestra como un total de 1.119 mm considerando los meses de noviembre de 2023 hasta enero de 2024.

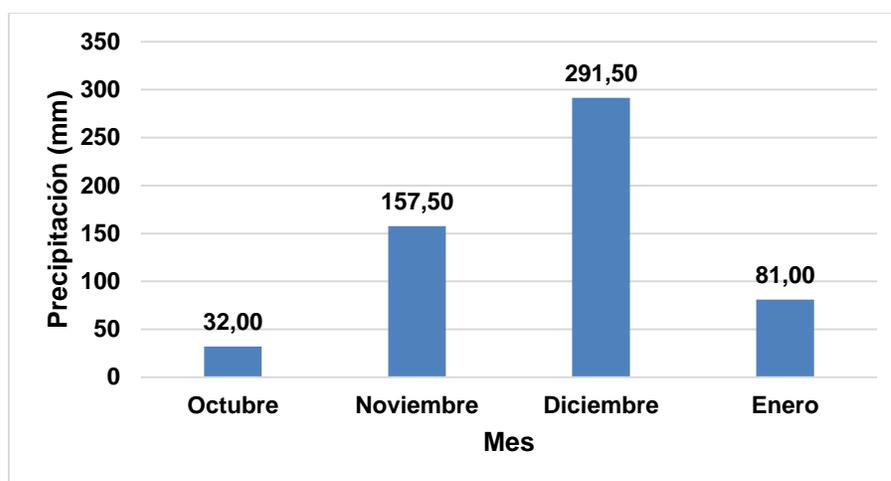


Figura 42. Precipitación

Durante el desarrollo fenológico del cultivo, se pudo observar que, en el mes de noviembre, en el cual se desarrolló la siembra, cabe señalar que la siembra se desarrolló en fecha 04 de noviembre, y según la fuente primaria de registro en campo corroborando con la información secundaria basada en el SENAMHI la precipitación más próxima ocurrió el 9 de noviembre de 2023. Se pudo apreciar que la precipitación correspondiente al mes de noviembre fue de 158 mm; no obstante, la precipitación fue discontinua, indicando que las más altas precipitaciones de forma continua fue la última semana del mes, como se puede apreciar en la Figura 42, el mes de mayor precipitación ocurrida fue en el mes de diciembre

de 2023, con una precipitación mensual de 496 mm, finalmente el mes de enero en el cual concluyo el trabajo de campo de la investigación reportó una precipitación de 465 mm.

Aguilar (2015), señala que el requerimiento de precipitación del frijol es de 300 mm en todo su ciclo, siendo poco tolerable a exceso de lluvias, provoca encharcamiento que provoca marchitamiento de la planta. A su vez Guamán *et al.* (2004), mencionan que el frijol es un cultivo a secano, por ende, este necesita entre 400 a 500 mm de agua en todo su ciclo.

Se puede indicar que las precipitaciones ocurridas en los meses de noviembre a enero, cumplieron con el requerimiento de precipitación que el cultivo del frijol necesita, señaladas por los autores mencionados anteriormente, más aun siendo exceso de precipitación para el frijol, no obstante, las precipitaciones no fueron de manera constante los cuales no causaron pudrición ni otro inconveniente en el desarrollo del cultivo.

4.1.2. Temperatura

La Figura 43, muestra el reporte de las variaciones de temperaturas en la región de la investigación, en cual apreciamos registros mensuales de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y temperaturas promedio.

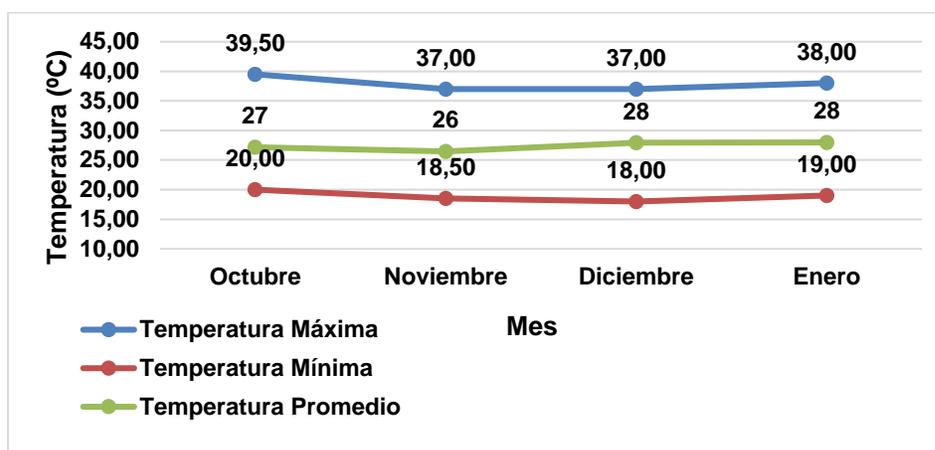


Figura 43. Registro de temperaturas

Se puede apreciar que, las temperaturas máximas ocurrieron en el mes enero con 38°C en contraste el mes que se registró temperaturas mínimas se registraron en el mes de diciembre con 18°C. Estos rangos de temperaturas que se registró se encuentran casi en el rango del requerimiento del frijol, y que el frijol tolera desde climas templados hasta cálidos según diferentes autores. Al respecto Ávila *et al.* (2014), hacen referencia que en

términos generales el frijol tiene un rango de temperatura que va desde los 5 °C; hasta los 35 °C, sin embargo, el rango óptimo para el desarrollo del cultivo se encuentra entre los 18 y 25 °C, así que el periodo de floración se larga si las temperaturas son bajas, alargándose así mismo el ciclo del cultivo, siendo en los frijoles de mata bajo condiciones cálidas con rango de 23 a 26 °C de 75 días, hasta los 120 días bajo temperaturas de 13 a 17 °C. A su vez Ríos (2017), indica que para la producción de frijol se recomienda un clima frío moderado hasta cálidos con un rango de temperatura oscilante entre 15°C a 23°C.

4.2. Variables edafológicas

El Cuadro 7, muestra los resultados del análisis de laboratorio de los parámetros del suelo, en el cual se aprecia los diferentes parámetros que se tomaron en cuenta para la presente investigación.

Cuadro 7. Resultados del análisis de suelo

Parámetro		Unidad	Resultado	Método
Textura	Arena	%	30	Bouyoucos
	Limo	%	30	
	Arcilla	%	40	
	Clase textural	-	Franco arcilloso	
Densidad Aparente		g/cm ³	1,1	Probeta
pH en H ₂ O relación 1:25		-	5,52	Potenciometría
Conductividad eléctrica		dS/m	0,05	Potenciometría
Potasio intercambiable		meq/100gS	0,172	Espectrofotometro
Nitrógeno total		%	0,32	Kjendahl
Fósforo disponible		ppm	8,90	Espectrofotometro UV
Materia orgánica		%	4,66	Waldey y Black

Fuente: Elaborado con base a LAFASA 2023

El valor de la textura del suelo en el cual se implementó la investigación, indica ser franco arcilloso, y un pH ligeramente ácido de 5,52, según Gómez *et al.* (2022), mencionan que para una buena producción de frijol la textura del suelo tiene que ser franco-limoso a franco-arcilloso y con un pH entre 5,5 y 6,5. De tal manera que los resultados del análisis de suelos muestran que el suelo se encuentra en los parámetros indicados por los autores.

La conductividad eléctrica (CE), es la capacidad de la solución del suelo para transportar corriente eléctrica en función del contenido de sales disueltas o ionizadas en la solución.

FERTILAB (2019), indica que los suelos con una CE menores de 1 dS/m se clasifican como un suelo libre de sales y no presentan restricción para ningún cultivo, El valor de conductividad eléctrica del suelo según el análisis de suelo indica 0,05 mmhos/cm lo cual es equivalente a 0,05 dS/m. de tal manera no presenta problemas respecto al contenido de sales presentes en los mismos por ende la producción del cultivo de frijol no se vería afectada por esta variable.

La materia orgánica del terreno en el cual se implementó la investigación el resultado del análisis de suelo indica un valor de 4,66%. Al respecto Grand & Michel (2020), indica: que, dependiendo del tipo de suelo, la mayoría de aquellos dedicados a la producción de cultivos herbáceos y hortalizas presentan niveles de materia orgánica que oscilan entre el 1 y el 6% de la masa total del suelo. Incluso con una proporción tan pequeña, la materia orgánica del suelo tiene un enorme impacto en la mayoría de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Los valores de materia orgánica están en el rango que el autor menciona por lo cual no hay inconvenientes con el parámetro para la producción de frijol en la región.

El nitrógeno total que nos lanzó el análisis de laboratorio muestra un valor de 0,32 %. Al respecto Fassbender y Bornemisza (1987), citado por Masis *et al.* (2017), indican que los suelos tropicales contienen niveles de nitrógeno que oscilan entre 0,02% y 0,4%, los suelos muy ricos en materia orgánica pueden llegar a poseer contenidos de nitrógeno de hasta 2%. Por lo tanto, se puede considerar que el contenido de nitrógeno total del suelo en el cual se realizó la tesis no es una limitante para la producción de cultivos.

Los valores de fósforo disponible del suelo de la investigación que nos muestra el Cuadro 12, indica 8,90 ppm. Al respecto Fassbender & Bornemisza (1987), mencionan que el contenido total de fósforo es relativamente bajo. En suelos minerales de áreas templadas varía entre 0.02 y 0.08%. El contenido de fósforo total disminuye con la profundidad del suelo, lo que es explicable por la disminución de la materia orgánica y de los fosfatos orgánicos. Por su parte, Fernández (2007), enfatiza que la cantidad de fósforo en la solución del suelo suele estar en torno a 0.05 ppm, concentración muy baja en comparación con el adsorbido por las superficies activas del suelo: de 100 a 1000 veces menos. Campitelli *et al.* (2010), indicaron que el contenido de P disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones

ambientales. Cualquier cambio en las propiedades del suelo se encuentra relacionado con la concentración de P en solución.

Al respecto del potasio en el suelo agrícola, el Ministerio de Agricultura de Holanda (ILACO, 1981), establece categorías en función del contenido de potasio, medido en miliequivalentes cada 100 gramos de suelo, según los siguientes rangos:

Muy alto	> 1,2
Alto	0,6 – 1,2
Medio	0,3 – 0,6
Bajo	0,1 – 0,3
Muy bajo	< 0,1

El contenido de Potasio en el suelo de la parcela de investigación según el análisis de laboratorio de suelos muestra un valor de 0,172 meq/100gS, correspondiendo a niveles muy bajos de potasio intercambiable. Por su parte Azcon-Bieto & Talon (2013), se refiere que la deficiencia de potasio en los cultivos se traduce en una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos en la raíz y de una debilidad en los tallos. Observando el comportamiento del desarrollo del cultivo en todo su ciclo de producción no se evidencio ataque de patógenos ni otro tipo de inconvenientes en las plantas.

4.3. Variables agronómicas

4.3.1. Días a la emergencia

En el Cuadro 8, se muestra el análisis de varianza de días a la emergencia, en el cual podemos apreciar que para los factores tipo de abono foliar (Factor A), variedad (factor B), no se muestran diferencias significativas ($p > 0,05$), de la misma manera la interacción entre tipo de abono foliar y variedad (factor A x factor B), no se observan diferencias significativas, el coeficiente de variación resulta un valor de 6,1% el cual nos indica la confiabilidad de los datos recolectados en campo manteniéndose en el rango de aceptable.

Cuadro 8. Análisis de varianza para días a la emergencia.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	0,67	2	0,33	4,5	0,064 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	0,31	3	0,1	1,38	0,3376 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	0,44	6	0,07	0,33	0,9094 N.S.	
Variedad	0,5	2	0,25	1,13	0,349 N.S.	
Abono foliar*variedad	1,28	6	0,21	0,96	0,4829 N.S.	
Error	3,56	16	0,22			
Total	6,75	35				
CV (%)	6,1					

N.S. No significativo

Los resultados no significativos se pueden explicar ya que en el momento de la siembra no se aplicó ningún tipo de abono foliar, de tal manera al ser de la misma especie no registro diferencias estadísticas. CIAT (1982), señala que esta etapa se inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo y se considera que el cultivo de frijol inicia la etapa V1 cuando el 50% de la población esperada, presenta los cotiledones al nivel del suelo que ocurre a los 7 a 10 días. En la presente investigación se evidencio un promedio de días a la emergencia de 15,33, esto es por los factores climáticos de la región ya que después de la siembra las precipitaciones ocurrieron después de 5 días, considerando ese desfase de precipitaciones se puede indicar que los días a la emergencia se encuentran en el rango que menciona el autor.

Por su parte Plasencia (2009), en su investigación "Evaluación productivo de dos variedades de frijol con fertilización orgánica" indicó no evidenciar diferencias significativas para días a la emergencia reportando 10 DDS.

4.3.2. Días a la floración

El Cuadro 9, muestra el resultado del análisis de varianza par la variable días a la floración, donde se observa que para la variable abono foliar (factor A), existe diferencias significativas ($p < 0,05$), también nos muestra que para la variedad de frijol (factor B), se evidencia diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), para la interacción entre los tipos de abonos foliares y variedad (factor A * factor B), no se observa diferencias significativas ($p > 0,05$). El coeficiente de variación que reporta el análisis de varianza es 1,95% el cual indica que los datos recolectados en campo se encuentran en el rango de confiabilidad.

Cuadro 9. Análisis de varianza para días a la floración

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	0,89	2	0,44	0,14	0,8752 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	52,78	3	17,59	5,4	0,0386 *	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	19,56	6	3,26	2,86	0,0433 *	
Variedad	153,72	2	76,86	67,49	<0,0001**	
Abono foliar*Variedad	2,06	6	0,34	0,3	0,9274 N.S.	
Error	18,22	16	1,14			
Total	247,22	35				
CV(%)	1,95					

*Significativo; N.S. No significativo

La Figura 44 nos muestra los promedios Duncan ($p < 0,05$), para tipo de abono foliar, en el cual podemos interpretar que se muestran dos grupos diferenciados con letras A y B, de tal manera el grupo A que corresponde a plantas que no se aplicó ningún tipo de abono foliar mostro un mayor tiempo en llegar a esta fase fenológica con 56,78 DDS, al mismo tiempo podemos enfatizar que el grupo B formado por los abonos foliares indica que no hay diferencias estadísticas entre abono aplicado en el cultivo de frijol, mostrando diferencias numéricas y no así estadísticas, por lo cual reportamos que: lixiviado de vermicompost alcanzó 54,33 DDS, Biol alcanzó 54,11 y el Vigortop alcanzó 53,67 DDS en llegar a la fase fenológica de floración.

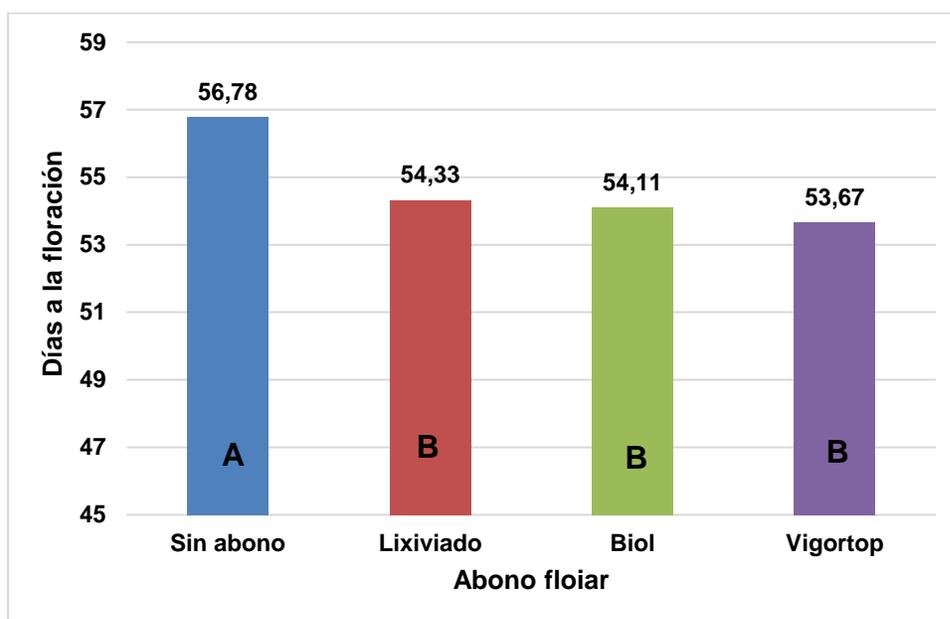


Figura 44. Promedios de abonos foliares para días a la floración

La aplicación de los diferentes abonos foliares tuvo efectos favorables en los días a la floración en comparación de los tratamientos sin aplicación de abonos orgánicos, adelantándose aproximadamente dos días, esto se debe a la aplicación de abonos foliares orgánicos, ya que aportan nutrientes esenciales que estimulan a la floración.

Según INTAGRI (2024), la fertilización es crucial para el estado nutricional de los cultivos y para promover la floración. Combinaciones equilibradas que contienen nitrógeno, fósforo, potasio y pequeñas cantidades de hierro, zinc o manganeso pueden estimular la formación de flores. A su vez Azcon-Bieto y Talón (2013), mencionan que los tratamientos que aceleran el proceso de floración, como ciertos fotoperíodos específicos o el uso de giberelinas activas, pueden promover tanto el cambio de fase como la capacidad de la planta para florecer, sugiriendo la existencia de mecanismos compartidos en estas respuestas. En las especies herbáceas, la duración de la fase juvenil y el momento de floración suelen estar vinculados. Además, según Gil (2023), los fertilizantes orgánicos líquidos contienen altos niveles de nitrógeno, amonio y hormonas vegetales como las giberelinas, que tienen efectos positivos en la promoción de la floración.

Al respecto Mamani (2016), en su investigación de evaluación agronómica de seis variedades de frijol con la incorporación de dos tipos de abonos orgánicos, reportó 46,75 DDS, en llegar a la floración. Nuestros datos reportados de tratamientos sin abono foliar reportan un promedio de 57 DDS, y plantas con la aplicación de abonos foliares 54 DDS, los cual podemos mencionar que diferencia con la investigación del autor se debe a factores climáticos ocurrido en la región, ya que se corroboró en nuestra grafica de precipitación que la lluvia demoró siete días después de la siembra el cual afecto en la emergencia y por consecuencia a los días a la floración.

La Figura 45, nos muestra los promedios de las variedades en alcanzar la fase fenológica de floración, en el cual podemos mencionar que se evidencias que las tres variedades son diferentes estadísticamente, de tal manera apreciamos que la variedad Negro Sen tuvo un mejor comportamiento alcanzando 51,92 DDS, seguido por la variedad Rojo Oriental con 55,42 DDS y la variedad Carioca con 56,86 días en alcanzar la floración.

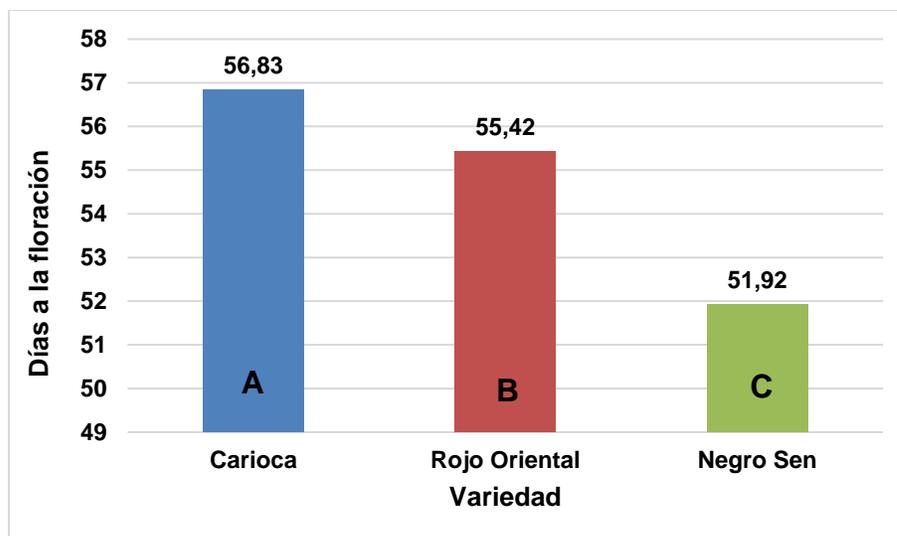


Figura 45. Promedios de variedad para días a la floración

Esta diferencia de días en llegar a la fase fenológica de floración entre variedades se debe a las características de cada variedad, ya que la variedad Negro Sen es más precoz seguido de Rojo Oriental y la variedad Carioca le toma más días en llegar a la floración. Al respecto el Centro Fitotécnico y de Semillas Pairumani (2020), señala que los días a la floración para la variedad Carioca es de 52 DDS, a su vez Choque (2016), asevera que las variedades Negro Sen y Rojo Oriental les toma 43 y 45 DDS, respectivamente en llegar a la fase fenológica de días a la floración.

Por su parte Orozco (2019), en su investigación evaluación de rendimiento de tres variedades de frijol Negro, Carioca y Rojo, reportó 45 DDS, para la variedad Negro bonito, 40 DDS para la variedad Carioca y 43 DDS para la variedad Rojo. En la presente investigación las variedades Carioca, Rojo Oriental y Negro Sen reportaron 56,83, 55,42 y 51,91 DDS en llegar a la floración, lo cual se aclaró en acápite anteriores que el factor climático desarrolló una demora en la emergencia y por consecuencia también demoró en los días a la floración.

4.3.3. Días al llenado de vaina

El Cuadro 10, nos indica el resultado del análisis de varianza para días al llenado de vaina, en el cual se evidencia diferencias significativas ($p < 0,05$), para abono foliar (factor A), al mismo tiempo se aprecia diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para variedad (factor B), la interacción de tipo de abono foliar con variedad no mostró diferencias significativas

($p > 0,05$). El coeficiente de variación que nos muestra tiene un valor de 1,80% el cual muestra una alta confiabilidad de los datos registrados y sistematizados.

Cuadro 10. Análisis de varianza para días al llenado de vainas

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	1,06	2	0,53	0,19	0,8282 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	41,89	3	13,96	5,15	0,0426 *	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono filiar	16,28	6	2,71	1,81	0,1607 N.S.	
Variedad	402,89	2	201,44	134,3	<0,0001 **	
Abono foliar*variedad	3,78	6	0,63	0,42	0,8552 N.S.	
Error	24	16	1,5			
Total	489,89	35				
CV(%)	1,8					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

La Figura 46, nos indica el análisis Duncan ($p < 0,05$), para el tipo de abono foliar en alcanzar los días al llenado de vaina, en el cual apreciamos que existen diferencias estadísticas en tratamientos con y sin aplicación de abonos foliares, es decir que los tratamientos que no se aplicaron ningún abono foliar registraron más tiempo en alcanzar el llenado de vainas, con un valor reportado de 69,78 DDS, a su vez el análisis de prueba de promedios nos indica que nos hay diferencias estadísticas entre el tipo de abono, obteniendo el mismo resultado aplicando cualquier abono foliar del estudio. Por lo tanto, indicamos que la aplicación de abonos foliares reporta menos tiempo en alcanzar esta fase fenológica mostrando un promedio de 67,33 DDS en llenar su vaina.

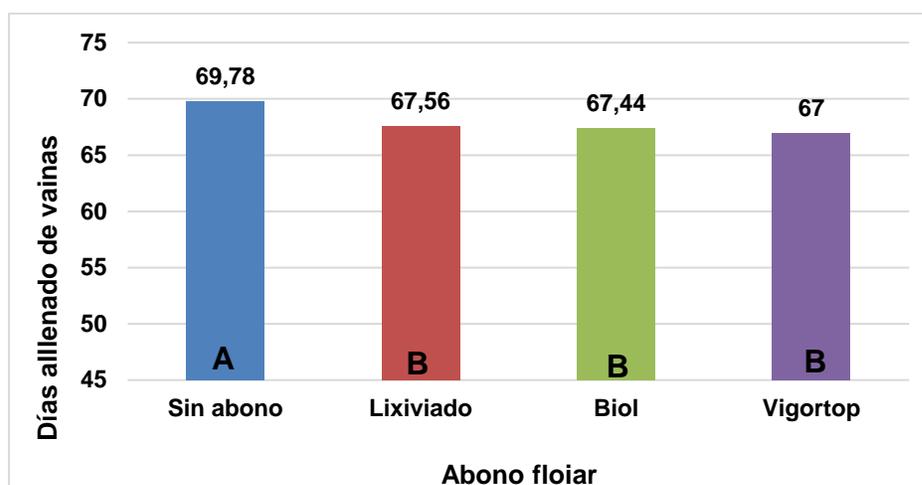


Figura 46. Promedios de abonos foliares para días al llenado de vainas

Los resultados podemos explicar relacionando con la variable días a la floración, ya que los resultados son similares, los tratamientos sin abono foliar demoraron más días en llegar al llenado de vainas y los tratamientos que se aplicaron abonos foliares alcanzaron menos días en llegar al llenado de frutos. Se puede mencionar que el llenado de vaina es la formación de semilla de la planta, el cual ocurre mientras la flor ya haya desarrollado un ovario maduro y estambres para luego producir el polen produciendo así la fecundación y la posterior formación de semilla. Al ser una variable fenológica está relacionada con la variable días a la floración.

Al respecto Cervantes (2004), señala que los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos, estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Plasencia (2009), en su investigación aplicación de niveles de purín en tres variedades de frijol reporto evidenciar diferencias significativas en tratamientos aplicados con abono purín y tratamientos sin aplicación de abono foliar purín, el cual tuvo un comportamiento similar a nuestra investigación, los tratamientos sin aplicación de Purín demoraron más días en llegar al llenado de vainas, reportando un promedio de 63,12 DDS para tratamientos sin purín y 57,75 DDS para tratamientos que se aplicaron purín. Los datos reportados por nuestra investigación tienen el mismo comportamiento ya que los tratamientos que no se aplicaron ningún abono foliar portaron más días en llenar la vaina con un promedio de 69,78 DDS, y los tratamientos aplicados con abono foliar mostraron un promedio de 67,33 DDS. La diferencia de los días en llegar a esta fase fenológica con la presente investigación y la del autor se debe a la época de precipitación ocurrida en la región de la investigación ya que como se mencionó demoro una semana en caer las lluvias tiempo exacto para que los datos puedan ser similares a las del autor.

La Figura 47, muestra los promedios de la variedad de frijol en alcanzar el llenado de vainas, en cual notamos que existe diferencias significativas entre cada variedad, resaltando a la variedad Negro Sen ya que alcanzo en menor tiempo con respecto a las demás variedades con 51,92 DDS, seguido de la variedad Rojo Oriental con 55,42 DDS y finalmente la variedad Carioca que registro 56,83 DDS en llegar a esta fase fenológica.

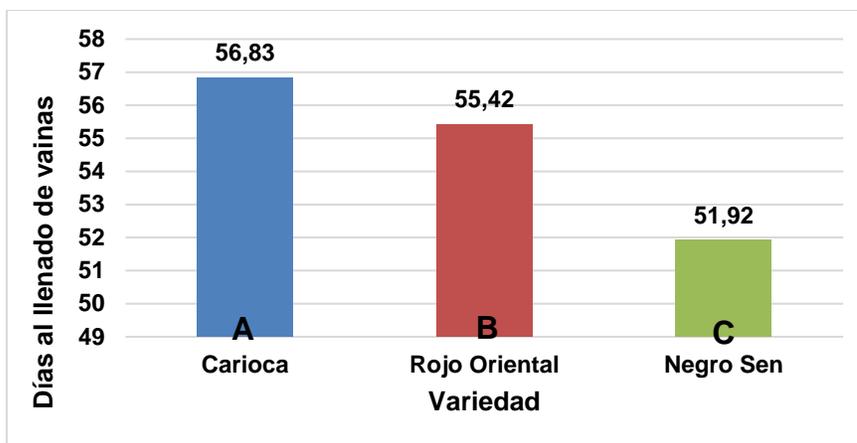


Figura 47. Promedios de variedad para días al llenado de vainas

Podemos indicar que la diferencia estadística entre variedades es una característica genética de cada variedad, Choque (2016), señala que la Negro Sen es más precoz entre estas tres variedades ya que alcanza 38 DDS para floración y 80 DDS para la madurez, y para Negro Sen y Rojo Oriental les toma 43 y 45 DDS respectivamente en llegar a la fase fenológica de días a la floración, y 85 y 90 DDS en llegar a la madurez fisiológica, de tal manera se puede indicar que para el llenado de vainas se comporta de similar manera en la fenología de cada variedad.

Nuestros registros reportados para esta variable se pueden contrastar con los resultados de Plasencia (2009), quien comparó las variedades de Carioca y Rojo oriental, en el cual registro diferencias significativas entre variedades donde mostro a la variedad Rojo Oriental que alcanzó 55 DDS al llenado de vaina y 64 DDS en llenar la vaina en la variedad Carioca. Muy aparte del comportamiento de cada variedad sobre esta variable se asume que la demora de los días en llegar al llenado de vainas se debe a la variación de las precipitaciones ocurridas en la región.

4.3.4. Altura de planta

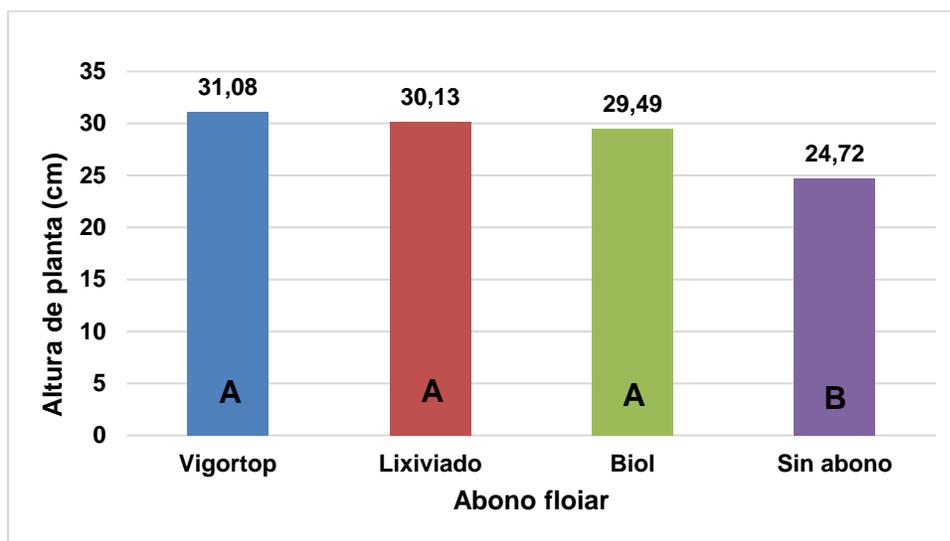
En el Cuadro 11, se puede apreciar el análisis de varianza para altura de planta, en el cual se evidencia diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), para Abono foliar (factor A) y para variedad de frijol (Factor B), no obstante, para la interacción entre abono foliar con variedad (factor A * factor B), no muestran diferencias significativas ($p > 0,05$). El coeficiente de variación que reporta el análisis de varianza tiene un valor de 14,79 % el cual indica que se encuentra en el rango de confiabilidad.

Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	189,63	2	94,82	12,66	0,007 **	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	222,28	3	74,09	9,89	0,0097 **	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	44,94	6	7,49	0,4	0,8691 N.S.	
Variedad	461,74	2	230,87	12,29	0,0006 **	
Abono foliar*Variedad	13,38	6	2,23	0,12	0,9926 N.S.	
Error	300,54	16	18,78			
Total	1232,51	35				
CV(%)	14,79					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

En la Figura 48, se puede apreciar los promedios Duncan de tipo de abono foliar para altura de planta, en el cual se puede evidenciar diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados abonos foliares y los tratamientos que no se aplicó ningún tipo de abono foliar. Podemos observar que los tratamientos con abono foliar alcanzaron una mayor altura de planta, no obstante, la figura también nos indica que entre tipos de abono foliar no se muestran diferencias significativas.

**Figura 48. Promedios de tipo de abono foliar para altura de planta**

Estos resultados se deben a que los tratamientos aplicados con abonos foliares adicionaron los nutrimentos necesarios que cada abono posee en sus propiedades, específicamente el nutrimento del nitrógeno que es el nutriente que necesita la planta en mayor cantidad y ayuda directamente en el crecimiento de las plantas. Al respecto Basaure (2006), manifiesta

que los abonos líquidos foliares estimulan el crecimiento ya que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas) A su vez Plasencia (2017), citado por Gallegos (2021), indica que el biol contiene nutrimentos importantes para el desarrollo de la planta como ser; Nitrógeno Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio Azufre, Zinc, Hiero entre otros. Por su parte FERTILAB (2024), señala que el nitrógeno es uno de los macronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo. Por otra parte, Quilambaqui (2002), señala que las giberelinas que contienen los abonos foliares orgánicos son productos naturales que provoca división y elongación celular, proporciona mayor tamaño a la planta produciendo un crecimiento acelerado en la planta.

Al respecto en altura de planta Plasencia (2009), reportó similares comportamientos de altura de planta, ya que los tratamientos que no aplicó abono foliar registraron valores menores de esta variable, con un valor de 61,8 cm y los tratamientos aplicados con purín registraron una altura de planta mayor con un promedio de 85 cm, nuestros datos registrados no llegaron a registrar las alturas mencionadas del autor, realizando una comparación en los resultados del análisis de suelos de las dos investigaciones señalamos que las propiedades del suelo son similares, más aún las propiedades del suelo en el cual se implementó nuestra investigación son de mejores características razón por la cual asumimos a que se deba al factor climático ya que las lluvias fueron escasas en algunas temporadas de la investigación.

La Figura 49, muestra los promedios analizados por el método Duncan, el cual se aprecia diferencias estadísticas entre variedades, Por tanto, señalamos que la variedad Negro sen registro un mejor alcance de altura de planta con un valor promedio de 33,03 cm, seguido de la variedad carioca con 29,43 cm y la variedad Rojo oriental reportó una altura de 24,10 cm.

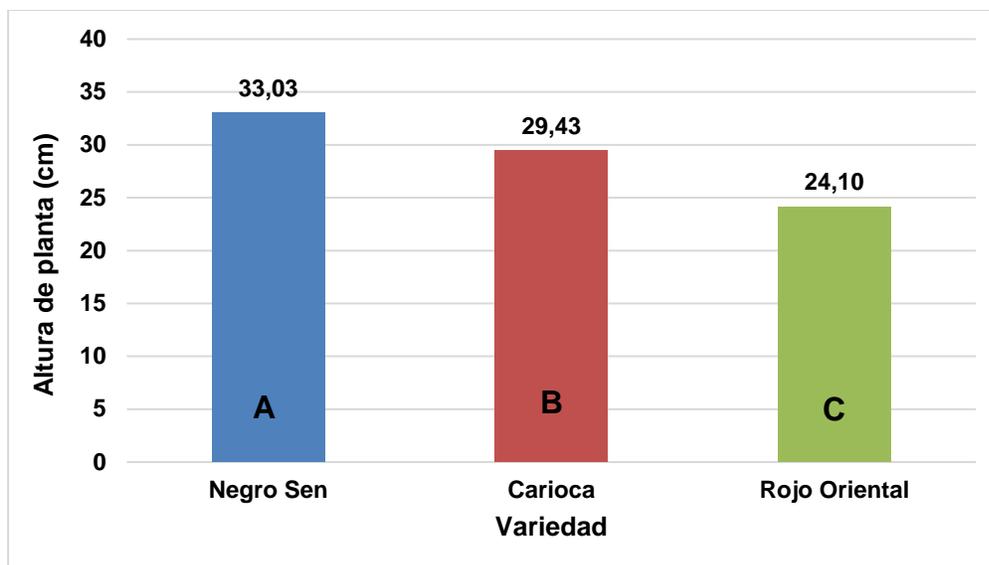


Figura 49. Promedios de variedad para altura de planta

Estos resultados mostrados en la Figura 54, se debe al comportamiento y característica de cada variedad sumado el tipo de crecimiento que tiene cada uno. Según Choque (2016), la variedad Negro Sen alcanza alturas de planta de 45 cm, la variedad Carioca alcanza 45 cm y la variedad Rojo Oriental alcanza hasta los 40 cm siendo la variedad de menor altura entre las tres variedades. El comportamiento del crecimiento y desarrollo que mostraron en la investigación son similares como el autor menciona, no obstante, no alcanzaron los valores, esto posiblemente se debe a las precipitaciones irregulares ocurridos en la región en el cual se implementó la investigación.

Los datos obtenidos en la presente investigación superan los promedios de los datos de Aguilar (2015), en el cual el autor reporta alturas de planta de 20,55 cm para rojo oriental, 24,86 cm para la variedad carioca, en su investigación logra obtener diferencias significativas entre variedades al igual que nuestra investigación, realizando una comparativa entre sus propiedades fisicoquímicas del suelo se aprecia que son mejores las características del suelo de nuestra investigación, siendo un factor que incremento la altura de planta en las plantas.

4.3.5. Diámetro de tallo

El Cuadro 12, muestra el análisis de varianza para diámetro de tallo en (mm), en el cual se observa que no hay diferencias significativas para los factores tipo de abono foliar, variedad y tampoco así para la interacción de tipo de abono foliar con variedad ($p > 0,05$). El

coeficiente de variación tiene un valor de 10,94 %, el cual indica estar en el rango de confiabilidad.

Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro de tallo

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	0,26	2	0,13	0,66	0,5523 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	0,18	3	0,06	0,3	0,8254 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	1,2	6	0,2	1,07	0,4197 N.S.	
Variedad	1,33	2	0,66	3,55	0,0529 N.S.	
Abono foliar*Variedad	0,99	6	0,16	0,88	0,5313 N.S.	
Error	2,99	16	0,19			
Total	6,96	35				
CV(%)	10,94					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

4.3.6. Área foliar

El Cuadro 13, indica el análisis de la varianza del área foliar en cm², en el cual se evidencian diferencias significativas ($p < 0,05$), para el tipo de abono foliar (factor A), para variedad no se muestra diferencias significativas y para la interacción entre abono foliar y variedad de la misma manera no hay diferencias significativas. El coeficiente de variación registro un valor de 2,88 % el cual indica que los datos registrados en campo se encuentran en el rango permisible de confiabilidad.

Cuadro 13. Análisis de varianza para área foliar

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	22,72	2	11,36	1,57	0,2835 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	201,34	3	67,11	9,26	0,0114 *	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	43,51	6	7,25	17,99	<0,0001 **	
Variedad	0,06	2	0,03	0,07	0,9343 N.S.	
Abono foliar*Variedad	7,49	6	1,25	3,1	0,053 NS	
Error	6,45	16	0,4			
Total	281,56	35				
CV(%)	2,88					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

La Figura 50, muestra los promedios Duncan para tipo de abono foliar en cm², en el cual nos muestra que los el Vigortop es diferente estadísticamente a los demás abonos foliares,

reportando un promedio de 25,07 cm², seguidamente de lixiviado de vermicompost y biol con un área foliar de 22,5 cm² y 22,07 cm², respectivamente. Los tratamientos sin aplicación de abono foliar registraron los valores más bajos en área foliar con 18,43 cm².

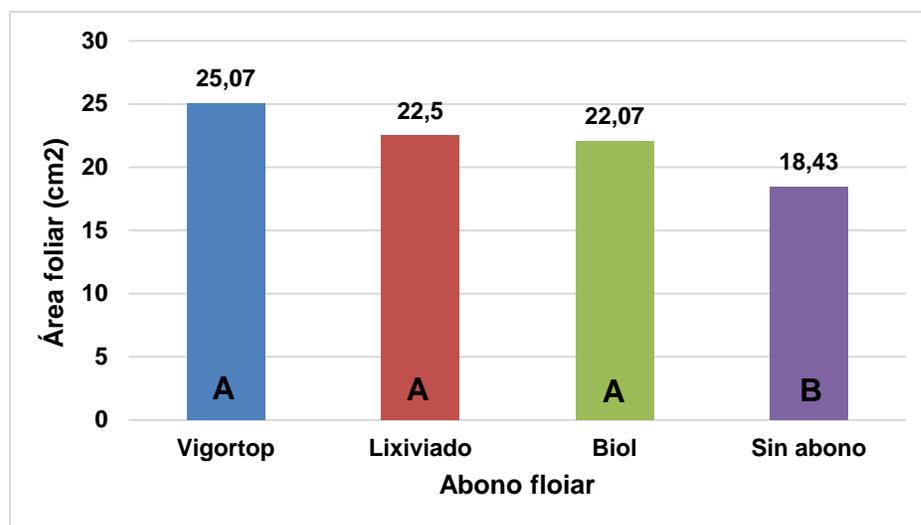


Figura 50. Promedios de abonos foliares para área foliar

Como se observa en la Figura 55, tratamientos aplicados con Vigortop lograron mejores resultados, esto se debe a que el abono foliar según PROINPA (2009), promueve el desarrollo del follaje de los cultivos, ya que en su composición contiene un 95% de ácidos húmicos y fúlvicos. Según Veneros *et al* (2014), señala que los ácidos húmicos son moléculas complejas formadas por la descomposición de materia orgánica, influyen en la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua y contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo resultando en crecimiento excepcional de la planta y en el incremento en la absorción de nutrientes. A su vez Álvarez (2010), indica que el Biol es un abono orgánico foliar que contiene nutrientes para la planta, así también fitohormonas que promueve actividades fisiológicas y estimula el desarrollo foliar. Por su parte Siamex, citado por Condori (2021), menciona que el lixiviado de vermicompost incrementa la producción de clorofila en las plantas y aumenta el desarrollo de la parte área de la planta ya que contiene elementos nutritivos en la parte área de la planta y al suelo.

Se puede mencionar a Dell'Amico (2017), quien muestra en su investigación: Efecto de dos variantes de riego y aplicaciones foliares de Pectimori (fertilizante foliar) en el desarrollo del frijol, que obtuvo diferencias significativas en tratamientos que se aplicó fertilizantes foliares

reportando en tratamientos son fertilizante foliar un valor de 15 cm², y los tratamientos aplicados son fertilizantes foliares registraron 19 cm². Los datos reportaron en nuestra investigación alcanzaron valores superiores a la investigación del autor mencionado, esta diferencia de promedios obtenidos en esta variable es debido a las variedades que se empleó en para la investigación que indica tener una más amplia área foliar, ya que el cultivar que se utilizó en la investigación del autor fue el cultivar Tomeguin 93.

4.3.7. Longitud de vaina

El Cuadro 14, muestra el análisis de varianza para la variable longitud de vaina en el cual nos muestra diferencias significativas ($p < 0,05$), para abono foliar (factor A), al mismo tiempo se evidencia diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), entre variedades (factor B), lo cual corresponde a una prueba de medias Duncan (5%). Para la interacción de tipo de abono foliar y variedad no muestra diferencias significativas ($p > 0,05$). El coeficiente de variación registrado tiene un valor de 6,32% el cual indica que nuestros datos recolectados están en el parámetro de la confiabilidad.

Cuadro 14. Análisis de varianza para longitud de vaina

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	0,11	2	0,06	0,09	0,9141 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	9,04	3	3,01	4,82	0,0486 *	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	3,75	6	0,62	1,49	0,2422 N.S.	
Variedad	37,19	2	18,6	44,48	<0,0001 **	
Abono foliar*variedad	1,84	6	0,31	0,73	0,6298 N.S.	
Error	6,69	16	0,42			
Total	58,63	35				
CV(%)	6,32					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

En la Figura 51, se observa las medias de los valores del tipo de abono foliar aplicado en el cultivo, de tal manera podemos interpretar que medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). El Vigortop estadísticamente alcanzó valores superiores respecto a los demás abonos foliares, alcanzando un valor de 11,03 cm de longitud de vaina, seguido del lixiviado de vermicompost con un promedio de longitud de vaina de 10,15 cm, tratamientos aplicados el biol le siguen con 10,08 cm y finalmente los

tratamientos sin aplicación de abono foliar registro un promedio de 9,65 cm de longitud de vaina.

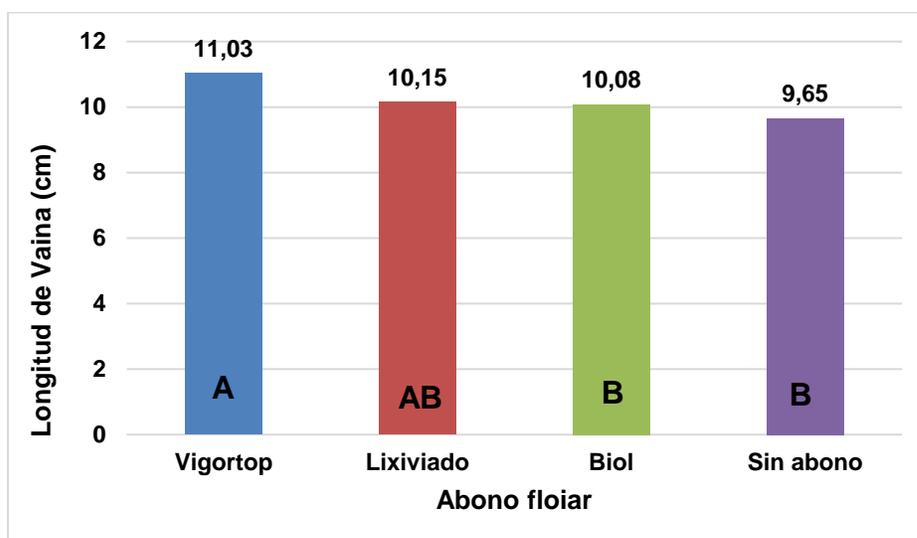


Figura 51. Promedios de abonos foliares para longitud de vaina

El motivo a que las plantas aplicadas el abono foliar Vigortop reporto mejores resultados es por las propiedades que este posee, a esto Nuñez (2000), señala que el Vigortop tiene efectos directos en el desarrollo de la planta por contener brasinoesteriodes que son reguladores de crecimiento vegetal, además de interactuar con los procesos de expansión, división y diferenciación celular. También podemos indicar que el Vigortop posee fitohormonas que activa el crecimiento de los frutos en este caso las vainas, por lo cual Se tiene poca información sobre investigaciones con Vigortop en el cultivo de frijol para contrastar nuestros resultados, no obstante, mencionamos a Flores (2016), que desarrollo su investigación con la aplicación de Vigortop en el cultivo de arveja en el cual enfatizo que existen diferencias significativas en longitud de vaina de arvejas al ser aplicados por Vigortop. Al mismo tiempo Azcon-Bieto & Talón (2000), indican que las giberelinas se asocian con el desarrollo de la semilla y la vaina y posteriormente en el desarrollo del embrión.

Por otra parte, Rivera (2011), indica que los abonos foliares promueven las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas. Permite un mejor desarrollo de las raíces, hojas, flores y frutos y son de rápida absorción para las plantas.

En su investigación Condori (2021), en el cual realizó la evaluación agronómica de ocho variedades de frijol con la aplicación de dos abonos líquidos, logró obtener diferencias significativas con la aplicación de abonos foliares reportando mayores longitudes de vaina aplicando abonos foliares con un promedio de 10,34 cm, u un promedio de 9,87 cm en tratamientos son abonos foliares. Los valores que se obtuvo en nuestra investigación fueron superiores al de la investigación del autor mencionado, esto posiblemente sea por las características edafológicas que tiene nuestra parcela de investigación, ya que desarrollando una comparación de los resultados del análisis de suelo, podemos evidenciar que el nuestro tiene mejores características en Nitrógeno total, Fosforo disponible y potasio intercambiable que prácticamente no existe en la parcela de investigación del autor comparado.

En la Figura 52, se puede apreciar las medias Duncan ($p < 0,05$), de variedades para longitud de vaina en el cual nos indica evidenciar diferencias significativas entre sí, por el cual identifico a la variedad rojo oriental como la variedad de mejor comportamiento registrando 11,62 cm, seguidamente de la variedad carioca con 9,86 cm y finalmente a la variedad Negro Sen con 9,22 cm de longitud de vaina.

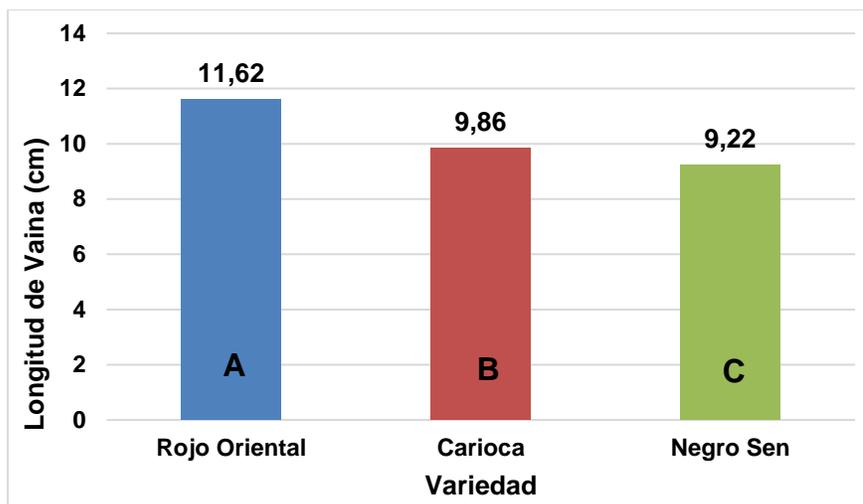


Figura 52. Promedios de variedad para longitud de vaina

La diferencia de longitud de vainas entre variedades se debe a las características genotípicas y fenotípicas de cada variedad. Así mismo Condori (2021), quien evaluó ocho variedades de frijol, reporto un promedio de 10,46 cm de longitud de vaina para la variedad Rojo Oriental. A su vez Arismendi (2017), en su trabajo de investigación logro reportar una

media de 8,41 cm en la variedad Negro Sen. Valores que fueron superados en nuestra investigación, esto posiblemente fue por factores abióticos de los lugares de investigación, verificando el comportamiento climático de la región y la gestión en el cual se desarrolló la investigación del autor, se puede apreciar que en los meses de producción de octubre a enero mostro unas temperaturas no favorables para el desarrollo del cultivo ya que registraron 37, 36, 36 y 38 °C en octubre, noviembre, diciembre y enero respectivamente. Al mismo tiempo Aguilera y Ortubé (1994), señalan que el frijol soporta temperaturas menores a 35°C.

4.3.8. Número de vainas por planta

En el Cuadro 15, podemos apreciar el análisis de varianza de número de vainas por planta, en el cual nos indica que existe diferencias altamente significantes ($p < 0,01$), entre variedades (factor B), no obstante, para tipos de abono foliar (factor A), no muestra diferencias significativas ($p > 0,05$), de la misma manera la interacción entre abono foliar y variedad no muestra diferencias significativas ($p > 0,5$). El coeficiente de variación nos muestra un valor de 4,89% valor que está dentro del rango de la confiabilidad.

Cuadro 15. Análisis de varianza para número de vainas por planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	4,39	2	2,19	14,88	0,0047 **	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	0,3	3	0,1	0,68	0,5959 N.S.	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	0,88	6	0,15	0,56	0,7541 N.S.	
Variedad	18,87	2	9,43	35,97	<0,0001 **	
Abono foliar*Variedad	1,23	6	0,2	0,78	0,5975 N.S.	
Error	4,2	16	0,26			
Total	29,86	35				
CV (%)	4,89					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

La Figura 53, representa los promedios Duncan ($p < 0,05$), de número de vainas por planta de variedades de frijol, donde muestra que las tres variedades son estadísticamente diferentes entre sí, por lo tanto, podemos enfatizar a la variedad Negro Sen como la variedad que alcanzo mejores resultados de un promedio de número de vainas por planta con 11,31, seguido de Carioca con 10,56 y finalmente la variedad Rojo Oriental registro un valor de 9,54 vainas por planta.

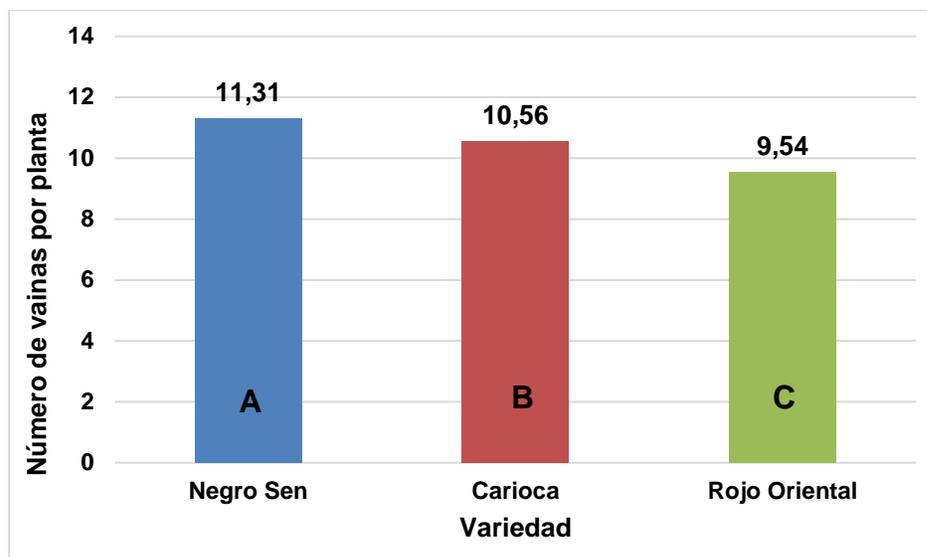


Figura 53. Promedios de variedad para número de vainas por planta

Estos resultados registrados se deben principalmente a las características que posee, a esto se suma las características abióticas del lugar de la investigación, Choque (2016), señala sobre las características de las variedades empleadas en la investigación oscilan de 10 a 15 vainas por planta en la variedad Negro Sen, para la variedad Rojo Oriental es de 10 a 12 vainas por planta y para la variedad Carioca indica que el rango de vainas por planta es 10 a 15. Los datos obtenidos en nuestra investigación se encuentran en el rango de las características que menciona el autor, si bien son los valores son menores esto se debe a posiblemente a los factores edafoclimáticos de la región. Mamani (2016), en su estudio de evaluación de seis variedades de frijol en el municipio de Inquisivi, registró promedios de vainas por planta de Rojo Oriental 13 vainas, para Carioca reportó 10,17 vainas y para Negro Sen 7,33. Valores que son menores a la presente investigación. Se verifico el comportamiento climático en ambas investigaciones y son similares en cuestión de precipitaciones y temperaturas, así mismo se comparó los resultados del análisis de suelo de ambas investigaciones de la misma manera no se observa una diferencia significativa para el desarrollo del cultivo. Razón por la cual esta variación de los promedios probablemente se debe al tipo de abono orgánico que se aplicó en ambas investigaciones, señalando que en la presente investigación se aplicó abonos líquidos foliares y en diferentes momentos por otro lado en la investigación del autor se aplicó abonos orgánicos solidos al suelo en el momento de la siembra.

4.3.9. Número de granos por vaina

El Cuadro 16, muestra el análisis de varianza para número de granos por vaina, en el cual se aprecia que existe diferencias significativas para abono foliar (factor A), para variedad (factor B), muestra diferencias altamente significativas ($p < 0,01$). Para la interacción entre tipo de abono foliar y variedad no se muestran diferencias significativas ($p > 0,05$). El coeficiente de variabilidad registra un valor de 6,18%, valor que se nos indica que los datos relevados en campo están en el margen de confiabilidad.

Cuadro 16. Análisis de varianza para número de granos por vaina

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	0,23	2	0,12	5,42	0,0452 *	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	0,37	3	0,12	5,67	0,0348 *	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	0,13	6	0,02	0,3	0,9261 N.S.	
Variedad	8,53	2	4,26	59,81	<0,0001 **	
Abono foliar*Variedad	0,18	6	0,03	0,42	0,8519 N.S.	
Error	1,14	16	0,07			
Total	10,58	35				
CV(%)	6,18					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

En la Figura 54, se aprecia los promedios Duncan ($p < 0,05$), de tipo de abono foliar para granos por vainas, donde los promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Por el cual indicamos que el abono lixiviado de vermicompost y vigortop alcanzaron valores altos con unos promedios de 4,43 y 4,41 respectivamente, seguidos de Biol y sin abono foliar con 4,25 y 4,19, respectivamente.

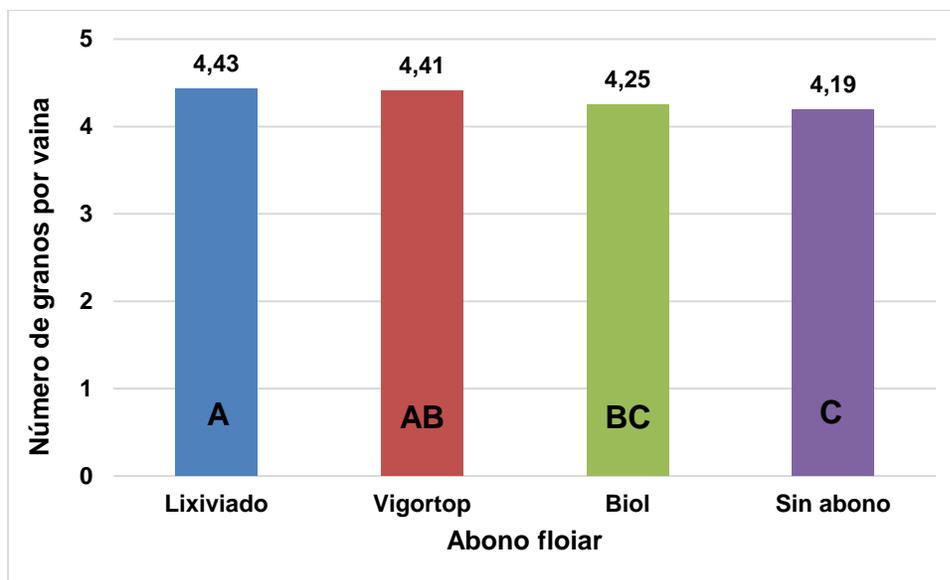


Figura 54. Promedios de abono foliar para número de granos por vaina

Las diferencias significativas que presentaron entre el tipo de abonos foliares se deben a las propiedades de cada abono foliar que tienen, ya que se observa que el lixiviado de vermicompost y el vigortop reportaron los valores más elevados en esta variable seguido del Biol, esto se debe a que los bioabonos foliares contienen cantidades de nitrógeno, El nitrógeno es esencial para el desarrollo y mantenimiento de los tejidos reproductivos de la planta, como los óvulos y los órganos reproductivos masculinos. Un suministro adecuado de nitrógeno garantiza un desarrollo saludable de estas estructuras, lo que puede influir en la formación y viabilidad de las semillas.

Podemos mencionar un trabajo similar de Rodríguez (2022), en el cual aplicó abono foliar de humus de lombriz al cultivo de frijol, donde mostro existir diferencias estadísticas entre tratamientos, por lo cual logro alcanzar el mayor número de grano por vaina reportando un valor promedio de 8,2, seguido de tratamientos con microorganismos eficientes reportando 7,7 granos por vaina y los tratamientos de control reportaron 5,5 granos por vaina, esta variación de los datos se puede asumir a la variedad que se utilizó en la investigación del autor.

En la Figura 55, podemos apreciar los promedios de variedad para número de granos por vainas en el cual el análisis de Duncan ($p < 0,05$), nos indica que las tres variedades son estadísticamente diferentes entre sí. Por tanto podemos observar que la variedad Negro Sen registro los promedios más elevados con 4,90, seguido de la variedad Carioca con un

promedio de número de grano de 4,35 y la variedad que registro un promedio menor de número de grano por vaina fue Rojo oriental con 3,71.

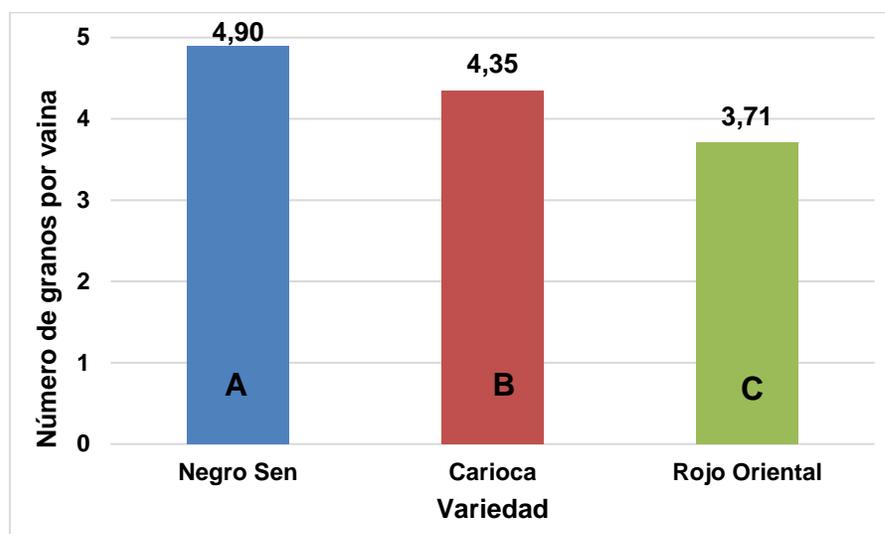


Figura 55. Promedios de variedad para número de granos por vaina

La variación de número de granos por vaina entre las variedades se debe a un comportamiento genético que cada variedad posee, a esto podemos adicionar factores edafoclimáticos. Choque (20116), menciona que la cantidad de granos por vaina para las variedades de Negro Sen, Rojo oriental y Carioca oscilan entre 5 a 6, 3 a 4 y 5 a 6 respectivamente. No obstante, nuestros reportes no alcanzaron los valores que describe el autor debido a los factores climáticos ocurridos en la temporada de la investigación.

Nuestros resultados podemos contrastar con la investigación de Aguilar (2015), quien evaluó tres variedades de frijol con la aplicación de inoculante en Sud Yungas logrando identificar diferencias significativas entre las tres variedades, mostrando resultados de la variedad rojo oriental una media de 3,95 y para la variedad Carioca una media de 5,45 granos por vaina, los cual se asimila a nuestros resultados.

4.3.10. Peso de 100 granos

En el Cuadro 17, se muestra los resultados del análisis de varianza para peso de 100 granos, en el cual se observa que para abono foliar (factor A) y variedad (factor B), se evidencia diferencias altamente significativas ($p < 0,001$), no obstante, para la interacción entre abono foliar y variedad no se muestran diferencias significativas ($p > 0,05$). El coeficiente de

variación determinada registra un valor de 2,50%, mismo que nos indica que los datos relevados en campo se encuentran en el rango de confiabilidad.

Cuadro 17. Análisis de varianza para peso de 100 granos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	32,89	2	16,45	61,78	0,0001 **	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	14,26	3	4,75	17,85	0,0022 **	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	1,6	6	0,27	0,63	0,7078 N.S.	
Variedad	2604,98	2	1302,49	3060,46	<0,0001 **	
Abono foliar*Variedad	1,78	6	0,3	0,7	0,6549 N.S.	
Error	6,81	16	0,43			
Total	2662,32	35				
CV (%)	2,50					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

La Figura 56, muestra los promedios Duncan para tipo de abono foliar donde, se observa que medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), por otra parte, podemos mencionar que el Vigortop y lixiviado de vermicompost son estadísticamente mejores a Biol y tratamientos sin aplicación de abono foliar. Por lo tanto, se puede indicar que los mejores resultados para esta variable se lograron con el Vigortop ya que registro un valor de 26,91 g, seguido de lixiviado de vermicompost con 26,54 g, los tratamientos aplicados biol y tratamientos sin abono foliar alcanzaron valores de 25,87 g y 25,26 g, respectivamente.

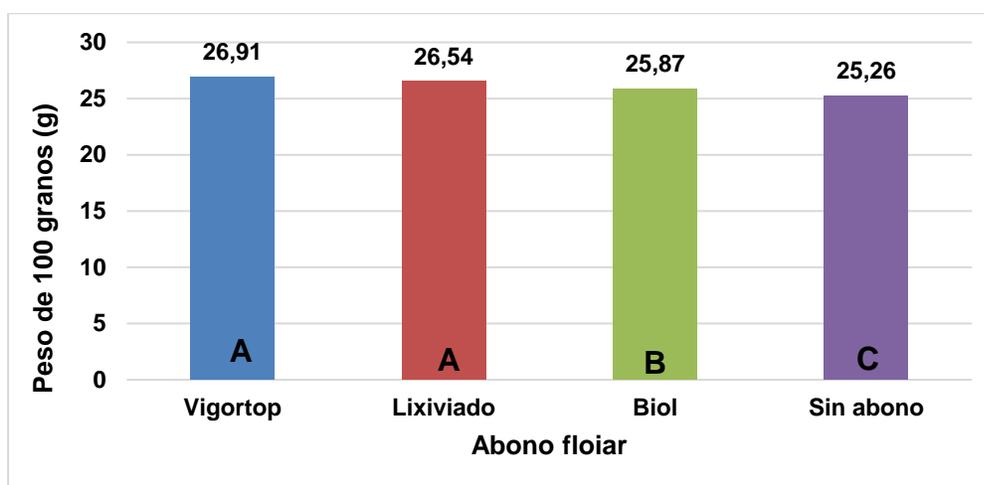


Figura 56. Promedios de abono foliar para peso de 100 granos

Los resultados de estos promedios se deben a las propiedades que los abonos orgánicos poseen, ya que en su composición contienen nutrientes y fitohormonas los cuales le proporcionan nutrientes a las plantas, los nutrientes proporcionan los elementos esenciales que las plantas necesitan para sintetizar los compuestos orgánicos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las semillas. La disponibilidad adecuada de nutrientes durante el desarrollo de las semillas es crucial para garantizar un aumento de peso óptimo. Azcon-Bieto & Talón (2000), señalan que, para una especie vegetal, en un determinado ambiente los factores de desarrollo más importantes son la luz, CO₂, el agua y los nutrientes, al aumentar uno de estos factores influye en el incremento de la producción vegetal. Uno de los nutrientes que tienen los abonos foliares en mayor porcentaje es el nitrógeno. Al respecto Vitra (2020), señala que el nitrógeno forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila, por tanto, es esencial en los procesos de síntesis de proteínas y en la fotosíntesis, siendo más concretos entre sus funciones también destaca el aceleramiento de la división celular, además, juega un papel importante en la producción de azúcares, almidón y lípidos, entre otras sustancias, para la nutrición y otros procesos básicos de las plantas.

En contraste con la investigación de Condori (2021), donde aplicó niveles de biol en seis variedades de frijol, obtuvo diferencias estadísticas en tratamientos con biol y sin biol reportando una media de 30,84 g/100 granos. Esta diferencia de medias probablemente se deba a las variedades que se utilizó en la investigación del autor, ya que utilizó variedades que tienen características de mayor peso de grano y por lo cual al desarrollar el promedio general elevo los valores de esta variable.

A su vez Santin (2017), en su investigación efecto de la aplicación de Biol en dos variedades de frijol, de la misma manera logro identificar diferencias significativas con la aplicación de abonos orgánicos foliares, en el cual registro a las aplicaciones con biol con buenos resultados en la variable de peso de 100 granos con 24,8 g, nuestros resultados obtenidos se asemejan bastante a los valores promedios de la investigación del autor citado.

La Figura 57, muestra los promedios de peso de 100 granos para variedad, donde se aprecia que las tres variedades son estadísticamente diferentes, mostrando que la variedad rojo oriental alcanzo mejores resultados en esta variable con un registro de 38,15 g, seguido de la Variedad Negro Sen con 20,78 g, y la variedad que menos valor alcanzó fue la variedad Carioca con 19,50 g.

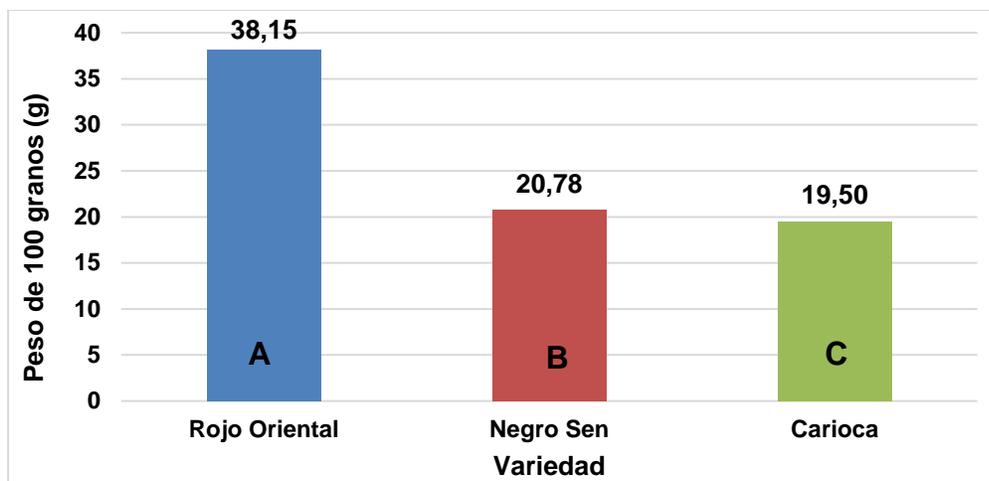


Figura 57. Promedios de variedad para peso de 100 granos

Los resultados mostrados en la Figura 57, podemos asumir que se debe a los factores genéticos de cada variedad. Cánovas (2009), señala que la genómica vegetal por medio del estudio de variedades con interesantes combinaciones de genes, puede relacionar el análisis de sus características fenotípicas de interés agronómico con el análisis de sus genes.

Por su parte Choque (2016), quien caracterizó variedades de frijol juntamente con el instituto de investigaciones agrícolas “El Vallecito”, mencionan las características de peso de 100 granos de las variedades Negro Sen con 24 a 29 g, para la variedad Rojo Oriental 50 a 55 g y la variedad Carioca oscila entre 22 a 26 g de peso de 100 granos. Nuestros resultados tuvieron un comportamiento similar, no obstante, de cada variedad no alcanzó a los valores de las características que menciona el autor para esta variable. Esto es debido a que influenciaron los factores abióticos ya que la caracterización fue descrita en el departamento de Santa Cruz y nuestra investigación se desarrolló en la zona de los yungas de La Paz.

Arismendi (2017), quien evaluó el comportamiento de cuatro variedades de frijol, logró reportar un promedio de peso de 100 granos de la variedad Negro Sen de 22,03 g estando similares los resultados que obtuvimos en nuestra investigación.

Condori (2021), donde desarrolló la evaluación de ocho variedades de frijol en el municipio de Sapecho, señaló evidenciar diferencias significativas entre variedades, en el cual reportó a la variedad Rojo Oriental como la mejor variedad en esta variable con una media de 48,28

g, para la variedad Negro Sen registra un promedio de 25,4 g y la variedad Carioca mostro un valor promedio de 22,83 g. Si bien se nota una diferencia entre los promedios del autor y nuestra investigación esto es debido a las características de fertilidad del suelo, ya que en la comparación del análisis de suelo el autor mostro mejores características edafológicas y de fertilidad.

4.3.11. Rendimiento

El Cuadro 18, muestra el análisis de varianza de la variable rendimiento, en el cual se puede apreciar que para el tipo de abono foliar se puede evidenciar diferencias significantes ($p < 0,05$), también se aprecia diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), para variedad, para la interacción de factores no se observa diferencias significativas ($p > 0,05$), el coeficiente de variación registra un valor de 2,04 % el cual indica que los datos recolectados se encuentran en el rango de confiabilidad.

Cuadro 18. Análisis de varianza para interacción de rendimiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	141407	2	70703,43	33,57	0,0006 **	(Bloque*Abono foliar)
Abono foliar	46950,7	3	15650,24	7,43	0,0191 *	(Bloque*Abono foliar)
Bloque*Abono foliar	12636	6	2106	0,43	0,8465 N.S.	
Variedad	2403041	2	1201520	246,78	<0,0001 **	
Abono foliar*Variedad	29371,4	6	4895,24	1,01	0,4555 N.S.	
Error	77902,2	16	4868,89			
Total	2711308	35				
CV(%)	2,04					

**altamente significativo; *Significativo; N.S. No significativo

La Figura 58, nos muestra los promedios de tipo de abono foliar para rendimiento, las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Se puede apreciar que el Vigortop logro mejores resultados en rendimiento alcanzando 1.209,77 kg/ha, seguido de lixiviado de vermicompost con 1.157,12 kg/ha, los tratamientos aplicados con biol registraron un rendimiento de 1.140,60 kg/ha los tratamientos que no se aplicaron abonos foliares reportó rendimientos más bajos con 1.110,21 kg/ha.

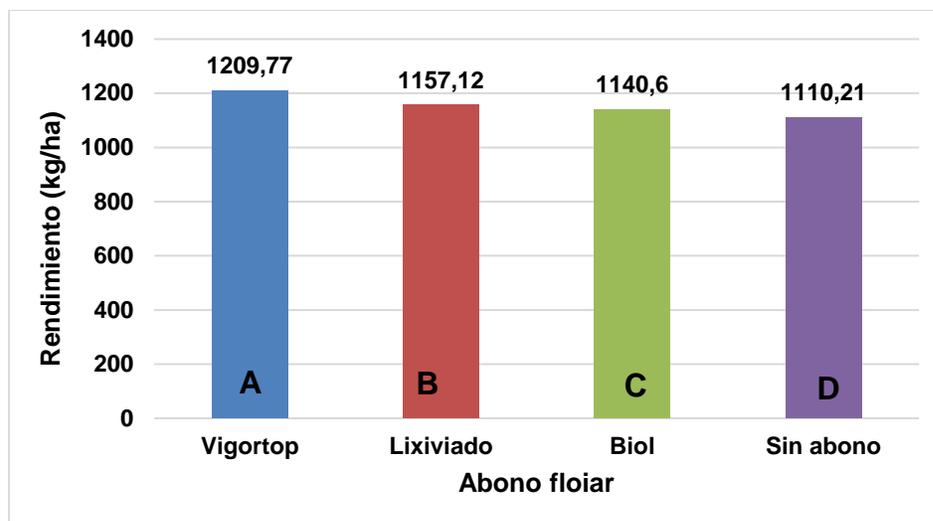


Figura 58. Promedios de abono foliar para rendimiento

Estos resultados podemos explicar argumentando que como en las anteriores variables los tratamientos aplicados con abonos foliares mostraron superioridad estadísticamente, tuvo efectos directamente proporcionales al rendimiento, ya que los nutrientes y fitohormonas que los abonos foliares aportaron en toda la fase del desarrollo productivo del cultivo incrementan el rendimiento. PROINPA (2009), señala que el Vigortop promueve el crecimiento, mejora la tasa fotosintética e incrementa el rendimiento de los cultivos gracias a los nutrientes y ácidos húmicos y fúlvicos que contiene. Por su parte Ortuño *et al.* (2010), mencionan que Vigortop es un biofertilizante bioestimulante promotor de crecimiento foliar líquido, que se puede utilizar en una gran diversidad de plantas y incrementando los rendimientos. Por otra parte, NOSTOC (2017), indica que el lixiviado de vermicompost tiene las propiedades para aumentar la captación de nutrientes, mejora la calidad del fruto por la estimulación de las fitohormonas. A su vez Decara y Sandoval (2004), mencionan que el abono foliar biol incrementa la vigorosidad de los cultivos, permitiéndoles soportar de mejor manera los ataques de plagas, enfermedades y los efectos adversos del clima en los cultivos se generan incrementos en la producción y rendimiento.

Se puede contrastar los resultados de los rendimientos con Condori (2021), el cual alcanzó un promedio de 1.232,35 kg/ha, como resultado por la aplicación de abonos orgánicos foliares, lo cual se asemejan a nuestro promedio general en rendimiento de 1.154 kg/ha. Al mismo tiempo Plasencia (2009), donde evaluó la producción de dos variedades precoz de frijol con dos niveles de fertilización orgánica, reporto rendimientos promedios de 2.083 kg/ha en grano seco. Por otra parte, esta diferencia se debe al uso de las variedades en las

diferentes investigaciones ya que el auto empleo dos variedades y una de ellas es de grano grande el cual eleva el promedio general de rendimiento en la investigación del autor.

La Figura 59, nos muestra los promedios de variedad para rendimiento, el cual nos indica que se evidencias diferencias estadísticas de las variedades entre sí, de tal manera nos indica que la variedad Rojo Oriental registro 1.417,67 kg/ha, seguidamente de la variedad Negro Sen con 1.242,24, y finalmente la variedad Carioca mostro menor rendimiento con 803,37 kg/ha.

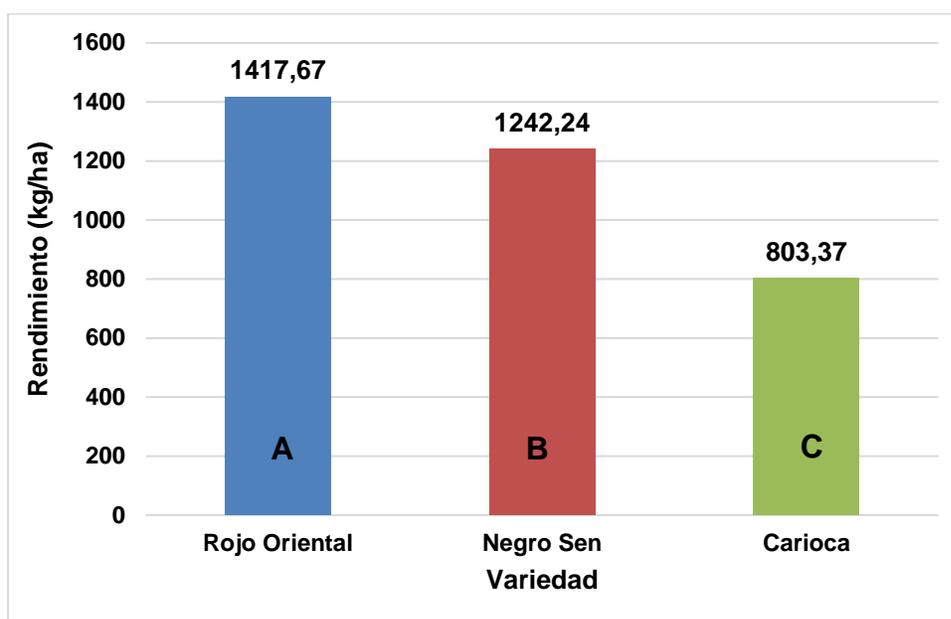


Figura 59. Promedios de variedad para rendimiento

Podemos asumir que los resultados de la Figura 59, son el resultado alcanzado debido a los caracteres genéticos de cada variedad sumado los factores ambientales como ser: el clima, fertilidad del suelo, incidencia de plagas no considerable y otros. Aguilar (2015), logró registrar valores promedios de rendimientos en la variedad Rojo Oriental de 1.286 kg/ha y en la variedad Carioca 1.027 kg/ha, en la comunidad de Pariguana provincia de Sud Yungas. Por su parte Mamani (2016), quien desarrolló la evaluación agronómica de seis variedades de frijol en el cantón Capiñata – Inquisivi, reportó promedios de rendimientos de: 1.373,40 kg/ha para la variedad Rojo Oriental, 1.108,80 kg/ha para Negro Sen y para la variedad Carioca registró un promedio de 781,20 kg/ha. Condori (2021), mostró rendimientos de 1.246,2 kg/ha para Rojo Oriental, 1.235,9 kg/ha para la variedad Negro Sen y 1.202,4 kg/ha para la variedad de Carioca como resultado de la evaluación de ocho

variedades de frijol en la estación experimental de Sapecho. Estos resultados si bien muestran una diferencia con los resultados de nuestra investigación no llega a ser considerable, indicando que son valores similares a los autores.

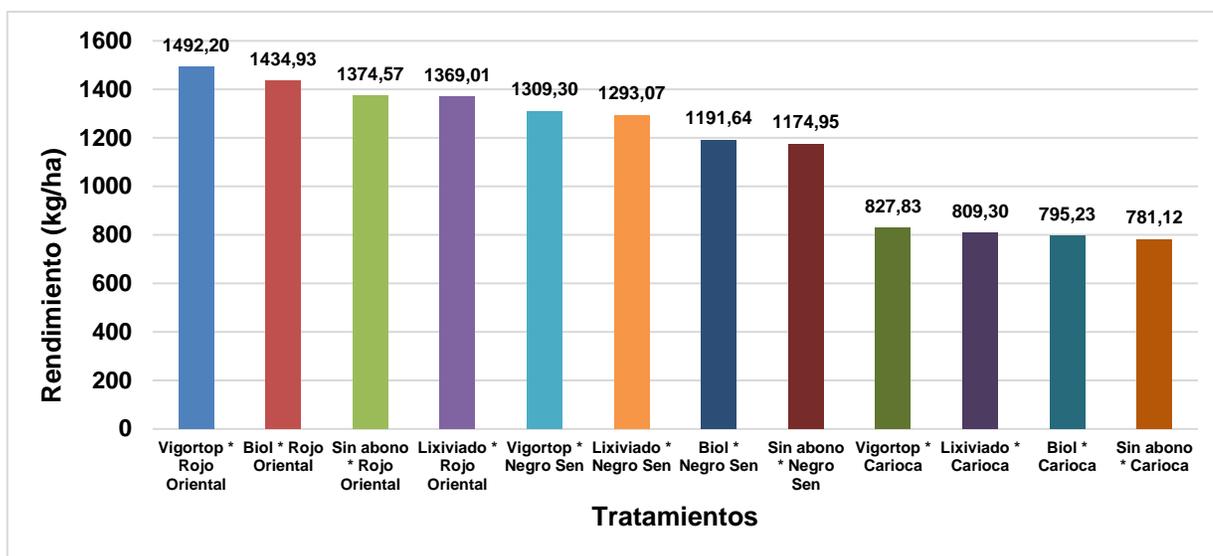


Figura 60. Promedios de interacción para rendimiento

En la Figura 60, se muestra los promedios de rendimientos de la interacción de los factores de Tipo de abono foliar con Variedad, aclarado que el análisis de varianza en el Cuadro 23, que no muestra diferencias significativas en la interacción de factores, de otro modo las diferencias que se muestran en la Figura son numéricas y probablemente aleatorias. El promedio general de rendimiento de los tratamientos de nuestra investigación registró un valor de 1.154,43 kg/ha, Según FAO (2021), señala que el rendimiento mundial del frijol en el año 2021 fue de 771,56 kg/ha. Por otra parte, el INE (2022), indica que el rendimiento promedio de Bolivia es de 1.246,66 kg/ha, el rendimiento del departamento de Santa Cruz, departamento de mayor producción en Bolivia registra un valor promedio de 1.285,97 kg/ha y el rendimiento para el departamento de La Paz es 950 kg/ha. Por lo cual podemos apreciar que nuestro promedio general de los tratamientos muestra un valor más alto que el rendimiento mundial señalado por la FAO, no obstante, se encuentra por una diferencia menor al rendimiento nacional citada por el INE.

4.4. Variables económicas

El análisis de las variables económicas lo podemos observar en el Cuadro 19, donde se aprecia los valores de los cálculos por tratamiento de Beneficio bruto, Costos totales y la

relación Beneficio costo el cual es un indicador para determinar el beneficio por una hectárea de producción de frijol.

Cuadro 19. Análisis económicos

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Precio de venta (Bs/kg)	Beneficio bruto (Bs)	Costos totales (Bs)	Beneficio neto (Bs)	Relación B/C
Sin Abono * Carioca	781,12	12,00	9.373,44	4.330,00	5.043,44	1,16
Sin Abono * Negro Sen	1.174,95	14,00	16.449,30	4.370,00	12.079,30	2,76
Sin Abono * Rojo Oriental	1.374,57	16,00	21.993,12	4.810,00	17.183,12	3,57
Biol * Carioca	795,23	12,00	9.542,76	4.780,00	4.762,76	1,00
Biol * Negro Sen	1.191,64	14,00	16.682,96	5.000,00	11.682,96	2,34
Biol * Rojo Oriental	1.434,93	16,00	22.958,88	5.260,00	17.698,88	3,36
Lixiviado * Carioca	809,30	12,00	9.711,60	4.810,00	4.901,60	1,02
Lixiviado * Negro Sen	1.293,07	14,00	18.102,98	5.030,00	13.072,98	2,60
Lixiviado * Rojo Oriental	1.369,01	16,00	21.904,16	5.290,00	16.614,16	3,14
Vigortop * Carioca	827,83	12,00	9.933,96	4.660,00	5.273,96	1,13
Vigortop * Negro Sen	1.309,30	14,00	18.330,20	4.880,00	13.450,20	2,76
Vigortop * Rojo Oriental	1.492,20	16,00	23.875,20	5.140,00	18.735,20	3,64

Se puede observar en la variable Costos totales el tratamiento que mayor inversión requiere es el tratamiento 9 (Lixiviado * Rojo Oriental), ya que requiere un valor de 5.290,00 Bs, y el tratamiento de menor inversión es el tratamiento 1 (Sin abono * Carioca), con 4.330,00 Bs. La relación Beneficio costo nos indica el beneficio que se tendrá en la producción relacionada en los costos invertidos, el cual para generar un ingreso aceptable el valor de la variable B/C debe superar la unidad. Por tanto, podemos apreciar el mejor resultado en esta variable la registro el tratamiento T12 (Vigortop * Rojo Oriental), que registro un valor de B/C de 3,64 lo cual se interpreta como por cada unidad de bolivianos invertidos se logra generar un ingreso de 2,64 Bs. En contraste el tratamiento de menor beneficio costo registrado en la investigación fue el T4 (Biol * Carioca), con un valor de 1,00, el cual hace referencia que por cada unidad de boliviano invertido no se logra generar ingresos, es decir que solo se logra recuperar el costo de inversión.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestros objetivos planteados, podemos mencionar las conclusiones de la siguiente investigación:

Para Tipo de abono foliar (Factor A):

- El efecto de la aplicación de los abonos foliares tuvo un efecto positivo en las variables fenológicas como ser días a la floración y días al llenado de vainas, alcanzando menor días en llegar esta fase fenológica comparando con tratamientos que no se aplicaron abonos foliares. Este comportamiento se comparó con diferentes investigaciones y mostraron un similar comportamiento.
- Las variables agronómicas como altura de planta área foliar, longitud de vaina número de número de granos por vaina mostraron comportamientos positivos por la aplicación de abonos foliares respecto a plantas que no se aplicaron ningún abono foliar. Ya argumentando la razón del comportamiento se puede afirmar que la aplicación de abonos foliares muestra beneficios en el desarrollo de la planta.
- La aplicación de diferentes abonos foliares como ser Vigortop, Lixiviado de vermicompost y Biol mostraron diferencias significativas importantes en la variable rendimiento, peso de 100 granos frente a tratamientos sin aplicación de los abonos foliares dando así a conocer que los abonos utilizados incrementan el rendimiento de frijol. Este comportamiento fue corroborado comparando diferentes investigaciones.

Para Variedad:

- La variedad Negro Sen mostro mejor comportamiento en las variables fenológicas ya que mostro diferencias significativas ante las variedades de Rojo oriental y Carioca, alcanzando en menos días para llegar a días a la emergencia, días a la floración y días al llenado de vainas, comportamiento corroborado con reportes de diferentes autores y bibliografía de las características fenológicas de estas variedades.
- Para las variables agronómicas las variedades tuvieron diferentes comportamientos entre variedades, las cuales podemos indicar que para altura de planta la variedad Negro Sen logro mejor resultado, longitud de vaina y peso de 100 granos la variedad Rojo Oriental alcanzo el mejor promedio.

- En cuestión de la variable de rendimiento la variedad Rojo Oriental logro los mejores promedios frente a las variedades Carioca y Negro Sen, debido sus características fenotípicas corroboradas con la revisión de diferentes autores.

Para Interacción:

- Para efectos de interacción de Tipo de abono foliar con Variedad, el Análisis de Varianza indica no tener significancia para las variables evaluadas en la investigación.

VARIABLES ECONÓMICAS

- En las variables económicas se puede concluir señalando que el mejor tratamiento que mostro beneficios positivos en la investigación fue el T12 (Vigortop * Rojo Oriental), con un B/C de 3,64. También señalamos que fue el de mayor beneficio neto reporto.

6. RECOMENDACIONES

Desarrollado el trabajo todo el procedimiento del trabajo de campo y posterior sistematización y análisis en gabinete, se dan las siguientes recomendaciones.

- Para obtener mejores rendimientos de frijol, se la colonia San Antonio de Bolinda, se recomienda aplicar abono foliar Vigortop ya que la presente investigación mostro que con este abono se logra mejores rendimientos en la región.
- Respecto a la variedad de frijol se recomienda realizar la producción con la variedad Rojo Oriental, ya que fue la variedad que mejor rendimiento mostro en la mencionada región.
- El análisis económico de la investigación nos permite recomendar a las familias productoras de la región realizar la siembra con la variedad Rojo Oriental y aplicando abono foliar Vigortop, ya que fue el tratamiento que obtuvo mejores valores de beneficio costo.
- Se recomienda desarrollar más investigaciones en la región evaluando más variedades de frijol para observar el comportamiento agronómico y rendimiento en la colonia San Antonio de Bolinda del municipio de Caranavi.
- A la vez se recomienda realizar más investigaciones con la aplicación de abonos orgánicos foliares y diferentes dosis en otros cultivos para evidenciar su efecto en el rendimiento.
- Se recomienda desarrollar trabajos similares con la variedad Rojo Oriental con factores diferentes al presente trabajo, como ser distintas épocas de siembra y aplicación de riego, con el objetivo de lograr rendimientos óptimos para la región.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar S, 2015. Introducción de tres Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* sp.) con la aplicación de inoculante en la comunidad pariguaya, Provincia sud yungas del departamento de la paz. Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz – Bolivia. 100 p.
- Alvarez, F. (2010). Preparación y Uso de Biol. Cusco. Obtenido de <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/Njc0.pdf> consultado: 15 de diciembre de 2023.
- Ávila A., Ávila J., Rivas F. y Martines D. 2014. El Cultivo del Frijol Sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Sonora, México. 17 – 35 p.
- Araya, C. y Hernández J. 2006. Guía para la identificación de las enfermedades del frijol mas comunes en Costa Rica. San José, Costa Rica. 11 – 28 p.
- Arias, R., Jaramillo, J., & Teresita, M. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas (B.P.A) en la Producción de Frijol Voluble. Colombia. Obtenido de <http://www.fao.org/3/aa1359s.pdf> consultado: 10 de diciembre de 2023.
- Arismendi, R. 2017. Comportamiento de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidos a dos densidades de siembra en la estación experimental de Sapecho – Alto Beni. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 30 - 61 p.
- Armando, J., Rosas, P., Ulloa, B., & Ramírez, J. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente.
- Asociación de Productores de Santalucia – ASOPROL. (2009). Guía Técnica para el Cultivo de Frijol. En los municipios de Santa Lucia, Teustepe y San Lorenza del Departamento de Boaco. IICA-RED, SICTA-COSUDE. Boaco, Nicaragua. 12 p.
- ASOPROL, 2009. Guía Técnica para el Cultivo de Frijol. IICA-RED SICTACOSUDE. Boaco, Nicaragua. 28 p.

- Avila, J., Aavila, J., Rivas, F. Mertinez, D. 2019. El cultivo del frijol sistemas de producción en el noroeste de Mexico. Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganaderia. Sonor, Mexico. 2 p.
- Azcón-Bieto J. & Talón M. 2013. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ed. McGraw-Hill – Interamericana de España. 2da Edición. Madrid, España. 86 – 422 p.
- Campitelli, P., A. Aoki, O. Gudelj, A. Rubenacker, y R. Sereno. 2010. Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. Ciencia del Suelo 28(2):223-231.
- Casas, T. 2022. Efecto de la aplicación de concentraciones de lixiviado de vermicompost y densidades de siembra en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) como forraje verde hidropónico en ambiente atemperado. Tesis de Licenciatura. Universidad Pública de El Alto. La Paz, Bolivia. 15, 66 p.
- Casco, C. e Iglesias, M. (2005). Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost consultado en 11 de agosto de 2023 disponible: ariaiglesias@ciudad.com.ar/microfca@universia.com.ar
- Carrasquel N. 2000. Angiospermas Colección – Morfología floral – Clasificación. Facultad de Humanidades y Educación. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela. 268 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1978, SIMBIOSIS Leguminosa-Rhizobio-evaluación, selección y Manejo-guía de estudio.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1991, “Guía practica para el agricultor y el ganadero”. Ed. El País, CIAT. Santa CruzBolivia pág 70-76.
- Cedressa. 2020. Mercado del frejol, Situación y Prospectiva. Consultado en 18 junio de 2023 disponible: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>
- Choque C, V. 2016. Compendio de variedades de frejol en Bolivia “El Vallecito”, Bolivia. 1ª Ed. Santa Cruz – Bolivia. 55 p

- Choque C, V. 2013. El Cultivo del Frejol, instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”, Bolivia. 1^oa Ed. Santa Cruz – Bolivia. 116 p
- CIMMYT 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México.
- Condori, H. 2021. Evaluación agronómica de ocho variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la aplicación de dos abonos líquidos en la estación experimental de Sapcho. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 50 – 55 p.
- Declara, L. Y Sandoval, G., F. 2004. El uso de biodigestores en sistemas caprinos de la provincia de Córdoba. 4 ta Edición. Córdoba, Argentina.
- Escoto, N. D. 2011. El Cultivo del Frijol. 2 ed. Publicación de la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, DICTA de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, SAG. Tegucigalpa, Honduras. 9 p.
- Fassbender, H.; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica.
- Fernández, M. 2007. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña. Fosforo amigo o enemigo. Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol. XLI, núm. 2. La Habana Cuba, 51 a 57 p.
- FERTILAB. 2019. La salinidad del suelo y su fertilidad. Nota técnica Fertilab 19-025. México. 1 p.
- FERTILAB. 2024. Los elementos Nutritivos de las plantas Parte I: Macronutrientes. Nota técnica Fertilab. Mexico. 1 p.
- FIRA, (Fideicomisos Instituidos en relaciones con la Agricultura) 2015. Panorama Agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. México. 32 p.

- Flores, M. 2016 Evaluación en la producción de dos variedades de arveja china (*Pisum sativum* L.) con tres concentraciones de fertilizante orgánico bajo ambiente atemperado. Tesis para Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 52 – 64 p.
- Gallegos, T. 2021. Obtención de biol a partir de residuos vegetales y animales en un biorreactor comercial. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimorazo. Riobamba, Ecuador. 183 p.
- Gil, L. Leiva, F. Lezama, K. Bardales, C. y León, C. 2023. Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica. Art. Vol. 7. Núm. 20. Ed. ALFA. Trujillo, Perú. 1-3 p.
- Gómez, D., Villagrán E, Gómez K., Pedraza R., Santos A., Ureña D., Numa S. & Gómez Y. 2022. Aspectos generales del cultivo de frijol en Cundimarca. Cartilla. Ed. Gobernación de Cundimarca. Cundimarca, Colombia. 6 p.
- González P. 2019. Fertilizantes foliares. Asesoría Técnica parlamentaria. Biblioteca de Congreso Nacional de Chile. Santiago, Chile. 1 p.
- Grand, A. & Michel, V. 2020. Materia Orgánica del Suelo. Best4Soil has received funding from the European Union’s Horizon. Programme as Coordination and Support Action, under GA n° 817696. 3 p.
- Guamán, R., Andrade, C., & Alava, J. (2004). Guía para el cultivo de Fréjol en el Litoral ecuatoriano. INIAP. Vol. 316, Issue 1. Guayaquil, Ecuador. 52 p.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/1996/1/iniaplsbd316.pdf>
consultado: 15 de diciembre de 2023.
- Hernandez-Lopez V., Vargas L., Muruaga J., Hernandez S.y Mayek, N. 2013. Origen, Domesticación y Diversificación del frijol común. Avances y Perspectivas. Artículo Científico. Rev. Fitotec. Vol. 36 (2). Chapingo, México. 1 - 3 p.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA – IICA. 2008. Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central. Proyecto Red SICTA, COSUDE. Managua, Nicaragua. 4 – 24 p.

- INTAGRI. 2021. Bioestimulación de la Floración en Cultivos Hortofrutícolas. Consultado el 3 de marzo de 2024. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulacion-de-la-floracion-en-cultivo-hortofruticolas>
- INTAGRI. 2021. Nutrición del Cultivo de Frijol. Serie Nutrición vegetal. Num. 149. Artículos Técnicos INTAGRI. México. 4 p.
- Lardizaval, R., Arias, S. y Segura, R. 2013. Manual de Producción de Frijol. USAID-ACCESO. Honduras. 5 – 17 p.
- Loomis, J. Incorporación de cuestiones distributivas en el análisis de costo-beneficio: por qué, cómo y dos ejemplos empíricos que utilizan la valoración no comercial . Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/bpj/jbcacn/v2y2011i1n5.html> Consultado el 24 de Enero de 2011.
- Mamani, F. (2016). Evaluación agronómica de seis variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la incorporación de dos tipos de abonos orgánicos en el cantón Capitaña – Inquisivi. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 47 – 85 p.
- Masis, F., Hernández, E. & Piedra, G. 2017. Química Agrícola. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 86 – 111 p.
- Mejía, M. 2002. Manual agropecuario tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Bogotá, Colombia. 548 – 578 p.
- MNHN & OFB. 2023. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN), Site web: <https://inpn.mnhn.fr> Le 10 octobre 2023.
- Nostoc. 2017. Humus líquido: Comparativa, Humus líquido y Humus sólido (en línea). Madrid – España. Consultado 03 mayo. 2018. Formato Ficha Informativa. Disponible en: <https://nostoc.es/producto/abono-humus-liquido>
- Núñez, M. 2000. Brasinoesteroides, Nuevos reguladores del crecimiento vegetal con amplias perspectivas para la agricultura. Instituto Agronómico Campinas. Campinas – Brasil. 23 p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. 1 ed. La Paz, Bolivia. 61p.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023), FAOSTAT. Cultivos y productos de ganadería. Consultado en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> visto: 14 de diciembre de 2023.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1999). *Phaseolus vean*. Post-harvest Operations. 2 - 5 p.
- Orozco, F. 2019. Evaluación de rendimiento de tres variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), negro bonito, carioca mairana y rojo pequeño campaña invierno 2019 en el municipio de Guarayos. Trabajo dirigido. Instituto Tecnológico Superior YEMO`EZA RETA-ITSYR. Santa Cruz, Bolivia. 46-58 p.
- Ortuño, N.; Navia, O. y Menesses, E. 2009. Catálogo de bioinsumos, para mejorar la productividad de los cultivos ecológicos y convencionales. PROINPA. La Paz-Bolivia. 80 p.
- Orduño A. y Troyo E. (2003). Morfología y desarrollo de frijol Tepari *Phaseolus acutifolius* A. Grey. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Unidad Guerrero Negro. Publicación de transferencia N°10. La Paz, Baja California, México. 6 – 18 p.
- Oetubé, J. Y Aguilera, L, Manchada R. M. 1994. Recomendaciones técnicas para el cultivo de frijol en el oriente boliviano, I. I. A. “el Vallecito”. U.A.G.R.M. Santa Cruz –Bolivia. Mayo 1994. 60 p.
- Ortubé, J. 1996. El frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) leguminosas en la agricultura boliviana. Proyecto Rizobiología CIAT, CIF, PNLG. Cochabamba – Bolivia.
- PLAN TERRITORIAL DE DESARROLLO INTEGRAL - Caranavi, 2016 - 2020. La Paz, Bolivia. 37 p.
- Placencia, A. 2009. Evaluación de dos variedades de frijol precoz (*Phaseolus vulgaris* L.) con dos niveles de fertilización orgánica purín tradicional en la comunidad de Siete Lomas municipio de Coripata. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 14 -47 p.
- PROINPA. 2009. Catálogo de Bioinsumos. Cochabamba, Bolivia.

- Quilambaqui, J. 2003. El efecto de las fitohormonas en la fruticultura. Rev. La granja. Núm. 21. Facultad de Ciencias Pecuarias y Agroindustriales. 1 p.
- Quisoe, J.. 2008. Caracterización y evaluación agronómica de germoplasma de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia Caranavi .Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz – Bolivia. 127 p.
- Ramírez, M., Estrada, J., Hernandez, A. & Carballo. A. 2019. Características distintivas de la descripción de variedades en Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Primera edición. Colegio de Posgrado en Ciencias Agrícolas. Texcoco. Mexico.
- Restrepo, J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas / Jairo Restrepo Rivera. 1a ed. -- Managua: SIMAS,
- Ribera, B. J. (2011). Guía Para la Preparación y Uso del Biol. Sucre: Centro de Multiservicios Educativos - CEMSE Área de Desarrollo Territorial Sucre.
- Rodriguez, C. 2022. Evaluación del efecto de la aplicación de humus de lombriz y microorganismos eficientes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad de Holguin. Holguin, Cuba. 37 – 42 p.
- Santin, E. 2017. Efecto de la aplicación de Biol en el cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano Honduras. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 7 – 13 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. Aptitud Agroclimática del Frijol en Mexico. Ciclo Agrícola Primavera Verano. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México, México. 4 p.
- Tapia, J. 2006. Introducción de 15 variedades de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.), bajo condiciones agroecológicas de la comunidad de Villa Rojas, Cobija, Pando. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 7 – 16 p.
- Trejo-Téllez, L., M. Rodríguez-Mendoza, Alcántar-González, G. y Gómez-Merino, F. (2007b). Micronutrient foliar fertilization increases quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in alkaline soils [La fertilización foliar de micronutrientes incrementa la

calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* L) en suelos alcalinos]. *ActaHorticulturae*, 729, 301-306.

Trinidad A. y Aguilar D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A.C. Chapingo, México vol. 17. 247-255 p.

Unterlanstaetter, R. 2005. Cultivos para los Llanos Cálidos de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia: Lewy

Ulloa J., Ulloa P., Ramírez J. y Ulloa B. 2011. El Frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México. 6 p.

Valladolid, A. 2001. Cultivo del frijol (*Phaseolu vulgaris* L.) en la costa del Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria. 1 ed. Lima, Perú. 11 p.

Vargas, B. 2013. Santa Cruz Agrícola. Obtenido de <http://jubovar.blogspot.com/2013/01/manual-de-manejo-del-cultivo-delfrejol.html>

Veneros, R., Chaman, M., Araujo, E. & Ramirez, F. 2014. Efecto de los ácidos húmico y fulmico en el crecimiento de *Pasiflora ligularis* cultivada en condiciones de invernadero. Art. Cient. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 1-3 p.

Vigliola, M., Kramarovsky, E., Hector, J., Martin, C., Chiesa, A. 1992. Manual de horticultura. 2 ed. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur S.A. 235 p.

Vitra. Al servicio de la Agricultura. (2020). La gran importancia del nitrógeno en las plantas. Rancagua, Chile. 1 p.

Yanarico C, B. 2011. Evaluación de la resistencia de 10 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al ataque del gusano cortador (*Phyllophaga ssp.*) en la región de Sorata, provincia Iarecaja - La paz, Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz – Bolivia. 70 p.

Vigliola, M.; Kramarovsky, E.; Héctor, J.; Martín, C.; Chiesa, A. 1992. Manual de horticultura. 2 ed. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur S.A. 235 p.

- Vinces, R. (2020). Comportamiento morfo-agroproductivo de diferentes cultivares de frejol común (*Phaseolus vulgaris*) en las condiciones edafoclimáticas de la granja Santa Inés. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 53 p. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16153> consultado: 12 de diciembre de 2023.
- Weinbaum, S., Brown, P. y Johnson, R. (2002). Application of selected macronutrients (N, K) in deciduous orchards: physiological and agro technical perspectives [Aplicación de macronutrientes seleccionados (N, K) en huertos caducifolios: perspectivas fisiológicas y agro técnicas]. *Acta Horticulturae*, 594, 59-64.
- Yzarra W. y Lopez, F. 2011. Manual de Observaciones Fenológicas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – Ministerio de Agricultura. Lima, Peru. 45 p..

8. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de suelo



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



RES: FAC.AGRO.LAB. N°372

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO:
RESPONSABLE DE ANALISIS:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO:
PROCEDENCIA:

CESAR LUIS TOLA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAF 372_23
 09/08/2023
CESAR LUIS TOLA
 Departamento La Paz
 Municipio Caranavi
 Provincia Caranavi
 Comunidad Bolinda

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	30
	Limo	%	30
	Arcilla	%	40
	Clase Textural	-	Franco Arcilloso
Densidad Aparente	g/cm ³	1.116	Probeta
pH en H ₂ O relación 1:25	-	5.52	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:25	mmhos/cm	0.050	Potenciometría
Potasio intercambiable	meq/100g S.	0.172	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total	%	0.32	Kjendahl
Materia orgánica	%	4.66	Walkley y Black
Fósforo disponible	ppm	8.90	Espectrofotometría UV-Visible

- * El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes
- * En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
- * Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio


 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS, AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA




 Ing. Roberto Miranda C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
 Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com
 Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 2. Costo de producción para tratamiento 1

Costos de Produccion para el cultivo de Frijol					Sup.	1 ha
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	800,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	800,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				480,00	
3.1	Semilla	Kg	40	12,00	480,00	
3.2	Abono foliar	Lt	0	0,00	0,00	
	Total				4.330,00	

Anexo 3. Costo de producción para tratamiento 2

Sin Abono Foliar x Negro Sen					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	800,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	800,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.530,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	2	90,00	180,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				700,00	
3.1	Semilla	Kg	50	14,00	700,00	
3.2	Abono foliar	Lt	0	0,00	0,00	
	Total				4.370,00	

Anexo 4. Costo de producción para tratamiento 3

Sin Abono Foliar x Rojo Oriental

Costos de Produccion para el cultivo de Frijol Sup. 1 ha

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00
2	Labores culturales				1.710,00
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00
3	Insumos				960,00
3.1	Semilla	Kg	60	16,00	960,00
3.2	Abono foliar	Lt	0	0,00	0,00
	Total				4.810,00

Anexo 5. Costo de producción para tratamiento 4

Biol x Carioca

Costos de Produccion para el cultivo de Frijol Sup. 1 ha

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00
2	Labores culturales				1.710,00
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00
3	Insumos				930,00
3.1	Semilla	Kg	40	12,00	480,00
3.2	Abono foliar Biol	Lt	15	30,00	450,00
	Total				4.780,00

Anexo 6. Costo de producción para tratamiento 5

Biol x Negro Sen					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				1.150,00	
3.1	Semilla	Kg	50	14,00	700,00	
3.2	Abono foliar Biol	Lt	30	15,00	450,00	
	Total				5.000,00	

Anexo 7. Costo de producción para tratamiento 6

Biol x Rojo Oriental					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				1.410,00	
3.1	Semilla	Kg	60	16,00	960,00	
3.2	Abono foliar Biol	Lt	30	15,00	450,00	
	Total				5.260,00	

Anexo 8. Costo de producción para tratamiento 7

Lixiviado de vermicompost x Carioca					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				960,00	
3.1	Semilla	Kg	40	12,00	480,00	
3.2	Abono lixiviado	Lt	24	20,00	480,00	
	Total				4.810,00	

Anexo 9. Costo de producción para tratamiento 8

Lixiviado x Negro Sen					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				1.180,00	
3.1	Semilla	Kg	50	14,00	700,00	
3.2	Abono foliar Lixiviado	Lt	24	20,00	480,00	
	Total				5.030,00	

Anexo 10. Costo de producción para tratamiento 9

Lixiviado x Rojo Orienta					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				1.440,00	
3.1	Semilla	Kg	60	16,00	960,00	
3.2	Abono foliar Lixiviado	Lt	24	20,00	480,00	
	Total				5.290,00	

Anexo 11. Costo de producción para tratamiento 10

Vigortop x Carioca					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				810,00	
3.1	Semilla	Kg	40	12,00	480,00	
3.2	Abono foliar Vigortop	Lt	6	55,00	330,00	
	Total				4.660,00	

Anexo 12. Costo de producción para tratamiento 11

Vigortop x Negro Sen					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				1.030,00	
3.1	Semilla	Kg	50	14,00	700,00	
3.2	Abono foliar Vigortop	Lt	6	55,00	330,00	
	Total				4.880,00	

Anexo 13. Costo de producción para tratamiento 12

Vigortop x Rojo Oriental					Sup.	1 ha
Costos de Produccion para el cultivo de Frijol						
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P/Unit. (Bs)	Total (Bs)	
1	Preparado de terreno y siembra				2.140,00	
1.1	Tumbado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.2	Picado y limpiado	Contrato	1	1.000,00	800,00	
1.3	Siembra	Jornal	6	90,00	540,00	
2	Labores culturales				1.710,00	
2.1	Deshierbe	Jornal	4	90,00	360,00	
2.2	Desgrane	Jornal	4	90,00	360,00	
2.3	Limpieza de grano	Jornal	2	90,00	180,00	
2.4	Aplicación de Abonos foliares	Jornal	1	90,00	90,00	
2.5	Cosecha	Jornal	8	90,00	720,00	
3	Insumos				1.290,00	
3.1	Semilla	Kg	60	16,00	960,00	
3.2	Abono foliar Vigortop	Lt	6	55,00	330,00	
	Total				5.140,00	

Anexo 14. Instalación de la parcela de investigación



Anexo 15. Desarrollo del cultivo

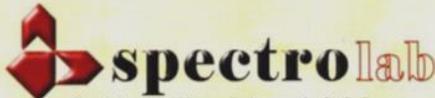


Anexo 16. Evidencias fotográficas de la investigación





Anexo 17. Información de las propiedades del lixiviado de vermicompost



servicios analíticos - Laboratorio Químico
Unidad Descentralizada - Universidad Técnica de Oruro



FOR - INFORME DE ENSAYO - 01
Revisión:00
Emisión 2015 - 06 - 20

INFORME DE ENSAYO

N°: 35767

<i>NOMBRE DEL CLIENTE</i>	Universidad Pública de El Alto					
	Atn. Univ. Cleto Condori A.					
<i>DIRECCIÓN DEL CLIENTE</i>	Av. Sucre - Villa Esperanza					
<i>PROCEDENCIA</i>	Centro Experimental de Kallutaca -JUPEA**					
<i>CARACTERÍSTICAS</i>	Compuestas					
<i>RESPONSABLE MUESTREO</i>	Univ. Cleto Condori A.**			<i>FECHA DE MUESTREO</i>	2015-04-05**	
<i>FECHA RECEPCIÓN</i>	2015-11-12			<i>FECHA DE ENSAYO</i>	Según detalle	
<i>PÁGINA</i>	1/4			<i>FECHA DE ENTREGA</i>	2015-12-29	

RESULTADOS:

Parámetros	Unidades	Fecha de Ensayo	Norma / Método	L.D.	Código Cliente			
					Código Laboratorio	T1	T2	T3
					7918	7919	7920	
pH		2015-11-16	ASTM D 1293-99		9,4	9,3	9,1	
Conductividad	µS/cm	2015-11-16	ASTM D 1125-95	5	21710	24200	20310	
Calcio	Ca	mg/l	2015-11-27	ASTM D 511-03	0,01	46,66	103,93	183,93
Cromo III	Cr ³⁺	mg/l	2015-11-26	ASTM D 1687-02B	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Hierro	Fe	mg/l	2015-11-25	ASTM D 1068-05A	0,02	3,65	1,24	1,72
Magnesio	Mg	mg/l	2015-11-25	ASTM D 511-03	0,01	40,80	58,45	122,01
Manganeso	Mn	mg/l	2015-11-26	ASTM D 858-02A	0,009	0,453	1,537	2,957
Plomo	Pb	mg/l	2015-11-23	ASTM D 3559-03A	0,03	0,20	<0,03	<0,03
Potasio	K	mg/l	2015-11-25	ASTM D 4191-03	0,01	7738,10	8309,52	6119,05
Sodio	Na	mg/l	2015-11-24	ASTM D 3561-02	0,03	258,22	325,98	711,44
Boro	B	mg/l	2015-11-17	DIN 38405 T 17mod.	0,01	8,28	30,61	46,56
Cloruro	Cl ⁻	mg/l	2015-11-17	ASTM D 512-04B	0,1	2573,4	3384,2	3419,4
Fósforo Total	P _T	mg/l	2015-11-17	EPA 365.2	0,01	23,68	91,12	85,29
Nitrógeno Total	N _T	mg/l	2015-11-17	ASTM 3590-89	0,1	252,0	378,0	420,0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	2015-11-18	ASTM D 516-02	0,2	****	****	****

REFERENCIAS

** Responsabilidad del Cliente

LD/ ppm = Límite de determinación en partes por millón .

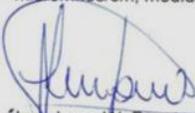
Valor con símbolo "<" implica por debajo del límite de determinación.

Conductividad Eléctrica = microsiemens /cm = micromhos/cm, medida a 21,2 °C

**** Interferencia de Matriz



T.S. Rosmery Torrez Y.
Supervisor



Ing. Jorge W. Fuentes A.
Jefe de Laboratorio



Ing. Jenny A. Espinoza Z.
Resp. Control de Calidad

- Las firmas de los responsables de este trabajo confirman que los resultados finales reflejan verdaderamente los datos originales. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas.
- El Informe de Ensayo es válido solo si presenta sello seco.
- En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representabilidad, ni la preservación de las muestras.
- Las muestras serán almacenadas por un lapso no mayor a 3 meses en un depósito del laboratorio (en relación a la estabilidad).
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio.

Dirección: Ciudadela Universitaria
Zona Sud: Final Av. Dehene, Bloque Metalurgia
Casilla 252

e-mail: gerencia@spectrolab.com.bo
Página Web: <http://www.uto.edu.bo/servicios/spectrolab.html>
www.spectrolab-bolivia.com
Oruro - Bolivia

Tel/Fax: (591-2)5260008
5262983
5264666