

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE OCHO VARIEDADES DE FREJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), CON LA APLICACIÓN DE DOS ABONOS LÍQUIDOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO**

**HEIDY CONDORI CRUZ**

**La Paz – Bolivia**

**2021**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE OCHO VARIEDADES DE FREJOL (*Phaseolus vulgaris L.*), CON LA APLICACIÓN DE DOS ABONOS LÍQUIDOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO**

*Tesis de Grado  
Presentado como requisito  
Para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**HEIDY CONDORI CRUZ**

**ASESOR**

Ing. M. Sc Félix Fernando Manzaneda Delgado .....

Ing. M. Sc Carlos Eduardo Choque Tarqui .....

**TRIBUNAL**

Ing. Williams Alex Murillo Oporto .....

Ing. Jaime Mamani Vargas .....

Ing. Celso Ticona Quispe .....

**Aprobada**

**Presidente Tribunal Examinador:** .....

## **Dedicatoria**

A Dios, por su amor y por permitirme gozar de la vida, salud y guiarme por el camino correcto para seguir adelante.

A mis padres Teófilo Condori B. y Calixta Cruz C., quienes constantemente me brindaron su apoyo y gracias a ellos pude concluir mis estudios satisfactoriamente.

A mi Hijo, Andy Jhadil Mena que es mi orgullo y mi gran motivación, por darme la fuerza de seguir adelante y no rendirme ante las adversidades

A mis hermanos: Wilder, Víctor y Elvira, quienes me brindaron su apoyo, confianza y comprensión en todo momento para forjarme como profesional, por lo que estaré agradecido siempre

## **AGRADECIMIENTOS**

Dejo expresado mis más sinceros agradecimientos: A Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida y guiarme por el camino correcto para culminar este trabajo de investigación.

A la facultad de Agronomía de Ingeniería Agronómica de la Universidad Mayor de San Andrés, por la formación recibida, a todo el plantel docente, administrativo por la formación profesional que me brindaron académicamente.

A mis asesores al Ing. M.Sc. Félix Fernando Manzaneda Delgado e Ing. M.Sc. Carlos Eduardo Choque Tarqui gracias por brindarme su apoyo, conocimiento y sus correcciones durante la elaboración de la Tesis.

A mis revisores: gracias al Ing. Jaime Mamani Vargas, Ing. Celso Ticona Quispe y al Ing. Williams Alex Murillo Oporto a quienes les quedo muy agradecido por la revisión, correcciones y sugerencias que me dieron durante la elaboración del documento que ayudaron a mejorar el presente trabajo de investigación.

A la Estación Experimental de Sapecho (E.E.S.) por abrirme las puertas, brindarme su hospitalidad para que yo pueda llevar a cabo la fase de trabajo de campo.

A mis amigas Elizabeth Mayta Riveros, Cynthia Chipana Valero, Evelin Condori por brindarme su amistad y apoyo durante el tiempo que cursé la carrera y durante el trabajo de campo. Finalmente, a todas las demás personas, que de una u otra forma me prestaron su gentil colaboración.

## INDICE GENERAL

CONTENIDO GENERAL.....	ii
INDICE DE FIGURAS .....	viii
INDICE DE CUADROS .....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii

## CONTENIDO GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Origen.....	4
3.2. Introducción de frejol en américa.....	4
3.3. Producción.....	5
3.3.1. Producción mundial.....	5
3.3.2. Producción en Bolivia.....	6
3.4. Clasificación taxonómica.....	6
3.5. Características morfológicas.....	7
3.5.1. Descripción de la raíz.....	7
3.5.2. Descripción del tallo.....	8
3.5.3. Descripción de las hojas.....	9
3.5.4. Descripción de la flor.....	9
3.5.5. Descripción de frutos o vainas.....	10
3.5.6. Descripción de la semilla.....	10
3.6. Hábito de crecimiento de la planta de frejol.....	11
3.6.1. Tipo I - Hábito de crecimiento determinado arbustivo:.....	11
3.6.2. Tipo II - Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo:.....	12
3.6.3. Tipo III - Hábito de crecimiento indeterminado postrado:.....	12
3.6.4. Tipo IV - Hábito de crecimiento indeterminado trepador:.....	12

3.7. Fenología del frejol .....	13
3.7.1. Fase vegetativa .....	13
3.7.1.1. Etapa V0: Germinación .....	13
3.7.1.2. Etapa V1: Emergencia.....	13
3.7.1.3. Etapa V2: Hojas primarias .....	13
3.7.1.4. Etapa V3: Primera hoja trifoliada.....	14
3.7.1.5. Etapa V4: Tercera hoja trifoliada .....	14
3.7.2. Fase reproductiva.....	14
3.7.2.1. Etapa R5: Prefloración .....	14
3.7.2.2. Etapa R6: Floración.....	15
3.7.2.3. Etapa R7: Formación de las vainas.....	15
3.7.2.4. Etapa R8: Llenado de vainas .....	15
3.7.2.5. Etapa R9: Maduración.....	15
3.8. Variedades del frejol .....	16
3.8.1. Variedad Fortaleza .....	16
3.8.2. Variedad Negro Chane.....	17
3.8.3. Variedad Negro Sen.....	18
3.8.4. Variedad Rojo Oriental .....	19
3.8.5. Variedad Mairana .....	20
3.8.6. Variedad VFR.....	21
3.8.7. Variedad MIB 395.....	22
3.8.8. Variedad Charolito.....	23
3.9. Contenido de nutrientes del frejol .....	24
3.10. Requerimiento nutricional del Frejol.....	25

3.11. Requerimientos edafoclimáticos.....	25
3.11. 1 Clima .....	25
3.11.2. Altitud .....	26
3.11.3. Precipitación.....	26
3.11.4. Temperatura.....	26
3.11.5. Suelo .....	26
3.12. Plagas del cultivo de frejol .....	27
3.12.1. Plagas que causan daño a nivel del suelo.....	27
3.12.1.1. Gusano tierrero o <i>Agrotis ipsilon</i> (Lepidoptera: <i>Noctuidae</i> ).....	27
3.12.2. Plagas que causan daño a nivel del follaje .....	28
3.12.2.1. Lorito verde- <i>Empoasca Kraemeri</i> (Hemiptera: <i>Cicadellidae</i> ).....	28
3.12.2.2. Diabrotica o petita verde <i>Diabrotica speciosa</i> (Coleóptera: <i>Chrysomelidae</i> ) .....	28
3.12.2.3. Minador de hoja <i>Liriomyza spp.</i> (Díptera: <i>Agromyzidae</i> ).....	29
3.12.3. Plagas que causan daño en granos .....	30
3.12.3.1. Gorgojos del Frejol <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Coleóptera: <i>Bruchidae</i> )...	30
3.13. Enfermedades del cultivo de frejol.....	31
3.13.1. Enfermedades de las raíces.....	31
3.13.1.1. Pudrición de raíces por Rhizoctonia <i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn (Mon., <i>Mycelia Sterila</i> ).....	31
3.13.2. Enfermedades de follaje.....	32
3.13.2.1. Mancha angular <i>Phaeoisariopsis griseola</i> (Sacc.) Ferraris (Mon., <i>Stilbacea</i> ) .....	32
3.14. Abonos Orgánicos .....	32
3.14.1. Abonos orgánicos líquidos .....	33
3.14.2. Ventajas de los abonos orgánicos líquidos .....	34

3.14.3. Aplicación foliar .....	35
3.14.4. Abono liquido Biol.....	35
3. 14.4.1. Funciones del Biol .....	36
3.14.4.2. Ventajas del Biol.....	37
3.14.4.3. Desventajas del Biol: .....	37
3.14.5. Lixiviado de humus.....	38
3.14.5.1. Propiedades del lixiviado de humus .....	39
3.14.5.2. Ventajas del lixiviado del humus de lombriz .....	39
4. LOCALIZACIÓN .....	41
4.1. Ubicación geográfica .....	41
4.1.1. Latitud y longitud.....	41
4.1.2. Descripción fisiográfica .....	42
4.2.1. Altitud .....	42
4.1.3. Características climáticas .....	42
4.1.4. Características de los suelos de Sapecho .....	42
5. MATERIALES Y MÉTODO .....	44
5.1. Materiales empleados.....	44
5.1.1. Material vegetal .....	44
5.1.2. Material orgánico liquido .....	44
5.2. Metodología .....	45
5.2.2. Procedimiento experimental .....	45
5.2.2.1. Habilitación de la parcela .....	45
5.2.2.2. Delimitación del terreno.....	45
5.2.2.3. Siembra.....	46

5.2.2.4. Prácticas culturales .....	46
5.2.2.4.1. Desmalezado .....	46
5.2.2.4.2. Tutoraje .....	46
5.2.2.4.3. Control de plagas .....	47
5.2.2.4.4. Control de enfermedades .....	47
5.2.3. Aplicación de abonos líquidos .....	48
5.2.3.1. Aplicación de Biol .....	48
5.2.3.2. Aplicación de lixiviado de humus.....	48
5.2.4. Cosecha .....	49
5.2.4.1. Arrancado.....	49
5.2.4.2. Trilla.....	49
5.2.4.3. Secado .....	50
5.2.5. Diseño Experimental .....	50
5.2.5.1. Modelo lineal aditivo .....	50
5.2.5.2. Descripción de los Factores de Estudio .....	51
5.2.5.3. Croquis experimental.....	52
5.2.5.4. Área dimensional del Campo Experimental.....	53
5.2.6. Variables de respuesta .....	53
5.2.6.1. Altura de planta .....	53
5.2.6.2. Número de vainas por planta .....	53
5.2.6.3. Longitud de vaina .....	53
5.2.6.4. Número de granos por vaina .....	53
5.2.6.5. Peso de 100 granos .....	54
5.2.7. Análisis económico.....	54
5.2.7.1. Beneficio Bruto (BB).....	54

5.2.7.2. Costos Variables (CV) .....	55
5.2.7.3. Beneficio Neto (BN) o Utilidad del cultivo .....	55
5.2.7.4. Relación Beneficio/Costo (B/C) .....	55
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	57
6.1. Variables de respuesta .....	57
6.1.1. Altura de planta .....	57
6.1.2. Número de vainas por planta .....	60
6.1.3. Longitud de vaina .....	62
6.1.4. Número de Granos por vaina .....	65
6.1.5. Peso de 100 granos .....	68
6.1.6. Rendimiento de Frejol kg/ha.....	70
6.2. Análisis económico .....	73
7. CONCLUSIONES .....	75
8. RECOMENDACIONES.....	76
9. BIBLIOGRAFÍA.....	77
10. ANEXOS.....	85

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Raíz de la planta del frejol .....	8
<b>Figura 2.</b> Tallo de la planta del frejol.....	8
<b>Figura 3.</b> Hojas del cultivo de frejol.....	9
<b>Figura 4.</b> Flor del cultivo de frejol.....	9
<b>Figura 5.</b> Frutos del cultivo de frejol.....	10
<b>Figura 6.</b> Semilla del cultivo del frejol .....	10
<b>Figura 7.</b> Tipos de hábitos de crecimiento del frejol .....	12
<b>Figura 8.</b> Fenología del frejol .....	16
<b>Figura 9.</b> Ubicación Geográfica del Área del Experimento .....	41
<b>Figura 10.</b> Limpieza de la parcela de frejol.....	45
<b>Figura 11.</b> Siembra de la semilla de frejol .....	46
<b>Figura 12.</b> Desmalezado de la parcela de frejol .....	46
<b>Figura 13.</b> Plagas observadas en el cultivo de frejol. ....	47
<b>Figura 14.</b> Aplicación de abonos líquidos .....	49
<b>Figura 15.</b> Croquis de campo para el diseño experimental .....	52
<b>Figura 16.</b> Variable altura de planta.....	58
<b>Figura 17.</b> Variable Número de vainas por planta .....	61
<b>Figura 18.</b> Variable Longitud de vaina del frejol.....	63
<b>Figura 19.</b> Variable Número de granos por vaina .....	66
<b>Figura 20.</b> Variable Peso de 100 granos. ....	69
<b>Figura 21.</b> Variable Rendimiento/hectárea .....	71

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica .....	7
<b>Cuadro 2.</b> Características agronómicas de la variedad Fortaleza .....	17
<b>Cuadro 3.</b> Características agronómicas de la variedad Negro Chane .....	18
<b>Cuadro 4.</b> Características agronómicas variedad Negro Sen.....	19
<b>Cuadro 5.</b> Características agronómicas de la variedad Rojo Oriental .....	20
<b>Cuadro 6.</b> Características agronómicas de la variedad Mairana .....	21
<b>Cuadro 7.</b> Características agronómicas de la variedad VFR .....	22
<b>Cuadro 8.</b> Características agronómicas de la variedad MIB.....	23
<b>Cuadro 9.</b> Características agronómicas de la variedad Charolito.....	24
<b>Cuadro 10.</b> Composición química del frejol por 100 g de porción comestible .....	25
<b>Cuadro 11.</b> Cuadro de los factores de estudio. ....	51
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta. ....	57
<b>Cuadro 13.</b> Comparación de medias Duncan para el Factor “B”.....	59
<b>Cuadro 14.</b> Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta .....	60
<b>Cuadro 15.</b> Comparación de medias Duncan para el Factor “B” .....	61
<b>Cuadro 16.</b> Análisis de Varianza para la variable longitud de vaina. ....	62
<b>Cuadro 17.</b> Comparación de medias Duncan del Factor “B” .....	64
<b>Cuadro 18.</b> Comparación de medias Duncan de la interacción AxB .....	64
<b>Cuadro 19.</b> Análisis de Varianza para la variable número de granos por vaina. ....	65
<b>Cuadro 20.</b> Comparación de medias Duncan para el Factor “B” .....	67
<b>Cuadro 21.</b> Análisis de varianza para la Variable peso de 100 granos. ....	68
<b>Cuadro 22.</b> Comparación de medias para el Factor “B” .....	69
<b>Cuadro 23.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento kg/ha .....	71

<b>Cuadro 24.</b> Comparación de medias Duncan para el Factor “B” .....	72
<b>Cuadro 25.</b> Cuadro Análisis económico .....	73

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Sapecho (EES) perteneciente a la facultad de agronomía – UMSA localizado en el municipio de Palos Blancos cuarta sección de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de ocho variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) con la aplicación de dos abonos líquidos Biol y lixiviado de Humus de lombriz, evaluando el comportamiento agronómico y rendimiento para proporcionar al agricultor nuevas alternativas de ingreso, bajo una producción sana y amigable con el medio ambiente, incentivando el consumo del frejol por su contenido nutricional. Las ocho variedades evaluadas fueron Charolito, Negro Sen, MIB, Mairana, Fortaleza, Rojo Oriental, Negro Chane, VFR, obtenidas del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito” de la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno Santa Cruz. Los datos obtenidos fueron analizados empleando un diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo bifactorial (BCA), teniendo 24 tratamientos y tres repeticiones con un total de 72 unidades experimentales, el factor “A” parcela grande variedades de frejol, factor “B” parcela pequeña aplicación de abonos líquidos bajo la densidad de siembra de (30 x 50) cm. Con referencia a la altura de planta se observó que la mejor variedad en la localidad de Sapecho, fue la variedad VFR (V8) con una altura de 182.76 cm debido a su hábito de crecimiento, la variedad Negro Sen (V2) registro 25 vainas por planta, la variedad que obtuvo una mejor longitud de vaina de frejol, fue la variedad Fortaleza (V6), con 11.34 cm de longitud de vaina, para el número de granos por vaina, la mejor variedad fue Negro Chane, con 7 granos o semillas, y finalmente para el peso 100 semillas la variedad con mejor peso fue Rojo Oriental (V5), con 48.2 gramos. De acuerdo a los resultados obtenidos, desde el punto de vista de rendimiento se recomienda producir la variedad Rojo Oriental (V5) con 1246.2 kg/ha y Fortaleza (V6) con 1241.4 kg/ha con la aplicación de lixiviado de humus. Con respecto al Análisis Económico de Beneficio Costo, las variedades Rojo Oriental (V5), Fortaleza (V6) sin aplicación de abonos líquidos, obtuvo un valor de 2.46 Bs, 2.43 Bs, debido a su bajo costo de producción, se puede interpretar que por cada boliviano invertido, se obtienen ganancias de 1.46 Bs, 1.43 respectivamente.

## ABSTRACT

The present research work was carried out at the Sapecho Experimental Station (EES) belonging to the Faculty of Agronomy - UMSA located in the municipality of Palos Blancos fourth section of the Sud Yungas province of the department of La Paz, with the objective of evaluating the agronomic behavior of eight varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with the application of two Biol liquid fertilizers and worm humus leachate, evaluating the agronomic behavior and yield to provide the farmer with new income alternatives, under a healthy and friendly production with the environment, encouraging the consumption of beans due to its nutritional content. The eight varieties evaluated were Charolito, Negro Sen, MIB, Mairana, Fortaleza, Rojo Oriental, Negro Chane, VFR, obtained from the Institute of Agricultural Research "El Vallecito" of the Autonomous University Gabriel Rene Moreno Santa Cruz. The data obtained were analyzed using a design of Completely Random Blocks with a bifactorial arrangement (BCA), having 24 treatments and three repetitions with a total of 72 experimental units, factor "A" large plot varieties of beans, factor "B" plot small application of liquid fertilizers under the sowing density of (30 x 50) cm. With reference to the height of the plant, it was observed that the best variety in the town of Sapecho was the VFR (V8) variety with a height of 182.76 cm due to its growth habit, the Negro Sen (V2) variety record 25 pods per plant, the variety that obtained the best bean pod length was the Fortaleza variety (V6), with 11.34 cm pod length, for the number of beans per pod, the best variety was Negro Chane, with 7 grains or seeds, and finally, for the weight of 100 grains, the variety with the best weight was Oriental Red (V5), with 48.2 grams. According to the results obtained, from the yield point of view it is recommended to produce the variety Rojo Oriental (V5) with 1246.2 kg / ha and Fortaleza (V6) with 1241.4 kg / ha with the application of humus leachate. With respect to the Economic Analysis of Cost Benefit, the varieties Rojo Oriental (V5), Fortaleza (V6) without application of liquid fertilizers, obtained a value of 2.46 bs, 2.43 bs, due to their low production cost, it can be interpreted that by Each Bolivian invested, profits of 1.46 Bs, 1.43 respectively, are obtained.

## 1 INTRODUCCIÓN

El frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta leguminosa originaria de América, Bolivia es parte del centro de origen del género *Phaseolus*, pero como una alternativa de cultivo mejorado el frejol se introdujo a nuestro país el año 1979, específicamente al departamento de Santa Cruz. La superficie campaña (invierno-verano) comprende 58 mil hectáreas, de esta superficie aproximadamente el 85% se encuentra en el departamento de Santa Cruz y el resto en Tarija, Chuquisaca, Cochabamba y muy poco en La Paz, Beni y Pando (Choque, 2013).

Bolivia se encuentra en la posición 14 a nivel mundial de exportaciones de frejol, generando 18.103 miles de dólares con una participación del 1% del valor en las exportaciones mundiales y un volumen de 20.122 toneladas (Rural, 2017).

El cultivo de frejol se desarrolla bajo condiciones ecológicas muy variables, de las cuales ha resultado la selección y desarrollo de una gran cantidad de genotipos (variedades) cultivadas con características muy diferentes.

La producción del cultivo de frejol bajo un manejo de abonos foliares como biol y lixiviado de humus de lombriz, trata de alcanzar una mayor calidad y óptimo rendimiento del producto, puesto que el empleo de estos abonos foliares procura responder los requerimientos nutricionales que el cultivo demanda.

La introducción de frejol en el departamento de Santa Cruz fue con el objetivo de producir un alimento que contribuya a mejorar la nutrición de los consumidores y dar nuevas opciones de ingreso y uso de suelos de los agricultores (Ruiz, Arbey & Pachico, 1999).

El empleo de abonos líquidos es una de las actividades que se utiliza en la actualidad con el fin de mejorar los rendimientos de producción en los cultivos, estos se obtienen mediante la biofermentación en un medio líquido, de estiércoles de animales, principalmente vacuno, hojas de plantas y frutas con estimulantes como: leche, suero,

melaza, jugo de caña, jugo de frutas o levaduras, dependiendo del tipo de biofermento (Picado, 2005).

Las características del suelo de la región de Alto Beni, nos muestran que estos se encuentran con baja fertilidad para la producción de este cultivo, debido al sistema de producción convencional que se realizaron anteriores años, además que la carencia de información sobre el cultivo y variedades que se adapten a la zona, excepto las locales, además del desconocimiento de los beneficios que tiene el uso de abonos orgánicos como el biol y lixiviado de humus de lombriz al ser aplicados en los cultivos.

Este trabajo pretende fomentar una producción sana y amigable con el medio ambiente utilizando biol y lixiviado de humus de lombriz como abono orgánico foliar, y poder dar una opción más de consumo alimenticio a los pobladores de la región de Alto Beni, teniendo en cuenta su alto contenido de proteínas y puede ser el sustituto ideal de los alimentos como la carne, productos lácteos, etc., lo que conlleva a buscar nuevas alternativas de producción para tener una alta productividad y rentabilidad así motivar a los agricultores el uso de productos orgánicos además de introducir a la región variedades nuevas y revalorizar las locales., dejando de lado la utilización de productos químicos nocivos para el medio ambiente y para la salud humana.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico de ocho variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) con la aplicación de dos abonos líquidos Biol y lixiviado de Humus de lombriz en la Estación Experimental de Sapecho.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la variedad con mejor rendimiento en la zona de Sapecho.
- Identificar el adecuado abono líquido en el cultivo de frejol en la Estación Experimental Sapecho.
- Determinar la relación beneficio costo en la producción de ocho variedades del cultivo de frejol.

### **3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Origen**

El frejol es una leguminosa (fabácea) originaria de América, desde el sur de Brasil, norte de Argentina, Paraguay, Bolivia hasta México, particularmente de regiones de niveles mesotérmicos (temperaturas medias templadas) vegetación baja y estaciones alternas (Unterladstaetter, 2005).

Se acepta el origen americano del frejol ya que investigaciones posteriores y arqueológicas han permitido ubicar restos en diversos sitios de Perú, Estados Unidos, México; sin embargo, esta última es la más aceptada como el centro de origen primario (Octube, 1996).

#### **3.2 Introducción de frejol en américa**

En el grupo de las leguminosas comestibles, el frejol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es una de las más importantes debido a su distribución en los cinco continentes, por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia. El frejol ha sido un elemento tradicionalmente importante en América latina y en general en una gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva (Asoprol, 2009).

El frejol es una especie predominantemente autógama. Es diploide ( $2n = 2x = 22$ ) con 11 cromosomas extremadamente pequeños (de 1 a 3  $\mu\text{m}$ ), de similar morfología, entre metacéntricos y submetacéntricos. En el año 2016, un grupo de investigadores de Argentina, Brasil, México y España, con el apoyo del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), descifraron su genoma, identificando un total de 30.491 genes y un tamaño de 635 Mpb, uno de los más pequeños de la familia Fabaceae (FAO, 2018).

### **3.3 Producción**

#### **3.3.1 Producción mundial**

Los principales países exportadores del frejol en el mundo durante el año 2015 fueron: China con 311.452 toneladas con una participación del 19%, seguido por Argentina con 354.706 toneladas con una participación del 16%; Estados Unidos con 217.103 toneladas con una participación del 10%. Por último, Bolivia se encuentra en la posición 14 a nivel mundial de las exportaciones de frejol, generando 20.122 toneladas con una participación del 1% del valor en las exportaciones mundiales (Rural, 2017).

La producción mundial acumulada de 2012-2018, los principales países productores de frejol en el mundo son: La India con 17.3%, seguido de la Birmania con 16.0%, Brasil con 10.3%, Estados Unidos con el 4.9%, China y Tanzania con el 4.1%, ocupando el séptimo lugar México con el 4.0% (Cedrssa, 2020).

Investigaciones del programa frejol (IIA) El vallecito dan cuenta de que pese a que Bolivia es el octavo país productor de frejol en el mundo el consumo per cápita, por año, en el país alcanza a 300 gramos. En Brasil, es de aproximadamente 20 kilos, en México 18, Chile 12, Cuba 10 y Colombia 3 (Agronomía, 2014).

En el año 2015, a nivel mundial se importó aproximadamente un valor total de 1.662.628 miles de dólares y una cantidad que equivale a 1.673.037 toneladas. Los principales importadores en el mundo de este producto fueron: Italia con una participación del 9%, Inglaterra 7%, India 6% y Brasil 5%; los mismos que representan aproximadamente el 27% del total de las importaciones mundiales del Frejol (Rural, 2017).

Según la FAO (2008), de los trece países de mayor consumo de la leguminosa en el mundo, nueve de ellos se encuentran en América Latina; Nicaragua, Brasil, México, Paraguay, Belice, Costa Rica, Guatemala y Honduras, lo que confirma la relación de los niveles de consumo y los ingresos per cápita de países menos y más desarrollados.

### **3.3.2. Producción en Bolivia**

El frejol es un cultivo que se produce en todas las regiones geográficas cálidas de Bolivia. Las zonas con mayor producción del frejol es Santa Cruz al norte integrado (Montero, Fernández Alonso, Chane, Sagrado Corazón y San Pedro), el este (Cuatro Cañadas y San Julián) y los valles cruceños (Samaipata, Mairana, Los Negros, Pampagrande, Comarapa, Vallegrande, Moro Moro y Saipina), además de la zona de la Chiquitania (Sara, Guarayos y Choquitos) y Cordillera (Lagunilla y Gutiérrez), los valles de Chuquisaca (Tomina, Belisario Boeto) y el Chaco chuquisaqueño (Luis Calvo) y los valles de Cochabamba (Mizque, Narciso Campero) y con muy poca producción en los departamentos de La Paz, Beni y Pando (Choque, 2013).

Las exportaciones bolivianas a diciembre de 2016, su principal mercado de Bolivia es el país de Brasil que exporta más de \$us 22 millones con una participación del 67%, el país además exporta frejol a España, el segundo mercado más importante para Bolivia, con una participación del 16%, seguido por Colombia, con más de 3 millones de dólares, con una participación del 9%, sobre el total de las exportaciones bolivianas en 2016 (Rural, 2017).

El departamento de Santa Cruz es el principal exportador del Frejol, el 2008 se registró la mayor exportación con más de 34.800 TM, mientras que el departamento de Cochabamba exporto entre 2006-2010 un volumen de 49 TM, entre 2013-2016 acumulo un volumen de 405 TM; el departamento de Chuquisaca exporto entre 2006-2016 un volumen de 40 TM. Durante los 11 años, el departamento de Santa Cruz registro un incrementó de 23.449 TM a 34.687 TM (Rural, 2017).

### **3.4 Clasificación taxonómica**

La planta de frejol común es herbácea, anual, dependiendo del hábito de crecimiento, puede alcanzar alturas de dos metros; la clasificación taxonómica es presentada por (Valladares, 2010).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica

<b>Reino:</b>	<b>Plantae</b>
<b>Clase:</b>	Eudicotiledoneas
<b>Subclase:</b>	Rosidae
<b>Orden:</b>	Fabales
<b>Familia:</b>	Fabaceae
<b>Subfamilia:</b>	Faboideae
<b>Tribu:</b>	Phaseoleae
<b>Sub tribu:</b>	Phaseolinae
<b>Género:</b>	Phaseolus
<b>Especie:</b>	<i>P. vulgaris</i>
<b>Nombre común</b>	Frejol, judía poroto, habichuela.

Fuente: (APG-IV, 2016).

### 3.5 Características morfológicas

#### 3.5.1 Descripción de la raíz

En la primera etapa se observa la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. Pocos días después se observan las raíces secundarias que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz, el sistema radical tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos (Ventura, Parada, Aldemaro, & Ovidio, 2018).

Los mismos autores indican que *Phaseolus vulgaris* presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Estos nódulos tienen forma poliédrica y un diámetro aproximado de 2 a 5 milímetros. Son colonizados por bacteria del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico, que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta.



**Figura 1.** Raíz de la planta del frejol

**Fuente:** <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5991/1/CPA-2017-039.pdf>

### 3.5.2 Descripción del tallo

El tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual está formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, el tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis, tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas, y puede ser erecto, semipostrado y postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad (Arias, Jaramillo, & Teresita, 2007).

Debouck e Hidalgo (1991) citado por Plasencia (2009), indica que, presenta una forma herbácea cilíndrica, ligeramente angular con numerosos nudos (8 - 25) y entre nudos, con tallo de porte erecto semipostrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad.

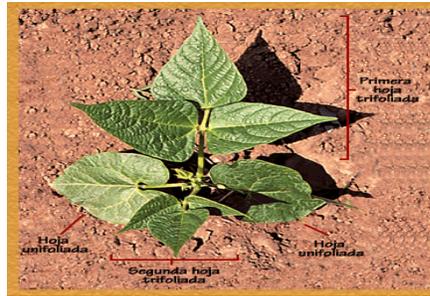


**Figura 2.** Tallo de la planta del frejol

**Fuente:** [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/legumino/frejol/ramas.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/frejol/ramas.htm)

### 3.5.3 Descripción de las 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).



**Figura 3.** Hojas del cultivo de frejol

**Fuente:** [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/legumino/frejol/hojas.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/frejol/hojas.htm)

### 3.5.4 Descripción de la flor

La flor contiene los dos órganos sexuales de la planta. En los estambres se produce el polen que cuando cae en los pistilos producen la semilla o el grano. El cáliz es un tubo acampanado hacia el ápice que se divide en cinco lóbulos, dos de los cuales se encuentra parcialmente unidos; la corola rosa-purpura a casi blanca, de cinco pétalos desiguales, el más extremo es el más ancho y vistoso, llamado estandarte (Armando Ulloa, Rosas Ulloa, Ulloa Rangel, & Ramirez Ramirez, 2011).



**Figura 4.** Flor del cultivo de frejol

**Fuente:** <https://www.bioenciclopedia.com/frijol-comun/>

### 3.5.5 Descripción de frutos o vainas

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral, Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar (Arias, Jaramillo, & Teresita, 2007).



**Figura 5.** Frutos del cultivo de frejol

**Fuente:** <https://www.semillasdeidentidad.org/es/catalogo?categoria=0a98654a095a8f94072170443a0cb184>

### 3.5.6 Descripción de la semilla

Las semillas de frejol presentan una gran variación de colores, formas y tamaños; entre los colores se puede señalar el blanco, amarillo, beige, café, rojo, negro o combinaciones de algunos de ellos; las formas, en tanto, pueden ser cilíndricas, arriñonadas, esférica, ovaladas, etc. (Vargas, 2013).



**Figura 6.** Semilla del cultivo del frejol

**Fuente:** Elaboración propia

Las partes externas más importantes de la semilla, se detallan a continuación:

**Testa o cubierta:** corresponde a la capa que recubre el óvulo.

Bajo la testa, la semilla presenta dos cotiledones y un eje embrionario; éste último está formado por la radícula, el hipocotilo, el epicotilo, la plúmula y las dos hojas primarias o unifoliadas.

**Hilum:** corresponde a la cicatriz dejada por el funículo; esta última estructura conecta la semilla con la placenta.

**Micrópilo:** corresponde a una abertura natural existente en la semilla localizada cerca del hilum; permite la absorción de agua para el proceso de germinación.

**Rafe:** corresponde a un lóbulo que proviene de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo.

### **3.6 Hábito de crecimiento de la planta de frejol**

Según estudios hechos por él (CIAT, 1986), se considera que los hábitos de crecimiento pueden ser agrupados en cuatro tipos principales.

#### **3.6.1 Tipo I - Hábito de crecimiento determinado arbustivo:**

El tallo principal es vigoroso y presenta 5 a 10 internudos comúnmente cortos. La altura de las plantas varía normalmente entre 30 y 50 cm (aunque existen casos de plantas enanas con 15 a 25 cm de altura). El crecimiento de la planta se detiene una vez aparece la inflorescencia que se ubica en la punta del tallo principal y en las ramas laterales. La etapa de floración es rápida y la madurez de las vainas ocurre en forma bastante concentrada.

### 3.6.2 Tipo II - Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo:

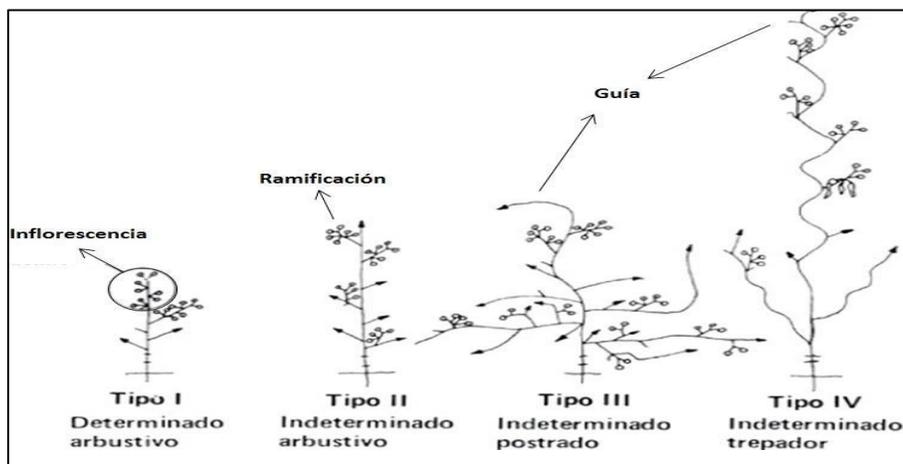
El crecimiento de la planta es erecto, el número de ramas es bajo y el tallo principal normalmente desarrolla una guía de escaso crecimiento. El crecimiento en los tallos continúa después de la floración.

### 3.6.3. Tipo III - Hábito de crecimiento indeterminado postrado:

La etapa de floración es más prolongada que en los hábitos Tipo I y II, y la madurez de sus vainas es bastante menos concentrada. Las plantas presentan un hábito postrado o semipostrado, con un gran sistema de ramificación. Si el tallo principal y sus múltiples ramificaciones cuentan con algún tipo de soporte, la planta puede presentar aptitud trepadora a partir de las guías que presentan en su parte terminal (se presentan luego de iniciada la floración); los internudos de las guías son mucho más largos que los internudos de los tallos.

### 3.6.4 Tipo IV - Hábito de crecimiento indeterminado trepador:

Las ramas son pocas y el tallo principal puede tener de 20 a 30 nudos y alcanzar hasta 2 metros de altura o más si es guiado. La floración se prolonga durante varias semanas, pudiendo presentarse vainas casi secas en la parte basal de la planta, mientras en la parte alta continúa la floración (Bogotá, 2015).



**Figura 7.** Tipos de hábitos de crecimiento del frejol  
**Fuente:** Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito, 2015.

### **3.7 Fenología del frejol**

Es el estudio de todos los procesos biológicos relacionados con el cultivo de frejol y como interactúa el ambiente sobre su ciclo, procesos como la germinación, emergencia, plántula, floración y maduración, la planta de frejol se divide en dos fases sucesivas: fase vegetativa y la fase reproductiva (Choque, 2013).

#### **3.7.1 Fase vegetativa**

Valladolid (2001). Describe las fases vegetativas del cultivo de frejol, de la siguiente manera:

##### **3.7.1.1 Etapa V0: Germinación**

Se inicia desde el momento en que la semilla tiene la humedad suficiente para dar comienzo al proceso de germinación. Absorbe agua y posteriormente emerge la radícula convirtiéndose en la raíz primaria. El hipocotilo también crece hasta que los cotiledones quedan a nivel del suelo, con lo cual concluye la etapa de germinación (Valladolid, 2001).

##### **3.7.1.2 Etapa V1: Emergencia**

Esta etapa se inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo y se considera que un cultivo de frijol inicia la etapa V1 cuando el 50% de la población esperada, presenta los cotiledones al nivel del suelo. Después de la emergencia el hipocotilo se endereza y sigue creciendo hasta alcanzar su tamaño máximo y cuando este se encuentra completamente erecto, los cotiledones comienzan a separarse y se nota que el epicotilo ha empezado a desarrollarse (CIAT, 1982).

##### **3.7.1.3 Etapa V2: Hojas primarias**

Comienza cuando 50% de las plantas presentan las hojas primarias desplegadas. En esta etapa las hojas primarias unifoliadas alcanzan su tamaño máximo. Los

cotiledones pierden su forma arqueándose y arrugándose. Termina cuando la primera hoja trifoliada está completamente desplegada.

#### **3.7.1.4 Etapa V3: Primera hoja trifoliada**

Se inicia cuando la primera hoja trifoliada del 50% de plantas de un cultivo se encuentra completamente abiertas, con los folíolos ubicados en un plano y por debajo de las hojas primarias. Termina cuando la tercera hoja trifoliada se despliega. Al finalizar esta etapa se observa la primera hoja trifoliada por encima de las hojas primarias, la segunda hoja trifoliada desplegada y los cotiledones secos o caídos.

#### **3.7.1.5 Etapa V4: Tercera hoja trifoliada**

Esta etapa se caracteriza por la tercera hoja trifoliada desplegada en el 50% de las plantas, se puede observar que la hoja se encuentra aún debajo de la primera y segunda hoja trifoliada. En esta etapa se puede diferenciar algunas estructuras vegetativas tales como el tallo, las ramas y otras hojas trifoliadas. Las yemas axilares de los nudos inferiores del tallo generalmente se desarrollan produciendo ramas. En general, esta etapa es la más extensa de la fase vegetativa (Valladolid, 2001).

### **3.7.2 Fase reproductiva**

#### **3.7.2.1 Etapa R5: Prefloración**

Se inicia cuando aparece el primer botón o racimo floral en el 50% de las plantas de un cultivo. En una variedad de hábito determinado, se nota el desarrollo de botones florales en el último nudo del tallo o de las ramas cesando el crecimiento del tallo y de las ramas.

En cambio, en las variedades de hábitos indeterminados, la aparición de los primeros racimos florales se observa en los nudos inferiores. Esta etapa finaliza cuando ocurre la apertura de la flor (Valladolid, 2001).

### **3.7.2.2 Etapa R6: Floración**

Se inicia cuando el 50% de plantas presentan la primera flor abierta. La primera flor abierta corresponde al primer botón floral que apareció. En plantas de hábito determinado la floración empieza en el último nudo del tallo y de las ramas; continúa en forma descendente en los nudos inferiores.

En cambio, en las variedades de crecimiento indeterminado (tipos II, III y IV), la floración comienza en la parte baja del tallo y de las ramas y continúa en forma ascendente. Una vez que la flor ha sido fecundada, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento. Como consecuencia del crecimiento de la vaina, la corola marchita se desprende.

### **3.7.2.3 Etapa R7: Formación de las vainas**

Se inicia cuando el 50% de plantas de un cultivo presentan la primera vaina con la corola de la flor colgada o recientemente desprendida. La vaina tiene de 2 a 2,5 cm de longitud cuando la corola se desprende, continúa su crecimiento longitudinal por unos 10 a 15 días con poco crecimiento de las semillas. Cuando las valvas alcanzan su tamaño y peso máximo, se inicia el llenado de las vainas.

### **3.7.2.4 Etapa R8: Llenado de vainas**

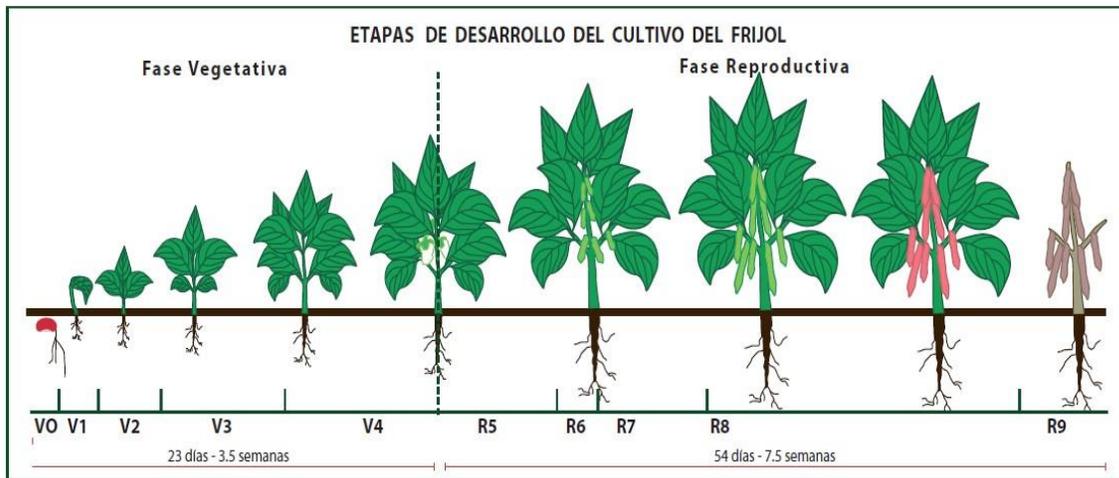
Se inicia cuando en el 50% de plantas comienza el llenado de la primera vaina, de este modo las vainas presentan abultamientos que corresponden a las semillas en crecimiento. El peso de los granos aumenta marcadamente cuando las vainas han alcanzado su tamaño y peso máximo. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde para comenzar a adquirir las características de la variedad.

### **3.7.2.5 Etapa R9: Maduración**

Esta etapa inicia cuando la primera vaina inicia su decoloración y secado en el 50% de las plantas. Los cambios en la coloración de las vainas indican el inicio de la

maduración de la planta; continúa el amarillamiento y la caída de las hojas y todas las partes de la planta se secan.

Las vainas al secarse pierden su pigmentación. El contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar un 15%, momento en el cual las semillas adquieren su color típico. Así termina el ciclo biológico la planta lista para la cosecha.



**Figura 8.** Fenología del frijol  
**Fuente:** I.I.A. El Vallecito, 2015

### 3.8 Variedades del frijol

Las variedades detalladas a continuación fueron descritas por Choque (2016).

#### 3.8.1 Variedad Fortaleza

Fortaleza es una variedad biofortificada. su denominación se debe a que contiene el doble de hierro y zinc que las variedades convencionales tiene como origen a la línea codificada como NUA 35, que fue obtenida del CIAT Colombia (Centro Internacional de la Agricultura Tropical), mediante el cruzamiento de CAL96x (CAL96 x G14519).

Esta variedad fue evaluada por el instituto de investigaciones agrícolas “El Vallecito” a través de su programa frijol desde el invierno del 2005 hasta verano del 2009 en

diferentes ambientes de los valles y llanos del departamento de Santa Cruz (Choque, 2016).

El mismo autor indica que Fortaleza es una variedad con habito de crecimiento determinado, arbustivo, de grano grande color rojo moteado de forma alargado arriñonado.

**Cuadro 2.** Características agronómicas de la variedad Fortaleza

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	Tipo I
<b>Altura de planta</b>	35 a 50 cm
<b>Color de flor</b>	Blanca
<b>Color de grano seco</b>	Rojo moteado
<b>Forma del grano</b>	Alargado arriñonado
<b>Tamaño del grano</b>	Grande
<b>Días a floración</b>	38 a 43 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	80 a 85 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Intermedio
<b>Número de vainas por planta</b>	7 a 12
<b>Número de granos por vaina</b>	3 a 5
<b>Peso de 100 semillas</b>	55 a 60 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1000 a 1500 kg/ha

Fuente: I.I.A. El Vallecito, 2016

### 3.8.2 Variedad Negro Chane

La variedad Negro Chane, proviene de una hibridación realizada en el centro internacional de agricultura tropical (CIAT Colombia). La que dio origen a la variedad fue TB 94 – 01 enviada en el año 1999 al programa frejol del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”, la variedad Negro Chane, según CIAT Colombia proviene de la siguiente hibridación:

((IPA 7419 x (HOMDURAS 46x VENEZUELA 54))//((( AROANA x ((VERANIC 2 x TLALNEPANTLA 64) x JAMAPA x TARA))//G 4326//((S 166 AN x ECUADOR 299) x

(( VERANIC 2 x TLALNEPANTLA 64)x(JAMAPA x TARA)))/ (( NEP 2 x ICA PIJAO) x F4(RIO TIBAGI\*3Xcornell 49242)).

El mismo autor indica que Negro Chane es una variedad con habito de crecimiento indeterminado arbustivo, de grano mediano color negro. Las plantas se caracterizan por su vigor, porte alto y hojas medianas de color verde oscuro, las plantas en la etapa de cosecha permanecen erectas y esta característica permite realizar la cosecha directa con cosechadoras combinadas equipadas con cilindros de flujo axial, la maduración del grano es uniforme (Choque, 2016).

**Cuadro 3.** Características agronómicas de la variedad Negro Chane

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	Tipo II
<b>Altura de planta</b>	55 a 60 cm
<b>Color de flor</b>	Morada
<b>Color de grano seco</b>	Negro
<b>Forma del grano</b>	Redondo alargado
<b>Tamaño del grano</b>	Mediano
<b>Días a floración</b>	40 a 50 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	90 a 95 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Tardío
<b>Número de vainas por planta</b>	12 a 15
<b>Número de granos por vaina</b>	5 a 6
<b>Peso de 100 semillas</b>	23 a 28 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1500 a 2800 kg/ha

Fuente: IIA El Vallecito, 2016

### 3.8.3 Variedad Negro Sen

La línea SEN 48 fue desarrollada CIAT Colombia. Esta alinea tiene su origen del cruzamiento entre las siguientes líneas:

(SXB 114 x DOR 605) F1 x SXB 123/ - MC – 2P MQ – MC – 8C – MC – MC)

Negro Sen es una variedad con hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, con grano de tamaño mediano, de color negro claro, las plantas en la etapa de madurez de cosecha permanecen erectas y la maduración del grano es uniforme.

Una de las principales características de la variedad Negro Sen, es presentar tolerancia a la sequía, mayor cantidad de hierro y zinc en las semillas, comparando con las variedades comerciales sembradas en Bolivia (Choque, 2016).

**Cuadro 4.** Características agronómicas variedad Negro Sen

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	Tipo II
<b>Altura de planta</b>	45 a 50 cm
<b>Color de flor</b>	Morada
<b>Color de grano seco</b>	Negro
<b>Forma del grano</b>	Redondo alargado
<b>Tamaño del grano</b>	Mediano
<b>Días a floración</b>	38 a 43 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	80 a 87 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Precoz
<b>Número de vainas por planta</b>	10 a 15
<b>Número de granos por vaina</b>	5 a 6
<b>Peso de 100 semillas</b>	24 a 29 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1300 a 1800 kg/ha

Fuente: IIA El Vallecito, 2016

### 3.8.4 Variedad Rojo Oriental

La variedad Rojo Oriental proviene del cruzamiento, entre las líneas ICA Línea 24, ICA 10009 y la variedad Mulato Gordo este cruzamiento se lo realizó en el CIAT Colombia, fue introducida a Bolivia en 1991, con la identificación de la línea PVA773 que dio origen a la variedad Rojo Oriental (Choque, 2016).

El mismo autor indica que Rojo Oriental es una planta con hábito de crecimiento determinado arbustivo, de hojas trifoliadas grandes de color verde normal de tallos

erecto con una altura promedio, presenta flores blancas, los granos son de color rojo con estrías blancas de forma alargada arriñonada pertenece al grupo varietal (Choque, 2016).

**Cuadro 5.** Características agronómicas de la variedad Rojo Oriental

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	Tipo I
<b>Altura de planta</b>	45 a 50 cm
<b>Color de flor</b>	Blanca
<b>Color de grano seco</b>	Rojo moteado
<b>Forma del grano</b>	Alargado arriñonado
<b>Tamaño del grano</b>	Grande
<b>Días a floración</b>	40 a 45 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	85 a 90 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Intermedio
<b>Número de vainas por planta</b>	10 a 12
<b>Número de granos por vaina</b>	3 a 4
<b>Peso de 100 semillas</b>	50 a 55 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1000 a 1700 kg/ha

Fuente: I.I.A. El Vallecito, 2016

### 3.8.5 Variedad Mairana

Esta variedad proviene de un cruzamiento realizado en CIAT Colombia, entre las líneas A445 y EMP117 fue introducida a Bolivia como la línea A686 en 1989, año en que el programa frejol del I.I.A “El Vallecito “inicia un proceso de evaluación en campo de agricultores hasta nominarla como nueva variedad en 1992 (Choque, 2016).

El mismo autor indica que la variedad Mairana es una planta de tipo arbustivo adaptada en zonas de los valles interandinos y llanos de Bolivia posee un crecimiento indeterminado presenta hojas medianas de color verde intenso y flores blancas, las vainas son medianas de color verde, el grano es de color crema jaspeado de forma arriñonada.

**Cuadro 6.** Características agronómicas de la variedad Mairana

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	II b
<b>Altura de planta</b>	45 a 60 cm
<b>Color de flor</b>	Blanca
<b>Color de grano seco</b>	Crema jaspeado
<b>Forma del grano</b>	Redondo alargado
<b>Tamaño del grano</b>	Mediano
<b>Días a floración</b>	40 a 45 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	90 a 95 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Tardío
<b>Número de vainas por planta</b>	10 a 15
<b>Número de granos por vaina</b>	5 a 6
<b>Peso de 100 semillas</b>	22 a 26 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1500 a 2000 kg/ha

Fuente: I.I.A. El Vallecito, 2016

### 3.8.6 Variedad VFR

La variedad VFR, proviene de una hibridación realizada inicialmente en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT Colombia) entre las líneas A445 x A264 y posteriormente desarrolladas como variedad en el Brasil. La línea que dio origen a la variedad fue Perola, enviada en el año 1997 programa frejol del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”, para ser evaluada en los predios del instituto y luego en campos de agricultores.

Las parcelas de introducción, selección, adaptación y rendimiento se realizaron cubriendo las principales zonas productoras de las regiones de los valles interandinos y las llanuras orientales (Choque, 2016).

El mismo autor indica que VFR es una planta de habito de crecimiento indeterminado arbustivo, de grano mediano, de color crema jaspeado, las plantas se caracterizan

por su vigor, de porte alto y hojas medianas de color verde; la maduración del grano es uniforme.

En la madurez las plantas tienden a postrarse, por esta razón se sugiere realizar el arrancado manual y trilla lo más oportuno posible para evitar la pérdida de grano (oxidación del grano).

**Cuadro 7.** Características agronómicas de la variedad VFR

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	Tipo II b
<b>Altura de planta</b>	50 a 70 cm
<b>Color de flor</b>	Blanca
<b>Color de grano seco</b>	Crema jaspeada
<b>Forma del grano</b>	Redondo alargado
<b>Tamaño del grano</b>	Mediano
<b>Días a floración</b>	45 a 50 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	90 a 95 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Tardío
<b>Número de vainas por planta</b>	12 a 16
<b>Número de granos por vaina</b>	5 a 6
<b>Peso de 100 semillas</b>	24 a 28 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1500 a 2000 kg/ha

Fuente: I.I.A. El Vallecito, 2016

### 3.8.7 Variedad MIB 395

La variedad MIB es de crecimiento indeterminado arbustivo, de grano pequeño, de color rojo, las plantas se caracterizan por su vigor, de porte alto y hojas medianas de color verde; la maduración del grano es uniforme, las flores son de color morada, su ciclo de maduración es precoz.

**Cuadro 8.** Características agronómicas de la variedad MIB

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	Tipo II b
<b>Altura de planta</b>	50 a 90 cm
<b>Color de flor</b>	Morada
<b>Color de grano seco</b>	Rojo
<b>Forma del grano</b>	Redondo alargado
<b>Tamaño del grano</b>	Mediano
<b>Días a floración</b>	38 a 43 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	80 a 87 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Precoz
<b>Número de vainas por planta</b>	10 a 15
<b>Número de granos por vaina</b>	5 a 6
<b>Peso de 100 semillas</b>	24 a 29 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1300 a 1800 kg/ha

Fuente: I.I.A. El Vallecito, 2016

### **3.8.8 Variedad Charolito**

Esta variedad es de habito de crecimiento determinado (arbustiva), no presenta guías, florece cerca a los 56 días en zonas de valle, tiene grano de color negro, la siembra se la realiza después de una buena preparación del terreno, la variedad charolito se adapta a climas de valle, subtropical y tropical, requiere de terrenos aireados y riego adecuado en etapas de floración y producción, se puede cosechar aproximadamente a los 120 días, es de alto rendimiento.

Requiere de climas templados que varían entre 18°C a 24°C, siendo la temperatura ideal 21°C, se adapta bien a zonas con altitud entre 200 y 2900 m.s.n.m. (Patiño, s.f.).

**Cuadro 9.** Características agronómicas de la variedad Charolito

<b>Características agronómicas</b>	
<b>Tipo de crecimiento</b>	Arbustivo
<b>Habito de crecimiento</b>	II
<b>Altura de planta</b>	45 a 50 cm
<b>Color de flor</b>	Morada
<b>Color de grano seco</b>	Negro
<b>Forma del grano</b>	Redondo alargado
<b>Tamaño del grano</b>	Mediano
<b>Días a floración</b>	38 a 43 días después de la siembra
<b>Días a madurez de cosecha</b>	80 a 87 días después de la siembra
<b>Ciclo de maduración</b>	Precoz
<b>Número de vainas por planta</b>	10 a 15
<b>Número de granos por vaina</b>	5 a 6
<b>Peso de 100 semillas</b>	24 a 29 gramos
<b>Rendimiento promedio</b>	1300 a 1800 kg/ha

Fuente: I.I.A. El Vallecito, 2016

### 3.9 Contenido de nutrientes del frejol

Las propiedades nutritivas que posee el frejol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales (Armando *et al.*, 2011).

El mismo autor menciona que, dependiendo del tipo de frejol, 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 frejol 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%.

**Cuadro 10.** Composición química del frejol por 100 g de porción comestible

Compuesto	Grano verde	Grano seco
Agua (%)	60,5	12
Materia seca (%)	39,5	88
Proteínas (g)	9,8	22,0
Glúcidos (g)	27,8	60,8
Lípidos (g)	0,3	1,6
Calcio (mg)	59	86
Fósforo (mg)	213	247
Hierro (mg)	3,6	7,6
Ácido ascórbico (mg)	7	8
Vitamina A (act. µg)	10	5
Valor energético (cal)	150	337

Fuente: Sinka (2011) citando a Vigliola *et al.*, (1992)

### 3.10 Requerimiento nutricional del Frejol

El frejol absorbe cantidades altas de N, P, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P, pero independientemente del tipo de suelo y el grado de fertilidad que este tenga, recomendamos a manera de guía aportar las siguientes cantidades de nutrientes para el cultivo de frejol durante su ciclo productivo, Nitrógeno 150-200 kg/ha. Fósforo: 80-100 kg/ha, Potasio: 180-240 kg/ha, Calcio: 70-80 kg/ha, Magnesio: 30-40 kg/ha, Azufre: 15-20 kg/ha, Boro: 0,5-1,0 kg/ha, Cobre: 0,4-0,8 kg/ha, Hierro: 2,0-3,0 kg/ha, Manganeso: 0,8-1,5 kg/ha, Zinc: 2,0-3,0 kg/ha (Vargas, 2013).

### 3.11 Requerimientos edafoclimáticos.

#### 3.11.1 Clima

Quispe (2008) menciona a Vigliola *et al.* (1992), el cual indica que es una especie de clima templado-cálido, por lo tanto, muy sensible a las heladas en cualquier estado de desarrollo. Con periodos críticos como la prefloración, floración y fructificación.

### **3.11.2 Altitud**

De acuerdo a Meneses *et al.* (1996) citado por Aguilar (2015), en Bolivia las zonas productivas pueden ubicarse en altitudes que van desde 300 a 2800 m.s.n.m. Los cultivares mejorados que se encuentran en zonas bajas corresponden a los de tipo arbustivo, con ciclo vegetativo bastante corto de 80 a 100 días; en cambio en las zonas altas se encuentran los cultivares volubles o enredaderas, con periodos largos entre 120 y 150 días.

### **3.11.3 Precipitación**

El cultivo de frejol requiere precipitaciones de entre 350 mm y 600 mm durante el ciclo del cultivo. Al principio, las semillas requieren de un suelo húmedo para una buena germinación y es exigente en agua durante los primeros 50 días después de la siembra (FAO, 2018).

Son convenientes unos 110 mm a 180 mm entre siembra y floración; y entre 50 mm a 90 mm durante la floración e inicio de fructificación. Las épocas más críticas por la necesidad de agua son los 15 días antes de la floración y los 18 a 22 días antes de la maduración de las primeras vainas (FAO, 2018).

### **3.11.4 Temperatura**

El frejol se desarrolla y produce mejor a temperaturas entre 18 °C y 24 °C, pero algunas variedades también producen en zonas más frías o más calurosas. Las temperaturas mínimas para su buen desarrollo están relacionadas con las etapas del cultivo, de 8 °C a 10 °C para la germinación, 15 °C para la floración y de 18 °C a 20°C para la madurez, las temperaturas bajas retardan el crecimiento, mientras que las temperaturas altas lo aceleran (FAO, 2018).

### **3.11.5 Suelo**

El frejol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en

suelos con pH entre 5.5 y 6.5 de topografía plana y ondulada, con buen drenaje. Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva el frejol en Bolivia son muy variables, tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía (Vargas, 2013).

Se deben seleccionar terrenos con suelos que permitan el crecimiento radicular hasta por lo menos 35 cm a 40 cm, de manera que las plantas puedan tener suficiente humedad y nutrientes para su desarrollo. Deben ser suelos sueltos y porosos, que permitan la infiltración adecuada del agua y con buena aireación que permita la respiración normal de las raíces y de los microorganismos simbióticos (FAO, 2018).

### **3.12 Plagas del cultivo de frejol**

#### **3.12.1 Plagas que causan daño a nivel del suelo**

##### **3.12.1.1 Gusano tierrero o *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae)**

**Importancia:** Esta plaga es considerada de importancia en la mayoría de los cultivos, el daño que causa es en la etapa de plántula y en horas de la noche, está presente en todas las zonas de producción agrícola, con mayor incidencia en zonas agrícolas con baja humedad (Choque, 2013).

**Morfología:** El huevo es de forma globular, tipo esférico algo aplanado y con finas estrías en su superficie. La pupa es del tipo momificada, de color marrón rojizo, el adulto tiene las anteriores de color pardo amarillento, el cuerpo es gris. El ciclo de vida total es de aproximadamente 26-31 días.

**Daños.** Los gusanos cortadores son larvas oscuras que cortan los tallos tiernos de las plántulas al ras del suelo, su ataque ocurre en manchas o focos, aunque en ocasiones el daño es tan generalizado que es necesario volver a sembrar (InfoAgro, 2009).

**Control:** Buena preparación del suelo. Control de malezas.

### 3.12.2 Plagas que causan daño a nivel del follaje

#### 3.12.2.1 Lorito verde- *Empoasca Kraemeri* (Hemiptera: *Cicadellidae*)

**Importancia:** Este insecto se encuentra presente en todas las zonas de producción de frejol 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 (Choque, 2013).

**Morfología:** Los adultos son de color verde claro con matices dorados, miden de 3 a 4 mm de longitud y alados. Las ninfas son de color verde claro. Las formas juveniles no tienen alas pero pueden desplazarse rápidamente.

**Daños:** El lorito verde inicia su ataque inmediatamente después de la germinación de la planta. Provoca un encorvamiento de las hojas hacia arriba o hacia abajo, que posteriormente se encrespan. Los márgenes de las hojas primarias se tornan amarillos. La planta se retrasa en su crecimiento y presenta síntomas similares a los causados por el ataque de virus (Escoto, 2013).

**Control:** Considerar la época de siembra, el uso de cultivos múltiples y el empleo de coberturas.

#### 3.12.2.2 Diabrotica o petita verde *Diabrotica speciosa* (Coleóptera: *Chrysomelidae*)

**Importancia:** Son plagas crisomélidas, importantes en el frejol y otros cultivos, en Bolivia están generalmente presentes en soya, caupi mucuna, hortalizas y otro cultivo, 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 frejol y soya, está presente la *Diabrotica speciosa*, *cerotoma arcuata* y *cerotoma rutilicornis* (Choque, 2013).

**Morfología:** Sus huevos son de color blanco amarillento y de forma alargada, son depositados en grupos de 10 a 30 en el suelo, cerca del tallo de la planta. Las larvas

inicialmente son de color blanco, para luego volverse amarillas. Su cuerpo es alargado llegando a medir de 9 a 10 mm al final de su desarrollo. La pupa es de tipo exarata y de color blanco. El adulto mide de 4 a 6 mm tras al emerger se torna verde amarillento.

**Daños:** Las larvas se alimentan de raíces, y los adultos comen hojas y vainas. En plantas pequeñas también comen tallos. Los daños se ven como perforaciones redondeadas. El daño más severo es en plantas pequeñas, puesto que éstas son más débiles y tienen pocas hojas. Algunas especies transmiten enfermedades causadas por virus, por ejemplo, el Mosaico común. En caso de infestaciones severas, los rendimientos pueden ser reducidos en 25 a 30% (Sicita, 2010).

**Control:** Eliminar malezas dentro y en los alrededores del cultivo. La aradura reduce los niveles de la plaga. Utilizar cultivos trampa en los alrededores, como las cucurbitáceas, para reducir daños (Sicita, 2010).

### 3.12.2.3 Minador de hoja *Liriomyza spp.* (Díptera: *Agromyzidae*)

**Importancia:** Las galerías excavadas por las larvas minadoras pueden reducir la capacidad fotosintética de las hojas, causar abscisión foliar prematura y permitir el ingreso de fitopatógenos a las plantas.

**Morfología:** Los adultos son moscas diminutas de 1-2 mm, de color oscuro y manchas amarillas en la cabeza y entre las alas, los huevos son puestos dentro del tejido de las hojas, las larvas son de color crema amarillento, vermiformes sin patas. Viven en minas o galerías que hacen en las hojas, Las pupas se encuentran en el suelo adheridas a las hojas, viven de 20 a 25 días (Sicita, 2010).

**Daños:** Las larvas comen los tejidos de las hojas, justo por debajo de la capa superior de las mismas (cutícula) al alimentarse forman galerías irregulares, que se ven como manchas claras en las hojas, esta plaga es altamente dañina cuando las plantas son jóvenes, en infestaciones severas hay amarillamiento en el follaje. Se puede observar

muchas galerías o minas de color claro y caída de hojas los rendimientos de las plantas afectadas disminuyen (Sicita, 2010).

**Control:** Ante el minador de la hoja se debe plantear desde un enfoque integral y de buenas prácticas fitosanitarias. El uso de mallas antiáfidos, barreras de control color amarillo dentro y fuera de los invernaderos.

### **3.12.3 Plagas que causan daño en granos**

#### **3.12.3.1 Gorgojos del Frejol *Acanthoscelides obtectus* (Coleóptera: *Bruchidae*)**

**Importancia:** Los daños que esta plaga ocasiona, se reflejan en las pérdidas que comúnmente tiene el frejol 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 está activa, se observan huevos, excrementos e insectos adultos muertos (Choque, 2013).

**Morfología:** Los adultos son de color café oscuro con manchas color crema en las alas y tórax. Los machos son más pequeños que las hembras. Ponen sus huevos pegados a las semillas.

Los huevos recién colocados son traslúcidos y días después se vuelven blancos. Sus larvas y pupas son de iguales características. Su ciclo de vida es de 25 a 30 días (Ventura, Parada, Aldemaro, & Ovidio, 2018).

**Daños:** Es una plaga que solamente ataca los granos almacenados. El daño es realizado por las larvas en el interior del frejol. (Ventura, Parada, Aldemaro, & Ovidio, 2018).

Esta plaga en su periodo larvario afecta los granos almacenados del frejol. 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 (Choque, 2013).

**Control:** Cosecha temprana, no mezclar el frejol 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.

### **3.13 Enfermedades del cultivo de frejol**

#### **3.13.1 Enfermedades de las raíces**

##### **3.13.1.1 Pudrición de raíces por Rhizoctonia *Rhizoctonia solani* Kuhn (Mon., *Mycelia Sterila*)**

**Importancia:** La pudrición de la raíz de la planta de frejol conocidas como pudrición es causada por un organismo patógeno muy común en la flora de los suelos de las regiones productoras de este cultivo.

**Síntomas:** El hongo ataca las semillas en germinación, las raíces y las plántulas; así mismo puede afectar las ramas y vainas que estén en contacto con el suelo. La etapa más crítica ocurre en la fase de desarrollo vegetativo (Choque, 2013).

**Epidemiología:** La severidad del daño que puede causar esta enfermedad depende de la temperatura, de la humedad del suelo y de los exudados de la planta y sus raíces, los cuales estimulan el crecimiento del micelio.

**Control:** Usar semilla sana y buena (certificada), rotación de cultivos (maíz, arroz, yuca, pasto), realizar la siembra en terrenos bien drenados, trabajar con labranza mínima y usar coberturas.

### 3.13.2 Enfermedades de follaje

#### 3.13.2.1 Mancha angular *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris (Mon., *Stilbacea*)

**Importancia:** La mancha angular es común en regiones con temperaturas intermedias (18-28 °C), y períodos de lluvia alternados con días secos. La planta puede ser atacada desde dos semanas después de la siembra hasta el llenado de vaina (la enfermedad se nota más a partir de la sexta semana). Se transmite por semilla. El hongo sobrevive en restos de cosechas anteriores y en el campo se disemina rápidamente por el viento (Sicla, 2008).

**Síntomas:** Son más frecuentes en hojas y vainas, aunque también aparecen en tallos. En las hojas se observan pequeñas manchas de color gris o café, de forma cuadrada o triangular, con borde amarillento. Estas manchas crecen y se unen. Por debajo de la mancha en la hoja se observan pequeños bastoncitos grises. En plantas adultas ocurre amarillamiento y caída de las hojas inferiores. En las vainas se observan manchas café o rojizas circulares con un borde más oscuro (Sicla, 2008).

**Epidemiología:** Para el desarrollo de la enfermedad son necesarios un período prolongado de clima cálido y húmedo junto con una fuente de inóculo. El hongo puede sobrevivir el invierno en semillas y como estroma en desecho de plantas en el suelo. (Notas, 2009).

**Control:** Eliminar los residuos de cosecha por medio de barbechos profundos ayuda a la disminución del inóculo. Rotación de cultivos por periodos no inferiores a dos años. Usar semilla libre de patógenos, puesto que la enfermedad se transmite por medio de la semilla (Notas, 2009).

### 3.14 Abonos Orgánicos

El abono orgánico es un producto de origen natural, resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixtos, que tiene la capacidad de mejorar

la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos (Peña, Carrión, Martínez, Rodríguez, & Companioni, 2004).

El objetivo de los abonos orgánicos es de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas del suelo o sustrato, Esta clase de abonos no solo aportan al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Así mismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general (InfoAgro, s.f.).

Con la aplicación de abonos orgánicos las plantas obtienen dosis óptimas de nutrientes, según sus requerimientos, además de nutrientes naturales, los abonos contienen vitaminas, enzimas, a medida que mejore el suelo, los cultivos lograrán un mejor desarrollo y las plantas alcanzarán su potencial productivo y con una mejor calidad (Picado, 2005).

#### **3.14.1 Abonos orgánicos líquidos**

Según, contextoganadero (2017), menciona que los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas o estimuladoras del crecimiento vegetal, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento para la fertilización integral que se aplica al suelo para mantener o recuperar su fertilidad.

El abono líquido actúa no solamente como un abono sino también como fumigador foliar, fungicida e insecticida suave. Además de todos estos efectos, el cultivo tratado con el abono líquido también desarrolla resistencia a las enfermedades de origen viral (Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente, 2014).

Por su parte Picado, (2005) indica que los abonos líquidos pueden ser aeróbicos (proceso en presencia de aire) o anaeróbicos (proceso con ausencia de aire). Su aplicación podría hacerse directamente sobre las plantas o sobre los suelos.

El abono orgánico líquido funciona principalmente al interior de las plantas, activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo (Restrepo, 2007).

El mismo autor menciona que la aplicación de abonos orgánicos líquidos se deben realizar en las primeras horas de la mañana hasta más o menos las 10 am, y por las tardes después de las 4 pm, y así aprovechar la apertura de las estomas (donde hay difusión de elementos vía foliar). Se recomienda que su aplicación sea realizada preferentemente de la parte de abajo de las hojas hacia arriba.

### **3.14.2 Ventajas de los abonos orgánicos líquidos**

Los abonos líquidos tienen las siguientes ventajas (Restrepo, 2007).

- Utilización de recursos locales, fáciles de conseguir (estiércol de vaca, melaza, suero, leche, etc.).
- Inversión muy baja (tanques o barriles de plástico, mangueras, botellas desechables, etc.).
- Se observan resultados a corto plazo y a largo plazo.
- El aumento de la resistencia contra el ataque de plagas y enfermedades.
- La eliminación de los factores de riesgo para la salud de los trabajadores al manipular y aplicar los productos orgánicos.
- El mejoramiento y la conservación del medio ambiente, y la protección de los recursos naturales incluyendo la vida del suelo.
- Finalmente economizan energía, aumentan la eficiencia de los micronutrientes aplicados en los cultivos y bajan los costos de producción, por lo que aumentan la rentabilidad y recuperan los suelos degradados.

### **3.14.3 Aplicación foliar**

La aplicación foliar es un procedimiento utilizado para satisfacer los requerimientos de micronutrientes, aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de la producción. La fertilización foliar de micronutrientes ha demostrado ser positiva, es mucho más fácil obtener una distribución uniforme, a diferencia de la aplicación de granulados. La respuesta es casi inmediata y consecuentemente las deficiencias puede corregirse durante el ciclo de crecimiento (Melgar, 2005).

La aplicación foliar es una práctica efectiva para la corrección de deficiencias nutricionales en plantas que se encuentran bajo condiciones de estrés o en suelos con baja disponibilidad de nutrientes. Consiste en aplicar disoluciones de nutrientes directamente sobre las hojas. Esta absorción en la hoja se desarrolla mayoritariamente a través de la epidermis, por difusión, debido al gradiente de concentración del nutriente que se establece entre la superficie de la hoja y en el interior de la epidermis (Murillo, Castillo, Piedra, & Marin, 2013).

La aplicación foliar es el método más eficiente de suministro de micronutrientes (pero también de nitrógeno o NPK en una situación crítica para el cultivo), que son necesariamente en cantidades pequeñas y suelen llegar a ser indisponibles si son aplicados en el suelo (Serrano, 1980).

La efectividad de la fertilización foliar depende de un gran número de medidas, de la cantidad de sustancias absorbidas a través de la superficie (siendo importante la composición de las hojas) y su traslado por los conductos flemáticos, requiriendo un gasto de energía metabólica. Estas sustancias nutritivas deben atravesar la cutícula, las paredes y membranas plasmáticas hasta llegar al interior de la hoja (Chilon, 1997).

### **3.14.4 Abono líquido Biol**

El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, etc, en

ausencia de oxígeno. Es una especie de vida (bio), muy fértil (fertilizante), rentables ecológicamente y económicamente. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente, por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes (INIA, 2008).

Es un fertilizante foliar (líquido) de origen orgánico, que es producto de la descomposición anaeróbica (sin aire), de los desechos orgánicos y sustratos de plantas (Leguminosas: Alfalfa, Arveja, Haba, etc.) y estiércol fresco de animales (Vacuno, Porcino, Ovino, Aves, etc.) que se obtienen por medio de la filtración del bioabono y que se aplica a los cultivos para mejorar su crecimiento y desarrollo estimulando una mayor resistencia a plagas y enfermedades (Ribera, 2011).

El Biol tiene una buena actividad biológica, desarrollo de fermentos nitrosos y nítricos, microflora, hongos y levaduras que serán un excelente complemento a suelos improductivos, puede aumentar la producción de un 30 hasta un 50%, además que protege de insectos y recupera los cultivos afectados por heladas (Sistemabiobolsa, s.f.).

El Biol tiene dos componentes: una parte sólida y una líquida. La primera es conocida como biosol que se obtiene como producto de la descarga o limpieza del biodigestor donde se elabora el Biol La parte líquida es conocida como abono foliar. El resto sólido está constituido por materia orgánica no degradada, excelente para la producción de cualquier cultivo (Álvarez, 2010).

#### **3. 14.4.1 Funciones del Biol**

Promueve 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 (Ribera, 2011).

El mismo autor menciona que la función del Biol en el interior de las plantas es, activar el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa, a través de los ácidos orgánicos las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, co-enzimas carbohidratos, azúcares complejas de relaciones

biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establece entre las plantas y la vida del suelo.

#### **3.14.4.2 Ventajas del Biol**

El Biol tiene las siguientes ventajas según (Alvarez, 2010).

- Se puede elaborar en base a insumos que se encuentran en la comunidad.
- No tiene una receta fija.
- Estimula el trabajo de los microorganismos benéficos del suelo.
- Su preparación es fácil y puede adecuarse diferentes tipos de envases.
- Promueve las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas.
- Es de rápida absorción para las plantas, por su alto contenido de hormonas de crecimiento vegetal, aminoácidos y vitaminas.
- Bajo costo.
- Permite soportar con mayor eficacia ataques de plagas, enfermedades y efectos adversos del clima.

Ventajas del Biol según (Colque, et al., 2005).

- Aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, otros)
- Es ecológico, compatible con el medio ambiente y no contamina el suelo.
- Acelera la floración, En trasplante, se adapta mejor la planta en el campo.

#### **3.14.4.3 Desventajas del Biol:**

El Biol tiene las siguientes desventajas según (Álvarez, 2010).

- El tiempo desde la preparación hasta la utilización es largo.
- En extensiones grandes se requiere de una mochila para aplicar.
- No se monetiza o cuantifica el empleo de mano de obra.

### **3.14.5 Lixiviado de humus**

El lixiviado se obtiene mediante el drenaje que se va recogiendo en la tubería de salida de la compostera, es un líquido pardo-negruzco concentrado, con una alta carga de microorganismos y nutrientes. Los podemos usar aplicándolos al suelo en el agua de riego y vía foliar para la prevención de plagas y enfermedades. Se ha demostrado su potencial en la protección de cultivos debido a la presencia microbiana (García, 2015).

El humus de lombriz, es un abono orgánico obtenido mediante el proceso de la digestión que hacen las lombrices a la materia orgánica dando como resultado, ácidos húmicos y fúlvicos, que puede manejarse en forma sólida como humus o en forma líquida como lixiviado de humus o te de humus de lombriz (Sagarpa, 2010).

En cuanto a su contenido nutritivo, el lixiviado de lombriz está compuesto por una cantidad importante de minerales como: Azufre, Boro, Calcio, Fósforo, Nitrógeno, Manganeso, Magnesio, Potasio, Sodio y Zinc, algunos en menores cantidades que otros, lo cual ayuda cubrir cualquier tipo de carencia que tengan las plantas, a complementar los nutrientes que ya existen y a evitar la concentración de las sales (Hidroponia.mx, 2016).

El lixiviado se ha demostrado ser excelente su 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 (Casco & Iglesias, 2005).

Es importante mencionar que el lixiviado de humus aporta en mejorar las estructuras del suelo, debido a que permite aumentar la retención de líquidos y la aireación, enriquece al medio de cultivo con microorganismos benéficos que permiten obtener un mayor rendimiento en la producción, plantas más fuertes y frutos con mayor uniformidad (Hidroponia.mx, 2016).

Al ser líquido el lixiviado de humus de lombriz, se facilita enormemente su aplicación, y se reducen costos logísticos, con la misma inversión, pueda aplicar mucho más

humus líquido que sólido a lo largo del año, multiplicando los beneficios (Nostoc, 2017).

El mismo autor indica que el efecto del humus líquido es más visible y rápido que el del sólido debido a que los microorganismos penetran con más facilidad en el suelo y se reproducen con más rapidez, constituye la mejor opción para el agricultor.

#### **3.14.5.1 Propiedades del lixiviado de humus**

Las plantas tienen la capacidad de absorber nutrientes a través de los estomas que se encuentran en la superficie de sus hojas, por tanto, se puede utilizar como abono foliar (Siamex, s.f.).

- Incrementa la biomasa de micro organismos presentes en el suelo.
- Mejora la estructura y potencia la vida microbiana de los suelos.
- Aumenta la producción en los cultivos.
- Estimula un mayor desarrollo radicular.
- Retiene la humedad en el suelo por mayor tiempo.
- Incrementa la producción de clorofila en las plantas.
- Equilibra el desarrollo de hongos presentes en el suelo.
- Disminuye la actividad de chupadores como áfidos.
- Su aplicación disminuye la contaminación de químicos en los suelos.
- Acelerar el desarrollo de botones de flores y frutos.
- Acorta la recuperación de una planta dañada, expuesta a la sequía o con follaje descolorido.
- Además, estimula la humificación propia del suelo ya que incorpora y descompone los residuos vegetales presentes en el suelo.

#### **3.14.5.2 Ventajas del lixiviado del humus de lombriz**

Las ventajas del lixiviado de humus según (Tinoco & Nallely, 2015).

- Aumenta la retención de la humedad del suelo.

- Aporta un alto contenido de elementos y de nutrientes al suelo.
- Restablece el equilibrio biológico del suelo.
- Ayuda al control de plagas y de enfermedades.
- Regula el pH del suelo.

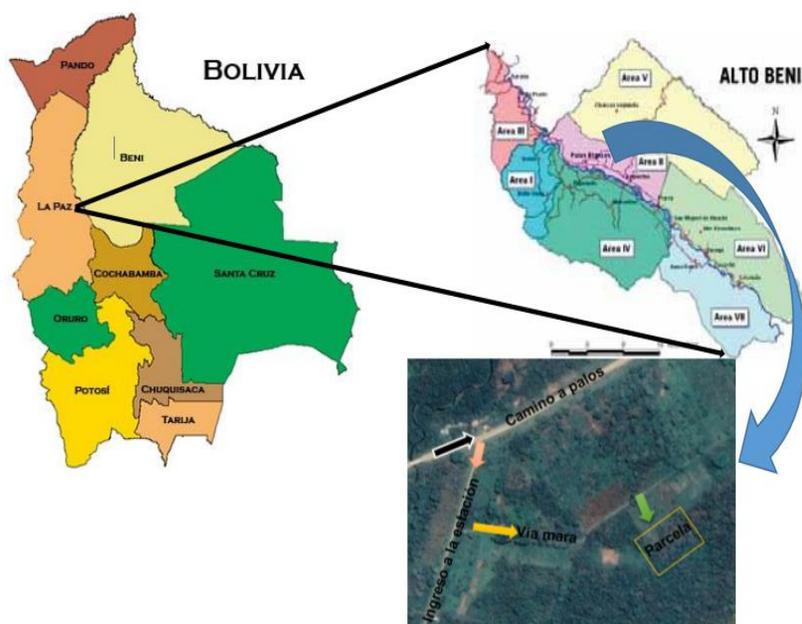
## 4 LOCALIZACIÓN

### 4.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Sapecho (EES), municipio de Palos Blancos cuarta sección de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, se encuentra localizado a 239 Km de la ciudad de La Paz, para su acceso desde la sede de gobierno se recorre un primer tramo hasta llegar a Sapecho (Ruta 3 de la Red Fundamental: La Paz – Trinidad), para continuar hacia el desvío que se dirige a la localidad de Covendo y que pasa por la capital del municipio la ciudad de Palos Blancos ubicado a 10 Km de Sapecho (Chipana, 2017), altura de 450 m.s.n.m., (E.E.S., 2012).

#### 4.1.1 Latitud y longitud

El municipio a partir de la línea del Ecuador y el meridiano de Greenwich, se ubica entre los paralelos  $67^{\circ}00'81''$  y  $71^{\circ}60'81''$  de latitud, entre  $83^{\circ}33'109''$  y  $82^{\circ}48'90''$  de longitud Oeste, por lo que geográficamente se localiza en la región sub andina (PDM, 2012).



**Figura 9.** Ubicación Geográfica del Área del Experimento  
**Fuente:** Vista satelital del área Google Earth, 2020

#### **4.1.2 Descripción fisiográfica**

##### **4.2.1 Altitud**

Las variaciones altitudinales van desde los 383 m.s.n.m. en comunidades del distrito Santa Ana de Mosetenes hasta los cerca de 1.520 m.s.n.m., en alrededores de la comunidad Illampu (Cerro Pelado) del Distrito “El Sillar”. En este rango se encuentran distribuidas la mayoría de los centros poblados y comunidades de la región (Chipana, 2017).

##### **4.2.2 Relieve topográfico**

El sector de Sapecho (Palos Blancos), está constituido por paisaje geomorfológico con anticlinal, cresta monoclinal y serranías medias, con disección ligera y fuerte. Sub paisaje conformado por colinas bajas con cimas redondeadas y terrazas aluviales, con pendientes de 10 a 15%, altura de 500 a 900 m.s.n.m con amplitud de relieve de 50 a 100 m el origen de la geoforma es estructural y deposicional. Geológicamente se hallan constituidas por conglomerados y areniscas, desde limosas hasta cuarzosas, de grano variable (UNODC, 2010).

#### **4.1.3 Características climáticas**

De acuerdo a datos meteorológicos pertenecientes a la Estación Experimental de Sapecho, se tiene registros para el área una temperatura promedio del ambiente de 26°C, con precipitaciones pluviales promedio son de 1.800 mm y con respecto a la humedad relativa es de 80% (E.E.S, 2012).

#### **4.1.4 Características de los suelos de Sapecho**

Los suelos son moderadamente profundos, los horizontes son de color pardo fuerte pardo rojizo y rojo amarillento también menciona que los suelos están formados por horizontes A, B y C moderadamente desarrollados. La textura varía de moderadamente gruesa (franco arenoso), moderadamente fina (franco arcilloso) y

fina (arcilloso). La estructura varía de bloques sin ángulos rectos a formas de migas, su adherencia varía de no adherente a adherente y su plasticidad varía de no plástico a plástico en mojado (UNODC, 2010).

## **5 MATERIALES Y MÉTODO**

### **5.1 Materiales empleados**

#### **5.1.1 Material vegetal**

Para el siguiente estudio se emplearon ocho variedades de frejol, las cuales fueron introducidas por el Instituto de Investigaciones Agrícolas el Vallecito dependiente de la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno.

#### **5.1.2 Material orgánico líquido**

Los abonos líquidos fueron elaborados de la Estación Experimental de Sapecho, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

- Biol
- Lixiviado de humus de lombriz

#### **5.1.3 Material de campo**

- Machete
- Mochila fumigadora
- Cinta métrica
- Balanza
- Cámara fotográfica
- Tutores de alambre y cordel
- Sacos quintaleros

#### **5.1.4. Material de gabinete**

- Computadora
- Cuaderno de registro

## 5.2 Metodología

### 5.2.2 Procedimiento experimental

El trabajo de investigación se realizó bajo un estudio descriptivo siguiendo la cadena lógica de la investigación realizando los siguientes pasos:

Preparación del terreno, siembra, aplicación de abonos líquidos, prácticas culturales, tutoraje, cosecha, arrancado, trilla y secado.

#### 5.2.2.1 Habilitación de la parcela

La Habilitación de la parcela, comenzó con la eliminación de maleza del área experimental, posteriormente se efectuó el recojo de los rastrojos dejando el área totalmente limpia.



**Figura 10.** Limpieza de la parcela de frejol

#### 5.2.2.2 Delimitación del terreno

Para la delimitación del terreno se procedió con la medición utilizando un flexómetro, se midió el ancho y largo de cada bloque (9x20) m, posterior a esta actividad se colocó estacas en cada esquina y finalmente se puso con cintas de color para la identificación de cada bloque, contando con una superficie total de 540m<sup>2</sup>.

### 5.2.2.3 Siembra

La siembra se realizó manualmente en la campaña agrícola de verano, bajo el sistema de golpe en línea, depositando 3 semillas por golpe a una profundidad de 5 a 6 cm, posteriormente se los cubrió levemente. Se empleó una densidad de siembra de 0.50 m. entre surco y 0.30 m. entre planta.



**Figura 11.** Siembra de la semilla de frejol

### 5.2.2.4 Prácticas culturales

#### 5.2.2.4.1 Desmalezado

El control de malezas se realizó de forma manual utilizando azadón y machete. Esta actividad se realizó en tres ocasiones durante el ciclo vegetativo. El primer desmalezado se realizó a los 20 días después de la siembra, el segundo a los 35 días y finalmente a los 42 días.



**Figura 12.** Desmalezado de la parcela de frejol

#### 5.2.2.4.2 Tutoraje

Se realizó con el fin de guiar y dar soporte a la planta durante su desarrollo vegetativo, para que esta pueda recibir mayor luz solar, evitando así el acumulamiento de humedad, parásitos y enfermedades.

#### 5.2.2.4.3 Control de plagas

Durante el ciclo del cultivo se efectuó el monitoreo para identificar las plagas principales y su control oportuno evitando perjuicio en el desarrollo normal de las plantas y el rendimiento.

Para controlar las plagas principales o primarias del trabajo de investigación se aplicó insecticidas naturales de origen vegetal "*insecticidas botánicos*", se obtiene a partir de extractos de plantas.

Se preparó el siguiente insecticida botánico: extracto de ajo, itapallo y como adherente se utilizó jabón.

**Para la aplicación:** Se puso el producto en la mochila de aspersión y se procedió a asperjar al cultivo, repitiendo el procedimiento hasta controlar la plaga.

#### Plagas observadas:

Gusano cogollero, diabrotica o pepita verde y minador de hoja



**Figura 13.** Plagas observadas en el cultivo de frejol.

#### 5.2.2.4.4 Control de enfermedades

Las variedades estudiadas no mostraron susceptibilidad a enfermedades durante su etapa de desarrollo, sino en la etapa reproductiva, en la variedad Fortaleza y Rojo Oriental se: hizo notorias lesiones de color café oscuro en las nervaduras de las plantas, en las vainas los síntomas aparecen como lesiones circulares de 1 a 10mm de diámetro.

### **5.2.3. Aplicación de abonos líquidos**

#### **5.2.3.1 Aplicación de Biol**

La aplicación de Biol se realizó a los 16 días después de la siembra, la segunda a los 22 días, la tercera aplicación se realizó en la prefloración esto para estimular mayor cantidad de botones florales, la cuarta aplicación se realizó en la formación de vainas, la quinta aplicación se realizó en llenado de grano con el objetivo de aumentar el peso de los granos. Las aplicaciones se realizó con la ayuda de una mochila fumigadora a primera hora de la mañana hasta las 10:00 am o por las tardes a partir de las 16:00 pm, la cantidad de Biol que se utilizó fue del 20% (2,4lt con relación a 12lt de agua).

Se consideró las recomendaciones bibliográficas donde indican que se debe aplicar en una concentración del 20% teniendo como resultado mayor efecto en el desarrollo de la planta, mejor calidad de los productos y un mayor rendimiento, esto debido a las propiedades que este presenta, cumpliendo así con los requerimientos de la planta, ya que dosis superiores al 20% son excesivos y los cultivos no puede asimilar y sintetizar los nutrientes (Villanueva, 2016).

#### **5.2.3.2 Aplicación de lixiviado de humus**

La aplicación de lixiviado de humus se realizó a los 16 días después de la siembra, la segunda a los 22 días con el objetivo de tener una planta bien desarrollada, la tercera aplicación se realizó en la prefloración esto para estimular mayor cantidad de botones florales, la cuarta aplicación se realizó en la formación de vainas, la quinta aplicación se realizó en el desarrollo de grano con el objetivo de aumentar el mayor número de grano y mayor peso de los granos. Las aplicaciones se realizó con la ayuda de una mochila fumigadora a primera hora de las mañana hasta las 10:00 am o por las tardes a partir de las 16:00 pm.

Para la aplicación del lixiviado de humus, en las plantas de frejol se consideró 2,4 kg de humus en 12 lt. de agua es decir el 20% de concentración.



**Figura 14.** Aplicación de abonos líquidos

## **5.2.4 Cosecha**

Para iniciar la cosecha de frejol se observó los siguientes indicadores: la maduración que se manifiesta por el cambio de color de las vainas, del color verde al pardo más o menos oscuro, las hojas comenzaron a amarillar desprendiéndose de la planta, momento en el cual se procedió con la cosecha de forma manual y progresiva de acuerdo al grado de maduración de cada variedad.

### **5.2.4.1 Arrancado**

El arrancado de las plantas de frejol, se realizó manualmente en horas de la mañana, posterior a esta actividad se realizó el apilado en montones para la trilla el porcentaje de humedad de la semilla en campo osciló entre 16 y 18%, se debe evitar que la semilla esté muy húmeda para que no aparezca hongos o enfermedades que pueden afectar la coloración de las semillas (Padilla, 2013).

### **5.2.4.2 Trilla**

La trilla se ejecutó manualmente por garroteo utilizando palos. Este proceso se realizó sobre una carpa tendida en el piso. Una vez realizada la trilla, se procedió al venteado para apartar los granos del rastrojo.

Esta práctica es de mucho cuidado para la semilla, y debe evitarse al máximo el daño físico a la misma. Es recomendable realizarla cuando el porcentaje de humedad es aproximadamente del 14% al 16% (Padilla, 2013).

#### **5.2.4.3 Secado**

Una vez finalizada la trilla se procedió al secado de las semillas, se realizó en horas de menor intensidad solar, el porcentaje de humedad requerido para el almacenamiento de las semillas debe ser entre 12% y 13%.

La semilla es un ser vivo, y el recalentamiento o demasiada exposición al sol influye sobre la viabilidad de la misma (Padilla, 2013).

#### **5.2.5 Diseño Experimental**

Para la evaluación del presente trabajo de tesis se realizó un estudio bajo el diseño de Bloques completamente al azar con dos factores, se considera la gradiente de bloqueo en el experimento a la humedad de suelo emplazada perpendicular a los bloques, utilizando las pruebas de significancia de Duncan, obteniendo 24 tratamientos con tres repeticiones (Ochoa, 2008).

##### **5.2.5.1 Modelo lineal aditivo**

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media general

$\beta_k$  = Efecto del k-ésimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Variedades)

$\gamma_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Abonos Líquidos)

$(\alpha\gamma)_{ij}$  = Efecto i-esimo nivel del factor A con el j-esimo nivel del factor Interacción AxB

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

### 5.2.5.2 Descripción de los Factores de Estudio

A continuación se describe la conformación de los tratamientos y la descripción de las unidades experimentales.

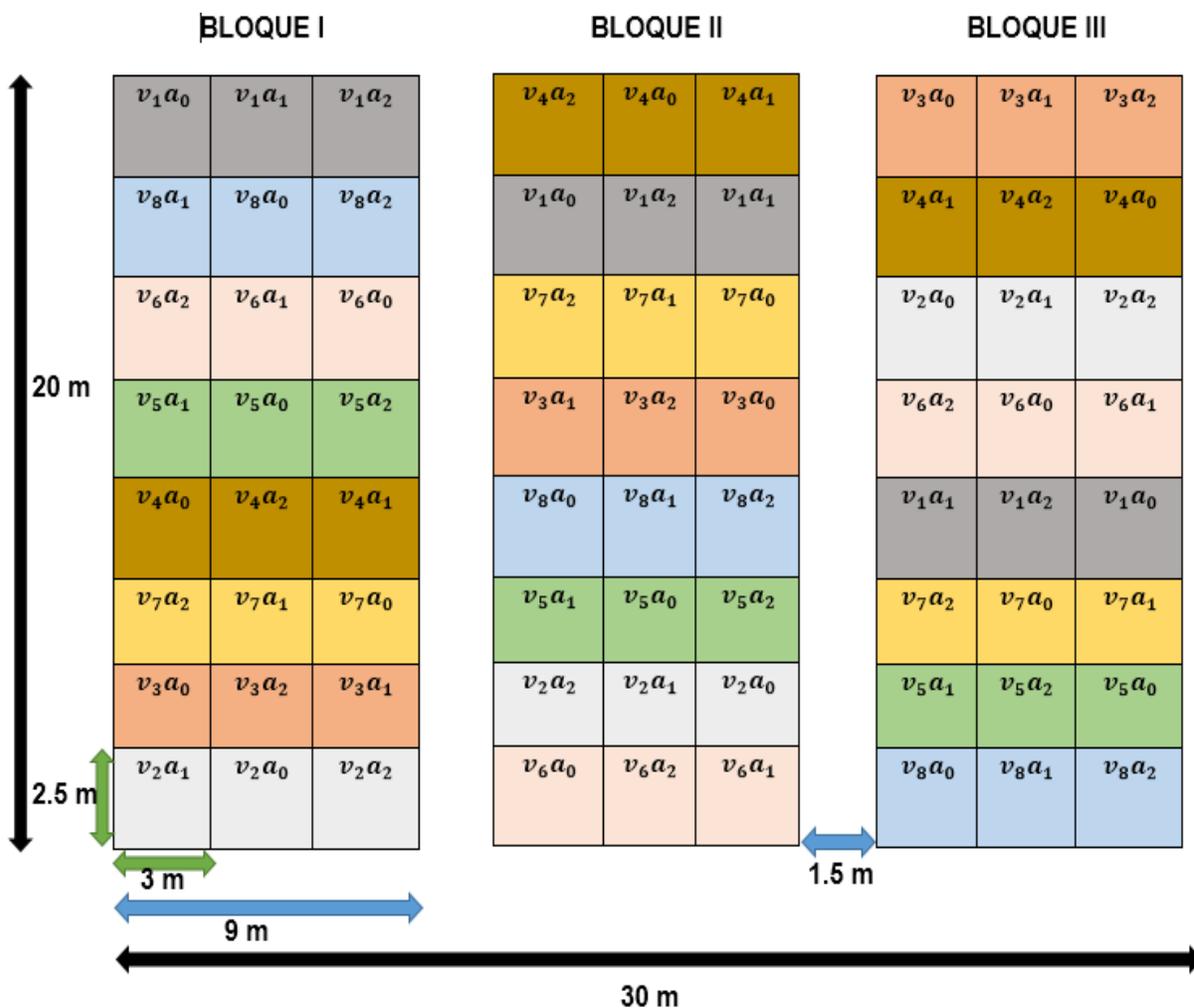
**Cuadro 11.** Cuadro de los factores de estudio.

Factores de estudio	Tratamientos	Detalle
<b>Factor A: variedades de frejol (phaseolus vulgaris)</b> V1=Charolito V2= Negro Sen V3=MIB V4=Mairana V5=Rojo Oriental V6= Fortaleza V7=Negro Chane V8=VFR	T1= $v_1a_0$ T2 = $v_1a_1$ T3 = $v_1a_2$ T4 = $v_2a_0$ T5 = $v_2a_1$ T6 = $v_2a_2$ T7 = $v_3a_0$ T8 = $v_3a_1$ T9 = $v_3a_2$ T10 = $v_4a_0$ T11 = $v_4a_1$ T12 = $v_4a_2$ T13 = $v_5a_0$ T14 = $v_5a_1$ T15 = $v_5a_2$ T16 = $v_6a_0$ T17 = $v_6a_1$ T18 = $v_6a_2$ T19 = $v_7a_0$ T20 = $v_7a_1$ T21 = $v_7a_2$ T22 = $v_8a_0$ T23 = $v_8a_1$ T24 = $v_8a_2$	Charolito-Testigo Charolito-Biol Charolito-Lixiviado de humus Negro Sen- Testigo Negro Sen- Biol Negro Sen- Lixiviado de humus MIB-Testigo MIB-Biol MIB-Lixiviado de humus Mairana-Testigo Mairana- Biol Mairana- Lixiviado de humus Rojo Oriental- Testigo Rojo Oriental – Biol Rojo Oriental – Lixiviado de humus Fortaleza- Testigo Fortaleza – Biol Fortaleza Lixiviado de humus Negro Chane – Testigo Negro Chane - Biol Negro Chane Lixiviado de humus VFR – Testigo VFR - Biol VFR – Lixiviado de humus
<b>Factor B: abonos líquidos</b> a0= Testigo (sin aplicación) a1= Biol a2= Lixiviado humus		

Fuente: Elaboración propia (2021)

### 5.2.5.3 Croquis experimental

Se describe a continuación el emplazamiento de los tratamientos (unidades experimentales) y las dimensiones de cada una de ellas.



#### VARIETADES DE FREJOL

v1	CHAROLITO	v5	ROJO ORIENTAL
v2	NEGRO SEN	v6	FORTALEZA
v3	MIB	v7	NEGRO CHANE
v4	MAIRANA	v8	VFR

Figura 15. Croquis de campo para el diseño experimental

#### **5.2.5.4 Área dimensional del Campo Experimental**

Superficie total del experimento:	540 m <sup>2</sup>
Área de un bloque:	180 m <sup>2</sup>
Área de una unidad experimental:	7.5 m <sup>2</sup>
Número de bloques:	3
Número de tratamientos por bloque:	24
Total, de unidades experimentales:	72
Ancho pasillos:	1.5 m
Número de plantas por tratamiento:	100 plantas

#### **5.2.6 Variables de respuesta**

##### **5.2.6.1 Altura de planta**

La medición se realizó en centímetros con ayuda de una regla desde la base del cuello del tallo hasta el ápice del vástago de la planta.

##### **5.2.6.2 Número de vainas por planta**

Para el conteo del número de vainas por planta, se seleccionó al azar vainas en la etapa de la defoliación y madurez fisiológica.

##### **5.2.6.3 Longitud de vaina**

Se tomó muestras de forma manual de la longitud de vaina, en plantas seleccionadas al azar, realizando una medición desde su inserción en el pedicelo hasta el extremo libre de ápice con la ayuda de una regla.

##### **5.2.6.4 Número de granos por vaina**

Para esta variable se procedió con el conteo del número de granos por planta cuando estas llegaron a su completa maduración.

### **5.2.6.5 Peso de 100 granos**

Se tomaron 100 semillas elegidas al azar como muestras representativas de cada variedad, luego se procedió con el pesaje del mismo expresado en gramos después del secado.

### **5.2.6.6 Rendimiento**

El rendimiento del frejol se determinó mediante la evaluación del número de plantas por metro cuadrado, posteriormente se procedió a expresar en kg/ha para su respectivo estudio.

### **5.2.7 Análisis económico**

La evaluación de costos parciales de producción se realizó según la metodología propuesta por CIMMYT (1988), que recomienda el análisis de beneficios netos y el cálculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos alternativos, para obtener los beneficios y costos marginales. Los rendimientos se ajustaron en menos 10% por efecto del nivel de manejo, puesto que el experimento estuvo sujeto a cuidados y seguimientos que normalmente no se dan en condiciones de producción tradicional.

#### **5.2.7.1 Beneficio Bruto (BB)**

Es llamado también Ingreso Bruto (IB), es el rendimiento ajustado, multiplicado por el precio del producto (CIMMYT, 1988).

$$\mathbf{BB = R \times PP}$$

Dónde:

BB = Beneficio Bruto (Bs/ha)

R = Rendimiento ajustado (Tn/ha)

PP = Precio del Producto (Bs)

### **5.2.7.2 Costos Variables (CV)**

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria utilizados en cada tratamiento, fertilizantes, insecticidas, uso de maquinaria, jornales y transporte (CIMMYT, 1988).

### **5.2.7.3 Beneficio Neto (BN) o Utilidad del cultivo**

El Beneficio neto (BN) fue calculado por tratamiento, según la siguiente fórmula citada por el (CIMMYT, 1998). Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP).

$$\mathbf{BN = BB - CP}$$

Dónde:

BN = Beneficio neto (Bs/ha)

BB = Beneficio bruto (Bs/ha)

CP = Costo total de producción (Bs)

### **5.2.7.4 Relación Beneficio/Costo (B/C)**

Es la relación que existe entre los Beneficios Brutos (BB), sobre los Costos de Producción (CP). Se define como el indicador de la pérdida o ganancia bruta por unidad monetaria invertida, se estima dividiendo el ingreso bruto, o Beneficio (B) entre el Costo total de producción (CT).

Si la relación (B/C) es mayor que la unidad se considera que existe un apropiado beneficio, si es igual a uno los beneficios son iguales a los costos de producción y la actividad no es rentable, valores menores que uno indica pérdida y la actividad no es beneficiosa (Herrera, Velasco, Denen, & Radulovich, 1994).

$$\mathbf{B/C = BB/CP}$$

Dónde:

B/C = Beneficio Costo (Bs)

BB = Beneficio Bruto (Bs)

CP = Costo de Producción (Bs)

Cuando:

$B/C > 1$       Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, lo que significa que es rentable.

$B/C = 1$       Los ingresos económicos solo cubren los costos de producción.

$B/C < 1$       La producción no es rentable.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 Variables de respuesta

#### 6.1.1. Altura de planta

Los resultados para la variable de respuesta de altura de planta del cultivo de frejol se muestran a continuación.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para la variable altura de planta.

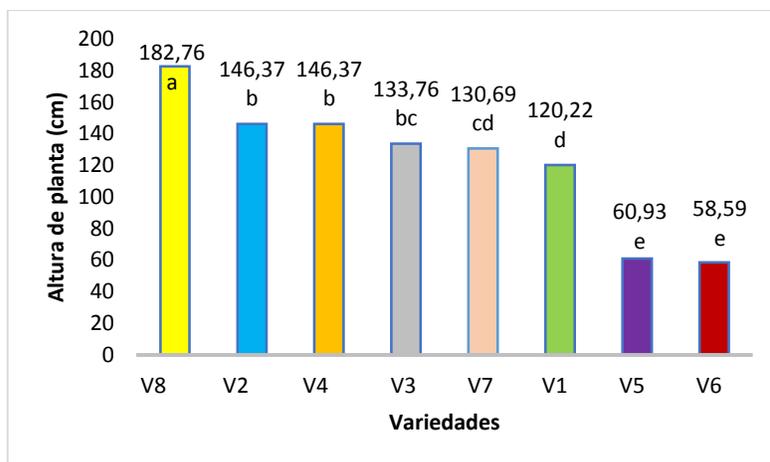
Fuente de Variabilidad	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de Significancia
Bloques	547.10	2	273.55	1.64	0.2049	NS
Factor A Variedades	115607.71	7	16515.39	99.07	<0.0001	**
Factor B Abonos líquidos	4211.10	2	2105.55	12.63	<0.0001	**
Interacción Factor AxB	1331.20	14	95.09	0.57	0.8739	NS
Error Experimental	7668.15	46	166.70			
Total	129365.26	71	C.V		10.54 %	

\*\* : Altamente significativo; \* : significativo; NS: no significativo

En el Análisis de Varianza del Cuadro 12, muestra un Coeficiente de Variabilidad de 10.54%, el cual nos demuestra que todos los datos registrados durante la investigación fueron considerados como confiables y aceptables.

En el análisis de datos para la Fuente de Variabilidad bloques nos indica que no se presentó diferencias significativas, siendo que los promedios de los bloques se consideran homogéneos y similares entre si estadísticamente.

En la Fuente de Variabilidad Factor "A", variedades de frejol, se observa diferencias altamente significativas, indicándonos que hay distinta altura de planta en las ocho variedades de frejol, se confirma el empleo de la comparación de medias Duncan.



**Figura 16.** Variable altura de planta

Según la comparación de medias Duncan para la variable altura de planta, se agruparon los promedios obtenidos en cinco grupos, el mayor promedio se registró en el Grupo “A” en la variedad VFR (V8) obtuvo el mayor promedio en altura con 182.76 cm, seguido por la variedad Negro Sen (V2) y Mairana (V4) con 146.37 cm en ambas variedades, las variedades con menor altura de planta se registraron en el grupo “E”, con las variedades Rojo Oriental (V5) y Fortaleza (V6) con 60.93 cm y 58.59 cm de altura de planta respectivamente.

Esta diferencia de altura entre las variedades evaluadas está relacionada directamente con las características genéticas que cada una presenta ya que la variedades Rojo Oriental y Fortaleza presentan un hábito de crecimiento tipo I (determinado arbustivo) mientras que la variedad VFR presenta un hábito de crecimiento tipo II (indeterminado arbustivo).

La fuente de variabilidad Factor “B”, tipos de abonos líquidos aplicados al cultivo de frejol, se observó diferencias altamente significativas, mostrándonos que se presenta contrastes en la altura de planta al utilizar diferentes abonos líquidos, afirmando el uso de comparación de media Duncan descrita a continuación:

**Cuadro 13.** Comparación de medias Duncan para el Factor “B”.

<b>Factor B Abonos líquidos</b>	<b>Media Altura de Planta (cm)</b>	<b>Agrupación de medias</b>
<b>A2</b>	132.18	A
<b>A1</b>	121.71	B
<b>A0</b>	113.49	C

Del Cuadro anterior en la prueba Duncan para el Factor “B”, aplicación de distintos tipos de abonos líquidos, para la variable altura de planta se agrupan los promedios obtenidos en tres grupos, el mayor promedio se registró en el Grupo “A”, lixiviado de humus (A2) con 132.18 cm de altura y de menor promedio se agrupo en el Grupo “C”, testigo (A0) con 113.49 cm de altura respectivamente.

La fuente de variabilidad interacción AxB, variedades de frejol por tipos de abonos líquidos, demostró diferencias no significativas, indicando cada factor se considera independiente.

Según Arismendi (2017) la variedad Negro Sen obtuvo una altura de 148 cm, muy similar al presente estudio donde se registró una altura de 146.37 cm esto se atribuye a las características genéticas de la variedad (hábito de crecimiento tipo II), de igual manera al clima y suelo donde se desarrollaron.

Choque (2016), en su estudio realizado en Santa Cruz “El Vallecito” menciona que la altura promedio de la variedad Negro Sen se encuentra entre los 45 a 50 cm, superior a los obtenidos por (Mamani, 2016) quien obtuvo 30.05 cm de altura de planta, en ambos casos muy inferior al presente estudio esto se debe al manejo del cultivo y habito de crecimiento.

Los mismos autores mencionan que la variedad Fortaleza con “habito de crecimiento tipo I” presenta una altura de 35 a 50 cm, en ambos casos inferior al presente estudio donde se obtuvo 58.53 cm de altura de planta, cuya diferencia se atribuye al manejo de cultivo debido a la aplicación de abonos líquidos foliares.

### 6.1.2. Número de vainas por planta

Los resultados para la variable de respuesta número de vainas por planta de las ocho variedades de frejol se muestran a continuación:

**Cuadro 14.** Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta

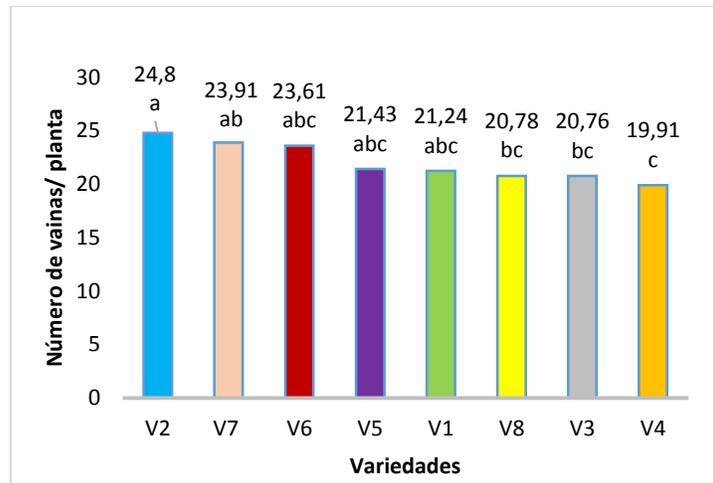
Fuente de Variabilidad	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de Significancia
<b>Bloques</b>	37.39	2	18.70	1.39	0.2601	NS
<b>Factor A Variedades</b>	201.20	7	28.74	2.13	0.0587	NS
<b>Factor B Abonos líquidos</b>	323.21	2	161.60	11.99	0.0001	**
<b>Interacción Factor Ax B</b>	103.58	14	7.40	0.55	0.8895	NS
<b>Error Experimental</b>	620.11	46	13.48			
<b>Total</b>	1285.48	71	C.V		16.65 %	

\*\* : Altamente significativo; \* : significativo; NS: no significativo

El Análisis de Varianza del Cuadro 14 registra un valor de 16.65%, nos indica que los datos tomados durante la investigación fueron considerados como pertinentes para el trabajo de investigación.

El Análisis de Varianza para la fuente de variabilidad Bloques, nos señala diferencias No Significativas, siendo que los promedios en los tres bloques se consideran parecidos y/o similares entre ellas.

La fuente de variabilidad Factor "A", variedades de frejol de la variable número de vainas por planta, nos indicó diferencias No Significativas, mostrándonos similitudes en el número de vainas por planta.



**Figura 17.** Variable Número de vainas por planta

La fuente de variabilidad Factor “B” tipos de abonos líquidos, resulto Altamente Significativo mostrándonos que hay diferencia en el número de vaina por planta al utilizar abonos líquidos y se ratifica la comparación de medias Duncan.

**Cuadro 15.** Comparación de medias Duncan para el Factor “B”

Factor B Abonos líquidos	Media Nº de vainas	Agrupación de medias
A2	25.00	A
A1	21.05	B
A0	20.11	B

Del cuadro anterior en la prueba Duncan para el Factor “B”, aplicación de distintos tipos de abonos líquidos, para la variable número de vainas por planta se agrupan los promedios obtenidos en dos grupos, el mayor promedio se registró en el Grupo “A”, el lixiviado de humus (A2) con 25 vainas, de menor promedios se agrupo en el Grupo “B”, el tipo de abono liquido biol (A1) y testigo (A0) con 21.05 y 20.11 vainas por planta respectivamente.

La fuente de variabilidad para la interacción AxB, variedades de frejol por tipos de abonos líquidos, nos demuestra diferencias No Significativas por lo cual cada factor se considera independiente.

Según los estudios realizados por Arismendi, (2017) se observa que existieron diferencias entre el número de vainas en cada variedad de frejol siendo el mejor Negro Sen quien obtuvo un promedio de 16 vainas por planta. Los mismos son inferiores al presente estudio donde se obtuvo un promedio de 24.8 vainas por planta.

Mamani, (2016) señala en su estudio que la variedad Negro Sen obtuvo el menor promedio con 7.33 vainas por planta. De igual manera (Choque, 2016) indica que esta variedad tiene un promedio de 10 a 15 vainas por planta en ambos casos inferior al presente estudio.

Las diferencias observadas se ven influenciadas por los factores ambientales, época de floración y por el estado nutricional durante la fase de formación de vainas y granos (Moraga y López, 1993).

### 6.1.3. Longitud de vaina

Los resultados para la variable de respuesta longitud de vaina en las ocho variedades de frejol se muestran a continuación:

**Cuadro 16.** Análisis de Varianza para la variable longitud de vaina.

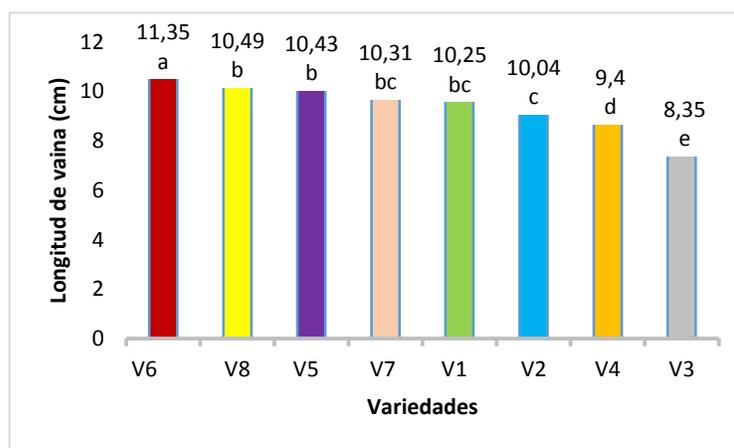
Fuente de Variabilidad	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de Significancia
Bloques	0.22	2	0.11	0.89	0.4188	NS
Factor A Variedades	49.03	7	7.00	56.47	<0.0001	**
Factor B Abonos líquidos	2.82	2	1.41	11.35	<0.0001	**
Interacción Factor Ax B	3.55	14	0.25	2.04	0.0352	S
Error Experimental	5.71	46	0.12			
Total	61.32	71	C.V		3.49 %	

\*\* : Altamente significativo; \* : significativo; NS: no significativo

En el Análisis de Varianza del Cuadro 16 muestra un C.V. de 3.49%, el cual nos confirma que todos los datos registrados durante la investigación son considerados como confiables y aceptables (Ochoa, 2008).

En los resultados para la fuente de variabilidad entre bloques nos mostró que no se registró diferencias significativas, siendo que los promedios de los bloques se consideran parecidos y/o similares entre si estadísticamente.

En la fuente de variabilidad Factor “A”, variedades de frejol, se observó diferencias altamente significativas, señalando que se presentó diferencias en la longitud de vaina en las ocho variedades de frejol, se confirmó el empleo de la comparación de medias Duncan.



**Figura 18.** Variable Longitud de vaina del frejol

Del Cuadro anterior de la comparación de medias Duncan para la variable longitud de vaina, se agruparon los promedios obtenidos en cinco grupos, el mayor promedio se registró en el Grupo “A” en la Variedad Fortaleza (V6) obtuvo el promedio de 11.35 cm de longitud de vaina, la variedad con menor longitud de vaina se registró en el grupo “E”, en la Variedad MIB (V3) con 8.35 cm de longitud.

La fuente de variabilidad Factor “B” tipos de abonos líquidos aplicados al cultivo de frejol, resultó altamente significativo mostrándonos que hay diferencia en la longitud de vaina al utilizar abonos líquidos y se ratifica la comparación de media de la prueba de Duncan.

**Cuadro 17.** Comparación de medias Duncan del Factor “B”

<b>Factor B Abonos líquidos</b>	<b>Media Longitud de Vaina (cm)</b>	<b>Agrupación de medias</b>
<b>A2</b>	10.34	A
<b>A1</b>	10.02	B
<b>A0</b>	9.87	B

Del Cuadro anterior en la prueba Duncan para el Factor “B”, aplicación de distintos tipos de abonos líquidos, para la variable longitud de vaina, se agrupan los promedios obtenidos en dos grupos, de mayor promedio se registró en el Grupo “A”, el lixiviado de humus (A2) con 10.34 cm de longitud, de menor promedios se agrupo en el Grupo “B”, el tipo de abono liquido Biol (A1) y Testigo (A0) con 10.02 cm y 9.87 cm de longitud de vaina respectivamente.

La fuente de variabilidad para la Interacción AxB, variedades de frejol por tipos de abonos líquidos, nos indica diferencias significativas el cual nos confirma interacción entre los dos factores de estudio y se ratifica la comparación de medias de la prueba de Duncan.

**Cuadro 18.** Comparación de medias Duncan de la interacción AxB

<b>Interacción entre los Factores: FA x FB</b>	<b>Media Longitud de Vaina (cm)</b>	<b>Agrupación de medias</b>
<b>V6 A2</b>	12.00	A
<b>V6 A1</b>	11.32	B
<b>V6 A0</b>	10.83	BC
<b>V5 A2</b>	10.78	BC
<b>V8 A2</b>	10.72	BC
<b>V7 A2</b>	10.64	BCD
<b>V1 A2</b>	10.39	CDE
<b>V8 A1</b>	10.39	CDE
<b>V8 A0</b>	10.36	CDE
<b>V7 A1</b>	10.33	CDE
<b>V5 A0</b>	10.28	CDE
<b>V5 A1</b>	10.25	CDE
<b>V2 A0</b>	10.22	CDE
<b>V1 A0</b>	10.19	CDE

Del Cuadro anterior en la prueba Duncan para la interacción entre el factor “A” variedades de frejol y el Factor “B”, aplicación de distintos tipos de abonos líquidos para la variable longitud de vaina, se agruparon los promedios en cinco grupos el de mayor interacción se encuentra en el grupo “A” la variedad Fortaleza con la aplicación de lixiviado de humus con 12 cm de longitud de vaina y el de menor interacción entre los dos factores se encuentra en el grupo “E” la variedad Charolito sin aplicación de abonos líquidos con 10.19 cm de longitud de vaina.

Mamani, (2016) en su investigación realizada en el cantón Capiñata – Inquisivi, bajo la aplicación de abonos orgánicos obtuvo resultados muy similares al presente estudio con 11.47 cm para longitud de vaina en la variedad Fortaleza, cuyo resultado atribuye a las características fenológicas de la variedad.

#### 6.1.4. Número de Granos por vaina

Los resultados para la variable de respuesta número de granos por vaina en las ocho variedades de frejol se muestran a continuación:

**Cuadro 19.** Análisis de Varianza para la variable número de granos por vaina.

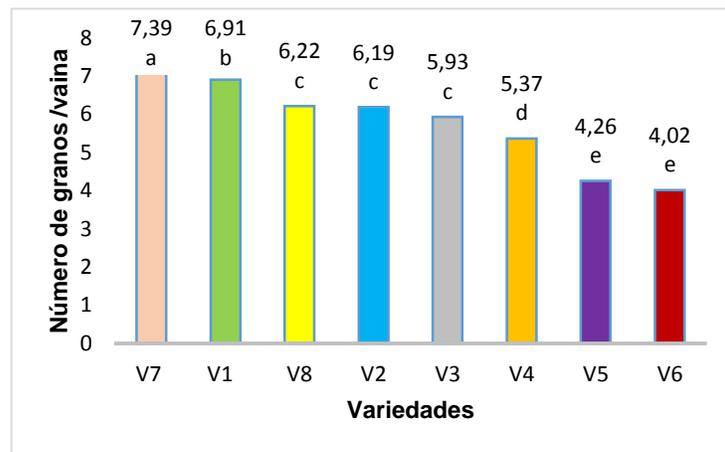
Fuente de Variabilidad	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de Significancia
<b>Bloques</b>	0.94	2	0.47	2.41	0.1015	NS
<b>Factor A Variedades</b>	88.39	7	12.63	64.66	<0.0001	**
<b>Factor B Abonos líquidos</b>	5.14	2	2.57	13.17	<0.0001	**
<b>Interacción Factor AxB</b>	3.35	14	0.24	1.22	0.2910	NS
<b>Error Experimental</b>	8.98	46	0.20			
<b>Total</b>	106.81	71	C.V		7.64 %	

\*\* : Altamente significativo; \* : significativo; NS: no significativo

En el análisis de varianza del Cuadro 19 muestra un C.V. de 7.64%, nos muestra que los datos tomados durante la investigación son considerados como pertinentes para el trabajo de investigación, los datos son estimados como excelentes (Ochoa, 2008).

El ANVA para la fuente de variabilidad bloques, nos señala diferencias No Significativas, siendo que los promedios de los tres bloques se consideran similares entre sí.

La fuente de variabilidad Factor “A”, variedades de frejol de la variable número de granos por vaina, nos muestra diferencias Altamente Significativas, señalando que hay diferencia en el número de granos por vaina en las ocho variedades de frejol, se ratifica el empleo de la comparación de medias Duncan.



**Figura 19.** Variable Número de granos por vaina

Del cuadro anterior de la comparación de medias Duncan para la variable número de granos por vaina, se agruparon los promedios obtenidos en cinco grupos los de mayor promedio se registró en el Grupo “A”, la variedad Negro Chane obtuvo el mayor promedio con 7.39 granos por vaina, las variedades con menor número de granos se registraron en el Grupo “E”, con las variedades Rojo Oriental (V5) y Fortaleza (V6) con 4.26 y 4.04 número de granos por vaina respectivamente.

La fuente de variabilidad Factor “B”, tipos de abonos líquidos aplicados al cultivo de frejol, se observó diferencias Altamente Significativas, mostrando que presenta diferencia en el número de granos por vaina al utilizar diferentes tipos de abonos líquidos, afirmando el uso de comparación de media Duncan descrita a continuación.

**Cuadro 20.** Comparación de medias Duncan para el Factor “B”

Factor B Abonos líquidos	Media N° de Granos por vaina	Agrupación de medias.
A2	6.13	A
A1	5.76	B
A0	5.47	C

Del cuadro anterior en la prueba Duncan para el Factor “B”, aplicación de distintos tipos de abonos líquidos, para la variable número de granos por vaina se agrupan los promedios obtenidos en dos grupos, el mayor promedio se registró en el Grupo “A”, el lixiviado de humus (A2) con 6.13 granos por vaina, de menor promedios se agrupo en el Grupo “C” Testigo con 5.47 granos por vaina.

La fuente de variabilidad para la Interacción AxB, variedades de frejol por tipos de abonos líquidos, nos demuestra diferencias no significativas por lo cual cada factor se considera independiente.

En el estudio realizado por Arismendi, (2017).comportamiento de cuatro variedades de frejol (*phaseolus vulgaris* l) sometidos a dos densidades de siembra en la estación experimental de Sapecho se observa diferencias en el número de granos por vainas, presentando una mayor cantidad, en la variedad Negro Chane con 4 granos, similar a lo obtenido por Sinka,(2011) en la evaluación de la introducción de dieciocho diferentes líneas de frejol con un promedio de 4.10 granos/vaina el cual son inferior al presente estudio ya que se obtuvo 7.39 granos por vaina.

Choque (2016), en la investigación realizada en el Instituto de investigaciones agrícolas (IIA) “El vallecito” determino el número de granos por vaina para la variedad Negro Chane de 5 a 6 granos por vaina. Los mismos son inferiores al presente estudio donde se obtuvo un promedio de 7.39 granos por vainas.

### 6.1.5. Peso de 100 granos

Los resultados para la variable de respuesta peso de 100 granos de frejol se muestran a continuación:

**Cuadro 21.** Análisis de varianza para la Variable peso de 100 granos.

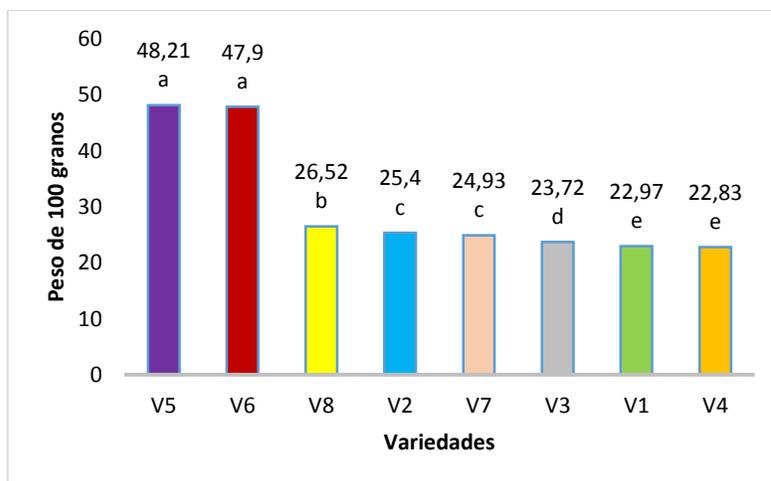
Fuente de Variabilidad	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de Significancia
<b>Bloques</b>	7.12	2	3.56	5.86	0.0054	**
<b>Factor A Variedades</b>	7656.47	7	1093.78	1802.74	<0.0001	**
<b>Factor B Abonos líquidos</b>	18.01	2	9.00	14.84	<0.0001	**
<b>Interacción Factor Ax B</b>	7.68	14	0.55	0.90	0.5600	NS
<b>Error Experimental</b>	27.91	46	0.61			
<b>Total</b>	7717.19	71	C.V		2,57 %	

\*\* : Altamente significativo; \* : significativo; NS: no significativo

En el Análisis de Varianza del Cuadro 21 se observa un Coeficiente de Variabilidad de 2.57%, el cual nos demuestra que todos los datos registrados durante la investigación son considerados como confiables y aceptables, son apreciados como excelentes (Ochoa, 2008).

En el Análisis de Varianza para la fuente de variabilidad bloques nos indica que se presentó diferencias altamente significativas, siendo que los promedios de los bloques se consideran heterogéneos y distintos entre sí estadísticamente indicando que la variación de la gradiente bloqueada que es humedad distribuida a lo largo del experimento tuvo efecto en el peso de 100 granos.

En la fuente de variabilidad Factor "A", variedades de frejol, se observa diferencias Altamente Significativas, indicándonos que hay diferencia en el peso de 100 granos o semillas en las ocho variedades de frejol, se ratifica el empleo de la comparación de medias Duncan.



**Figura 20.** Variable Peso de 100 granos.

De la figura anterior de la comparación de medias Duncan para la variable peso de 100 granos o semillas, se agruparon los promedios obtenidos en cinco grupos el mayor promedio se registró en el Grupo “A”, las variedades Rojo Oriental (V5) Y Fortaleza (V6) obtuvieron el mayor promedio con 48.21 gramos y 47.90 gramos, las variedades con menor peso de 100 semillas se registraron en el Grupo “E”, con las variedades Charolito (V1) y Mairana (V4) con 22.97 gramos y 22.83 gramos respectivamente.

La fuente de variabilidad Factor “B”, tipos de abonos líquidos aplicados al cultivo de frejol, se observó diferencias altamente significativas, mostrándonos que se presenta contrastes en el peso de 100 granos al utilizar diferentes tipos de abonos líquidos, afirmando el uso de comparación de media Duncan descrita a continuación:

**Cuadro 22.** Comparación de medias para el Factor “B”

Factor B Abonos líquidos	Media Peso de 100 granos	Agrupación de medias
A2	30.84	A
A1	30.44	A
A0	29.64	B

Del cuadro anterior en la prueba Duncan para el Factor “B”, aplicación de distintos tipos de abonos líquidos, para la variable peso de 100 granos o semillas se agrupan los promedios obtenidos en dos grupos, el mayor promedio se registró en el Grupo “A”, el lixiviado de humus (A2) y el tipo de abono líquido biol (A1) con 30.84 gramos y 30.44 gramos de menor promedio se agrupó en el Grupo “B”, el Testigo (A0) con 29.64 gramos.

La fuente de variabilidad para la Interacción AxB, variedades de frejol por tipos de abonos líquidos, nos demuestra diferencias no significativas por lo cual cada factor se considera independiente.

Sinka, (2011) en su investigación registro un promedio de 42.64 gramos para el peso de 100 semillas en la variedad Rojo Oriental, este resultado es inferior a los resultados de la investigación ya que se obtuvo un promedio de 48.21 gramos de peso en 100 semillas de la variedad Rojo Oriental.

Los resultados obtenidos por Agapo, (2009) señalan que la variedad Rojo Oriental obtuvo un promedio de 57.67. Similar al promedio de Choque, (2016) en el instituto de investigaciones agrícolas (IIA) “El Vallecito” donde registro un promedio de 50 a 55 gramos para el peso de 100 semillas, estos promedios son superiores a los obtenidos en la investigación donde se registró 48.21 gramos

#### **6.1.6. Rendimiento de Frejol kg/ha**

Los resultados para la variable de respuesta del rendimiento de las ocho variedades del frejol se muestran a continuación:

**Cuadro 23.** Análisis de varianza para la variable rendimiento kg/ha

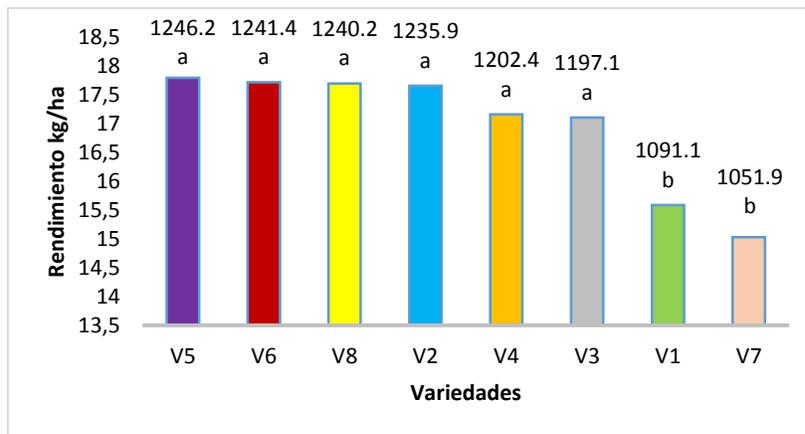
Fuente de Variabilidad	SC	GL	CM	F	P-Valor	Nivel de Significancia
Bloques	26777.15	2	13388.58	5.44	0.0076	NS
Factor A Variedades	355183.02	7	50740.43	20,63	<0.0001	**
Factor B Abonos líquidos	91712.69	2	45856.34	18.64	<0.0001	**
Interacción Factor Ax B	9642.96	14	688,78	0.28	0.9939	NS
Error Experimental	113144.92	46	2459.67			
Total	596460.74	71	C.V		4.17%	

\*\* : Altamente significativo; \* : significativo; NS: no significativo

En el Análisis de Varianza del Cuadro 23 muestra un C.V. 4.17%, nos demuestra que los datos tomados durante la investigación son considerados como pertinentes para el trabajo de investigación.

En el Análisis de Varianza para la fuente de variabilidad bloques nos indica que se presentó diferencias altamente significativas, siendo que los promedios de los bloques se consideran distintos entre sí estadísticamente indicando que la variación de la gradiente bloqueada tuvo efecto en el rendimiento.

En la fuente de variabilidad Factor “A”, variedades de frejol, se observa Diferencias Altamente Significativas, indicándonos que hay diferencia en el rendimiento en las ocho variedades de frejol, se ratifica el empleo de la comparación de medias Duncan.



**Figura 21.** Variable Rendimiento/hectárea

De la figura anterior de la comparación de medias Duncan para la variable rendimiento de las ocho variedades de frejol, se agruparon los promedios obtenidos en dos grupos el mayor promedio se registró en el Grupo “A”, la variedad Rojo Oriental (V5) obtuvo el mayor promedio con 1246.2 kg/ha, las variedades con menor rendimiento se registraron en el Grupo “B”, con la variedad Negro Chane (V7) con 1051.9 kg/ha en rendimiento respectivamente.

La fuente de variabilidad Factor “B”, tipos de abonos líquidos aplicados al cultivo de frejol, se observó diferencias Altamente Significativas, mostrándonos que se presenta diferencias en el rendimiento al utilizar diferentes tipos de abonos líquidos, afirmando el uso de comparación de media Duncan descrita a continuación:

**Cuadro 24.** Comparación de medias Duncan para el Factor “B”

Factor B Abonos líquidos	Media Rendimiento kg/ha	Agrupación de medias
A2	1232.35	A
A1	1187.75	B
A0	1144.93	C

Del cuadro anterior en la prueba Duncan para el Factor “B”, aplicación de distintos tipos de abonos líquidos, para la variable rendimiento se agrupan los promedios obtenidos en tres grupos, el mayor promedio se registró en el Grupo “A”, el lixiviado de humus (A2) con 1232.35 kg/ha, de menor promedio se agrupo en el Grupo “C”, Testigo (A0) con 1144.93 kg/ha.

La fuente de variabilidad para la Interacción AxB, variedades de frejol por tipos de abonos líquidos, nos demuestra diferencias No Significativas por lo cual cada factor se considera independiente.

Sinka, (2011) en su investigación evaluación de la introducción de dieciocho diferentes líneas y variedades de frijol en época de invierno obtuvo un rendimiento de 1.179 kg/ha en la variedad Rojo Oriental, el rendimiento promedio obtenido en el presente estudio

es superior con 1.246 kg/ha esto puede ser atribuido a la aplicación de abono orgánico líquido.

Choque, (2016) en su estudio realizado en el Instituto de Investigaciones Agrícolas “El vallecito” obtuvo un rendimiento de 1.000 a 1.700 kg/ha en la variedad Rojo Oriental, similar al rendimiento que obtuvo Mamani,(2016) con 1373.4 kg/h en el cantón Capiñata- Inquisivi, los mismos superiores a los resultados obtenidos en el presente trabajo.

## 6.2 Análisis económico

**Cuadro 25.** Cuadro Análisis económico

Variedad	Tratamientos	Rendimiento (Kg/ha)	Precio (Kg/Bs.)	BB R/PP	Costo de producción (Bs.)	Beneficio Neto (Bs.)BB-CP	Beneficio Costo (B/C) BB/CP
Charolito	Lixiviado de Humus	1159.90	8	9279.2	5004	4275.2	1.85
	Biol	1064.47	8	8515.8	4472	4043.76	1.90
	Testigo	1020.60	8	8164.8	3940	4224.8	2.07
Negro Sen	Lixiviado de Humus	1251.83	8	10014.6	5004	5010.64	2.00
	Biol	1248.57	8	9988.6	4472	5516.56	2.20
	Testigo	1207.27	8	9658.2	3940	5718.16	2.45
MIB	Lixiviado de Humus	1255.80	8	10046.4	5004	5042.4	2.00
	Biol	1190.00	8	9520	4472	5048	2.12
	Testigo	1153.37	8	9226.9	3940	5286.26	2.34
Mariana	Lixiviado de Humus	1246.47	8	9971.8	5004	4967.76	1.99
	Biol	1200.97	8	9607.8	4472	5135.76	2.14
	Testigo	1159.87	8	9278.9	3940	5338.96	2.35
Rojo Oriental	Lixiviado de Humus	1280.07	8	10240.6	5004	5236.56	2.04
	Biol	1244.60	8	9956.8	4472	5484.8	2.22
	Testigo	1213.80	8	9710.4	3940	5770.4	2.46
Fortaleza	Lixiviado de Humus	1276.57	8	10212.6	5004	5208.56	2.04
	Biol	1244.13	8	9953.04	4472	5481.04	2.22
	Testigo	1200.03	8	9600.24	3940	5660.24	2.43
Negro Chane	Lixiviado de Humus	1107.63	8	8861.04	5004	3857.04	1.77
	Biol	1051.87	8	8414.9	4472	3942.96	1.88
	Testigo	996.33	8	7970.6	3940	4030.64	2.02
VFR	Lixiviado de Humus	1280.53	8	10244.2	5004	5240.24	2.04
	Biol	1245.53	8	9964.24	4472	5492.24	2.23
	Testigo	1198.17	8	9585.4	3940	5645.44	2.43

Fuente: Elaboración propia (2021)

En el cuadro anterior se puede observar que los costos de producción y la relación beneficio costo de las ocho variedades de frejol evaluadas con la aplicación de los abonos líquidos. Así también, el ingreso neto obtenido entre los tratamientos es distinto, debido a que cada uno de ellos produjo diferente rendimiento y sus costos de producción fueron distintos debido al precio de los abonos líquidos, por lo que el ingreso por venta del producto varía entre cada tratamiento, en este caso se utilizó un precio de venta de 8 Bs/kg, tomando en cuenta el precio de venta en la zona experimental.

Se observa también en el cuadro anterior que la relación beneficio costo para todos los tratamientos evaluados fue mayor a 1, por lo que estos tratamientos se consideran rentables. Siendo la variedad Rojo Oriental, Fortaleza y VFR que presentaron la mayor relación B/C, con un valor de 2.46 Bs sin aplicación de abonos líquidos, seguido de la aplicación de biol con 2.22 y la aplicación de lixiviado de humus con 2.04 Bs, comparado con las demás variedades, estas son las mejores alternativas de inversión. Esta relación B/C se puede interpretar que por cada boliviano invertido, se obtienen ganancias de Bs 1.46, 1.22 y 1.04 comparativamente.

Las variedades que presentaron los menores valores en su relación B/C fueron la variedad Charolito y Negro Chane con 1.85 y 1.77 lo que indica que por cada boliviano invertido se obtiene Bs.0.85 y 0.77 respectivamente.

## 7 CONCLUSIONES

Considerando los objetivos planteados y los resultados logrados en el presente trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- La variedad con mejor rendimiento en la zona de Sapecho, lo obtuvieron las variedades Rojo Oriental (V5) llegando a una máxima de 1246.2 kg/ha, seguido de la variedad Fortaleza con 1241.4 kg/ha con la aplicación de lixiviado de humus concluyendo que son de mayor rendimiento. Estas variedades se fueron adaptando de manera favorable y se presenta como una alternativa más de producción en la región.
- Se identificó que el abono líquido que presenta mayores promedios el cultivo de frejol en la Estación Experimental Sapecho es el lixiviado de humus al 20%, se obtuvo en las ocho variedades frejol el mayor rendimiento, mayor peso en los granos, numero de vainas.
- En la relación beneficio costo en la producción de ocho variedades del cultivo de frejol, se llegó a las siguientes conclusiones: La variedad Rojo Oriental (V5), sin aplicación de abonos líquidos presento la mayor relación beneficio/costo (B/C) con un valor de 2.46 Bs debido a que sus costos de producción fue menor que los demás tratamientos, esto indica que por cada boliviano invertido, se obtiene una ganancia de 1.46 Bs.

## **8 RECOMENDACIONES**

En base al estudio realizado en las ocho variedades de frejol en la Estación Experimental de Sapecho se llegó a las siguientes recomendaciones.

De acuerdo al comportamiento de las variedades introducidas a la localidad de Sapecho se recomienda la variedad Rojo Oriental (V5) y Fortaleza (V6) con la aplicación de lixiviado de humus ya que se obtuvieron buenos rendimientos para la producción de frejol en la zona.

Realizar la siembra en terrenos bien drenados con preferencia suelos francos a francos arcillosos, porque el cultivo de frejol no tolera encharcamiento se vuelven amarillos y posteriormente ocurre la muerte de la planta

Realizar el tutoraje en las variedades de frejol con hábito de crecimiento indeterminado para evitar el acumulamiento de humedad, parásitos y enfermedades.

Realizar el desmalezado del cultivo de frejol por lo menos tres veces durante su ciclo vegetativo para evitar el ataque de plagas.

Se recomienda utilizar la aplicación de lixiviado de humus directamente al suelo con el fin de que la planta de frejol absorba todos los nutrientes disponibles del abono líquido.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Agapo Plasencia, A. (2009). Evaluación productiva 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. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Obtenido de Repositorio umsa.bo
- Aguilar S, M. (2015). Introducción de tres Variedades de Frejol (*Phaseolus vulgaris* sp) con la aplicación de inoculante en la comunidad pariguaya, Provincia Sud Yungas del departamento de la Paz. La Paz - Bolivia: Facultad de Agronomía-UMSA.
- Alvarez, F. (2010). Preparación y Uso de Biol. Cusco. Obtenido de <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/Njc0.pdf>
- APG-IV. (2016). Órdenes, Familias, Subfamilias y géneros representados en la flora ornamental española según el sistema APG IV del 2016. Sánchez José, 4.
- Arias, R., Jaramillo, J., & Teresita, M. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas (B.P.A) en la Producción de Frejol Voluble. Colombia. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a1359s.pdf>
- Arismendi Sirpa, R. (2017). Comportamiento de Cuatro Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidos a dos densidades de siembra en la Estación Experimental Sapecho – Alto Beni. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia. Obtenido de Repositorio.umsa.bo
- Armando Ulloa, J., Rosas Ulloa, P., Ulloa Rangel, B. E., & Ramírez Ramírez, J. C. (8 de Septiembre de 2011). El frejol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente.
- Asoprol. (2009). Guía Técnica para el Cultivo de Frejol. . Boaco, Nicaragua.

- Bogotá, C. d. (2015). Manual de frejol. Obtenido de file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/Frijol.pdf
- Casco, & Iglesias, C. M. (2005). Producción de Biofertilizantes Líquidos.
- Castañeda, S. (2005). Produccion de leguminosas de grano para exportacion. Santa Cruz - Bolivia.
- Cedrssa. (Febrero de 2020). Mercado del frejol, Situacion y Prospectiva. Obtenido de <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>
- Chilon, E. (1997). Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. La paz-Bolivia.
- Chipana Machaca, G. (2017). Comportamiento Agronomico de Ocho Variedades de Soya (Glycine max) en Relacion a Tres Densidades de Siembra en la Estación Experimental de Sapecho Alto Beni. Universidad Mayor de San Andres, La Paz-Bolivia. Obtenido de repositorio.umsa.bo
- Choque, V. (2013). El Cultivo de Frejol en Bolivia. Santa Cruz: Univerdad Autonoma Gabriel Rene Moreno Facultad de Ciencias Agricolas Instituto de Investigaciones Agricolas "El Vallecito".
- Choque, V. (2016). Comprendio de Variedades de frejol en Bolivia. Santa Cruz: Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno Facultad de Ciencias Agricolas Instituto de Investigaciones Agricolas "El Vallecito".
- CIAT. (1986). Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (plaseolus vulgaris L.). Cali, Colombia.
- CIMMYT, C. I. (1988). La formulacion de recomendaciones a partir de datos agronomicos: un manual metodologico de evaluacion economica. Mexico: CIMMYT. Recuperado el 20 de Septiembre de 2020, de <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/1063>

- Colque, J., Rodríguez, T., Mujica, D., Canahua, A., Apaza, A., & Vidal, S. (2005). Producción de Biól Abono Líquido Natural y Ecológico. Puno-Peru.
- Contextoganadero. (09 de Agosto de 2017). Producción de Abonos Orgánicos Líquidos. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/produccion-de-abonos-organicos-liquidos#:~:text=Los%20abonos%20%C3%ADquidos%20son%20productos,almacenar%20en%20tanques%20llamados%20estercoleros>.
- Debouck, D., & Hidalgo, R. (1991). "Morfología de la planta del frijol común". Cali, Colombia: CIAT.
- E.E.S. (2012). Cartilla y Triptico de difusión de trabajos de investigación de Estación Experimental. Sapecho - Alto Beni.
- Escoto, N. D. (2013). El Cultivo del Frijol. Tegucigalpa, M.D.C., Honduras C.A.: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Obtenido de [http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/el\\_cultivo\\_de\\_frijol\\_dicta.pdf](http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/el_cultivo_de_frijol_dicta.pdf)
- FAO. (2018). Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Panama. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- García, A. (Mayo de 2015). Agrocabildo. Obtenido de [http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec\\_562\\_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf](http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf)
- Gómez, D., & Vásquez, M. (2014). Importancia y Beneficios de los abonos orgánicos. Obtenido de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=940>
- Herrera, F., Velasco, C., Denen, H., & Radulovich, R. (1994). Fundamentos de análisis económico. Guía para Investigación y Extensión Rural. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Hidroponia.mx. (17 de Junio de 2016). Beneficios de Utilizar Lixiviado de Humus. Obtenido de <https://hidroponia.mx/conoce-los-beneficios-de-utilizar-lixiviado-de-lombriz/#:~:text=El%20humus%20l%C3%ADquido%20mejor%20conocido,cual%20es%20transformada%20en%20composta.>

InfoAgro. (2009). Principales Plagas del Cultivo de Frejol. Obtenido de [http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Principales%20plagas%20del%20cultivo%20de%20frijol%20\(Phaseolus%20vulgaris%20L.%20Leguminosae\).pdf](http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Principales%20plagas%20del%20cultivo%20de%20frijol%20(Phaseolus%20vulgaris%20L.%20Leguminosae).pdf)

InfoAgro. (s.f.). Abonos Organicos. Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/abonos\\_organicos.asp](https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp)

INIA. (2008). Producción y Uso del Biol. Obtenido de [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/115/1/Uso\\_Biol\\_Lima\\_2008.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/115/1/Uso_Biol_Lima_2008.pdf)

Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente. (Julio de 2014). Obtenido de Abonos Liquidos Fermentados: <http://idmaperu.org/idma/wp-content/uploads/2014/07/ABONOS-LIQUIDOS-FERMENTADOS.pdf>

Mamani Taco, F. (2016). Evaluación Agronómica de Seis Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con la Incorporación de dos tipos de Abonos Organicos en el Cantón Capiñata–Inquisivi. Universidad Mayor de San Andres, La Paz – Bolivia. Obtenido de [Repositorio.umsa.bo](http://repositorio.umsa.bo)

Melgar, R. (2005). Aplicacion Foliar de Nutrientes. Obtenido de [scholar.google.com/citations?user=ZFJHICAAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com/citations?user=ZFJHICAAAAAJ&hl=en)

Meneses, R., Woajenberg, H., & Piérola, L. (1996). Las leguminosas en la Agricultura Boliviana. Cochabamba - Bolivia: CIAT-CIF-PNLG-CIFP.

Moraga, López, P. (1993). Efecto de sistemas de labranza, métodos de control de malezas y rotacion de cultivos sobre la dinamica de las malezas, crecimiento,

desarrollo y rendimiento de frejol comun (*Phaseolus vulgaris* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr). Universidad Nacional Agraria., Managua - Nicaragua.

Murillo, G., Castillo, G., Piedra, R., & Marin, L. (Junio de 2013). Absorción de Nutrientes a Través de la Hoja. Obtenido de file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/Dialnet-AbsorcionDeNutrientesATravesDeLaHoja-4945327.pdf

Nostoc. (Diciembre de 2017). Humus Líquido: Comparativa, Humus Líquido y Humus Sólido. Obtenido de <https://www.nostoc.es/humus-de-lombriz-comparativa-humus-liquido-y-solido/>

Notas. (2009). La antracnosis y la mancha angular del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). Temas de Ciencia y Tecnología, 45-54.

Ochoa, R. (2008). Diseños Experimentales. La Paz - Bolivia: UMSA Facultad de Agronomía.

Octube, J. (1996). El frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) leguminosas en la agricultura boliviana. Proyecto Rizobiología CIAT, CIF, PNLG. Cochabamba – Bolivia.

Padilla, A. J. (2013). Guía de producción de Semilla de Frejol. Santa Cruz-Bolivia.

Patiño. (s.f.). Centro de Investigaciones Fitoecoéticas pairumani. Obtenido de Fundación simon I.: <https://fitogen.fundacionpatino.org/variedades-mejoradas/charolito/>

PDM. (2012). Plan De Desarrollo de Palos Blancos. Obtenido de [http://vpc.planificacion.gob.bo/uploads/PDM\\_S/02\\_LA%20PAZ/021104%20-%20Palos%20Blancos.pdf](http://vpc.planificacion.gob.bo/uploads/PDM_S/02_LA%20PAZ/021104%20-%20Palos%20Blancos.pdf)

Peña, E., Carrión, M., Martínez, F., Rodríguez, A., & Companioni, N. (2004). Manual Para la Producción de Abonos Orgánicos en la Agricultura Urbana. HABANA-

CUBA. Obtenido de [http://redmujeres.org/wpcontent/uploads/2019/01/manual\\_a\\_bonos\\_agricultura\\_urbana.pdf](http://redmujeres.org/wpcontent/uploads/2019/01/manual_a_bonos_agricultura_urbana.pdf)

Picado, J. A. (2005). Preparación y Uso de Abonos Orgánicos Sólidos y Líquidos. San José, Costa Rica: Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. Obtenido de [https://www.ciaorganico.net/documypublic/641\\_Abonos\\_organicos\\_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/641_Abonos_organicos_(1).pdf)

Plasencia, A. A. (2009). Evaluación productiva 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. La Paz - Bolivia: Tesis de Grado, Facultad de Agronomía- UMSA.

Pronalag. (2009). Programa de Leguminosas Alimenticias de Grano, Informes Técnicos de Evaluación de las Líneas de Frejol Campaña de verano e invierno. Santa Cruz - Bolivia: IIA El Vallecito.

Quispe M., J. C. (2008). Caracterización y evaluación agronómica de germoplasma de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia Caranavi. La Paz, Bolivia: Facultad de Agronomía-UMSA.

Restrepo, J. (2007). Biofertilizantes Preparados y Fermentados a Base de Mierda de Vaca. Cali, Colombia. Obtenido de <http://agroecologia.org/wp-content/uploads/2016/12/ABC-de-la-Agricultura-organica-Abonos-organicos.pdf>

Ribera, B. J. (2011). Guía Para la Preparación y Uso del Biol. Sucre: Centro de Multiservicios Educativos - CEMSE Área de Desarrollo Territorial Sucre.

Ruiz de Iondoño, García, Pachico, N. (1999). Adopción e Impacto del Frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Santa Cruz, Bolivia.

Rural, d. p. (Febrero de 2017). Boletín del Exportador. Obtenido de <file:///D:/recuperado%2030%20noviembre%202020/boletin-nro-5-6.pdf>

- Sagarpa. (2010). Obtenido de file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/1-paquete-tecnologico-de-produccion-de-lombricomposta%20(6).pdf
- Serrano, Z. (1980). Cultivo de Hortalizas en Invernadero. Barcelona España.
- Siamex, Q. (s.f.). Humus Líquido de Lombriz Roja Californiana. Obtenido de [https://www.productosquimicosmexico.com.mx/humus\\_de\\_lombriz\\_liquido.aspx](https://www.productosquimicosmexico.com.mx/humus_de_lombriz_liquido.aspx)
- Sicta, R. (2008). Guía de Identificación y Manejo Integrado de Enfermedades del Frijol en América Central. Managua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/b0891e/b0891e.pdf>
- Sicta, R. (2010). Plagas del Frijol en Centroamerica. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B1885e/B1885e.pdf>
- Sinka Osco, E. (2011). Evaluación de la Introducción de Dieciocho Diferentes Líneas y Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Época de invierno en la Localidad de Sapecho Alto Beni. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Obtenido de [Repositorio.umsa.bo](http://repositorio.umsa.bo)
- Sistemabiobolsa. (s.f.). Manual de Biol. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf)
- Soto, G. (2003). Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Turrialba, Costa Rica: Memoria del Taller.
- Tinoco, C., & Nallely, V. (Agosto de 2015). Lombricultura Fichas Técnicas. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39028013/Fichas\\_Tecnicas\\_de\\_Huertos\\_Biointensivos\\_del\\_CEDECOSU\\_2015.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39028013/Fichas_Tecnicas_de_Huertos_Biointensivos_del_CEDECOSU_2015.pdf)

- UNODC. (13 de Agosto de 2010). Obtenido de <https://www.bivica.org/files/fertilidad-suelos.pdf>
- Unterladstaetter, R. (2005). Cultivos para los Llanos Calidos de Bolivia. Santa Cruz-Bolivia: Lewy.
- Valladares, C. A. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos . Ceiba: Universidad Nacional Autonoma de Honduras Centro Universitario Regional del Litoral Atlantico (Curla) Departamento de Produccion Vegetal Asignatua Cultivos de Grano.
- Valladolid, A. (Junio de 2001). Cultivo de Frejol. Obtenido de INIA: [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/860/1/Valladolid-Cultivo\\_Frijol\\_costa.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/860/1/Valladolid-Cultivo_Frijol_costa.pdf)
- Vargas, B. (14 de Febrero de 2013). Santa Cruz Agricola. Obtenido de <http://jubovar.blogspot.com/2013/01/manual-de-manejo-del-cultivo-del-frejol.html>
- Ventura, C., Parada, B., Aldemaro, R., & Ovidio, J. (2018). Cultivo de Frejol. Obtenido deCENTA:[http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa\\_Frijol%202019.pdf](http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Frijol%202019.pdf)
- Vigliola, M., Kramarovsky, E., Héctor, J., Martín, C., & Chiesa, A. (1992). Manual de horticultura (Vol. II). Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur S.A.
- Villanueva Mamani, E. D. (2016). Efecto del biol y te de humus de lombriz como fertilizante en el desarrollo del cultivo del repollo chino ( Brassicea pekinensis) en el Centro Experimental de Cota Cota. (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andres, La paz, Bolivia. Obtenido de [Repositio.umsa.bo](http://Repositio.umsa.bo)

## 10 ANEXOS

### Anexo 1 Análisis químico de abonos orgánicos líquidos

El mismo se lo realizo en el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) del Instituto de Ecología dependiente de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés.

**Cuadro 1.** Propiedades químicas del Biol

Parámetro	Unidad	Resultado
Calcio	mg/l	152
Conductividad eléctrica	$\mu S/cm$	3484
Fosforo total	$mgP - PO_4/l$	110
Nitrógeno total	mg/l	210
Potasio	mg/l	556
PH	-	8,3

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos obtenidos por LCA (2021)

**Cuadro 2.** Propiedades químicas del Lixiviado de humus

Parámetro	Unidad	Resultado
Calcio	mg/l	100
Conductividad eléctrica	$\mu S/cm$	4289
Fosforo total	$mgP - PO_4/l$	101
Nitrógeno total	mg/l	182
Potasio	mg/l	1375
PH	-	7,7

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos obtenidos por LCA (2021)

## Anexo 2 Costo de producción del cultivo de Frejol

Testigo	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Cantidad	Costo Parcial (Bs)
<b>EGRESOS</b>				<b>3940,00</b>
<b>1. Insumos</b>				780,00
Semilla	kg	10,00	<b>60,00</b>	600,00
Bioinsecticida natural	Lts	2,00	<b>90,00</b>	180,00
<b>2. Mano de obra</b>				3160,00
Siembra	jornal	70,00	8,00	560,00
Desmalezado	jornal	70,00	7,00	980,00
Tutotaje	jornal	70,00	6,00	420,00
Cosecha	jornal	70,00	8,00	560,00
Trillado	jornal	70,00	5,00	350,00
Venteado	jornal	70,00	3,00	210,00
Transporte	jornal	80,00	1,00	80,00
<b>INGRESOS</b>				
Producción Charolito	kg/ha	8	<b>1020,6</b>	8164.8
Producción Negro Sen	kg/ha	8	<b>1207,27</b>	9658.16
Producción MIB	kg/ha	8	<b>1153,37</b>	9226.26
Producción Mairana	kg/ha	8	<b>1159,87</b>	9278.96
Producción Rojo Oriental	kg/ha	8	<b>1213,80</b>	9710.4
Producción Fortaleza	kg/ha	8	<b>1200,03</b>	9600.24
Producción Negro Chane	kg/ha	8	<b>996,33</b>	7970.64
Producción VFR	kg/ha	8	<b>1198,18</b>	9585.44
<b>BENEFICIO NETO (v1)</b>				4224.8
<b>BENEFICIO NETO (v2)</b>				5718.16
<b>BENEFICIO NETO (v3)</b>				5286.26
<b>BENEFICIO NETO (v4)</b>				5338.96
<b>BENEFICIO NETO (v5)</b>				5770.4
<b>BENEFICIO NETO (v6)</b>				5660.24
<b>BENEFICIO NETO (v7)</b>				4030.64
<b>BENEFICIO NETO (v8)</b>				5645.44
<b>B/C</b>				2.07
<b>B/C</b>				2.45
<b>B/C</b>				2.34
<b>B/C</b>				2.35
<b>B/C</b>				2.46
<b>B/C</b>				2.43
<b>B/C</b>				2.02
<b>B/C</b>				2.43

### Anexo 3 Costo de Producción del Cultivo de Frejol con la Aplicación de Biol

<b>Biol</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario (Bs)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Parcial (Bs)</b>
<b>EGRESOS</b>				<b>4.472,00</b>
<b>1. Insumos</b>				1312,00
Semilla	kg	10,00	<b>60,00</b>	600
Biol	Lts	4,00	133,00	532
Bioinsecticida natural	Lts	2,00	90,00	180
<b>2. Mano de obra</b>				3160,00
Siembra	jornal	70,00	8,00	560,00
Desmalezado	jornal	70,00	7,00	980,00
Tutoraje	Jornal	70,00	6,00	420,00
Cosecha	jornal	70,00	8,00	560,00
Trillado	jornal	70,00	5,00	350,00
Venteadado	jornal	70,00	3,00	210,00
Transporte	Jornal	80,00	1,00	80,00
<b>INGRESOS</b>				
Producción Charolito	kg/ha	8	<b>1064,47</b>	8515.76
Producción Negro Sen	kg/ha	8	<b>1248,57</b>	9988.56
Producción MIB	kg/ha	8	<b>1190</b>	9520
Producción Mairana	kg/ha	8	<b>1200,97</b>	9607.76
Producción Rojo Oriental	kg/ha	8	<b>1244,60</b>	9956.8
Producción Fortaleza	kg/ha	8	<b>1244,13</b>	9953.04
Producción Negro Chane	kg/ha	8	<b>1051,87</b>	8414.96
Producción VFR	kg/ha	8	<b>1245,53</b>	9964.24
<b>BENEFICIO NETO (v1)</b>				4043.76
<b>BENEFICIO NETO (v2)</b>				5516.56
<b>BENEFICIO NETO (v3)</b>				5048
<b>BENEFICIO NETO (v4)</b>				5135.76
<b>BENEFICIO NETO (v5)</b>				5484.8
<b>BENEFICIO NETO (v6)</b>				5481.04
<b>BENEFICIO NETO (v7)</b>				3942.96
<b>SALDO FINAL (v8)</b>				5492.24
<b>B/C</b>				1.90
<b>B/C</b>				2.20
<b>B/C</b>				2.12
<b>B/C</b>				2.14
<b>B/C</b>				2.22
<b>B/C</b>				2.22
<b>B/C</b>				1.88
<b>B/C</b>				2.23

#### Anexo 4 Costo de Producción del Cultivo de Frejol con la Aplicación de Lixiviado de Humus

<b>Lixiviado de humus</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario (Bs)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Parcial (Bs)</b>
<b>EGRESOS</b>				<b>5004,00</b>
<b>1. Insumos</b>				1844,00
Semilla	kg	10,00	<b>60,00</b>	600,00
Lixiviado de humus	Lts	8,00	133,00	1064,00
Bioinsecticida natural	Lts	2,00	90,00	180,00
<b>2. Mano de obra</b>				3160,00
Siembra	jornal	70,00	8,00	560,00
Desmalezado	jornal	70,00	7,00	980,00
Tuturaje	jornal	70,00	6,00	420,00
Cosecha	jornal	70,00	8,00	560,00
Trillado	jornal	70,00	5,00	350,00
Venteadado	jornal	70,00	3,00	210,00
Transporte	jornal	80,00	1,00	80,00
<b>INGRESOS</b>				
Producción Charolito	kg/ha	8	<b>1159,90</b>	9279.2
Producción Negro Sen	kg/ha	8	<b>1251,83</b>	10014.64
Producción MIB	kg/ha	8	<b>1255,8</b>	10046.4
Producción Mairana	kg/ha	8	<b>1246,47</b>	9971.76
Producción Rojo Oriental	kg/ha	8	<b>1280,07</b>	10240.56
Producción Fortaleza	kg/ha	8	<b>1276,57</b>	10212.56
Producción Negro Chane	kg/ha	8	<b>1107,63</b>	8861.04
Producción VFR	kg/ha	8	<b>1280,53</b>	10244.24
<b>SALDO FINAL (v1)</b>				4275.2
<b>SALDO FINAL (v2)</b>				5010.64
<b>SALDO FINAL (v3)</b>				5042.4
<b>SALDO FINAL (v4)</b>				4967.76
<b>SALDO FINAL (v5)</b>				5236.56
<b>SALDO FINAL (v6)</b>				5208.56
<b>SALDO FINAL (v7)</b>				3857.04
<b>SALDO FINAL (v8)</b>				5240.24
B/C				1.85
B/C				2.00
B/C				2.00
B/C				1.99
B/C				2.04
B/C				2.04
B/C				1.77
B/C				2.04

## Anexo 5 Tablas de Análisis de suelo y clasificación del suelo

De acuerdo al análisis de suelo realizado en el laboratorio de la estación experimental de Sapecho, se obtuvo los siguientes valores.

**Cuadro3.** Análisis químico del suelo EES-UMSA

Nitrógeno total	Fosforo disponible Kg/ha	Potasio intercambiable Meq/100 g suelo	pH	M.O (%)
0.10	84.05	No existe	5.6	2.00

**Fuente:** Elaboración propia en base a los resultados de laboratorio de Suelos E.E.S.

Según Villarroel, (1998). Los resultados obtenidos del análisis químico de suelo, se encuentran clasificados en los siguientes parámetros: Nitrógeno total 0.10% catalogado como (Bajo), Fosforo disponible en kg/ha con 84.05 catalogado como (bajo), Potasio intercambiable Meq/100 g.r suelo (No existe), pH 5.6 catalogado como (Moderadamente acido) y MO 2.00 asignado como (moderado).

El cultivo de frejol se desarrolla mejor en suelos con pH de 6 a 7,5, es sensible a la toxicidad de Aluminio y Manganeso, además requiere suelos bien drenados con una fertilidad media, preferentemente suelos francos a francos arcillosos. (Choque, 2016).

Clasificación	Niveles de N total (%)
Muy bajos	<0.05
Bajo	0.05 – 0.15
Moderado	0.15 – 0.20
Alto	0.20 – 0.30
Muy alto	>0.30

**Fuente:** (Villarroel, 1998)

Clasificación	P. asimilable (ppm , kg/ha)
	Equivalente
Muy bajo	0 – 5    0 – 12.5
Bajo	6 – 15    15 - 37.5
Medio	16 – 25    40 – 62.5
Alto	26 – 45    65 – 112.5
Muy alto	Mayor 45    Mayor 112.5

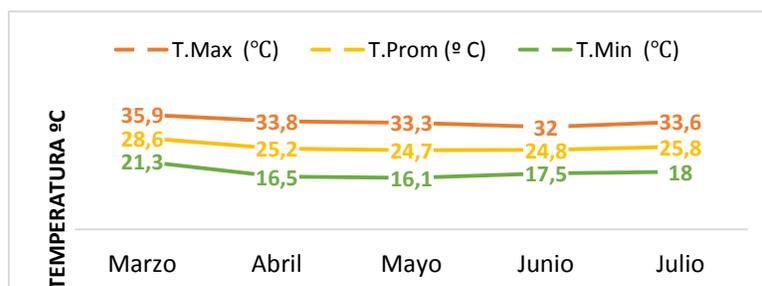
Fuente: (Villarroel, 1998)

Clasificación	Ph
Muy fuerte ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 - 5.2
Moderadamente ácido	5.3 - 5.9
Débilmente ácido	6.0 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.0
Débilmente alcalino	7.1 - 7.5
Moderadamente alcalino	7.6 - 8.0
Fuertemente alcalino	8.1 - 9.0
Muy fuertemente alcalino	Mayor de 9.0

Fuente: (Villarroel, 1998)

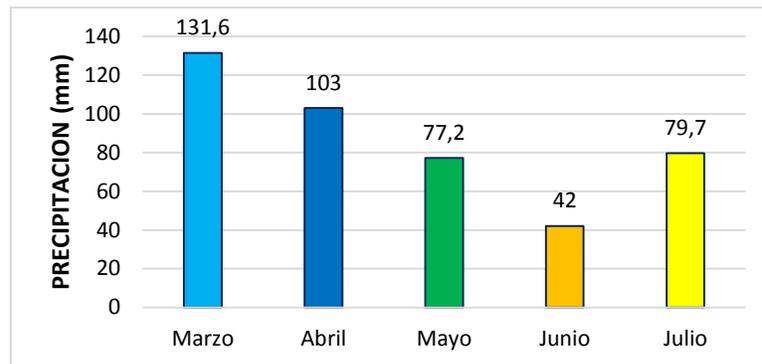
Clasificación	Contenido M. O (%)
Muy bajos	0.0 – 1.0
Bajos	1.1 – 2.0
Moderados	2.1 – 4.0
Altos	4.1 – 8.0
Muy altos	> - 8.0

## Anexo 6 Comportamiento de la temperatura máxima, mínima y promedio



Fuente: Elaboración propia con base de datos de la EES (2020)

## Anexo 7 Comportamiento de la precipitación



**Fuente:** Elaboración propia con base de datos de la EES (2020)

## Anexo 8. Fotografías del proceso de investigación

Preparación de terreno



Siembra de ocho variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.)



## Delimitación de las parcelas de frejol



## Desarrollo vegetativo o fase vegetativa del cultivo de frejol.



## Frejol en plena floración



## Monitoreo de plagas en el cultivo de frejol



## Frejol en plena fructificación o fase reproductiva.



## Tutoraje de frejol



## Aplicación de los abonos líquidos



## Cosecha de frejol



## Variedades de frejol cosechadas en el presente estudio



## Anexo 9. Análisis químico del Biol

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 37/21

Página 1 de 2

### INFORME DE ENSAYO EN BIOL A 37/21

Cliente:	Heidy Condori Cruz
Solicitante:	FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Sapecho (Estación Experimental de Sapecho)
	Provincia: Sud Yungas
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Turril de plástico de 200 litros
Responsable del muestreo:	Heidy Condori Cruz
Fecha de muestreo:	06 de mayo de 2021
Hora de muestreo:	07:30
Fecha de recepción de la muestra:	10 de mayo de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 10 al 20 de mayo, 2021
Caracterización de la muestra:	Muestra líquida
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Botella Pet
Código LCA:	37 - 1
Código original :	BIOL

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	BIOL 37 - 1
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0,32	152
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1,0	3484
Fósforo total	EPA 385.2	mgP-PO <sub>4</sub> /l	0,010	110
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	210
pH	EPA 150.1		1 - 14	8,3
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	556

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)  
Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 25 de Mayo de 2021



JCH/LCA



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf/Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

## Anexo 10. Análisis químico del lixiviado de humus

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 37/21

Página 2 de 2

### INFORME DE ENSAYO EN LIXIVIADO DE HUMUS A 37/21

Cliente: Heidy Condori Cruz  
Solicitante: FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA  
Dirección del cliente: No especificado  
Procedencia de la muestra: Sapecho (Estación Experimental de Sapecho)  
Provincia: Sud Yungas  
Departamento: La Paz  
Punto de muestreo: Camas de lombrices  
Responsable del muestreo: Heidy Condori Cruz  
Fecha de muestreo: 06 de mayo de 2021  
Hora de muestreo: 07:30  
Fecha de recepción de la muestra: 10 de mayo de 2021  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 10 al 20 de mayo, 2021  
Caracterización de la muestra: Muestra líquida  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Botella Pet  
Código LCA: 37 - 2  
Código original: Lixiviado de humus

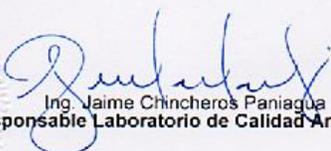
### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Lixiviado de humus 37 - 2
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0,32	100
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1,0	4289
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO <sub>4</sub> /l	0,010	101
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	182
pH	EPA 150.1		1 - 14	7,9
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	1375

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA = Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)  
Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 25 de Mayo de 2021



  
Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf/Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia