

UNIVERSIDAD AMAZONIA DE PANDO
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
CARRERA INGENIERIA AGROFORESTAL



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA FASE
DE DESARROLLO DE LA VAINITA (*Phaseolus vulgaris L*) EN EL BARRIO
COPACABANA PADEL MUNICIPIO DE COBIJA”**

Tesis de grado para optar al grado de licenciatura en Ingeniería Agroforestal

Postulante: Univ. Evelin Erika Cordova
Asesora: MSc. Elizabeth Julieta Ponz Sejas

COBIJA - PANDO -BOLIVIA

2025

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por:

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
Presidente	MSc. Marcos Vichenzo Abasto Antezana	_____
Tribunal 1	Ing. Richard Benitez Romero	_____
Tribunal 2	MSc. Rony Silver Balcazar Sosa	_____
Tribunal 3	Ing. Dunia Calderón Vaca	_____
Asesor	MSc. Elizabeth J. Ponz Sejas	_____

Cobija, 07 de julio de 2025

DEDICATORIA

"Primeramente agradezco a mi Padre Celestial por guiarme en este camino... Dedico este trabajo a mi madre, cuyo amor y apoyo incondicional han sido fundamentales en cada etapa de mi vida académica. A mi hermano, por su compañía y aliento constante, siempre brindándome ánimo en los momentos difíciles. A mi cuñada, por su generosidad y afecto, que han enriquecido mi entorno familiar. A mi pareja, por ser mi inspiración, mi fortaleza y mi motivación para seguir adelante con determinación. Y a mi querida gatita Misha, cuya presencia ha sido fuente de alegría y tranquilidad en esta ardua trayectoria."

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis sinceros agradecimientos a:

Mi madre María Córdova, mi hermano Rudy y a la familia de mi hermano, a mi pareja Harold Mamani de igual forma a la familia de mi pareja por el apoyo durante la realización de la presente investigación

A mi fiel compañera (gatita) Misha, quien con su dulce compañía y ronroneos reconfortantes ha sido un apoyo incondicional en cada jornada de estudio y escritura. Tu presencia ha sido un bálsamo en los momentos de estrés, y tu cariño, un recordatorio constante de que la perseverancia siempre va acompañada de amor. Gracias por estar a mi lado en este camino, que desde el cielo mi acompañas.

Mi asesora, MSc. Elizabeth Julieta Ponz, por sus acertadas orientaciones en el desarrollo de la presente investigación.

Los miembros del tribunal Ingenieros: Richard Benitez R., Rony Silver Balcázar Sosa y Dunia Calderón Vaca., por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.

Los docentes de la carrera de Ingeniería Agroforestal, por haber impartido sus conocimientos con paciencia durante el proceso de enseñanza.

Mis compañeros de la universidad: por las muchas experiencias vividas durante los años que hemos compartido juntos.

INDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
Planteamiento del problema	2
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	4
<i>OBJETIVOS</i>	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos específicos	5
<i>HIPÓTESIS</i>	5
4.1. Hipótesis Alterna.....	5
4.2. Hipótesis Nula	5
<i>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</i>	6
5.1. Cultivo de la vainita.....	6
5.1.1. Historia del cultivo de la vainita	6
5.1.2. Importancia del cultivo	7
5.1.3. Descripción taxonómica de la vainita	7
5.2. Descripción botánica	7
5.2.1. Hojas	7
5.2.2. Tallo	8
5.2.3. Raíz	8
5.2.4. Flor	9
5.2.5. Inflorescencia	10
5.2.6. Fruto	10
5.2.7. Floración y Madurez	11
5.2.8. Semillas	11
5.3. Características edafoclimáticas.....	11
5.3.1. Luz	11
5.3.2. Suelo	12
5.3.3. Agua	12
5.4. Manejo del cultivo.....	13
5.4.1. Semilla	13

5.5.	Preparación del suelo.....	13
5.6.	Siembra.....	13
5.7.	Plagas y enfermedades.....	13
5.8.	Microorganismos Eficientes	14
5.8.1.	Los principales efectos del EM en área agrícola	15
5.8.2.	Aplicación al suelo.....	16
5.8.3.	Grupos microbianos que componen los EM	17
5.8.3.1.	Bacterias fototróficas.....	17
5.8.3.2.	Levaduras	18
5.8.3.3.	Bacterias ácido lácticas.....	18
5.8.3.4.	Hongos de fermentación.....	18
5.8.3.5.	Actinomicetos.....	19
5.8.4.	Microorganismos Eficientes comercial	19
5.8.5.	Aplicaciones y uso de ME comercial.....	20
5.8.6.	Microorganismos de Montaña (MM).....	20
5.8.7.	Reproducción y activación de MM	21
5.8.8.	Aplicación	21
5.9.	Marco referencial.....	22
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>		<i>24</i>
6.1.	Ubicación.....	24
6.2.	Tipo de investigación.....	25
6.3.	Materiales y equipos.....	25
6.4.	Metodología de la investigación	27
6.5.	Procedimiento Experimental.....	27
6.5.1.	Preparación de la semisombra	27
6.5.2.	Preparación del suelo	27
6.5.3.	Siembra	28
6.5.4.	Riego	29
6.5.5.	Características del área experimental.....	29
6.5.6.	Aplicación de biofertilizante	30
6.6.	Métodos de Recolección de Datos	32
6.6.1.	Fecha de Siembra.....	32

6.6.2.	Días a la emergencia _____	33
6.6.3.	Días a la Floración _____	33
6.6.4.	Altura de Plantas _____	34
6.6.5.	Número de Frutos por Plantas _____	34
6.6.6.	Tamaño de Frutos _____	34
6.6.7.	Días a la Cosecha _____	35
6.6.8.	Peso promedio de frutos por planta _____	35
6.6.9.	Rendimiento en kg/ha _____	35
6.6.10.	Análisis de Datos _____	36
<i>RESULTADOS</i>		36
7.1.	Ciclo productivo.....	36
7.2.	Características morfológicas.....	36
7.2.1.	Número de hojas por planta _____	36
7.2.2.	Diámetro del tallo _____	38
7.2.3.	Altura de planta _____	39
7.3.	Características agronómicas.....	40
7.3.1.	Número de vainas por planta _____	40
7.3.2.	Longitud de la vaina _____	42
7.3.3.	Número de vainas por planta _____	43
7.3.4.	Peso de vainas por planta _____	44
7.3.5.	Rendimiento por hectárea _____	46
<i>DISCUSION</i>		47
8.1.	Ciclo productivo.....	47
8.2.	Características morfológicas.....	47
8.3.	Características agronómicas.....	49
8.4.	Rendimiento.....	49
<i>CONCLUSIONES</i>		51
<i>RECOMENDACIONES</i>		52
<i>ANEXOS</i>		54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa referencial del predio.....	25
Figura 2 Trichoderma Tricobal (EM).....	26
Figura 3 Preparacion del suelo.....	28
Figura 4 Siembra directa U/E	29
Figura 5 Aplicación del biofertilizante Tricobal.....	31
Figura 6 Raíses con nematodos.....	31
Figura 7 Nematodos del nudo de la raíz	32
Figura 8 Emergencia de plántulas.....	33
Figura 9 Floración de las plantas	34
Figura 10 Medición altura de la planta	34
Figura 11 Pesado de los frutos	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 microorganismos eficientes	17
Tabla 2 Características del ciclo productivo.....	36
Tabla 3 e hojas por planta a la cosecha.....	36
Tabla 4. de varianza para el numero de hojas por planta al final a la cosecha	37
Tabla 5 de Duncan para el numero de hojas por planta.....	37
Tabla 6 del tallo (mm) a la cosecha	38
Tabla 7. de varianza para el diámetro del tallo a la cosecha.....	38
Tabla 8 Prueba de Duncan para diámetro del tallo a la cosecha.....	39
Tabla 9 Altura de palta en cm.	39
Tabla 10 Análisis de varianza para altura de planta a la cosecha	40
Tabla 11 de Duncan para altura de planta a la cosecha	40
Tabla 12 de vainitas por planta a la cosecha.....	41
Tabla 13 para números de vainita por planta a la cosecha.....	41
Tabla 14 de Duncan de vainitas por planta a la cosecha.....	41
Tabla 15 Longitud de vainita	42
Tabla 16 Análisis de varianza longitud de vaina	42
Tabla 17 de Duncan para longitud de vaina.....	43
Tabla 18 Numero de vainas por planta	43
Tabla 19 Análisis de varianza para de vainas por planta	43
Tabla 20 Prueba de Duncan para número de vainas por planta	44
Tabla 21 por planta	44
Tabla 22 Análisis de varianza para peso de vainas por planta.....	45

Tabla 23 Prueba de Duncan para peso de vainas por planta.....	45
Tabla 24 Peso de vainas por planta.....	46
Tabla 25 de varianza para el rendimiento en ton/ha	46
Tabla 26 de Duncan peso de vainita por planta	46

RESUMEN

En la región amazónica boliviana, uno de los cultivos de importancia agrícola y alimentaria es la vainita (*Phaseolus vulgaris L.*), una leguminosa de alto valor nutricional. Sin embargo, su producción se ve afectada por la baja disponibilidad de nutrientes en los suelos tropicales, lo que limita su crecimiento y rendimiento. Frente a esta problemática, la aplicación de microorganismos eficientes se presenta como una estrategia ecológica que puede contribuir a mejorar las condiciones de desarrollo de este cultivo. Con el objetivo de evaluar el efecto de tres diferentes concentraciones de ME en la fase de desarrollo de la vainita, se realizó la presente investigación en el barrio Copacabana del municipio de Cobija. El estudio se centró en analizar cómo diferentes concentraciones de ME afectan las características morfológicas de la especie, determinar la concentración óptima para su cultivo y evaluar el impacto sobre el rendimiento en la producción de vainas verdes. Se aplicaron tres dosis de microorganismos eficientes 1,5 g, 3 g y 6 g disueltos, incluyendo un tratamiento testigo sin la aplicación de ME. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. La dosis de 6 gramos de ME destacó por su efecto positivo en todas las variables analizadas. Esta dosis permitió obtener un rendimiento de 9,68 toneladas por hectárea, superando considerablemente al tratamiento testigo, que alcanzó solo 4,35 toneladas por hectárea. Asimismo, se observó un aumento en la altura de las plantas, el número de vainas por planta y el peso de las vainas, lo que resalta el potencial de los ME para mejorar el crecimiento y la productividad de la vainita en la región amazónica. Los resultados demuestran la efectividad de los ME como una opción viable para aumentar la productividad agrícola en sistemas tradicionales, promoviendo una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Palabra clave: Evaluación, dosis, microorganismos ecoeficientes.

ABSTRACT

In the Bolivian Amazon region, one of the most important agricultural and food crops is the green bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a legume with high nutritional value. However, its production is affected by the low availability of nutrients in tropical soils, which limits its growth and yield. Faced with this problem, the application of efficient microorganisms is presented as an ecological strategy that can contribute to improving the development conditions of this crop. With the objective of evaluating the effect of three different concentrations of efficient microorganisms on the development phase of green bean, this research was conducted in the Copacabana neighborhood of the municipality of Cobija. The study focused on analyzing how different concentrations of EM affect the morphological characteristics of the species, determining the optimal concentration for its cultivation, and evaluating the impact on green bean production yield. Three doses of EM were applied: 1.5 g, 3 g, and 6 g dissolved in 1.8 liters of water during planting, including a control treatment without the application of EM. The results showed significant differences between treatments. The 6-gram dose of ME stood out for its positive effect on all the variables analyzed. This dose yielded 9.68 tons per hectare, considerably exceeding the control treatment, which only achieved 4.35 tons per hectare. An increase in plant height, pod number per plant, and pod weight was also observed, highlighting the potential of EM to improve the growth and productivity of green bean in the Amazon region. These results demonstrate the effectiveness of EM as a viable option for increasing agricultural productivity in traditional systems, promoting more sustainable and environmentally friendly agriculture.

Keywords: Evaluation, doses, eco-efficient microorganisms

INTRODUCCIÓN

Según Cruz, et.al (2021), numerosas especies vegetales de interés agrícola establecen simbiosis con microorganismos edáficos, como de microorganismos promotores del crecimiento vegetal; los cuales proporcionan grandes beneficios debido a que ayudan a disminuir el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas utilizados en la producción agrícola. Actualmente, la agricultura mexicana busca alternativas de fertilización amigables con el medio ambiente. Es por ello que las prácticas de agricultura sostenible solo pueden ser exitosas cuando los productores tienen todos los medios para implementarlas adecuadamente (Cruz, et. al, 2021).

Morocho y Mora (2019), afirman que las producciones agrícolas limpias constituyen una prioridad en los programas de desarrollo de varios países. Los microorganismos eficientes (ME) desde la década de los 80 gracias a las investigaciones del científico Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón han demostrado ser una alternativa eficiente y sostenible en la producción de alimentos. Los microorganismos eficientes han mostrado efectos beneficiosos en el tratamiento de aguas negras, reducción de malos olores, en la producción de alimentos libres de agroquímicos, el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipalidades, entre otros (Morocho & Mora, 2019).

De acuerdo a Abreu, et .al (2021), el frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) constituye una de las principales fuentes de alimentación debido a su amplio consumo y valor nutritivo. Sin embargo, varios factores abióticos como el estrés hídrico provocan una disminución en el rendimiento de este cultivo. Se ha estimado que la sequía reduce en un 60% la

producción mundial de granos de frijol común. Además, el déficit hídrico afecta negativamente procesos fisiológicos y bioquímicos importantes tales como: la fotosíntesis, la respiración, el metabolismo de los carbohidratos, la nutrición mineral de la planta y la síntesis de promotores del crecimiento. También el estrés causado por altas temperaturas provoca importantes afectaciones a la producción de frijol común, por cuanto, reduce el porcentaje de germinación, incrementa el número de plántulas anormales, induce floración temprana, disminuye la eficiencia de la fijación de nitrógeno atmosférico, reduce la estabilidad de las membranas, por lo que se afecta la actividad fotosintética y la acumulación de biomasa.

Como alternativa para mejorar la producción de esta especie, se recomienda el empleo de los microorganismos eficientes, que constituyen un conjunto de hongos y bacterias que tienen múltiples aplicaciones en el área ambiental, pecuaria y agrícolas. En tal sentido, una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos pueden ser los Microorganismo Eficientes, los mismos que son un cultivo microbiano mixto, de especies seleccionadas de microorganismos benéficos, que inoculados al suelo contribuyen a restablecer el equilibrio microbiano, muchas veces deteriorado por las malas prácticas de manejo agronómico; estos a su vez contribuyen a acelerar la descomposición de los desechos orgánicos en el suelo, lo cual incrementa también la disponibilidad de nutrientes para las planta (Toalombo, 2012)

Planteamiento del problema

Considerando las características edafológicas de los suelos del departamento de Pando y de acuerdo con el (ZONISIG, 1996) los suelos son ácidos, no aptos para la agricultura de hortalizas y otras especies.

Por lo que los proveedores de los mercados de la ciudad de Cobija y del departamento se abastecen de hortalizas provenientes del interior del país como del departamento de La Paz y del exterior desde Perú y Brasil. Entre las hortalizas que tienen una demanda de consumo es la vainita (*Phaseolus vulgaris*), que es una variedad de fréjol desarrollada para consumo como vainas verdes, caracterizadas por tener alto contenido de fibra.

La agricultura consume hasta el 85% de la producción mundial en cuanto se refiere al uso de plaguicidas, con el fin de mantener un control sobre las plagas que afectan los cultivos. La calidad del suelo está siendo afectada debido al incremento de los agroquímicos, los mismos que se aplican sin control por parte de los agricultores, y este uso indiscriminado influye en la reducción de la fertilidad del suelo. El uso indiscriminado de plaguicidas ha generado numerosos problemas ambientales a nivel mundial; como esta destrucción de ecosistemas naturales, la infertilidad del suelo, pérdida de cultivos y la contaminación del agua (Izquierdo, 2017).

Con el propósito de generar alternativas para el cultivo de esta especie de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.), sin la utilización de agroquímicos que tienen un impacto negativo en el medio ambiente es que es importante investigar sobre opciones de una agricultura limpia, como es la utilización de microorganismos eficientes que por sus características bioquímicas establecen un equilibrio microbiológico del suelo y mejoran su calidad, lo que incrementa la producción y protección de los cultivos, conserva los recursos naturales y crea una agricultura sustentable como refiere (Calero, et al, 2019).

Se plantea el siguiente problema de investigación.

¿Cuál es el efecto de la aplicación de tres diferentes concentraciones de microorganismos eficientes en la fase de desarrollo de la vainita (*Phaseolus vulgaris L*) en el Barrio Copacabana del Municipio de Cobija?

JUSTIFICACIÓN

El EM contiene una mezcla de diferentes tipos de microorganismos (levaduras, bacterias fotosintéticas, bacterias ácido-lácticas y actinomicetos), todos ellos benéficos para las plantas y el ecosistema. La fermentación, la producción de sustancias bioactivas, la competencia y antagonismo con patógenos, son algunas de las cualidades que estos microorganismos presentan y ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos para la salud y el ecosistema. En la agricultura, EM se ha utilizado para enriquecer el suelo y producir cultivos de calidad, sanos, con un mayor rendimiento, con menos enfermedades o plagas sin el uso de productos químicos agrícolas (Rios, 2017).

Los EM son utilizados en la agricultura, como fertilizantes orgánicos, con el objetivo de pretender reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos. Su aplicación se enmarca en la preparación del terreno, germinación, enraizamiento del material vegetal, la siembra, trasplante, el mantenimiento tanto al suelo, como al follaje de las plantas, incrementar la producción, ayudara a prevenir y disminuir el ataque de plagas y enfermedades. Esta mezcla biológica de microorganismos, no son perjudiciales, ni tóxicos, ni genéticamente modificados (Transgénicos); por el contrario, son naturales, benéficos y altamente eficientes. Su uso se enfoca a diferentes fines como ser la agricultura, ganadería, medio ambiente, salud, industria, construcción, y otros (Callisaya & Fernandez, 2017)

OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de tres diferentes concentraciones de microorganismos eficientes en la fase de desarrollo de la vainita (*Phaseolus vulgaris L*) en el Barrio Copacabana del Municipio de Cobija.

3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes en el desarrollo de las características morfológicas de la especie.
- ✓ Establecer la concentración óptima de microorganismos eficientes para el cultivo de la especie en estudio.
- ✓ Evaluar el efecto de microorganismos eficientes en el rendimiento de vainitas de *Phaseolus vulgaris L*.

HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis Alternativa

El efecto de la aplicación de tres diferentes concentraciones microorganismos eficientes en la fase de desarrollo de la vainita *Phaseolus vulgaris L* es significativo en el Barrio Copacabana del Municipio de Cobija.

4.2. Hipótesis Nula

El efecto de la aplicación de tres diferentes concentraciones de microorganismos eficientes en la fase de desarrollo de la vainita *Phaseolus vulgaris L* no es significativo en el Barrio Copacabana del Municipio de Cobija.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

5.1. Cultivo de la vainita

5.1.1. Historia del cultivo de la vainita

Aunque no hay registros exactos sobre su origen los investigadores coinciden en que su cultivo comenzó en Centro y Suramérica hace aproximadamente 5.000 años. En su primer viaje al Nuevo Mundo, en 1492, Cristóbal Colón descubrió la planta y escribió en su diario que aquellas tierras estaban sembradas con habas distintas a las españolas, frutos de una planta de la misma familia que las vainitas. La planta rápidamente adquirió popularidad en los países mediterráneos y para el siglo XVII ya era cultivada en Italia, Grecia y Turquía. Sin embargo, en esa época no se consumían las vainas verdes, sino sólo las semillas. Sería en el siglo XIX cuando las vainitas frescas se empezaron a comercializar y a incluir en diferentes preparaciones. Se ha señalado a América como origen del fríjol común *Phaseolus vulgaris* L. principalmente los países de México y Guatemala en Centro América, Perú y Bolivia, en Sur América, aunque se encuentran otras especies en Colombia. Actualmente es ampliamente distribuida en el Trópico y el Sub trópico. La judía, vainita o ejote es originaria de América latina, donde se le atribuyen dos centros de origen: México - América Central y Perú-Ecuador-Bolivia. De estos destacan que es posible identificar a México como lugar de origen por encontrar prototipos de especies silvestres de los cinco grupos más cultivados: *P. vulgaris*, fríjol común; *P. acutifolius*, fríjol tépari; *P. lunatus*, fríjol lima; *P. coccineus*, fríjol escarlata; y *P. polyanthus*, fríjol anual. (Carita, 2016, pág. 3)

5.1.2. Importancia del cultivo

La vainita es uno de los cultivos más importantes en la alimentación es una especie desarrollada para consumo de las vainas verdes caracterizadas por tener bajo contenido de fibra y alto contenido de proteína, además de su compatibilidad con diferentes alimentos de la dieta. El mayor consumo de vainita se ha visto en las zonas urbanas más que en zonas rurales, por tanto, se prevé que en un futuro existirá mayor demanda de esta leguminosa. (Tarabata, 2020)

5.1.3. Descripción taxonómica de la vainita

Según Bonifaz (2020) pertenece a la especie *Phaseolus vulgaris* L., corresponde a *P. vulgaris* L. var. *vulgaris* que agrupa todas las formas cultivadas caracterizadas por su distribución bastante amplia

Clase: Dicotyledóneas

Orden: Fabales

Familia: Leguminosas

Subfamilia: Papilionoideas

Tribu: Phaseoleas

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris*

5.2. Descripción botánica

5.2.1. Hojas

Las hojas de la vainita en algunos casos se pueden encontrar en dos tipos: simples y compuestas. Están insertadas en los nudos de los tallos y ramas laterales mediante sus pecíolos. Las hojas primarias son simples y aparecen en el segundo nudo del tallo principal

y se forman en la semilla durante la embriogénesis, estas hojas son opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, simples y acuminadas y poseen estipulas bífidas. Las hojas compuestas son trifoliadas, existen a partir del tercer nudo del tallo principal. Las hojas son compuestas, trifoliadas, dotadas de pequeñas estipulas en la base del peciolo. Los folíolos son ovalados o triangulados y de diferente color y pilosidad según la variedad, posición en el tallo y edad de la planta. Las hojas trifoliadas presentan además un peciolo y un raquis en la base del peciolo, y muy próximo al tallo, se encuentra el pulvínulo, estructura que permite el movimiento de las hojas para que estas se orienten hacia el sol. Los tres folíolos de cada hoja compuesta, uno central y dos laterales, son 7 simétricos y acuminados. Cada uno de los folíolos presenta un peciolo que los une al raquis (Mamanil & Guido, 2016)

5.2.2. Tallo

El tallo puede ser identificado como el eje central de la planta el cual está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristema apical del embrión de la semilla; desde la germinación y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristema tiene una fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el punto de inserción de las hojas (o de los cotiledones) en el tallo. El ángulo formado entre el peciolo de las hojas y la prolongación del tallo se denomina axila en las axilas aparece un complejo de yemas que luego se desarrollan como ramas laterales y/o como inflorescencia (Lopez, Fernandez, & van Schoonhoven, 1985).

5.2.3. Raíz

Tiende a ser fasciculada o fibrosa con una amplia variación dentro de variedades. En suelos arenosos las raíces pueden alcanzar 140 cm de profundidad. En general se consideran de mediana a profunda, ya sea que se trate de habichuelas arbustivas o de enredadora. La raíz

de la vainita tiene un sistema radicular la cual tiene nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media, la vainita posee un sistema radical fasciculado, a veces fibroso con mucha variación incluso en plantas de la misma variedad; el tipo pivotante se presenta en bajo porcentaje. Dispone de gran cantidad de raíces secundarias, terciarias y cuaternarias. Por su condición de papilionoidae, la vainita contiene nódulos en la parte superior y media de las raíces que mediante simbiosis con el hongo *Rhizobium phaseoli*, se encarga de fijar nitrógeno atmosférico (Mamanil & Guido, 2016)

5.2.4. Flor

Sus flores están dispuestas en racimos terminales o axilares, según su crecimiento (determinado o indeterminado), de color blanco rosado o de tonalidad morada. La estructura floral impide que se produzca polinización cruzada, por ello se considera autógena. Las flores son de pétalos desiguales, se reúnen en racimos muy sencillos laterales o terminales insertadas en las axilas de las hojas. La flor es considerada completa y está formada por 5 elementos, alas, quilla y el estambre. El androceo está formado por nueve estambres soldados en la base y por un estambre libre llamado vexilar, que se encuentran al frente del estandarte. El gineceo incluye el ovario comprimido, el estilo, que es curvado, y el estigma interno. La morfología floral del poroto favorece el mecanismo de autopolinización, ya que las anteras están al mismo nivel que el estigma, y ambos órganos esta a su vez completamente envueltos por la quilla. Al ocurrir la antesis, habitualmente con las flores cerradas, el polen cae directamente sobre el estigma. Después de que ocurre la polinización se produce una rápida apertura de las flores (Mamanil & Guido, 2016).

5.2.5. Inflorescencia

La inflorescencia puede ser axilar o terminal, dependiendo de su inserción en el tallo; es un conjunto de racimos, es decir, un racimo principal con un grupo de racimos secundarios. La flor es típica papilionácea de fecundación auto gama; en su desarrollo tiene dos etapas, botón floral y flor completamente abierta. Según la variedad, así es el color; blanco, rosado o púrpura. En la inflorescencia se puede distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales. En el extremo apical del pedúnculo se desarrolla la primera triada floral, la que dará lugar al primer racimo secundario. A partir de este, el racimo principal continúa elongado a través de un raquis, en el cual pueden desarrollarse dos a tres nuevas triadas florales. De esta manera, un racimo principal puede presentar hasta cuatro racimos secundarios (Mamanil & Guido, 2016)

5.2.6. Fruto

Su fruto es una vaina que varía de tamaño, color y forma, según la variedad, pero en generalmente es delgada, de color verde, amarillo, negro o púrpura, cilíndrico o plana, de 8 a 20 cm de longitud. Usualmente es lampiño, pero en ocasiones presenta pubescencias. La parte comestible está constituida por la vaina en estado verde, cuando madurase desarrolla parte de su fibra y pierde sus características culinarias, pero las semillas se pueden consumir. Las vainas o legumbres corresponden a frutos compuestos por dos valvas, las cuales provienen del ovario. En la unión de las valvas se presentan dos suturas, una dorsal o placentar, y una ventral. Los óvulos, que corresponden a las futuras semillas, se presentan dispuestos en forma alterna en las dos valvas de la vaina (Mamanil & Guido, 2016).

5.2.7. Floración y Madurez

La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo. La etapa de floración es significativamente más larga que la de los otros hábitos, de tal manera que en la planta se presentan, a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración. Esta etapa es la última de la escala de desarrollo, ya que en ella ocurre la maduración del cultivo. Se caracteriza por la maduración y secado de las vainas (Mamanil & Guido, 2016)

5.2.8. Semillas

Su forma puede variar desde arriñonada hasta oblonga, de colores blanco, negro y todos los intermedios. Los tamaños pueden ir de medianos a pequeños, 100 semillas pueden pesar aproximadamente de 80 a 40 g. Semillas de forma cilíndrica, arriñonada, esférica; provistas de dos cotiledones gruesos; color variado: rojo, blanco, negro, café, crema y otros; también existe la combinación de colores. Dependiendo de la variedad, un kilogramo tiene entre 2500 y 4500 semillas (Mamanil & Guido, 2016)

5.3. Características edafoclimáticas

5.3.1. Luz

Este factor no constituye una limitación crítica para el normal desarrollo del cultivo. La inducción, diferenciación floral y desarrollo de la vaina ocurren independientemente de la duración del día o fotoperíodo; es decir, se trata de una planta foto periódicamente neutra. Excelentes rendimientos, en lo referente a cantidad y calidad de producto, se logran en condiciones de baja luminosidad como las prevalencias en la Costa Central. (Toledo, 2003)

5.3.2. Suelo

Si bien este cultivo se adapta a distintos tipos de suelos los mejores son los de textura franca, bien drenados y con buen contenido de materia orgánica. Suelos pesados, cuyas superficies se endurecen excesivamente luego del riego, causan fallas en la germinación al dificultar la emergencia de las plántulas. El rango óptimo de pH es de 5,5 a 6,5 lo cual indica que esta hortaliza es medianamente tolerante a la acidez del suelo; asimismo, excelentes cosechas se obtienen en suelos de reacción alcalina como los de nuestra costa. La vainita es un cultivo muy sensible a la salinidad del suelo; siendo, además, seriamente afectada por el exceso de boro. Niveles de salinidad de 1,5; 2 y 4 mmhos/cm (milimhos por centímetro) a 25 °C en el suelo reducen el rendimiento del cultivo en aproximadamente 10 %, 25 % y 50 %, respectivamente. Ocasionalmente se presentan deficiencias de micronutrientes como el fierro y manganeso en suelos con pH mayor que 7, mientras que en suelos con pH menor que 5,5 el cultivo no progresa bien por falta de bacterias nitrificantes. El terreno seleccionado no debe haber sido sembrado con vainita durante los últimos 3-5 años, de manera de evitar el incremento significativo de problemas radiculares ocasionados por patógenos del suelo. (Toledo, 2003)

5.3.3. Agua

Debido a su condición de planta mesofítica, la vainita requiere disponer permanentemente de agua de buena calidad, para la obtención de máximos rendimientos. La presencia de salinidad o de elementos tóxicos en el agua de riego afecta drásticamente el rendimiento de este cultivo. La vainita es especialmente sensible a la toxicidad por exceso de boro en el agua, cuando este elemento supera el nivel de 0,5 - 1 ppm. (Toledo, 2003)

5.4. Manejo del cultivo

5.4.1. Semilla

Es importante contar con semilla de buena calidad, producida por casas comerciales reconocidas que garanticen alta germinación entre 85 y 90%. Si la producción de semilla se realiza en la finca, debe hacerse bajo riego. Cuando se cosecha no aporrearla con varilla, ya que el embrión se daña y pierde germinación y se realiza preferiblemente con una buena trilladora. Una vez que esté bien seca, se trata con fungicidas e insecticidas para semillas. (San Jose, 1991)

5.5. Preparación del suelo

Según San José (1991) menciona que *"al preparar el suelo debe quedar suelto sin terrones ni depresiones que puedan provocar el empozamiento del agua. La preparación del suelo consiste en una arada, dos pasadas de rastra para realizar luego el rayado y forma lomillos o eras de siembra."*

5.6. Siembra

Para variedades arbustivas, la siembra se realiza en eras o lomillos. Si se siembra en lomillos, la distancia entre ellos es de 50 o 60 cm y la semilla se coloca a chorro seguido o a una distancia de 8 cm. Con este sistema de siembra se consumen entre 50 a 65 kilos de semilla por hectárea. Cuando se siembra en eras de 1 m de ancho se siembran dos hileras. Para las variedades de guía las espalderas se colocan a 1 o 1,2 m entre ellas. (San Jose, 1991)

5.7. Plagas y enfermedades

Las **plagas** más comunes del cultivo de vainita son: Gusanos de tierra (*Feltia experta*; *Agrotis ipsilón*; *Spodopteras.*); mosca minadora (*Liriomyza Huidobrensis*); mosca

blanca (*Bemisia tabaci*); barrenador de brotes (*Epinotia Aporema*); barrenador de vainas (*Laspeyresia Leguminis*); pegador de la hoja (*Omiodes Indicata*); medidor de la hoja (*Pseudoplusia Inclusens*). Las **enfermedades** más comunes del cultivo de vainita son: Pudriciones radiculares (*Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum*; *Rhizoctonia solani*); Roya (*Uromyces phaseoli*); esclerotiniosis (*Sclerotinia sclerotiorum*); Oídio (*Erysiphe poligoni*); antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*); enfermedades bacterianas (*Xanthomonas phaseoli*, *Pseudomona phaseolicola*); enfermedades virósicas (Mosaico común del frijol; Mosaico amarillo del frijol) (Almonte, 2017)

5.8. Microorganismos Eficientes

Según Laruta (2021), los microorganismos de la tierra son infinitas entidades dinámicas naturales, de manera que, en cada momento diferentes grupos microbianos dominan la tierra, dependiendo de distintas épocas y estaciones del año. La microbiología de la tierra puede definirse como el estudio de los organismos naturales que la habitan, caracterizándose por tener un metabolismo, funciones, flujo energético y un infinito tejido intercíclico nutricional. Algunos microorganismos del suelo son muy conocidos y han sido aislados y reproducidos con fines comerciales. Los microorganismos eficientes (ME) consisten en un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos naturales benévolo o bueno, que coexisten en un medio líquido con un pH de 3,5. Los EM están siendo utilizados para reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos, en la agricultura se utiliza para el mejoramiento de la calidad del suelo contribuyendo a una micro flora balanceada con la mayoría de microorganismos benéficos. A través de esto, es posible transformar cualquier suelo inductor de enfermedades en un suelo supresor de enfermedades. Cuando las plantas tienen un mejor ambiente para su

crecimiento y desarrollo, los niveles de producción se incrementan y aumentan la resistencia a enfermedades, y además de esto, la calidad de los productos que provienen de fincas donde los EM son utilizados, son de mejor apariencia y sabor (pág. 21-22).

Los microorganismos efectivos o EM son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas, productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores) que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, lo que a su vez aumenta el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos (Arias, 2010).

Según el Municipio Cerro Chato (2024), los Microorganismos Efectivos conocidos por su sigla en inglés –EM–, son una mezcla de tres grupos de microorganismos completamente naturales que se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos. El EM contiene: **Lactobacillus**, similares a los que se utilizan para fabricar el yogur y los quesos. **Levaduras**, como las que se emplean para elaborar el pan, la cerveza o los vinos. **Bacterias Fotótrofas** o Fotosintéticas, habitantes comunes de los suelos y de las raíces de las plantas. Estos microorganismos no son nocivos, ni tóxicos, ni genéticamente modificados por el hombre; por el contrario, son naturales, beneficios y altamente eficiente. El descubrimiento del Dr. Higa consistió en hallar la forma de que estos tres grupos pudieran coexistir, realizando una combinación que tiene un efecto sinérgico, es decir que la –tarea de equipo– es superior a la suma de sus miembros individuales.

5.8.1. Los principales efectos del EM en área agrícola

Según Arias (2010) estos son los efectos de los Microorganismos eficientes (ME)

- ✓ Los siguientes son algunos de los efectos benéficos de la aplicación del EM

- ✓ Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
- ✓ Mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos, y suprime los patógenos y plagas que promueven enfermedades
- ✓ Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
- ✓ Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.
- ✓ Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante
- ✓ Reducción de malos olores y por lo tanto reducción en la utilización de desinfectantes
- ✓ Disminuye el consumo de agua de lavado, implementando el manejo de camas secas para coleccionar excretas
- ✓ Ayuda al aprovechamiento eficiente de desechos animales
- ✓ Mejora la calidad y aumenta la rapidez en la elaboración del abono.
- ✓ Reincorpora aguas residuales como aguas de riego.
- ✓ Mejora la calidad de los productos animales.
- ✓ Promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación en la que se generan gases sulfurosos y amoniacales.
- ✓ Reduce valores de DBO y DQO o.
- ✓ Reduce la producción de lodos en sistemas de tratamientos convencionales

5.8.2. Aplicación al suelo

Los EM se aplican en el campo a través de diferentes métodos, incluyendo aspersión directa en el suelo o las plantas, incorporación en sistemas de riego o mezcla en compost y fertilizantes orgánicos. La dosificación y la frecuencia de aplicación dependen del tipo de

cultivo, las condiciones del suelo y los objetivos específicos de la gestión agrícola. El uso de EM en la agricultura es un enfoque prometedor para alcanzar la sostenibilidad y la eficiencia en la producción de alimentos, respetando al mismo tiempo el medio ambiente y mejorando la calidad de vida de los agricultores y las comunidades rurales. (Frabelse, 2025)

5.8.3. Grupos microbianos que componen los EM

Los microorganismos que se encuentran en el EM pertenecen a 3 grupos bien conocidos, y estos son las bacterias ácido lácticas (usadas en la elaboración de yogurt, quesos, etc.) levaduras (usadas para hacer panes, cervezas, vinos, etc.) y bacterias fototróficas o fotosintéticas (presentes en las algas verdes e en cualquier partícula de suelo).

Tabla 1

Composición de Microorganismos eficientes

Grupo de microorganismos	Género y especies
Bacterias lácticas	<i>Streptomyces albus</i>
Lactobacilos	<i>Rhodopseudomona ssp haeroides</i>
Bacterias fotosintéticas	<i>Lactobacillus plantarum</i>
Levaduras	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Actinomicetos	<i>Streptococ cuslactis, S. faecalis</i>
Hongos	<i>Azpergillus oryzae, Mucorhiemalies</i> <i>Saccharomyces cericisiae, Cándida sp.</i>

Fuente: Laruta (2021)

5.8.3.1. **Bacterias fototróficas**

Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando luz solar y el calor del suelo porque son capaces de desintoxicar los suelos por la transformación de sustancias reducidas y pútridas, como

el sulfuro de hidrogeno y sustratos útiles. Esto ayuda a regular la eficiente utilización de la materia orgánica y mejora la fertilidad del suelo. Las bacterias fotosintéticas no solo desarrollan fotosíntesis, sino que también pueden fijar nitrógeno, solubilizadores de fósforo (*Pseudomonas fluorescens*). Además, han mostrado que cuando coexisten, en suelos con especies de *Azotobacter*, su habilidad de fijar nitrógeno se incrementa promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sintetizan azúcares de cadenas simples que sirven de alimento a otros microorganismos (Laruta, 2021).

5.8.3.2. Levaduras

Sintetizan sustancias útiles para el crecimiento de las plantas y sustancias antimicrobiales, vitaminas A y D, enzimas como invertasas y galactosidasas, hormonas que promueven la división celular activa y el crecimiento de las raíces. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto (Laruta, 2021).

5.8.3.3. Bacterias ácido lácticas

El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica, bajan el pH del sustrato e inhiben a competidores. Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* (*L. lactis*) y *Pediococcus* (Laruta, 2021)

5.8.3.4. Hongos de fermentación

Laruta (2021) afirma que "*Son importantes degradadores aerobios de material vegetal en descomposición en suelos ácidos. Los hongos más importantes asociados a las raíces de la planta son: Aspergillus, Penicillium, Rhizopus y Trichoderma*"

5.8.3.5. Actinomicetos

Se nutren de materiales orgánicos, degradan desde azúcares simples, proteínas, ácidos orgánicos y otros, hasta materiales complejos compuestos por celulosa, hemicelulosa, lignina quitina y parafinas. Son considerados como mejores agregadores del suelo, pues son muy eficientes produciendo sustancias húmicas y con sus micelios unen partículas del suelo suelto ayudando a la formación de agregados. Algunos actinomicetos producen antibióticos que regulan los patógenos de las plantas que están en el suelo. Entre los más importantes para la nutrición de la planta esta: Streptomyces, Nocardia, Actinomyces, Frankia entre otros (Laruta, 2021).

5.8.4. Microorganismos Eficientes comercial

El uso de la tecnología de microorganismos para la agricultura fue desarrollado en los años 80 por el Dr. Teruo Higa, Universidad Ryukyus, Okinawa, Japón, y fue ganando popularidad a través de los productos comerciales elaborados en laboratorios y conocidos como EM. EM•1®, es un producto natural elaborado con microorganismos eficientes que aceleran la descomposición natural de materiales orgánicos. Los microorganismos contenidos en EM•1® son benéficos y altamente eficientes. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos naturales bien conocidos como levaduras y las bacterias ácido lácticas (Lactobacillus), que promueven un proceso de fermentación antioxidante benéfico, acelera la descomposición de la materia orgánica y promueve el equilibrio de la flora microbiana. La tecnología EM•1® está siendo utilizada para reemplazar agroquímicos y fertilizantes sintéticos en varios cultivos, el EM•1® para la agricultura se enfoca para el mejoramiento de la calidad del suelo construyendo una microflora balanceada con la mayoría de especies

de microorganismos benéficos. A través de esto, es posible transformar cualquier enfermedad de suelo inductor de enfermedades en un suelo supresor de enfermedades, zimogénico y finalmente sintetizador. Cuando las plantas tienen un mejor ambiente para su crecimiento y desarrollo, los niveles de producción se incrementan y aumenta la resistencia a enfermedades. Además de esto, la calidad de los productos que provienen de fincas donde el EM•1® es utilizado, son de mejor apariencia y sabor y tienen una vida más larga. EM•1® puede ser utilizada en la preparación del terreno, germinación y enraizamiento del material vegetal, la siembra y trasplante y el mantenimiento tanto al suelo como al follaje de las plantas. A continuación, se detallarán los usos y aplicaciones de EM•1® en sus posibles áreas de aplicación (Laruta, 2021).

5.8.5. Aplicaciones y uso de ME comercial

El EM•1® puede ser aplicado en el proceso de compostaje de residuos orgánicos; en suelos y sustratos; en la producción hidropónica; en la agricultura; en la piscicultura y camarónicas; en granjas de producción animal, ayudando en la eliminación de malos olores; en lagunas de tratamiento de efluentes; en cajas de grasa, fosas sépticas y en los sistemas de efluentes sanitarios (Laruta, 2021).

5.8.6. Microorganismos de Montaña (MM)

En el manto que reviste la parte inferior de los bosques (mantillo forestal húmedo) están presentes millones de microorganismos diversos. Son varios grupos funcionales de bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios que habitan en armonía, para mantener el flujo energético de la vida en cada espacio y fracción del tiempo.

Por otro lado, se desarrolló una tecnología para reproducir los microorganismos que viven naturalmente en nuestros bosques. Estos microorganismos son llamados

comúnmente “Microorganismos de Montaña” o MM. Muchos de estos MM cumplen roles benéficos en los procesos biológicos de los suelos y agro ecosistemas y pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido intervención depredadora del hombre. Los MM contienen un promedio de 80 especies de microorganismos de unos 10 géneros, que pertenecen básicamente a cuatro grupos: Bacterias fotosintéticas, Actinomycetos, Bacterias productoras de ácido láctico y Levaduras (Laruta, 2021).

5.8.7. Reproducción y activación de MM

Según Laruta (2021) describe la siguiente metodología: Se toma 30 a 40 kg materia orgánica en descomposición o mantillo de un bosque cercano y se mezcla en seco con los 80 kg de Salvado y 2 kg de harina de rocas, hasta conseguir una mezcla homogénea; luego mezclar con agua hasta lograr una mezcla con poca humedad y olor afrutado. Finalmente, en un recipiente de plástico con una capacidad de 100 a 200 L se va depositando gradualmente el preparado por capas y se aprieta con un pisón, con la finalidad de extraer el oxígeno, no llenar totalmente el recipiente, dejar de 10 a 15 cm libres de volumen. Por último, cerrar herméticamente el recipiente, dejándolo en la sombra en reposo por 15 a 30 días. Para la activación, depositar 10 kg de MM en una bolsa de tela dentro de un recipiente de 200 L llenar el recipiente con 2 galones de melaza de caña, 2 galones de suero de leche, 2 kg de harina de rocas y 100 L de agua no tratada. Este proceso de fermentación anaeróbica demorara un periodo de 30 días

5.8.8. Aplicación

Se recomienda la aplicación del EM territorial o nativo del bosque en la forma pura (sin mezclarlo con agua) cuando los cultivos sufren ataques muy drásticos de algunas

enfermedades fungosas y bacterianas. La aplicación foliar de los microorganismos EM territoriales o nativos del bosque se pueden emplear al 2 % en la mezcla final de cualquier bio preparado, recomienda aplicaciones foliares a los cultivos a 3 - 4 % (4 L por cada 100 L de agua. (Laruta, 2021)

5.9. Marco referencial

En una investigación titulada “Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en el crecimiento y desarrollo del cultivo del frijol en condiciones de campo” Abreu Romero, et al, (2021), obtuvieron los siguientes resultados:

Al evaluar la influencia de diferentes dosificaciones de microorganismos Eficientes (EM) sobre el cultivo del fríjol, los mejores resultados en cuanto a la altura de las plantas se obtuvieron con los tratamientos 2 y 3 en las dos evaluaciones realizadas, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos, pero difiriendo estos significativamente del resto de los tratamientos.

En cuanto al parámetro número de hojas se pudo observar que el tratamiento 2 (5%) mostró el mejor resultado con respecto al resto de los tratamientos, difiriendo significativamente entre ellos en la primera evaluación, no siendo así en la segunda evaluación, donde no hubo diferencias entre los tratamientos 1 y 2 con respecto a este parámetro, pero si con relación el resto de los tratamientos, evidenciándose que los mejores valores numéricos lo obtuvo este parámetro T1(19.4) y T2(19.1), lo que demuestra que hubo un incremento en el follaje cuando se aplicaron microorganismos eficientes y esto permite que la planta realice una mejor fotosíntesis. El PH tiene una gran influencia en la disponibilidad de los nutrimentos para ser absorbidos por las hojas; las condiciones ideales

de absorción de nutrimentos se dan cuando el valor del pH se mantiene en un rango ligeramente ácido, de 5,5 a 6,5.

El parámetro diámetro del tallo no mostró diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 3, pero si hubo diferencias con respecto al tratamiento 1 y 4 en la primera evaluación, no comportándose así en la segunda evaluación que hubo diferencia entre los tratamientos donde se aplicó microorganismo eficiente con respecto al control sin aplicar.

Se observó que el tratamiento 2 (5%) tuvo mejor comportamiento en cuanto al parámetro altura, número de hojas y diámetro del tallo en ambas evaluaciones existiendo diferencias significativas entre este tratamiento con respecto al resto de los tratamientos. Este resultado puede estar sustentado en que estas variables expresan con claridad el efecto del bio producto empleado.

Con respecto al número de vainas se pudo apreciar que hubo diferencias significativas entre los tratamientos 2, 3 y 4 con respecto al testigo siendo el tratamiento 2 el de mejor resultados donde se produjeron 12.0 vainas por plantas en la segunda evaluación y la menor cantidad de vaina la produjo el testigo sin aplicar con 5.7 vainas.

En conclusión; El efecto de los Microorganismos Eficientes en los parámetros morfológicos evaluados en el cultivo del frijol fue superior cuando se aplicó el microorganismo eficiente a dosis del 5% de concentración, superando estadísticamente al testigo.

De acuerdo con Dominguez (2019), en una investigación de Microorganismos eficientes como bio estimuladores en la producción de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar concluyeron que:

El empleo de los microorganismos eficientes como bio estimuladores en la producción de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar Delicia rojo 364 incrementó los indicadores agro productivos como la altura de las plantas, cantidad de vainas por plantas, promedio de granos por vainas, y rendimiento con respecto al testigo.

El análisis económico realizado alcanzó un efecto agronómico positivo del uso de estos microorganismos eficientes como bio estimuladores en la producción de frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.Ubicación

El estudio se realizó en un terreno experimental localizado en el Barrio Copacabana, dentro del Municipio de Cobija, en el departamento de Pando. La zona presenta características edafoclimáticas que influyen en el desarrollo del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.).

Las coordenadas geográficas del sitio, expresadas en el sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), son: Zona UTM: 19S Coordenadas: X = 0524420, Y =8780819

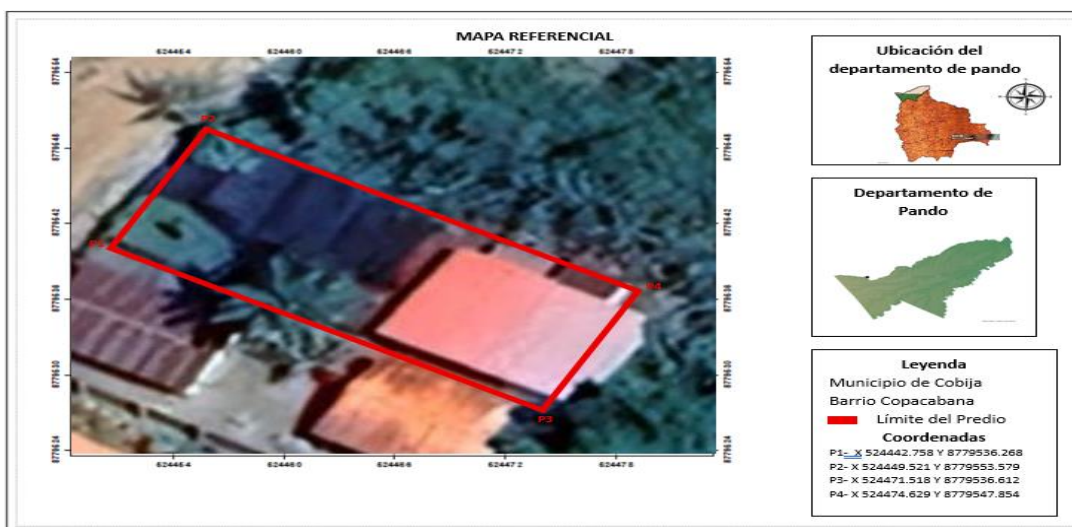


Figura 1 Mapa referencial del predio

Fuente: Elaboración propia

6.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental de acuerdo a Cozby & Bates (2021), define la investigación experimental como un tipo de investigación en el cual el investigador manipula una o más variables independientes, controla otras variables y observa los efectos sobre una o más variables dependientes, el mismo autor enfatiza la importancia de la manipulación controlada de variables y la observación cuidadosa de los resultados como elementos clave en la investigación experimental. Así mismo se asume el enfoque cuantitativo que se caracteriza por su énfasis en la medición objetiva y la cuantificación de fenómenos y variables, lo que permite el análisis estadístico de los datos recopilados.

6.3. Materiales y equipos

Insumos

- ✓ Semillas de vainita

Herramientas

- ✓ Azadón
- ✓ Rastillo
- ✓ Madera
- ✓ Martillo
- ✓ Calvos
- ✓ Malla milimétrica (25 metros)
- ✓ Regadera

- ✓ Cinta métrica
- ✓ Aspersor
- ✓ Regla
- ✓ Pintura
- ✓ Brocha
- ✓ Manguera
- ✓ Hilo
- ✓ Alambre

Material biológico

Tricobal



Figura 2 Trichoderma Tricobal (EM)

Fuente: Elaboración propia

Equipos

- ✓ Computadora

✓ Cámara fotográfica

✓ Impresora

Material de escritorio

✓ Hojas bon

✓ Tinta

✓ Bolígrafos

✓ Lápices

✓ Libreta de campo 'para la recolección de datos

6.4. Metodología de la investigación

La metodología de investigación será:

6.5. Procedimiento Experimental

6.5.1. Preparación de la semisombra

La estructura, meticulosamente diseñada, abarcó una extensión de 10 metros de largo por 8 metros de ancho. Cada detalle fue cuidadosamente considerado, para garantizar que la semisombra proporcione el ambiente óptimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo de la vainita. La distancia entre los postes fue de 3 metros y la altura de la semisombra fue de 2 metros, se calculará con precisión para permitir la cantidad adecuada de luz solar.

6.5.2. Preparación del suelo

Se llevó a cabo la eliminación de maleza, hierbas y residuos de cultivos anteriores para garantizar un terreno limpio y libre de obstrucciones. Para mejorar la estructura del suelo, se emplearon herramientas agrícolas como azadón, rastrillo y picota, permitiendo la remoción y aireación adecuada.

El suelo se trabajó hasta alcanzar una profundidad de 15 a 20 centímetros, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo de las raíces. Este procedimiento contribuye a mejorar la porosidad y la disponibilidad de recursos para el crecimiento del cultivo



Figura 3 Preparación del suelo

Fuente: Elaboración propia.

6.5.3. Siembra

La siembra de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) se llevó a cabo siguiendo criterios técnicos recomendados, con el objetivo de optimizar la germinación y el desarrollo inicial de las plantas.

Las semillas fueron depositadas a una profundidad de 5 cm, asegurando una distribución uniforme con un espaciado de 0.8 x 0.7 m entre cada ejemplar. El terreno se estructuró en cuatro camas de siembra, dispuestas en montículos, lo que favorece el drenaje, la aireación del suelo y la absorción eficiente de agua y nutrientes, mejorando las condiciones para el crecimiento óptimo del cultivo.



Figura 4 Siembra directa U/E

Fuente: Elaboración propia

6.5.4. Riego

Antes de la siembra, fue necesario verificar que el suelo se encuentre en un estado de humedad adecuado, es decir, húmedo, pero no saturado de agua. Un riego previo facilitó la correcta germinación de las semillas. Para el proceso de cultivo, se implementó el sistema de riego por goteo.

6.5.5. Características del área experimental

Se empleó el diseño experimental completamente aleatorio (DECA) con las siguientes características:

Tratamientos	4 (3 dosis de Tricobal y un control)
Repeticiones	4
Distancia entre hileras	0.8 m
Distancia entre plantas	0,7 m
Nº hileras/unidad experimental	4

N° plantas/hilera	8
Área de la U.E.	17.92 m ² (3.2 m x 5.6 m)
Distancia entre bloques	1 m
Área a evaluar por U.E.	4.84 m ² (1.6 m x 2.8 m)
Área efectiva del experimento	77.44 m ² (4.84 m ² x 16)
Área total del experimento	393.12 m ² (16.8 m x 23,4 m)

El método de siembra directa de acuerdo a Arroyo (2009). Se observa en el anexo 1 el croquis respectivo.

6.5.6. Aplicación de biofertilizante

Se utilizó el biofertilizante Tricobal que en su composición tiene microorganismos ecoeficientes que se disolvieron 6 gramos, del mismo en 1800 ml litros de agua para el tratamiento T1, se disolvió 3 gramos en 1200 ml de agua para el tratamiento T2, se disolvió 1.5 gramos en 600 ml de agua para el tratamiento T3 y para el tratamiento 4 solo se le agregó agua sin el biofertilizante. Se utilizó un dispersor para colocar la disolución en el área de estudio como se observa en la figura 4.



Figura 5 Aplicación del biofertilizante Tricobal

Fuente: Elaboración propia

Identificación de plagas y enfermedades durante el desarrollo de la especie

Observación regular para las inspecciones regulares de las plantas para detectar signos tempranos de plagas o enfermedades.

Para la identificación de plagas se buscó signos comunes de plagas, como la presencia de insectos, como también si existía algún daño en las hojas o en las vainas, como también cambios en el crecimiento o color de los individuos en estudio.

Para la identificación de enfermedades se observó los síntomas que causan enfermedades, como manchas en las hojas, marchitamiento y decoloración o pudrición de los frutos. Observándose en los individuos testigo clorosis y raquitismo de la parte aérea, las hojas exhibieron necrosis en los bordes y marchitamiento en las horas de mayor intensidad solar. En el sistema radicular de las plantas se producen agallas, engrosamientos y decrece el número de raíces secundarias síntomas como describe (Hernandez, et al, 2018) que es causado por el nematodo *Meloidogyne* sp. cómo se observa en las figuras siguientes.

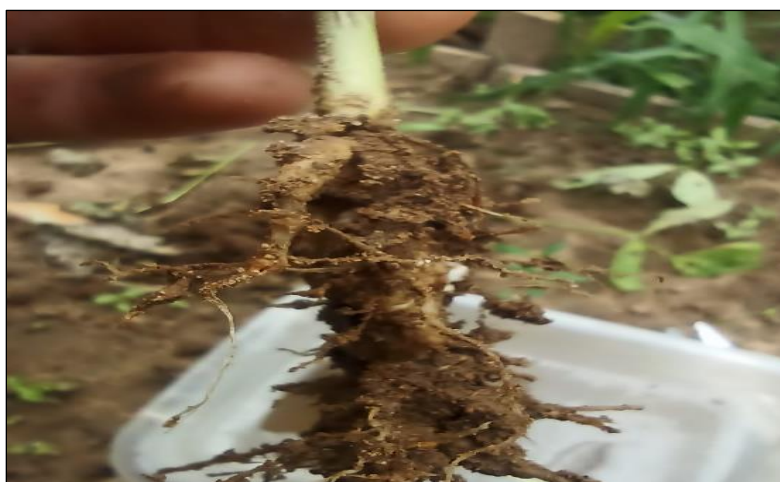


Figura 6 Raíz con nematodos

Fuente: Elaboración propia



Figura 7 Nematodos del nudo de la raíz

Fuentes: Elaboración propia

El control de malezas se efectuó mediante labores de limpieza realizadas cada 15 días.

6.6. Métodos de Recolección de Datos

6.6.1. Fecha de Siembra

Se registró la fecha 21/09/2024 de la siembra de las semillas, en las platabandas ya que fue siembra directa.

6.6.2. Días a la emergencia

Se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra, hasta el 80 % de las semillas hayan emergido

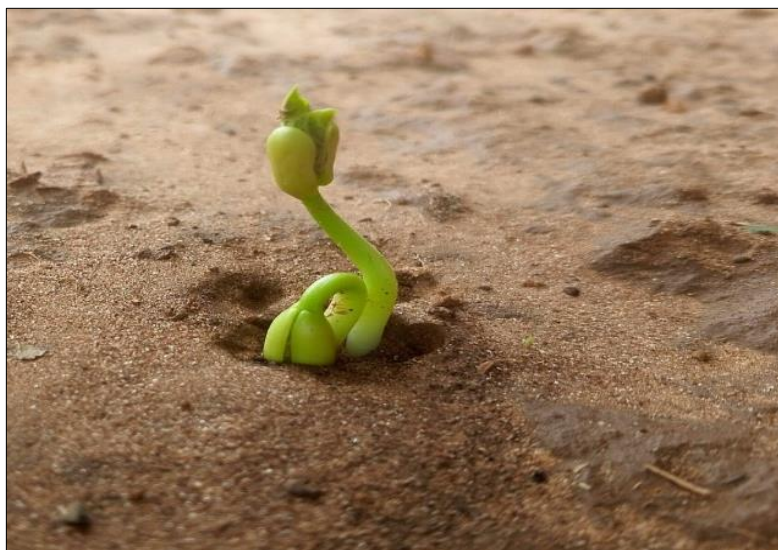


Figura 8 Emergencia de plántulas
Fuente: Elaboración propia

6.6.3. Días a la Floración

Fueron, los días transcurridos, a partir del trasplante, hasta cuando el 70% de las plantas presenten su primera flor abierta. Como se observa en la figura 6.



Figura 9 Floración de las plantas

Fuente: Elaboración propia

6.6.4. Altura de Plantas

Para determinar, la altura de plantas, nos apoyaremos de una regla y un flexómetro, midiendo desde la base del suelo, hasta el ápice de la planta, cada 30 días, datos que serán expresados en centímetros, en 12 plantas del área efectiva por unidad experimental.



Figura 10 Medición altura de la planta

Fuente: Elaboración Propia

6.6.5. Número de Frutos por Plantas

El número de frutos se determinará de 12 plantas del área útil a ser evaluada por unidad experimental, para luego determinar la media de frutos por planta.

6.6.6. Tamaño de Frutos

El tamaño de fruto, se determinó de 10 vainas cosechadas, seleccionados al azar por tratamientos, para determinar la media expresada en centímetros, y se midió, con ayuda de una regla de 15 cm de largo.

6.6.7. Días a la Cosecha

La cosecha de las vainas, se realizó, cuando estos se encontraban en su estadio de maduración (pintón), y frutos que alcancen su máximo desarrollo (maduros).

6.6.8. Peso promedio de frutos por planta

Se tomaros los frutos maduros, cosechados del área efectiva de la unidad experimental, pesando los frutos por variedad y se determinó su media.



Figura 11 Pesado de los frutos

Fuente: Elaboración propia

6.6.9. Rendimiento en kg/ha

Para la determinación, del rendimiento en kg/ha, se cosecharon, las vainas de las plantas centrales por unidad experimental, lo que representa 3,60 m², para expresar, el rendimiento en Kilogramo por hectáreas.

6.6.10. Análisis de Datos

Los datos obtenidos fueron transcritos en una hoja electrónica EXCEL y posteriormente analizados mediante el paquete estadístico SISVAR 5.6, donde las variables serán sometidas al análisis de varianza (ANAVA) para diseños factoriales y comparación de promedios mediante la prueba de Duncan, considerando un 5% de significancia.

RESULTADOS

7.1.Ciclo productivo.

La siembra se realizó el 21 de septiembre del año 2025, la floración se produjo el 20 de noviembre del mismo año, es decir, 60 días después de la siembra, mientras que la fructificación inició el 10 de diciembre (80 días después de la siembra) y la cosecha se efectuó el 20 de diciembre, es decir, a los 90 días después de la siembra.

Tabla 2
Características del ciclo productivo

Descripción	Fechas	Días transcurridos
Siembra	21/09/2024	
Floración	20/11/2024	60
Fructificación	10/12/2024	80
Cosecha	20/12/2024	90

Fuente: Elaboración propia

7.2.Características morfológicas

7.2.1. Número de hojas por planta

El número de hojas por planta al final del experimento fue de 52,6 y varió desde 30,2 en el testigo hasta 60,8 en el tratamiento 6 gramos de ME/1,8 litros de agua.

Tabla 3

Número de hojas por planta a la cosecha

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	50.9	59.3	66.9	66.3	60.8
T2	60.3	60.4	60.7	61.2	60.6
T3	59.1	60.8	59.0	56.6	58.9
Testigo	34.7	30.0	35.6	20.4	30.2
Promedio					52.6

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 4.

Análisis de varianza para el número de hojas por planta al final a la cosecha.

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F	F _α	
Repeticiones	50.86	3	16.95	0.56	3.86	ns
Tratamientos	2699.44	3	899.81	29.74	3.86	*
Error	272.32	9	30.26			
Total	3022.62	15				

Fuente: Elaboración propia

Sometidos los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tratamientos con Microorganismos Eficientes fueron estadísticamente superiores al testigo.

Tabla 5

Prueba de Duncan para número de hojas por planta

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo	30.2
T3	58.9
T2	60.6
T1	60.8

Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo a la cosecha registró un promedio de 6.53 mm y varió desde 4.30 mm en el testigo hasta 7.89 mm en el tratamiento 1.5 gramos de ME/0.6 litros de agua.

Tabla 6
Diámetro del tallo (mm) a la cosecha

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	5.71	5.72	5.08	8.10	6.15
T2	7.54	7.46	7.96	8.12	7.77
T3	7.80	7.73	8.00	8.04	7.89
Testigo	5.79	4.08	4.90	2.42	4.30
Promedio					6.53

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 7.
Análisis de varianza para el diámetro de tallo a la cosecha.

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F	F α

Repeticiones	0.54	3	0.18	0.14	3.86	ns
Tratamientos	34.11	3	11.37	9.04	3.86	*
Error	11.32	9	1.26			
Total	45.96	15				

Fuente: Elaboración propia

Se sometieron los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tratamientos 1.5 g de ME/0.6 litros y 3 g de ME/1.2 l de agua son estadísticamente superiores al testigo.

Tabla 8
Prueba de Duncan para diámetro de tallo a la cosecha

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos	
Testigo	4.30	
T1	6.15	6.15
T2	7.77	
T3	7.89	

Fuente: Elaboración propia

7.2.3. Altura de planta

La altura de planta a la cosecha registró un promedio de 88.5 cm y varió desde 42.8cm en el testigo hasta 107.2cm en el tratamiento T3 (1.5 gramos de ME/0.6 litros de agua).

Tabla 9
Altura de planta en cm.

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	105.6	106.5	103.4	101.6	104.3
T2	105.3	107.8	89.5	96.6	99.8
T3	109.4	111.1	106.0	102.1	107.2
Testigo	42.1	32.2	58.4	38.6	42.8
Promedio					88.5

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 10
Análisis de varianza para altura de planta a la cosecha.

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F	F α	
Repeticiones	81.29	3	27.10	0.43	3.86	ns
Tratamientos	11235.81	3	3745.27	59.62	3.86	*
Error	565.35	9	62.82			
Total	11882.45	15				

Fuente: Elaboración propia

Sometidos los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tres tratamientos con microorganismos eficientes son estadísticamente superiores al testigo.

Tabla 11
Prueba de Duncan para altura de planta a la cosecha

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo	42.8
T2	99.8
T1	104.3
T3	107.2

Fuente: Elaboración propia

7.3. Características agronómicas

7.3.1. Número de vainas por planta

El número de vainas por planta registró un promedio de 13.4 y varió desde 5.6 en el testigo hasta 18.6 en el tratamiento T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua).

Tabla 12
Número de vainas por planta a la cosecha

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	19.6	18.5	16.8	19.4	18.6
T2	16.9	13.8	14.6	17.8	15.8
T3	13.6	10.7	15.5	15.0	13.7
Testigo	5.1	6.8	5.8	4.6	5.6
Promedio					13.4

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 13
Análisis de varianza para número de vainas por planta a la cosecha.

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F	F α	
Repeticiones	7.04	3	2.35	0.84	3.86	ns
Tratamientos	373.60	3	124.53	44.46	3.86	*
Error	25.21	9	2.80			
Total	405.85	15				

Fuente: Elaboración propia

Sometidos los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tratamientos T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua) y T2 (3 gramos de ME/1.2 litros de agua) son estadísticamente superiores al testigo.

Tabla 14
Prueba de Duncan para número de vainas por planta a la cosecha

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo	5.6
T3	13.7
T2	15.8
	15.8

T1	18.6
----	------

Fuente: Elaboración propia

7.3.2. Longitud de la vaina

La longitud de vaina registró un promedio de 10.57cm y varió desde 6.70 cm en el testigo hasta 13.01cm en el tratamiento T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua).

Tabla 15
Longitud de vaina

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	12.64	13.02	13.05	13.33	13.01
T2	11.21	11.80	10.21	11.92	11.29
T3	10.60	10.73	11.50	12.24	11.27
Testigo	5.93	5.30	8.80	6.76	6.70
Promedio					10.57

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 16
Análisis de varianza longitud de vaina.

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F	F α	
Repeticiones					3.86	ns
Tratamientos	2.786	3.000	0.929	1.05	3.86	*
Error	87.804	3.000	29.268	33.06		
Total	7.967	9.000	0.885			
	98.557	15.000				

Fuente: Elaboración propia

Sometidos los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tratamientos T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua) es estadísticamente superiores a los otros tratamientos y al testigo.

Tabla 17
Prueba de Duncan para longitud de vaina

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo	6.70
T3	11.27
T2	11.29
T1	13.01

Fuente: Elaboración propia

7.3.3. Número de vainas por planta

El número de vainas por planta registró un promedio de 14.5 y varió desde 9,3 en el testigo hasta 18.5cm en el tratamiento T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua).

Tabla 18
Número de vainas por planta

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	19,6	19,0	16,0	19,4	18,5
T2	17,7	13,5	15,0	17,0	15,8
T3	12,8	13,8	15,2	15,0	14,2
Testigo	6,7	8,0	12,3	10,3	9,3
Promedio					14,5

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 19
Análisis de varianza para número de vainas por planta.

Fuent	Suma	Grad	Cuadrad	F	Fcr
es de	de	os de	os medios		
varianza	cuadrados	Libertad			

Repeticiones					3.8	n
	7,237	3	2,412	0,630	6	s
Tratamientos	178,21			15,51	3.8	*
	2	3	59,404	0	6	
Error	34,471	9	3,830			
Total	219,91					
	9	15				

Fuente: Elaboración propia

Sometidos los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tratamientos T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua) y T2 son estadísticamente superiores a los otros tratamientos y al testigo.

Tabla 20

Prueba de Duncan para número de vainas por planta

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo	9,33
T3	14,20
T2	15,8
T1	18,5

Fuente: Elaboración propia

7.3.4. Peso de vainas por planta

El peso de las vainas registró un promedio de 150,9 gramos planta y varió desde 91,5 gramos en el testigo hasta 203,4 gramos en el tratamiento T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua).

Tabla 21

Peso de vainas por planta

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	225,4	198,1	183,0	207,1	203,4
T2	186,0	149,5	149,0	178,4	165,7
T3	121,7	133,3	148,2	168,2	142,9
Testigo	55,3	67,0	125,7	117,8	91,5

Promedio	150,9
----------	-------

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 22

Análisis de varianza para peso de vainas por planta.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F	F _α	
Repeticiones	1987,3	3	662,4	1,18	3.8	n
Tratamientos	26300,5	3	8766,8	15,6	3.8	*
Error	5051,2	9	561,2	2	6	
Total	33338,9	15				

Fuente: Elaboración propia

Sometidos los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tratamientos T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua) y T2 son estadísticamente superiores a los otros tratamientos y al testigo.

Tabla 23

Prueba de Duncan para peso de vainas por planta

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
Testigo	91.4
T3	142.8
T2	165.7
T1	203.4

Fuente: Elaboración propia

7.3.5. Rendimiento por hectárea

El rendimiento por hectárea registró un promedio de 7.18 ton/ha y varió desde 4,35 ton/ha en el testigo hasta 9,68 ton/ha en el tratamiento T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua).

Tabla 24
Peso de vainas por planta

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	10,73	9,43	8,71	9,86	9,68
T2	8,85	7,12	7,09	8,49	7,89
T3	5,79	6,35	7,05	8,01	6,80
Testigo	2,63	3,19	5,98	5,61	4,35
Promedio					7,18

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias no significativas entre repeticiones y significativa entre los tratamientos, considerando un 5% de probabilidad de error.

Tabla 25
Análisis de varianza para el rendimiento en ton/ha.

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	F	F α	
Repeticiones	4,503	3	1,501	1,18	3.86	ns
Tratamientos	59,591	3	19,864	15,62	3.86	*
Error	11,445	9	1,272			
Total	75,538	15				

Fuente: Elaboración propia

Sometidos los promedios a la prueba múltiple de Duncan, los resultados indican que los tratamientos T1 (6 gramos de ME/1.8 litros de agua) y T2 son estadísticamente superiores a los otros tratamientos y al testigo.

Tabla 26
Prueba de Duncan para peso de vainas por planta

Tratamientos	Sub conjuntos homogéneos
--------------	--------------------------

Testigo	4,35		
T3		6,80	
T2		7,89	
T1			9,68

Fuente: Elaboración propia

DISCUSION

8.1.Ciclo productivo

En la presente investigación, la floración tuvo lugar a los 60 días después de la siembra, mientras que la fructificación tuvo lugar a los 80 días y la cosecha, a los 90 días.

Al respecto Bonifaz (2020) afirma que la vainita es un producto de crecimiento corto que puede lograr de tres a cuatro cosechas al año. Dicho cultivo presenta una cantidad de ventajas con la existencia de variedades de periodo corto (60 a 70 días), tiene altos rendimientos, la cosecha es escalonada; siendo uno de los principales problemas identificar la cosecha oportuna porque las vainas pueden desarrollarse mucho y sobre madurarse.

Por su parte Rodino (2000) indica que las variedades precoces empiezan, la floración a los 40 días, mientras que las variedades tardías a los 70 días después de la siembra. Respecto a la madurez, indica que la madurez de verdeo tiene lugar a los 100 días después de la siembra.

Considerando que el estudio realizado por Bonifaz fue en Ecuador y Rodrigo en España donde las condiciones climáticas son diferentes a las de la presente investigación, esta diferencia es atribuible al tipo de clima.

8.2.Características morfológicas

En la presente investigación, el número de hojas por planta promedio fue de 52,6; el mayor promedio se observó en el tratamiento 6 g de ME que fue estadísticamente igual a las dosis de 3 y 1,5 g de ME y estadísticamente superior al testigo.

Se observó que el tratamiento con 6 gramos de microorganismos ecoeficientes (ME) presentó un mayor número de hojas por planta, con un promedio de 52,6, siendo estadísticamente superior al testigo y similar a las dosis de 3 y 1,5 gramos. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Toalombo (2012) que la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en leguminosas mejora significativamente variables morfológicas como el número de hojas y la biomasa aérea. Asimismo, estudios como el de Galindo y Gómez (2016) evidencian que la acción de los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) puede inducir una mayor división y elongación celular en los tejidos vegetativos, lo que se traduce en un mayor desarrollo foliar. En este sentido, el resultado obtenido en esta investigación demuestra el efecto positivo del bio producto aplicado, confirmando que las variables morfológicas como altura, número de hojas y diámetro del tallo reflejan con claridad el impacto fisiológico del tratamiento microbiano, tal como lo señalan también Laruta (2021). Por tanto, la acción de los ME no solo contribuye al desarrollo estructural de la planta, sino que también optimiza la capacidad fotosintética al aumentar el área foliar, lo que puede incidir directamente en el rendimiento final del cultivo.

El peso de vainas por planta registró un promedio de 150,9 gramos, el mayor peso se observó en el tratamiento 6 gramos de ME con 203,4 gramos que es estadísticamente superior a las otras dosis de ME y al testigo que solo alcanzó 91,4 gramos.

Respecto a estas características no se encontró información bibliográfica, por lo que los resultados de la presente investigación constituyen un aporte para el avance del conocimiento para este cultivo.

8.3. Características agronómicas

El número de vainas por planta registró un promedio de 13,4, sometidos a la prueba de Duncan, el mayor número de vainas por planta se observó en el tratamiento T1 (6 gramos de ME) con 18,6 seguido por las dosis 3 g (T2) con 15,8 vainas por planta, estadísticamente superiores al testigo que presentó un promedio de 5,6 vainas por planta.

Al respecto Rodino (2000) en su investigación titulada “Caracterización morfológica y bioquímica de germoplasma de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) en España” menciona que el número de vainas por planta promedio fue de 11,35 y varían desde 1 hasta un máximo de 40 con una desviación típica de 7,25.

Por su parte, Canino (2018), en una investigación titulada “Evaluación agronómica y perfil sensorial de variedades locales de judía (*Phaseolus spp.*) obtuvo los siguientes resultados: el número de vainas por planta, existen diferencias significativas entre variedades. La variedad que produjo más número de vainas por planta fue la variedad canaria Negra, con 81,65 vainas/planta, seguida de la variedad Huevo de Hornero, también canaria, con 62,4 vainas/planta. La variedad con menor número de vainas/planta fue la gallega PHA-917 con 21,5 vainas/planta.

Comparando ambos resultados, se observa que los resultados obtenidos por Canino son muy superiores a los obtenidos en la presente investigación, esta diferencia se atribuye a que los resultados por Canino se refieren a tres cosechas, mientras que en la presente investigación solo se efectuó una sola cosecha.

8.4. Rendimiento

El peso promedio del peso de vainas por planta fue de 150,9 gramos y varió desde 91,4 gramos en el testigo estadísticamente inferior a las dosis 1,5 gramos y 3 gramos de ME que a

su vez son estadísticamente inferior a 6 gramos de ME que registró un promedio de 203,4 gramos.

Al respecto Rodino (2000) obtuvo un promedio de 60,64 gramos/planta y varió desde 3,30 hasta 196,78 gramos por planta.

Los resultados de la presente investigación son relativamente superiores a los obtenidos por Rodino, esta diferencia es atribuible a los tratamientos es decir al efecto de los microorganismos efectivos aplicados.

El rendimiento por hectárea registró un promedio de 7.18 ton/ha; el mayor promedio se registró en el tratamiento 6 gramos de ME (T1) estadísticamente superior a las otras dos dosis y el testigo que registró un promedio de 4,35 ton/ha.

Al respecto (Vásquez, 2021) en una investigación titulada rendimiento de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) Variedad proceso con tres dosis y tres momentos de aplicación de Aminogol en Cajamarca, obtuvo los siguientes resultados: promedio general fue de 12,14 ton/a, además la dosis optima del bio estimulante (aminogol) en el rendimiento del cultivo de vainita variedad proceso al estado verde fue de 1.0 l/ha, llegando a alcanzar un rendimiento de 13,84 ton/ha y el momento oportuno de la aplicación de bio estimulante (aminogol) en el rendimiento de vainita variedad Processor, fue a los 50 días después de la siembra, llegando a alcanzar un rendimiento de 13,49 ton/ha.

Los resultados de la presente investigación son relativamente inferiores a los obtenidos por Vásquez en la localidad de Cajamarca Perú. Esta diferencia es atribuible a que en la presente investigación solo se consideró una cosecha.

CONCLUSIONES

En cuanto al efecto de las diferentes concentraciones de microorganismos eficientes sobre las características morfológicas de *Phaseolus vulgaris L.*, se concluye que las aplicaciones de 1,5 g, 3 g y, especialmente, 6 g por planta ejercieron una influencia positiva en el número de hojas y en el desarrollo foliar, en comparación con el tratamiento testigo (sin aplicación). La mayor respuesta morfológica se registró con la dosis de 6 g, lo que evidencia una estimulación significativa del crecimiento vegetativo atribuida a la acción beneficiosa de los microorganismos eficientes. Respecto al ciclo fenológico del cultivo, se observó que la floración ocurrió a los 60 días después de la siembra, la fructificación a los 80 días y la cosecha a los 90 días. Estas etapas se presentaron de manera similar tanto en los tratamientos evaluados como en el testigo, lo que indica que las concentraciones aplicadas no modificaron la duración del ciclo de vida de la planta. Finalmente, la dosis de 6 g permitió alcanzar una producción de 60,8 vainas por planta, superando estadísticamente al testigo, que obtuvo 30,2 vainas por planta. Asimismo, se observaron mejoras significativas en otras variables morfológicas, como la altura de la planta y el diámetro del tallo.

Respecto a la concentración óptima de microorganismos eficientes para el cultivo, los resultados indican que la dosis de 6 g por planta fue la más efectiva, tanto en el desarrollo morfológico como en el rendimiento del cultivo. Esta concentración promovió el mayor número de hojas, mayor número de vainas y mayor peso por planta, por lo tanto, se establece como la dosis recomendada para obtener un buen desempeño agronómico de la especie bajo condiciones similares a las del estudio.

En cuanto al efecto de los microorganismos eficientes en el rendimiento de vainitas de *Phaseolus vulgaris L.* se concluye que su aplicación incrementó significativamente tanto el peso

de las vainas por planta como el rendimiento por hectárea. El tratamiento con 6 g alcanzó el mayor rendimiento 9,68 ton/ha, superando al testigo de 4,35 ton/ha en el testigo y a los demás tratamientos. este tratamiento también obtuvo el mayor peso de vainas por planta (203,4 gramos), comparado con los 91,4 gramos del testigo, lo que confirma el impacto positivo de los microorganismos eficientes sobre la productividad del cultivo. Esto demuestra que los microorganismos eficientes pueden actuar como bio estimulantes productivos en el cultivo, contribuyendo a una agricultura más sostenible y eficiente.

Finalmente se concluye que las dosis de Microorganismos eficientes aplicadas en el cultivo de vainita tuvieron efectos positivos en las características agronómicas y morfológicas, al observarse diferencia estadística significativa entre los promedios, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar utilizando biofertilizantes como Tricobal en dosis controladas, integrándolos en los programas de manejo agrícola para mejorar la producción de vainita en condiciones similares.

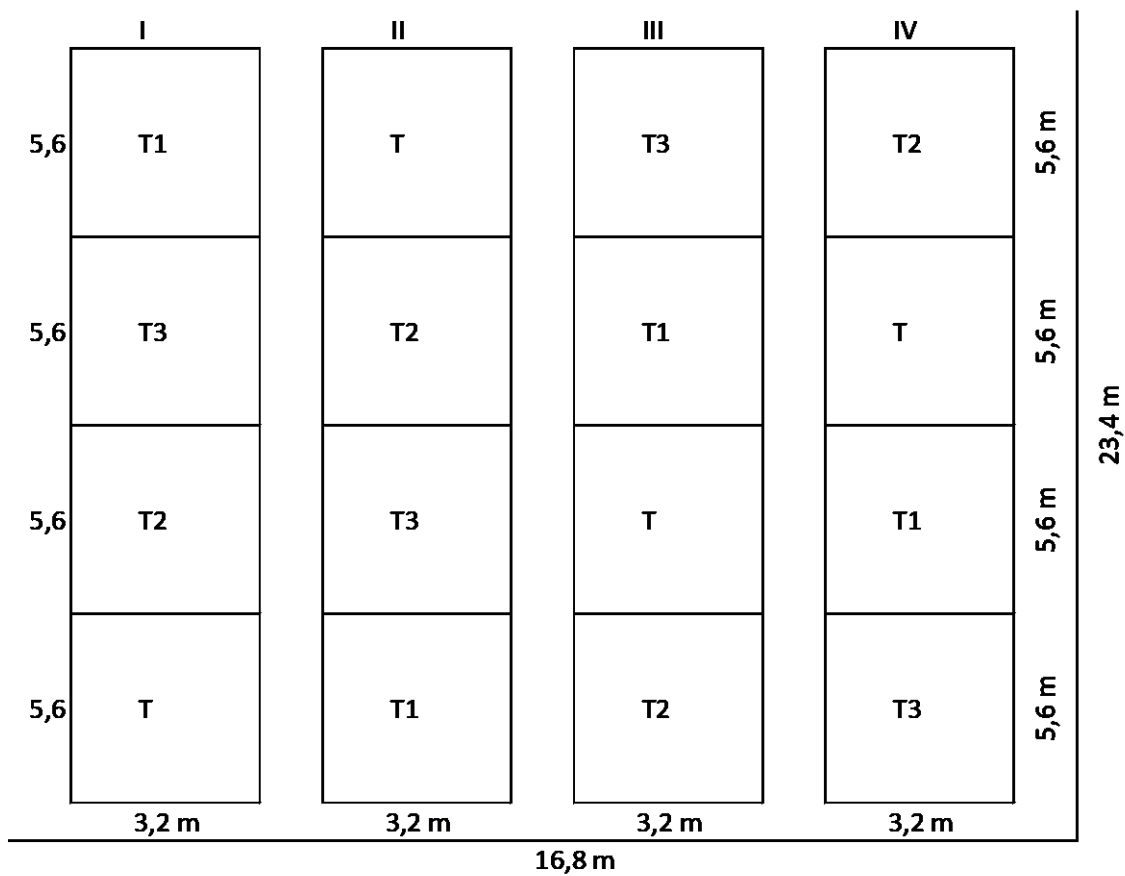
Es importante realizar estudios a largo plazo para evaluar la persistencia y efecto acumulativo del biofertilizante en la fertilidad del suelo y en la salud de las plantas.

Se sugiere implementar prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, complementando el uso de biofertilizantes con técnicas culturales y biológicas para reducir el uso de químicos.

Se recomienda ampliar la investigación a diferentes condiciones edafoclimáticas y sistemas de producción, para validar y ajustar las dosis y aplicaciones del biofertilizante en distintas regiones.

Es fundamental capacitar a los productores locales en el uso correcto de biofertilizantes y prácticas agrícolas sostenibles, promoviendo la agricultura ecológica y el manejo responsable de los recursos naturales.

ANEXOS

Anexo 1
CROQUIS DE CAMPOReferencias:

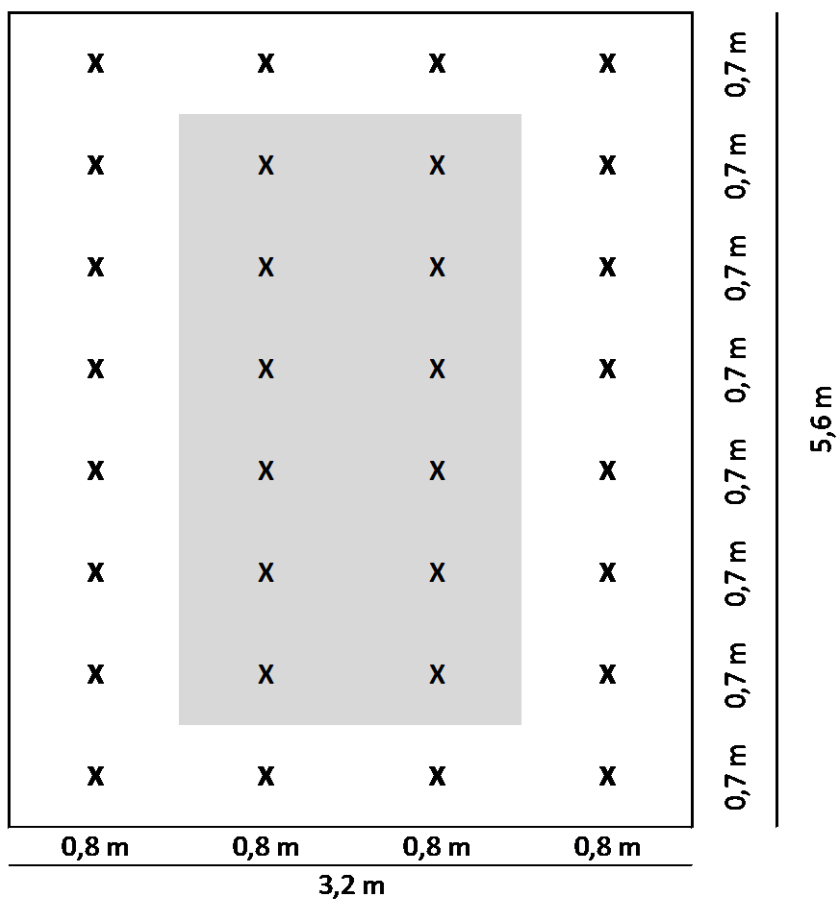
T = Testigo

T1 = 6 gramos de ME

T2 = 3 gramos de ME

T3 = 1,5 gramos de ME

Anexo 2
CROQUIS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL



Referencias:

X Plantas de borde

X Plantas evaluadas

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu Romero, Arleis; Urgelles Cardoza, Irliadis; Abreu Romero, Noryaisi; Diaz Rodriguez, Amauri; Hernandez Gomez, Karina. (15 de Mayo de 2021). Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en el crecimiento y desarrollo del cultivo en condiciones de campo. *Hombres de Ciencia y Tecnologia*, 25(3), 104-109. Obtenido de <https://portal.amelica.org/ameli/journal/441/4412517011/4412517011.pdf>
- Almonte, E. R. (2017). Abonamiento organico en base a sustancias humicas y compost y su efecto en el rendimiento de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad venus en zonas aridas. *Tesis*. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, Arequipa-Peru.
- Arias, A. (Agosto de 2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e Ingenieria*, 2(2), 42-45.
- Arroyo Rojas, N. (20 de Octubre de 2009). *Practica de campo*. Obtenido de Practica de campo: <http://practicadecampo.blogspot.com/2009/10/sistemas-y-metodos-de-siembra-en.html#:~:text=LOMILLOS.,que%20var%C3%ADan%20dependiendo%20del%20cultivo.>
- Bonifaz, J. J. (2020). Principales cultivares de judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.), que se. *Universidad Tecnica de Babahoyo*, 26-5.
- Calero, A., Pérez, Y., Quintero, E., Olivera, D., & Peña, K. (May/Ago. de 2019). Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del frijol común. *SciELO*, 20(2).
- Callisaya Quispe, Y., & Fernandez Chavez, C. (Sep-Dic. de 2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus*

- l.), municipio de Achocalla. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica - UMSA*, 15.
- Callisaya, Y., & Fernandez, C. M. (Sep-Dic de 2017). Evaluacion del afecto que tienen los microorganismos eficientes (EM) En el cultivo del pepinillo (*Cucumis sativus* l.) municipio de Achocalla. *carrera de Ingenieria Agronomica- UMSA*, 1-15.
- Canino, M. (2018). *Evaluación agronómica y perfil sensorial de variedades locales de judia Phaseolus spp.* La Laguna, España.: Tesis de grado, Universidad de la Laguna.
- Carita, L. G. (2016). COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA VAINITA (*Phaseolus vulgaris* L.) BAJO TRES ABONOS ORGÁNICOS EN AMBIENTE PROTEGIDO EN LA ZONA VINO TINTO DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ - BOLIVIA. *TESIS DE GRADO*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, LA PAZ, BOLIVIA.
Recuperado el 11 de Abril de 2023
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). (s.f.). Microorganismos (Guia tecnica 4). 4-2.
- Cozby, P. c., & Bates, S. C. (2021). *MEtodos de investigacion en ciencias del comportamiento* (5 ta ed.). Mexico. Recuperado el 13 de Abril de 2023
- Cruz Cárdenas, C., Zelaya Molina, L., Sandoval Cancino, G., Villalobos, S., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I., & Ruíz Ramírez, S. (jun./ago de 2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *SciELO*, 12(5).
Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000500899
- Dominguez, D. (8 de Noviembre de 2019). *Esto es Agricultura*. Obtenido de Esto es Agricultura: <https://estoesagricultura.com/captura-de-microorganismos-en-su-habitat-natural/>

- Esto es cultura. (10 de Octubre de 2021). *Esto es agricultura*. Obtenido de Esto es agricultura: [https://estoesagricultura.com/como-hacer-microorganismos-de-montana/#:~:text=Los%20microorganismos%20de%20monta%C3%B1a%20son,color%20blanquecino%20\(micelios%20blancos\)](https://estoesagricultura.com/como-hacer-microorganismos-de-montana/#:~:text=Los%20microorganismos%20de%20monta%C3%B1a%20son,color%20blanquecino%20(micelios%20blancos).).
- Frabelse. (28 de Junio de 2025). *TECNOLOGIA DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS*. Obtenido de Frabelse: <https://frabelse.es/tecnologia-de-microorganismos-efectivos-em/>
- Gobierno Municipal de Cobija; HERENCIA; PNUMA. (2008). *Perspectivas del Medio ambiente Urbano: GEO Cobija*. Cobija.
- Hernandez , A., Rodriguez , M., & Sanchez , J. (2018). Síntomas inducidos por *Meloidogyne* ssp, en el sistema radical de plantas horticolas y su impacto en la absorcion de nutrientes. *Revista Mexicana de Fitopatologia*, 36(2).
- Informacion y Ayuda Agricola. (14 de Febrero de 2013). *Santa Cruz Agricola*. Obtenido de Santa Cruz Agricola: <http://jubovar.blogspot.com/2013/01/manual-de-manejo-del-cultivo-del-frejol.html>
- Izquierdo, J. J. (2017). *Contaminacion de los suelos agricolas provocandos por el uso de los agroquimicos en la parroquia San Juakin*. Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca-Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>
- Laruta, A. M. (2021). EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM•1®) Y MICROORGANISMOS DE MONTAÑA A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN PLANTINES DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.) EN CARANAVI - LA PAZ. *TESIS DE GRADO*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA, La Paz. Obtenido de

- <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26147/T-2904.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, M., Fernandez, F., & van Schoonhoven, A. (1985). FRIJOL: INVESTIGACION y PRODUCCION. *CIAT*, 39.
- Lopez, Marcelino; Fernandez, Fernando; Van Schoonhoven, Aart. (1985). FRIJOL: INVESTIGACION y PRODUCCION. *CIAT*, 39.
- Mamanil, C., & Guido, L. (2016). Comportamiento agronomico de la Vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres abonos organiscos en ambientes protegido en la zona Vino Tinto del Departamento de La Paz-Bolivia. (*Tesis de Grado*). Universidad Mayor de San Andres, La Paz.
- Maria, L. P. (2001). Diseño estadisticode experimentos, analisis de la varianza y temas relacionados: trataminto informativo mediante SPSS. En L. P. Maria. Proyecto Sur. Obtenido de https://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund3.pdf
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. (1997). *Zonificacion Agroecologica y Socieconomica y Peril Ambiental del Departamento de Pando* (1 ed.). La Paz. Obtenido de https://www.bivica.org/files/zonificacion_pando.pdf
- Morocho, M. T., & Mora, M. L. (Abril- Junio de 2019). Microorganismos Eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agricolas. *SciELO*, 46(2).
- Municipio Cerro Chato. (20 de Junio de 2024). *Municipio Cerro Chato*. Obtenido de Producto EM: <https://www.municipiocerrochato.gub.uy/servicios/producto-em>
- Murcia, J. (07 de octubre de 2022). *Agronegocios*. Obtenido de Agronegocios: <https://www.agronegocios.co/agricultura/aprenda-a-capturar-microorganismos-beneficos-para-ser-usados-en-la-tierra-de-su-finca-3464751>

- Rios, J. O. (2017). Dosis nutricional a base de microorganismos eficaces (FERTI EM) en la productividad del cultivo de caihua (*Cyclanthera pedata*) en la localidad de Lamas. *tesis*. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Tarapoto-Peru.
- Rodino, A. P. (2000). Caracterización morfológica y bioquímica de germoplasma de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) en España. *Tesis de Doctorado*. Universidad Santiago de Compostela, Pontevedra, España.
- San José, C. (1991). *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícolas.
- Tarabata, J. Z. (2020). Efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en cuatro variedades de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo invernadero. (*Trabajo de Titulación*). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Tarqui Ayala, J. (2008). Prefectura del departamento Pando. (*Trabajo Dirigido*). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Toalombo, R. M. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). *Trabajo de investigación*. Universidad Técnica de Ambato, Ceballos.
- Toledo, J. (2003). *Cultivo de Vainita*. Lima-Peru: Comité Central de Edición y Publicaciones.
- Vásquez, A. (2021). *Rendimiento de vainita (Phaseolus vulgaris L.) variedad prosector con tres dosis y tres momentos de aplicación de aminogoll en Cajamarca*. Cajamarca, Perú.: Tesis de Grado. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Vela Cantos, K. (2010). Caracterización física, química y nutricional de la vainita (*Phaseolus vulgaris*), en diferentes suelos edafoclimáticos, cultivados a campo abierto e invernadero,

como un aporte a la norma INEN. “Vainita Requisitos”. *Tesis*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito-Ecuador.

ZONISIG. (1996). Plan de Uso del Suelo del Departamento de Pando (PLUS-PANDO). En *Plan de Uso del Suelo del Departamento de Pando (PLUS-PANDO)* (págs. 1-72). La Paz: SIERPE.