

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola



**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUO ORGÁNICO Y BIOFERTILIZANTE
DERIVADOS DE *Hermetia illucens* Y SU RESPUESTA EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN HUASACACHE- AREQUIPA**

Tesis presentada por la Bachiller:

Ramos Zorrilla Dana Lucia

Para optar por el título Profesional
de:

Ingeniera Agrónoma

Asesor:

**Mg. Stretz Chávez Humberto
José**

Arequipa-Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AGRONOMICA Y AGRICOLA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 10 de Octubre del 2023

Dictamen: 007954-C-EPIAyA-2023

Visto el borrador del expediente 007954, presentado por:

2015247292 - RAMOS ZORRILLA DANA LUCIA

Titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUO ORGÁNICO Y BIOFERTILIZANTE DERIVADOS DE
HERMETIA ILLUCENS Y SU RESPUESTA EN FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS) BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO EN HUASACACHE- AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29593741 - ZEGARRA FLORES JORGE ARTURO
DICTAMINADOR**



**29500662 - DIAZ VENTO INGRIND MIRNA
DICTAMINADOR**



**29471151 - LINARES QUIROZ GUILLERMO ALONSO
DICTAMINADOR**



CARACTERIZACIÓN DE RESIDUO ORGÁNICO Y BIOFERTILIZANTE DERIVADOS DE *Hermetia illucens* Y SU RESPUESTA EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN HUASACACHEAREQUIPA

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

3%

2

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

1%

3

repositorio.cientifica.edu.pe

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

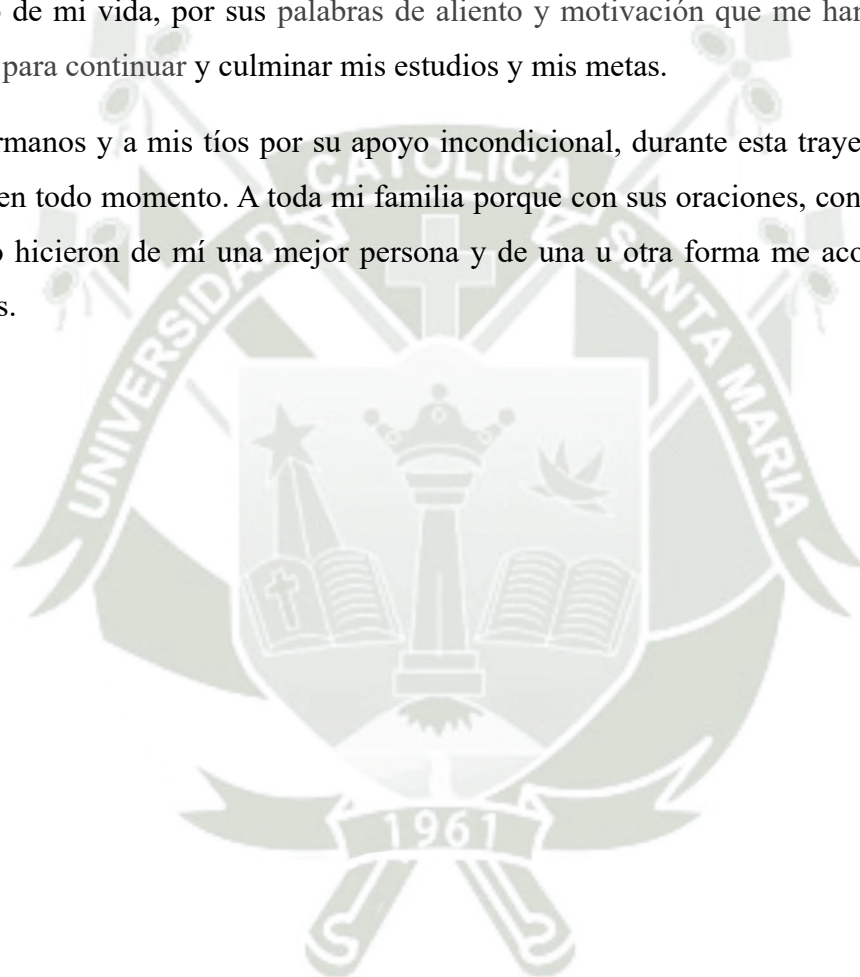
Apagado

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primer lugar a nuestro Creador, por haber dado fuerzas a mi ser para lograr culminar mis estudios universitarios y guiarme durante esta trayectoria en el camino del bien.

A mis padres Yury Franklin Ramos Bolívar y Susana Esther Zorrilla Vergara, por todo el apoyo incondicional, paciencia y confianza que me dieron para seguir adelante y cumplir mis metas a lo largo de mi vida, por sus palabras de aliento y motivación que me han dado la fuerza necesaria para continuar y culminar mis estudios y mis metas.

A mis hermanos y a mis tíos por su apoyo incondicional, durante esta trayectoria, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en mis decisiones.



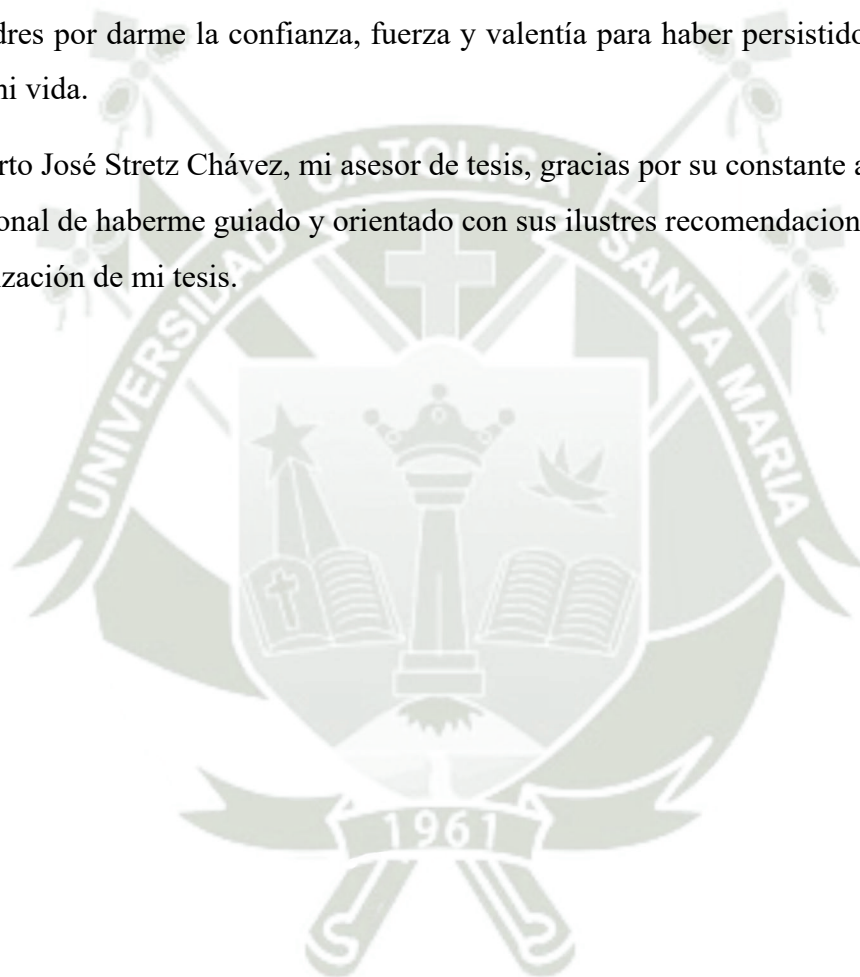
AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Católica de Santa María por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes universitarios de la Carrera de Ingeniería Agrónoma y Agrícola que a lo largo de estos años transmitieron sus conocimientos y que inculcaron en mí el amor a la profesión.

A mis padres por darme la confianza, fuerza y valentía para haber persistido y concluir esta meta en mi vida.

A Humberto José Stretz Chávez, mi asesor de tesis, gracias por su constante apoyo incondicional de haberme guiado y orientado con sus ilustres recomendaciones y consejos en la realización de mi tesis.



RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en invernadero ubicado en la Universidad Católica de

Santa María, Fundo la Banda Huasacache, distrito de Hunter, provincia y departamento de Arequipa, desde noviembre del 2022 a abril del 2023. El objetivo de este estudio fue determinar las características del residuo orgánico frass y biofertilizante, derivados de *Hermethia illucens* y también su respuesta de aplicación en el frijol (*Phaseolus vulgaris*). Para este fin se evaluaron tres dosis foliares de biofertilizante con 0 % (F1), 5% (F2) y 10% (F3) en combinación con dos dosis de aplicación al suelo de biofertilizante a una concentración de 0% (S1) y 10 % (S2). Se utilizó el Diseño Factorial 3x2 con cuatro repeticiones totalizando 24 unidades experimentales.

El residuo frass de la mosca soldado fue obtenido en el Fundo Majes de la Universidad Católica de Santa María y procesado en un biodigestor fabricado con material metálico, que a su vez tuvo control de temperatura y agitación. El proceso se realizó con una temperatura fluctuante entre 22° C y 31°C. Luego de culminar la digestión, se evaluó las características físicas, químicas y nutricionales del biofertilizante para proceder con la aplicación de los respectivos tratamientos y evaluaciones.

De los resultados se concluye que residuo orgánico frass derivado de la mosca soldado presentó una baja densidad aparente (0.2 g/cc), conductividad eléctrica alta (15.46 dS/m), bajo aporte de macronutrientes y un representativo aporte de microelementos entre ellos cobre y zinc. El pH registrado fue 6.8 considerado como aceptable. En cuanto a las características del biofertilizante se registró una densidad de 1.0 g/cc con alta conductividad eléctrica (16.55 dS/m); alto aporte de nitrógeno, fósforo y potasio como también aportes representativos de microelementos. No se detectó la presencia de *Salmonella* spp.

Con respecto a la aplicación del biofertilizante en el cultivo de frijol, la concentración de 10 % vía suelo (S2) favoreció el incremento del contenido foliar de los elementos como el fósforo, potasio, azufre, cobre, zinc, hierro y boro, demostrando un efecto favorable en este cultivo. En referencia a la dosis de aplicación foliar (F), se tuvo un incremento de la concentración de calcio, magnesio y manganeso con la dosis de 5% (F2). Sin embargo, estas aplicaciones no manifestaron respuestas significativas en el contenido de clorofila, altura de planta, peso 100 semillas, número de vainas y el rendimiento final de granos.

En contraste, la materia seca total incremento significativamente su contenido con la aplicación foliar a dosis del 10 % (F3), siendo superior a los factores F2 (5%) y F1 (0%). Así mismo la aplicación vía suelo a una concentración del biofertilizante del 10% favoreció significativamente el incremento de la materia seca.

Palabras clave: *Hermethia illucens*, biofertilizante, frijol.



SUMMARY

The present research was carried out in a greenhouse located in the Catholic University of Santa

Maria, Fundo la Banda Huasacache, Hunter district, province and department of Arequipa, from November 2022 to April 2023. The aim of this study was to determine the characteristics of the organic residue frass and biofertilizer, derived from *Hermethia illucens* and also its application response in beans (*Phaseolus vulgaris*). For this purpose, three foliar doses of biofertilizer with 0 % (F1), 5 % (F2) and 10 % (F3) were evaluated in combination with two doses of application to soil of biofertilizer at a concentration of 0 % (S1) and 10 % (S2). The 3x2 Factorial Design was used with four repetitions totaling 24 experimental units.

The frass residue of the welded fly was obtained at the Fundo Majes of the Catholic University of Santa Maria and processed in a biodigester made of metallic material, which in turn had control of temperature and agitation. The process was performed with a fluctuating temperature between 22° C and 31°C. After the completion of digestion, the physical, chemical and nutritional characteristics of the biofertilizer were evaluated to proceed with the application of the respective treatments and evaluations.

From the results it was concluded that organic residue frass derived from the welded fly presented a low apparent density (0.2 g/cc), high electrical conductivity (15.46 dS/m), low macronutrient input and a representative supply of microelements including copper and zinc. The pH recorded was 6.8 considered acceptable. As for the characteristics of the biofertilizer, a density of 1.0 g/cc with high electrical conductivity (16.55 dS/m) was recorded; high nitrogen, phosphorus and potassium inputs as well as representative microelements. *Salmonella spp* was not detected.

With regard to the application of biofertilizer in bean cultivation, the concentration of 10 % via soil (S2) favored the increase of the leaf content of elements such as phosphorus, potassium, sulfur, copper, zinc, iron and boron, demonstrating a favorable effect on this crop. In reference to the foliar application dose (F), there was an increase in the concentration of calcium, magnesium and manganese with the dose of 5% (F2). However, these applications did not show significant responses in chlorophyll content, plant height, weight 100 seeds, number of pods and final grain yield.

In contrast, the total dry matter significantly increased its content with foliar application at a dose of 10% (F3), being higher than the factors F2 (5%) and F1 (0%). Also the application via soil to a concentration of biofertilizer of 10% significantly favored the increase of dry matter.

Keywords: *Hermethia illucens*, biofertilizer, beans.



INDICE

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

..... 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

..... 1

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

..... 1

1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

..... 1

1.3 JUSTIFICACION.....

..... 2

1.3.1 Aspecto general.

..... 2

1.3.2 Aspecto científico

..... 2

1.3.3 Aspecto social

..... 2

1.3.4 Aspecto económico

..... 2

1.3.5 Importancia

..... 3

1.4 OBJETIVOS.....

..... 4

1.4.1 Objetivo general

..... 4

1.4.2 Objetivos específicos

..... 4

1.5 HIPÓTESIS

.....	4 CAPITULO II
.....	5

2. REVISION DE LITERATURA

.....	5
-------	---

2.1 FRIJOL *Phaseolus vulgaris*

.....	5
-------	---

2.1.1 Clasificación Taxonómica

.....	5
-------	---

2.2 Origen e importancia

.....	5
-------	---

2.3 Morfología.....	
..... 5	

2.3.1 Raíces

.....	6
-------	---

2.3.2 Tallo:

.....	6
-------	---

2.3.3 Hojas

.....	6
-------	---

2.3.4 Flores.....	
..... 6	

2.3.5 Frutos

.....	6
-------	---

2.3.6 Semillas

.....	7
-------	---

2.4 Etapas de desarrollo

.....	7
-------	---

2.4.1 Condiciones de invernadero

.....	7
-------	---

2.5 Fisiología

.....	8
-------	---

2.6 SIEMBRA

.....	10
-------	----

2.6.1 Preparación del suelo	10
2.7 Cosecha	10
2.8 Clima y suelo	11
2.9 Riego	11
2.9.1 Frecuencia del riego	12
2.9.2 Volumen de agua	12
2.9.3 Forma de aplicación	13
2.10 Ecología del cultivo	13
2.11 Plagas y enfermedades del frijol	14
2.12 ABONOS	15
2.12.1 Abonos orgánicos	15
2.12.2 Abonos orgánicos líquidos	16
2.12.3 Cualidades del abono líquido	16
2.12.4 Tipos de abonos líquidos	17
2.13 Biol	18
2.13.1 Beneficios del biol	18

2.13.2 Aplicación del Biol	19
2.14 <i>Hermethia illucens</i>	22
2.14.1 Aspectos de <i>Hermethia illucens</i>	22
2.14.2 Aplicación de frass	23
2.15 BIORREACTOR	24
2.15.1 Digestión anaeróbica	24
2.15.2 Fases de la digestión anaeróbica	25
2.15.3 Factores físicos y químicos de los procesos anaerobios de los biodigestores	25
2.15.4 Tipo de biorreactores o biodigestores	27
2.15.5 Ventajas de los biodigestores	28
2.15.6 Monitoreo de variables	28
2.15.7 Fermentador	29
2.16 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	31
CAPITULO III	33
3. MATERIALES Y METODOS	33
3.1 MATERIALES DE CAMPO	33

3.1.1 Localización del trabajo	33
3.1.2 Ubicación geográfica	34
3.1.3 Materiales biológicos	34
3.1.4 Material de laboratorio	34
3.1.5 MATERIALES DE CAMPO	34
3.1.6 PRODUCTOS DE CAMPO	35
3.1.7 EQUIPOS DE LABORATORIO	35
3.1.8 EQUIPO DE CAMPO	35
3.1.9 OTROS MATERIALES	35
3.2 METODOS	36
3.2.1 Muestreo	36
3.2.2 Recopilación de la información	36
3.3 COMPONENTES DE ESTUDIO	37
3.3.1 Variables dependientes	37
3.3.2 Variables independientes	37
3.4 EVALUACION ESTADISTICA	37

3.4.1	Diseño experimental	37
3.5	CROQUIS EXPERIMENTAL	39
3.6	METODOLOGÍA	40
3.6.1	Metodología de la instalación del cultivo de frijol	40
3.6.2	Implementación del biodigestor	44
3.6.3	Cosecha	48
3.7	EVALUACIONES	50
	CAPITULO IV	62
4.	Resultados	62
4.1	Caracterización física y química del residuo orgánico (Frass)	62
4.2	Evaluación de pH, conductividad eléctrica y temperatura del biofertilizante durante el proceso...	64
4.3	Análisis físico, químico, nutricional y microbiológico del biofertilizante	66
4.4	Resultados del contenido foliar promedio de nutrientes del frijol	69
4.5	Intensidad fotosintética	76
4.6	Evaluaciones Biométricas	78
4.6.1	Altura de planta	78

4.6.2	Pesos de materia seca total	79
4.6.3	Número de vainas total por planta	82
4.6.4	Peso de granos por planta al 15 de abril del 2023	83
4.6.5	Peso de 100 semillas	84
4.6.6	Rendimiento de grano seco	85
		CAPITULO V
5.	DISCUSIÓN	87
5.1	Caracterización física y química del residuo orgánico (Frass)	87
5.2.1	Evaluación de pH y CE y temperatura del biofertilizante durante el procesamiento.....	88
5.2.2	Evaluaciones físicas, químicas, nutricional y microbiológicas del biofertilizante culminado.....	89
5.3	Contenido foliar de nutrientes del frijol	91
5.4	Intensidad fotosintética	92
5.5	Evaluaciones Biométricas	93
5.1.1	Altura de planta	93
5.1.2	Peso materia seca	93
5.1.3	Numero de vainas por planta	94

5.5.5	Peso 100 semillas	94
5.5.6	Rendimiento grano seco	95
CAPITULO		
VI		96
6.	CONCLUSIONES	96
VII		97
7.	RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS		
		98
ANEXOS		
		103
INDICE DE FIGURAS		
	Figura 1. Ubicación del campo experimental...	33
	Figura 2. Distribución de tratamientos y unidades experimentales	39
INDICE DE TABLAS		
	Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Phaseolus vulgaris</i>	5
	Tabla 2. Descripción de factores y niveles de la investigación.	38
	Tabla 3. Dosis de biofertilizante vía foliar	46
	Tabla 4. Dosis del biofertilizante vía suelo.	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características físicas de residuo orgánico frass	62
Cuadro 2. Características químicas del residuo orgánico frass	63
Cuadro 3. Registros de la evaluación de pH, CE y temperatura durante el proceso de digestión del biofertilizante.	64
Cuadro 4. Presentación física del biofertilizante.	66
Cuadro 5. Análisis fisicoquímico de metales pesados del biofertilizante.	67
Cuadro 6. Análisis químico nutricional del biofertilizante.	68
Cuadro 7. Análisis microbiológico del biofertilizante.	69
Cuadro 8. Contenido promedio de nutrientes para el factor dosis foliar (F)	69
Cuadro 9. Contenido promedio de nutrientes para el factor dosis suelo (S)	70
Cuadro 10. Evaluación del contenido de clorofila a los 112 días después de la siembra expresado en SPAD	76
Cuadro 11. Análisis de varianza (ANVA) para el contenido de clorofila a los 112 días después de la siembra	77
Cuadro 12. Evaluación de altura de planta a los 112 días después de la siembra (dds). (cm)	78
Cuadro 13. Análisis de varianza para altura de planta a los 112 dds	78
Cuadro 14. Peso de materia seca total g/planta	79

Cuadro 15. Análisis de varianza para peso de materia seca total.	79
Cuadro 16. Número de vainas por planta	82
Cuadro 17. Análisis de varianza para número de vainas por planta	83
Cuadro 18. Peso de granos por planta (g)	83
Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso de granos	84
Cuadro 20. Peso de 100 semillas expresado en gramos	84
Cuadro 21. Análisis de varianza para peso de 100 semillas	85
Cuadro 22. Rendimiento de grano seco expresado en kilo por hectárea	85
Cuadro 23. Análisis de varianza para el rendimiento del grano seco.	86

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación de pH, durante el proceso de digestión del biofertilizante del 05 de enero al 23 de marzo 2023	65
Gráfico 2. Variación de CE, durante el proceso de digestión del biofertilizante del 05 de enero al 23 de marzo 2023	65
Gráfico 3. Variación de T°, durante el proceso de digestión del biofertilizante del 05 de enero al 23 de marzo 2023	66

Gráfico 4. Contenido foliar de nitrógeno (%), factor dosis foliar (F)	71
Gráfico 5. Contenido foliar de Fosforo total, Factor (S)	71
Gráfico 6. Contenido foliar de potasio, Factor (S)	72
Gráfico 7. Contenido foliar de Calcio, Factor dosis foliar (F)	72
Gráfico 8. Contenido foliar de magnesio, factor F	73
Gráfico 9. Contenido foliar de azufre total, factor S	73
Gráfico 10. Contenido foliar de cobre total, factor S	74
Gráfico 11. Contenido foliar de zinc total, factor S	74
Gráfico 12. Contenido foliar de manganeso total, factor F	75
Gráfico 13. Contenido foliar de hierro total, factor S	75
Gráfico 14. Contenido foliar de boro, factor S	76
Gráfico 15. Interacción de factores para materia seca total por planta (g)	80
Gráfico 16. Interacción de efectos simples FxS1	80
Gráfico 17. Interacción de efectos simples FxS2	81
Gráfico 18. Interacción del factor S con F1.	81
Gráfico 19. Interacción de factor S con F2	82
Gráfico 20. Efecto principal foliar	82
Gráfico 21. Efecto principal suelo...	83

INDICE DE ANEXO

Anexo 1. Características químicas del residuo orgánico frass.....	103
Anexo 2. Análisis fisicoquímico de metales pesados del biofertilizante.	104
Anexo 3. Análisis químico nutricional del biofertilizante	105
Anexo 4. Análisis microbiológico del biofertilizante.	106
Anexo 5. Contenido foliar total del Tratamiento 1	107
Anexo 6. Contenido foliar del tratamiento 2	108
Anexo 7. Contenido foliar del tratamiento 3	109
Anexo 8. Contenido foliar del tratamiento 4	110
Anexo 9. Contenido foliar del tratamiento 5	111
Anexo 10. Contenido foliar del tratamiento 6	112
Anexo 11. Número de plantas por unidad experimental al 15 de abril del 2023	113
Anexo 12. Evaluación del contenido de clorofila a los 33 días después de la siembra	113
Anexo 13. Evaluación del contenido de clorofila a los 48 días después de la siembra	114
Anexo 14. Evaluación del contenido de clorofila a los 65 días después de la siembra	114
Anexo 15. Evaluación del contenido de clorofila a los 81 días después de la siembra	115
Anexo 16. Evaluación del contenido de clorofila a los 96 días después de la siembra	115
Anexo 17. Evaluación de altura a los 33 días después de la siembra	116
Anexo 18. Evaluación de altura a los 48 días después de la siembra. (cm)	116

Anexo 19. Evaluación de altura a los 65 días después de la siembra (cm)	117
Anexo 20. Evaluación de altura a los 81 días después de la siembra (cm)	117
Anexo 21. Evaluación de altura a los 96 días después de la siembra (cm)	118
Anexo 22. Peso seco radicular por tratamiento al 05 de abril de 2023 (gr)	118
Anexo 23. Peso seco aérea por tratamiento al 05 de abril de 2023 (gr)	119
Anexo 24. Peso de vainas por unidad experimental al 05 de abril de 2023 (gr)	119
Anexo 25. Numero de granos por unidad experimental al 15 de abril del 2023	120
Anexo 26. Primer análisis de suelo	121
Anexo 27. Segundo análisis de suelo.	122
Anexo 28. Análisis de agua	123
Anexo 29. Temperatura ambiente en invernadero	124

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Limpieza de camas en el invernadero	40
Fotografía 2. Lavado de piedra pómez (a), Zarandeo de tierra (b), Preparación del sustrato (c).	41
Fotografía 3. Detalle del riego por goteo (a), Detalle del riego por nebulización (b)	42
Fotografía 4. Desinfección de semillas y siembra	42
Fotografía 5. Registro del caudal del emisor en tres minutos	43
Fotografía 6. Germinación de semilla de frijol	44

Fotografía 7. Sistema completo del biodigestor (a), Control de motores para la agitación (b), Tablero de control general (c), Tanque de agua (d), Sensor de Temperatura (e), Bomba de agua (f).....	45
Fotografía 8. Homogenización del preparado de biol (a), Llenado de biol en los tanques (b)	46
Fotografía 9. Aplicación de biol vía foliar	47
Fotografía 10. Aplicación de biol vía suelo.	48
Fotografía 11. Vainas maduras en unidad experimental (a), Proceso de recolección (b)	49
Fotografía 12. Residuo orgánico de mosca soldado (frass)	50
Fotografía 13. Control de pH (a), Control de conductividad eléctrica CE (b)	51
Fotografía 14. Muestra del biofertilizante para análisis microbiológico.	52
Fotografía 15. Muestra del biofertilizante para análisis de presentación física	52
Fotografía 16. Registro de temperatura	53
Fotografía 17. Corte de hojas por tratamiento (a), Recolección de 80 hojas por tratamiento (b). 54	
Fotografía 18. Evaluación de altura de planta con regla (a), Evaluación de altura de planta con cinta métrica (b)	55
Fotografía 19. Evaluación de peso fresco de la raíz (a), Evaluación de peso fresco parte aérea (b).	56
Fotografía 20. Evaluación de intensidad fotosintética	56
Fotografía 21. Fenología del cultivo	58
Fotografía 22. Evaluación de número y peso de vainas	59

Fotografía 23. Evaluación de peso de 100 semillas

..... 59

Fotografía 24. Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) en la hoja del frijol (a), Anomalías (b)

.....
.. 60

Fotografía 25. Riego pesado a todas las macetas

..... 61

Fotografía 26. Instalación de tutores en el cultivo de frijol

..... 61





INTRODUCCIÓN

La agricultura en el contexto mundial y en las condiciones del Perú, como también en la región Arequipa requiere del uso de altas cantidades de fertilizantes químicos que muchas veces pueden causar contaminación al medio ambiente a nivel del suelo, plantas y los seres humanos. Frente a ello el uso de abonos orgánicos líquidos, los cuales son obtenidos mediante la fermentación anaeróbica de materiales como estiércol, restos de plantas, ceniza y melaza, son una fuente alternativa y ecológica del aporte de nutrientes y microorganismos benéficos para el suelo, el mismo que puede ser aplicado tanto vía foliar como vía suelo.

La mosca soldado o *Hermethia illucens* L es un insecto que se multiplica y realiza su crianza en ambientes controlados bajo una alimentación libre de contaminantes, generando residuos denominado frass, el cual es un producto derivado del insecto, que contiene una mezcla de materias primas alimenticias no consumidas, pieles y heces, junto con una población microbiana que permite su fermentación. Esta mezcla de componentes puede proporcionar nutrientes y materia orgánica al suelo, aporte de microflora y efectos benéficos en el comportamiento de las plantas.

En tal sentido; la presente investigación evaluó las características del frass, su procesamiento y digestión como biofertilizante, evaluación de propiedades físicas, químicas y biológicas del biol producido y también su respuesta de aplicación en el cultivo de frijol. Se seleccionó este cultivo por su importancia en la región Arequipa y la facilidad observable de respuestas ante la aplicación foliar y al suelo del producto elaborado. De esta manera se cuantificó contenidos nutricionales en el cultivo como también variables biométricas y el rendimiento. Se espera que esta investigación represente un aporte en el rubro de los biofertilizantes y una alternativa de fertilización orgánica para los productores de la Región Arequipa.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El enunciado de la presente investigación se planteó en la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las características del residuo orgánico y biofertilizante derivado de *Hermethia illucens*, su respuesta de aplicación foliar y al suelo del biofertilizante en el cultivo de frijol bajo condiciones de invernadero?

1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El uso de fertilizantes sintéticos en la agricultura es una práctica frecuente en el contexto nacional y mundial, que si bien es cierto favorece una mejor producción de los cultivos, sin embargo, puede generar problemas de contaminación tanto en el suelo, aire, agua, individuos y también generar residuos en los alimentos. Frente a ello una alternativa que aminora este efecto contaminante y de salud para los humanos, es el uso de biofertilizantes derivados de restos orgánicos.

La elaboración de los biofertilizantes a partir de la fermentación de residuos orgánicos, agrícolas han tenido resultados favorables, en muchos casos con resultados similares y hasta mejores en comparación con fertilizantes químicos, brindando micronutrientes y macronutrientes que no afectan la composición del suelo, las fuentes de agua subterráneas, superficiales y generando una mejor calidad del producto agrícola.

Bajo este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo la caracterización del residuo orgánico de larvas *Hermethia illucens* y posterior elaboración de biofertilizante, el mismo que fue aplicado vía foliar y al suelo en el cultivo de frijol, para evaluar su respuesta productiva y posterior recomendación a los productores.

1.3 JUSTIFICACION

1.3.1 Aspecto general.

El presente trabajo tiene una importancia ambiental, económica y tecnológica, porque busca nuevas formas de mejorar el rendimiento y calidad en la producción del frijol, reduciendo el uso de productos químicos nocivos para el medio ambiente y utilizando

fuentes de origen orgánico como el biofertilizante procedente de residuos orgánicos de las larvas de *Hermethia illucens*.

1.3.2 Aspecto científico

La caracterización de residuos y biofertilizante a partir de residuos orgánicos del cultivo de *Hermethia illucens* y su aplicación foliar en el cultivo de frijol bajo condiciones de invernadero, obedece a una investigación aplicada orientada a solucionar problemas prácticos de la agricultura, investigando fuentes orgánicas que se pueden aprovechar para crear nuevos biofertilizantes que contribuyan al manejo sostenible de nuestros recursos.

1.3.3 Aspecto social

El frijol es una hortaliza de amplio uso en la alimentación humana, por lo cual su cultivo también es extensivo a muchos lugares del país, entre ellos la Región Arequipa; así mismo este cultivo requiere de muchas prácticas de manejo, entre ellas la aplicación de nutrientes. Es por ello que la ejecución de esta investigación es de beneficio para muchos agricultores y consumidores de la zona.

1.3.4 Aspecto económico

El presente trabajo de investigación permite caracterizar y elaborar un biofertilizante que pueda reducir los costos de producción en el rubro nutricional y favorecer de esta manera a los agricultores de la Región.

1.3.5 Importancia

Se destaca la importancia de este trabajo dado la escasez de trabajos similares realizados con el residuo de la mosca soldado *Hermethia illucens*, tanto en nivel nacional e internacional, ya que presenta un gran interés por su versatilidad y puede ser utilizado en la agricultura de nuestro país.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Caracterizar el residuo orgánico y biofertilizante derivados de larvas *Hermethia illucens* y evaluar su respuesta de aplicación foliar y al suelo en frijol bajo condiciones de invernadero.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar la caracterización física y química del residuo orgánico procedente de larvas *Hermethia illucens*, criadas en el moscario de la Universidad Católica de Santa María-Fundo Majes.
2. Evaluar las características físicas, química y microbiológicas de importancia agrícola, del biofertilizante elaborado a partir de residuos orgánicos de larvas de *Hermethia illucens*.
3. Determinar el efecto de la aplicación foliar y al suelo del biofertilizante derivado de los residuos orgánicos de *Hermethia illucens* en el cultivo de frijol bajo condiciones de invernadero.

1.5 HIPÓTESIS

Es posible que la aplicación foliar y al suelo del biofertilizante elaborado a base de residuos orgánicos de larvas de *Hermethia illucens*, genere en el cultivo del frijol diversas respuestas.

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 FRIJOL *Phaseolus vulgaris*

2.1.1 Clasificación Taxonómica

La clasificación de *Phaseolus vulgaris* es la siguiente:

TABLA 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE *PHASEOLUS VULGARIS*

Taxonomía	
Dominio	Eukaryota
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i>

Morrison (2004)

2.2 Origen e importancia

Phaseolus vulgaris es nativo de las Américas, concretamente de la región de Mesoamérica y los Andes. Se presume que fue domesticado hace más de 7,000 años por las culturas indígenas de la época. De hecho, hallazgos arqueológicos y estudios genéticos revelan que el frijol común fue uno de los cultivos fundamentales junto al maíz y la calabaza en la antigua América precolombina (Sathe, 2016).

2.3 Morfología

La morfología de *Phaseolus vulgaris*, el frijol común, es propia de una planta herbácea anual que muestra variaciones en su forma y crecimiento dependiendo de la variedad y los requisitos de cultivo. Algunas de sus principales características morfológicas son:

2.3.1 Raíces:

Presenta una raíz principal bien desarrollada y raíces secundarias más finas que se extienden lateralmente para la captación de agua y nutrientes del suelo (Morrison, 2004).

2.3.2 Tallo:

El tallo puede variar en forma y tamaño, siendo erecto en algunas variedades que crecen como arbustos compactos y trepador en otras, desarrollando zarcillos

para sujetarse a estructuras de soporte. El tallo contiene tejido vascular que transporta agua y nutrientes en la planta (Morrison, 2004).

2.3.3 Hojas:

Las hojas son trifoliadas, es decir, se dividen en tres folíolos (hojuelas) unidos en un mismo pecíolo. Cada folíolo es ovalado con bordes lisos y una punta puntiaguda. Las hojas son de color verde intenso y se disponen de manera alterna en el tallo (Morrison, 2004).

2.3.4 Flores:

Las flores son pequeñas, generalmente de color blanco, pudiendo presentar tonalidades rosadas o violetas en algunas variedades. Forman racimos en las axilas de las hojas y poseen una forma típica de las flores de leguminosas, con un pétalo superior más grande que los pétalos laterales y el inferior que forma una quilla (Morrison, 2004).

2.3.5 Frutos:

Los frutos son vainas alargadas y aplanadas que contienen varias semillas o frijoles. Varían en color y tamaño según la variedad, pudiendo ser verdes, amarillas, moradas o negras (Morrison, 2004).

2.3.6 Semillas:

Las semillas o frijoles son altamente valoradas. Tienen forma redondeada y aplanada, y su tamaño y color varían según la variedad, pudiendo encontrarse en tonalidades blancas, rojas, negras, marrones, rosadas o moteadas (De Ron y Santalla, 2013).

2.4 Etapas de desarrollo

2.4.1 Condiciones de invernadero

a) Temperatura

Durante la etapa de germinación y emergencia de plántulas, se requiere una temperatura óptima que oscile entre 20°C y 25°C para favorecer una germinación adecuada y una rápida emergencia de las plántulas. Conforme la planta se desarrolla, se puede reducir gradualmente la temperatura durante la fase de crecimiento vegetativo y la etapa de floración y formación de vainas. Es importante mantener una temperatura moderada, entre 20°C y 25°C, para

promover la polinización y el desarrollo adecuado de los frutos (Khaemba y Ogenga-Latigo, 1985; White, 1988).

b) Humedad

Durante el proceso de germinación y el surgimiento de las plántulas, es importante mantener una alta humedad relativa, alrededor del 70% al 80%, para favorecer la germinación y evitar la sequedad de las plántulas. Conforme las plantas crecen, se puede reducir la humedad relativa a alrededor del 60% al 70% para prevenir enfermedades fúngicas y mejorar la calidad del aire en el ambiente. (Khaemba y Ogenga-Latigo, 1985; White, 1988).

c) Sustrato

Para la germinación de las semillas, se puede emplear un sustrato ligero y con buen drenaje, como una mezcla de turba y perlita. Conforme las plantas crecen, es beneficioso trasplantarlas a un sustrato más nutritivo, como una mezcla de tierra fértil y materia orgánica, para favorecer un crecimiento vigoroso y una formación de raíces óptima (Khaemba y Ogenga-Latigo, 1985; White, 1988).

d) Luz

Durante todas las etapas de crecimiento, se requiere una adecuada intensidad de luz para promover un crecimiento sano y una fotosíntesis eficiente. Es importante proporcionar una exposición a la luz solar directa o usar iluminación artificial si la luz natural es insuficiente. Durante la etapa de floración, una mayor intensidad de luz resulta beneficiosa para favorecer una polinización óptima y una producción de frutos adecuada (Khaemba y Ogenga-Latigo, 1985; White, 1988).

2.5 Fisiología

Las hojas del frijol (*Phaseolus vulgaris*) son estructuras esenciales en la fisiología de la planta, desempeñando un papel esencial en la en la fotosíntesis y la producción dealimentos

para el vegetal. Su crecimiento involucra diversos mecanismos que actúan en conjunto para promover su desarrollo y expansión. A continuación, se presentan los principales mecanismos de crecimiento del frijol:

División celular y elongación: El crecimiento del frijol comienza con la división celular en las regiones meristemáticas de las raíces y los brotes. Las células se dividen activamente y luego se elongan, lo que resulta en el alargamiento de las raíces y los tallos, permitiendo el crecimiento hacia arriba y hacia abajo de la planta (White, 1988).

Diferenciación celular: A medida que las células se dividen y elongan, también se diferencian para desempeñar funciones específicas en las diferentes partes de la planta, como las hojas, los tallos y las flores (White, 1988).

Hormonas vegetales: Las hormonas juegan un papel crucial en el crecimiento y desarrollo del frijol.

Auxinas: Estimulan la elongación celular y la formación de raíces laterales.

Citoquininas: Promueven la división celular y el crecimiento de los brotes.

Giberelinas: Estimulan el crecimiento del tallo y la germinación de las semillas. Ácido abscísico: Se encarga de regular la dormancia y las respuestas al estrés ambiental (White, 1988).

Fototropismo: El fototropismo es una respuesta de la planta al estímulo de la luz. Las hojas y tallos del frijol crecen en dirección a la luz, lo que les permite maximizar la captura de energía solar para la fotosíntesis (White, 1988).

Fotosíntesis: La fotosíntesis es un proceso esencial para el crecimiento del frijol, ya que es la principal fuente de alimentos y energía para la planta. Las hojas capturan la luz solar y utilizan la energía para convertir el dióxido de carbono y el agua en carbohidratos, que son utilizados como materia prima para progresión y maduración de la planta (White, 1988).

Nutrientes y agua: La disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo también es fundamental para el crecimiento del frijol. Los nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, son absorbidos por las raíces y utilizados para el desarrollo de la planta.

El agua es transportada a través del sistema vascular de la planta y es esencial para todas las funciones metabólicas y el crecimiento celular (White, 1988).

2.6 SIEMBRA

La siembra del frijol (*Phaseolus vulgaris*) debe considerar la selección de una ubicación con luz solar directa y suelo bien drenado, ligeramente ácido a neutro y rico en materia orgánica (Huerto, 2022).

2.6.1 Preparación del suelo

Antes de la siembra, se prepara el suelo mediante arado y rastrillado para mejorar la estructura y eliminar malezas. La profundidad de siembra varía según el tamaño de la semilla y las condiciones locales, generalmente de 3 a 5 cm. Los métodos de siembra pueden ser directos en el suelo o en bandejas para trasplantar plántulas. Se pueden utilizar líneas de siembra o siembra a chorrillo (Pérez, 2016).

2.7 Cosecha

La época de cosecha del frijol puede variar según la variedad y condiciones locales, pero generalmente se realiza cuando las vainas están maduras y listas para ser recolectadas. Indicadores para determinar el momento adecuado incluyen cambios en el color de las vainas, pérdida de brillo y aumento del grosor debido al desarrollo de las semillas. La cosecha puede ser manual con tijeras o cuchillos, o mecanizada en grandes cultivos. Es importante evitar dejar las vainas en el campo por mucho tiempo para evitar pérdida de calidad y daños por clima, plagas o enfermedades. Luego de la recolección, se lleva a cabo un proceso de postcosecha que involucra la separación, secado y limpieza de los frijoles para eliminar impurezas. Una adecuada cosecha y postcosecha son fundamentales para asegurar calidad, conservación y buen rendimiento en el cultivo de esta leguminosa (Pérez, 2016)

2.8 Clima y suelo

El frijol prefiere climas cálidos y no tolera bien las heladas. Las temperaturas óptimas para su crecimiento se encuentran en un rango de aproximadamente 20°C a 30°C. También requiere una buena cantidad de luz solar directa para una fotosíntesis eficiente. Las condiciones climáticas deben ser favorables durante todo el ciclo de cultivo, evitando periodos prolongados de sequía o excesivas lluvias que puedan afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de la planta. El suelo adecuado para el cultivo de frijol debe ser

bien drenado, con una buena capacidad de retención de humedad y un pH ligeramente ácido a neutro (pH entre 6 y 7). La presencia de materia orgánica en el suelo es beneficiosa para mejorar su estructura y proporcionar nutrientes esenciales para el crecimiento de la planta. Además, el frijol tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a su simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, lo que lo hace menos dependiente de altas cantidades de nitrógeno en el suelo (Pérez, 2016).

2.9 Riego

En la etapa de germinación y emergencia de plántulas, se debe mantener el suelo constantemente húmedo para favorecer la germinación. Se recomiendan riegos suaves y frecuentes durante esta fase crítica, donde el frijol requiere alrededor de 20 a 30 mm de agua por semana (Pérez, 2016).

2.9.1 Frecuencia del riego

Una vez que las plántulas están establecidas, se puede reducir la frecuencia de riego, pero se debe evitar que el suelo se seque por completo. La falta de agua afecta el crecimiento y la calidad de los frijoles, mientras que el exceso puede causar problemas de enfermedades. En el crecimiento vegetativo y floración, el riego adecuado mantiene la humedad del suelo. Aquí, el frijol puede necesitar aproximadamente 30 a 50 mm de agua por semana. Durante la formación de vainas y maduración de semillas, el riego constante es esencial para un llenado adecuado y semillas de calidad.

La falta de riego en esta etapa puede dar lugar a vainas pequeñas y semillas poco desarrolladas. El monitoreo del suelo y las necesidades hídricas es crucial. Sensores de humedad del suelo y la evapotranspiración de las plantas son útiles para determinar la cantidad adecuada de riego. Un manejo eficiente del riego garantiza cosechas de alta calidad y el éxito en el cultivo del frijol (Huerto, 2022; Pérez, 2016).

2.9.2 Volumen de agua

El volumen de agua requerido por plantación de frijol puede variar significativamente debido a diversos factores, como el tamaño del área de siembra, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y las prácticas de manejo del agua. No hay una cifra fija, ya que cada cultivo y situación puede necesitar cantidades distintas de agua.

En términos generales, se estima que una plantación de frijol podría necesitar alrededor de 500 a 800 litros de agua por metro cuadrado durante todo el ciclo de cultivo, incluyendo la germinación, el crecimiento vegetativo, la floración, la formación de vainas y la maduración de las semillas. No obstante, es importante destacar que estos valores son solo aproximados y pueden variar en cada caso (Huerto, 2022; Pérez, 2016).

2.9.3 Forma de aplicación

La forma de aplicación del agua en el cultivo de frijol puede variar dependiendo de las prácticas y sistemas de riego utilizados. Algunas de las formas comunes de aplicar el agua en el cultivo de frijol son:

- Riego por inundación: Consiste en aplicar agua directamente al suelo, inundando el área de cultivo. Es una técnica tradicional y adecuada para suelos con baja capacidad de drenaje.
- Riego por goteo: Se utiliza un sistema de tuberías y goteros para entregar agua directamente a la zona de las raíces de las plantas. Es un método eficiente que reduce el desperdicio de agua y permite una aplicación precisa.
- Riego por aspersión: Emplea un sistema de aspersores que rocían agua sobre el cultivo. Es adecuado para áreas extensas y suelos bien drenados.
- Riego por surcos o canales: Se crean surcos o canales en el suelo para guiar el flujo del agua hacia las raíces de las plantas. Es útil en terrenos con pendientes suaves.
- Riego por infiltración: Se emplea un sistema de tuberías enterradas que liberan agua gradualmente para permitir que se infiltre en el suelo (Huerto, 2022; Pérez, 2016).

2.10 Ecología del cultivo

La ecología de cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) abarca el estudio de las interacciones entre el cultivo y su entorno, considerando tanto factores bióticos como abióticos. Esto incluye el análisis de las condiciones climáticas óptimas, donde temperaturas cálidas entre 20°C y 30°C favorecen su desarrollo, junto con una exposición adecuada a la luz solar directa para una fotosíntesis eficiente. En cuanto al suelo, el cultivo de frijol prospera en suelos bien drenados, con capacidad de retener humedad y un pH ligeramente ácido a

neutro (pH entre 6 y 7). La presencia de materia orgánica beneficia la estructura del suelo y proporciona nutrientes esenciales para el crecimiento. El riego es esencial para mantener un crecimiento saludable y una producción óptima. La cantidad y frecuencia de riego dependen de factores climáticos, capacidad de retención de agua del suelo y desarrollo de la planta. El manejo adecuado de plagas y depredadores naturales mediante el manejo integrado de plagas (MIP) es crucial para evitar la dependencia excesiva de pesticidas químicos y promover un equilibrio ecológico sostenible en el entorno agrícola. La fertilización y el manejo del suelo influyen en la disponibilidad de nutrientes para el frijol, afectando su crecimiento y rendimiento. El uso responsable de recursos naturales es vital para mantener la salud del ecosistema agrícola y la sostenibilidad del cultivo (Huerto, 2022; Pérez, 2016).

2.11 Plagas y enfermedades del frijol

- **Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y pulgones:** Insectos chupadores que debilitan la planta y propagan virus (Pérez, 2016).
- **Trips (*Thrips spp.*):** Se alimentan de las hojas, causando daños y deformaciones.
- **Ácaros (*Tetranychus spp.*):** Succión celular que provoca decoloración y afecta la fotosíntesis (Mojeda et al., 1999; Pérez, 2016).
- **Escarabajos (*Acanthoscelides obtectus*):** Atacan las vainas y semillas, causando daños y pérdida de calidad (Mojeda et al., 1999).
- **Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*):** Enfermedad fúngica que afecta hojas, tallos y vainas, causando manchas y deformaciones (Mojeda et al., 1999).

2.12 ABONOS

El abono se compone de compuestos orgánicos o inorgánicos que enriquecen el suelo y suministran elementos nutritivos indispensables para el crecimiento y desarrollo vegetal. Proporciona una fuente concentrada de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y elementos traza necesarios para el metabolismo vegetal. Su propósito principal es mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la disponibilidad de nutrientes y estimular el crecimiento de las plantas. Los abonos orgánicos, como estiércol, compost y residuos vegetales, aportan

materia orgánica al suelo, mejorando su estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes. Por otro lado, los abonos inorgánicos, como los fertilizantes químicos, liberan rápidamente nutrientes y permiten un control preciso de la composición aplicada al cultivo (Bazán et al., 2014; Ramirez et al., 2016).

2.12.1 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son sustancias naturales derivadas de materiales biológicos para enriquecer el suelo con nutrientes esenciales. Mejoran su estructura y retención de agua, favoreciendo el crecimiento de las raíces. Liberan nutrientes gradualmente, evitando excesos, promoviendo la actividad biológica y protegiendo contra enfermedades. También contribuyen a la sostenibilidad agrícola al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mantener el equilibrio ecológico (Bazán et al., 2014; Ramirez et al., 2016).

2.12.2 Abonos orgánicos líquidos

Los abonos orgánicos líquidos son soluciones que contienen nutrientes esenciales para las plantas, obtenidos de fuentes orgánicas como estiércol, compost, guano, entre otros. Son aplicados directamente al suelo o rociados sobre las plantas, proporcionando una fuente rápida y eficiente de nutrientes. Al ser líquidos, son fácilmente absorbidos por las raíces y las hojas, lo que acelera su disponibilidad y permite una rápida respuesta en el crecimiento de las plantas. También se pueden preparar de forma casera con materiales orgánicos del entorno agrícola, lo que ofrece una alternativa económica y sostenible para mejorar el rendimiento de los cultivos de manera más natural. Sin embargo, es importante seguir las indicaciones adecuadas para evitar el exceso de nutrientes que pueda afectar negativamente a las plantas (Bazán et al., 2014; Ramirez et al., 2016).

2.12.3 Cualidades del abono líquido

Las cualidades del abono líquido incluyen su rápida absorción por las raíces de las plantas, lo que acelera su disponibilidad para el crecimiento. Esto genera una respuesta rápida en el desarrollo de las plantas, aumentando su rendimiento. La versatilidad de aplicación permite su uso directo al suelo o vía foliar, facilitando la corrección de

deficiencias nutricionales. Además, los abonos líquidos orgánicos contienen una gama completa de nutrientes esenciales para un crecimiento saludable, como nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos traza. Su preparación casera con materiales orgánicos disponibles en el entorno agrícola ofrece una opción económica y sostenible para mejorar el suelo. Con menos riesgo de quemaduras en comparación con fertilizantes químicos, estos abonos contribuyen a una agricultura más sostenible y al equilibrio ecológico en los ecosistemas agrícolas (Ramírez et al., 2016).

2.12.4 Tipos de abonos líquidos

Abonos líquidos a base de estiércol: Resultan de la fermentación del estiércol animal, como el de vaca, caballo, cerdo o aves. Son ricos en nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica.

Abonos líquidos a base de compost: Elaborados mediante la descomposición de materiales orgánicos como restos de plantas, hojas y residuos de cocina. Son una fuente completa de nutrientes y mejoran la estructura del suelo.

Abonos líquidos a base de lombricompost: Producidos por la acción de lombrices sobre materia orgánica, como residuos vegetales y estiércol. Son ricos en nutrientes esenciales y microorganismos benéficos para el suelo.

Abonos líquidos a base de guano: Provenientes de excrementos de aves marinas y murciélagos en colonias naturales. Son fuentes ricas en nitrógeno, fósforo y potasio.

Abonos líquidos con extractos vegetales: Preparados a partir de plantas específicas maceradas en agua para obtener compuestos beneficiosos para el crecimiento de otras plantas, con propiedades insecticidas o fungicidas naturales.

Abonos líquidos comerciales: Productos comerciales con formulaciones específicas para diferentes cultivos y necesidades nutricionales. Disponibles en el mercado para su uso (Ramírez et al., 2016).

2.13 Biol

El biol es un fertilizante líquido obtenido a través de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos como estiércol, restos de plantas, ceniza y melaza. Durante la fermentación, los microorganismos presentes descomponen los compuestos y liberan nutrientes esenciales para las plantas. Es una fuente rica en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, y contiene microorganismos beneficiosos que mejoran la salud del suelo.

y aumentan la disponibilidad de nutrientes. Es un fertilizante orgánico que mejora la fertilidad del suelo y promueve el crecimiento saludable de las plantas (Warnars y Oppenoorth, 2014).

2.13.1 Beneficios del biol

El biol como abono líquido se caracteriza por su rápida absorción por las raíces de las plantas, lo que acelera su crecimiento y desarrollo. Puede ser aplicado directamente al suelo o vía foliar, lo que facilita su uso y absorción. Esta práctica es sostenible y amigable con el medio ambiente al aprovechar recursos orgánicos disponibles en la agricultura y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Mejora la calidad del suelo y promueve la actividad biológica, contribuyendo a un equilibrio ecológico más saludable en los sistemas agrícolas. Es esencial seguir las recomendaciones adecuadas para obtener los mejores resultados y evitar riesgos para las plantas. (Biobolsa, 2015).

2.13.2 Aplicación del Biol

Riego directo al suelo: Diluyendo el biol en agua y aplicándolo en la base de las plantas alrededor de las raíces (Warnars y Oppenoorth, 2014).

Riego por goteo: Inyectando el biol directamente en el sistema de riego por goteo para suministrarlo junto con el agua a las raíces (Warnars y Oppenoorth, 2014).

Rociado foliar: Diluyendo el biol en agua y aplicándolo sobre las hojas de las plantas con un rociador (Warnars y Oppenoorth, 2014)

a) Preparación del Biol

La preparación de biol como abono líquido implica la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos, como estiércol de animales, agua, melaza o azúcar, y ceniza de madera. Se mezcla el estiércol con agua en un contenedor grande y resistente, revolviendo bien para homogeneizar los materiales. Luego se agrega melaza o azúcar para proporcionar una fuente de carbono a los microorganismos. También se añade ceniza de madera para enriquecer el biol con minerales y regular el pH. Durante la fermentación, se airea la mezcla al menos una vez al día para proveer oxígeno a los microorganismos. El período de fermentación dura aproximadamente 7 días a una temperatura óptima de 25°C a 30°C.

Después de filtrar para separar los sólidos, el biol líquido está listo para su aplicación. Puede ser diluido en agua en una proporción de 1 parte de biol con 10 partes de agua. Se puede aplicar directamente al suelo o vía foliar. Siguiendo adecuadamente los pasos y proporciones, se obtendrá un biol de calidad que beneficiará el crecimiento y desarrollo de las plantas de forma sostenible y amigable con el medio ambiente (Aliaga, 2007).

b) Efecto del biol en el crecimiento y desarrollo de la planta

- En el Follaje

El biol enriquece el follaje, fortaleciendo las células de las hojas y mejorando su estructura, lo que aumenta la resistencia de las plantas ante condiciones adversas como sequías o altas temperaturas. Asimismo, los microorganismos benéficos del biol activan las defensas naturales del follaje, protegiéndolo contra patógenos y plagas, disminuyendo el riesgo de infecciones y daños. Estos beneficios del biol contribuyen al bienestar y vigor del follaje en las plantas (Warnars y Oppenoorth, 2014).

- En el fruto

La presencia de nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio en el biol contribuye al desarrollo adecuado de los frutos, promoviendo un mayor crecimiento celular y aumentando su tamaño y peso. Además, el biol enriquece el suelo con nutrientes que son absorbidos por las plantas y luego transportados hacia los frutos, lo que incrementa su contenido nutricional y mejora su valor nutricional para los consumidores. Asimismo, los microorganismos beneficiosos presentes en el biol pueden proteger las plantas contra patógenos y plagas, aumentando su resistencia a enfermedades y daños. Por último, los frutos de plantas nutridas con biol pueden presentar una calidad organoléptica mejorada, con sabores, aromas y texturas más pronunciados y agradables, lo que es especialmente relevante en cultivos destinados al consumo humano (Warnars y Oppenoorth, 2014).

- En la raíz

Cuando el biol se aplica al suelo y es absorbido por las raíces, los nutrientes esenciales, como el nitrógeno, fósforo y potasio, son transportados hacia el tallo, favoreciendo su desarrollo y fortalecimiento. Los nutrientes del biol son fundamentales para el

crecimiento celular, la división celular y la formación de tejidos en el tallo, lo que promueve su alargamiento y engrosamiento, resultando en un tallo más resistente. Además, el biol estimula la actividad de las células meristemáticas del tallo, que producen nuevas células y tejidos, contribuyendo a una planta más vigorosa y con mayor capacidad de crecimiento. Asimismo, el biol fortalece las células del tallo y mejora su estructura, aumentando su resistencia a factores estresantes como sequías, vientos fuertes o ataques de patógenos (Warnars y Oppenoorth, 2014).

- En la semilla

El uso del biol como tratamiento para las semillas antes de la siembra mejora la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas. Los nutrientes y microorganismos beneficiosos presentes en el biol entran en contacto directo con la semilla durante la germinación, proporcionando nutrientes esenciales y promoviendo la actividad biológica cercana a la semilla. Al enriquecer la semilla con nutrientes, el biol favorece el desarrollo de un sistema radicular más fuerte y saludable, mejorando la absorción de agua y nutrientes del suelo. Además, los microorganismos benéficos presentes en el biol protegen la rizosfera de la semilla contra patógenos y enfermedades que podrían afectar su germinación y desarrollo inicial (Warnars y Oppenoorth, 2014).

2.14 *Hermethia illucens*

La mosca soldado-negra (*Hermethia illucens*) tiene un ciclo de vida que consta de cinco etapas: huevos, larvas, pupas, pre-pupas y adultos. La eclosión de huevos y la emergencia de adultos tienen lugar en un corto período, mientras que las etapas larval y pupal son más prolongadas y tienen una mayor contribución al ciclo de vida (Singh y Kumari, 2019). Debido a su corta vida útil, las hembras de esta especie pueden producir una gran cantidad de huevos. Las larvas de la mosca soldado-negra tienen una dieta variada, pudiendo alimentarse de diferentes sustratos como plantas, animales en descomposición, estiércol, residuos de alimentos, basura municipal y material vegetal en descomposición (Čičková et al., 2015).

2.14.1 Aspectos de *Hermethia illucens*

Los factores clave para el proceso de crecimiento y evolución óptimo de las larvas de la mosca soldado-negra incluyen la humedad y la temperatura. Un contenido excesivo de humedad puede dificultar la velocidad de descomposición y dar lugar a un residuo final aglomerado, lo que afecta negativamente el procesamiento posterior del cultivo. Estudios han sugerido que una humedad entre 40% y 80% es óptima para la supervivencia y el crecimiento de la mosca alimentada con diferentes sustratos, como estiércol de aves o desperdicio de alimentos (Singh y Kumari, 2019).

En cuanto a la temperatura, la *Hermetia illucens* es capaz de desarrollarse en un rango amplio, aproximadamente de 21°C a 30°C, con su temperatura ideal alrededor de 27°C. Esta especie muestra adaptabilidad a diferentes ambientes, siendo capaz de metabolizar nutrientes en desechos variados. Sin embargo, su metabolismo disminuye o se detiene cuando se enfrentan temperaturas más allá de los umbrales de desarrollo, que son las temperaturas mínima y máxima para su crecimiento óptimo (Gärttling y Schulz, 2022).

2.14.2 Aplicación de frass

Según Schmitt y de Vries (2020) menciona que *H. illucens* L. frass es un producto derivado de insectos que contiene una mezcla de materias primas alimenticias no consumidas, pieles y heces, junto con una población microbiana que realiza la fermentación. Esta mezcla de componentes puede proporcionar nutrientes y materia orgánica al suelo, alterar la microflora presente y tener efectos en el comportamiento de las plantas. (Schmitt y de Vries, 2020).

El frass de larvas de *H. illucens* presenta características atractivas para su uso en agricultura, ya que puede ser utilizado como un fertilizante del suelo con un menor impacto ambiental en comparación con otros productos existentes (Smetana et al., 2019; Gärttling y Schulz, 2022). Desde el punto de vista económico, la producción del frass puede resultar más rentable que la producción de biogás o el compostaje, ya que el proceso de obtención del frass también genera proteínas, grasas y otros productos que pueden venderse a precios relativamente altos en comparación con los productos

derivados de biogás y compostaje de otros sistemas de producción. (Schmitt y de Vries, 2020) (Van Looveren et al., 2022).

2.15 BIORREACTOR

Un biorreactor es un dispositivo utilizado para procesos biológicos y bioquímicos controlados, como el cultivo y fermentación de microorganismos, células o tejidos con el fin de producir biomasa, productos biotecnológicos o realizar reacciones específicas como fermentación controlada y la transformación de residuos orgánicos. Los biorreactores varían en tamaño y configuración, y suelen contar con sistemas de control para regular parámetros como temperatura, pH, oxígeno y agitación, asegurando condiciones óptimas para el desarrollo de los organismos o reacciones deseadas. Por otro lado, un biodigestor es un sistema hermético que aprovecha el proceso de digestión anaeróbica, realizado por bacterias presentes en el estiércol, desechos agrícolas, materia orgánica y efluentes industriales, entre otros, para transformarlos en biogás (principalmente metano) y fertilizantes de calidad como "biol" y "biosol". Estos productos resultantes ofrecen la posibilidad de obtener energía limpia y de bajo costo a partir de fuentes renovables (Martí, 2019; Rivas et al., 2009)

2.15.1 Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es una técnica ampliamente empleada para la descomposición y estabilización de desechos orgánicos en ausencia de oxígeno, mediante la actividad microbiana. Este proceso convierte los sustratos complejos en biogás, biol y biosol. Se obtienen beneficios como la obtención de energía en forma de biogás, la generación de fertilizantes orgánicos y la regulación de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que la convierte en una energía renovable. La Digestión Anaeróbica ocurre en ambientes anóxicos con residuos como estiércol, desechos alimentarios, sedimentos y contenidos intestinales de mamíferos; los microorganismos juegan un papel fundamental al transformar la materia orgánica en biogás, compuesto por dióxido de carbono y metano (Hujanen et al., 2001; Li et al., 2015)

2.15.2 Fases de la digestión anaeróbica

a)Hidrólisis o liquefacción: Es la primera etapa en la degradación de compuestos orgánicos complejos, donde enzimas liberadas por bacterias hidrolíticas actúan fuera de la célula, solubilizando estos compuestos en moléculas más simples como ácidos grasos,

aminoácidos y monosacáridos, facilitando su degradación en el medio (Corrales et al., 2015) (Xu et al., 2018).

b) Acidogénesis: Esta fase implica la transformación de compuestos orgánicos solubles derivados de la etapa hidrolítica mediante microorganismos y bacterias fermentativas en un proceso de fermentación. Los productos principales de esta transformación son ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. (Corrales et al., 2015; Xu et al., 2018).

c) Acetogénesis: También conocida como acidogénesis intermediaria, es una fase en la que se aceleran los procesos metabólicos bacterianos para transformar compuestos intermediarios resultantes de la etapa acidogénica en otros compuestos utilizados como fuentes de energía y carbono celular. Durante este proceso, los ácidos grasos volátiles se convierten en ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno (Corrales et al., 2015; Xu et al., 2018).

d) Metanogénesis: Es la etapa final de la digestión anaeróbica donde se produce metano (CH_4) a partir de ácido acético o mezclas de hidrógeno y dióxido de carbono. Las bacterias metanogénicas juegan un rol clave en esta etapa, ya que convierten diversos sustratos en metano, siendo su metabolismo caracterizado por la producción de ATP y la obtención de electrones (Corrales et al., 2015; Xu et al., 2018).

2.15.3 Factores físicos y químicos de los procesos anaerobios de los biodigestores

Diversos factores físicos y químicos influyen en el funcionamiento de los procesos anaerobios de los biodigestores. Los factores principales que influyen en el proceso son los siguientes:

a) Temperatura y tiempo de retención: La fermentación se clasifica en tres tipos según el intervalo de temperatura y el tiempo de retención en el biodigestor. Estos tipos son: fermentación psicrófila, mesófila y termófila (Cendales y Jiménez, 2014; Xu et al., 2018b).

- b) **Niveles de amoníaco:** Es importante controlar los niveles de amoníaco, especialmente cuando se utilizan materiales con alto contenido de este compuesto, como los estiércoles de aves. Es aconsejable mantener los niveles por debajo de 2000 mg/l mediante diluciones del material de entrada (Manrique et al., 2021).
- c) **pH:** El pH del biodigestor está influenciado por varios factores, incluyendo la cantidad de dióxido de carbono en el gas, la proporción de ácidos volátiles y la alcalinidad de la materia prima. Las bacterias involucradas en la generación de biogás son sensibles a variaciones en el nivel de pH, y se busca mantener un valor entre 7 y 7.2 mediante ajustes del proceso o la adición de nutrientes para asegurar un funcionamiento óptimo del fermentador.
- d) **Contenido de agua de la mezcla:** El contenido de agua en la mezcla es esencial para el proceso anaeróbico en el biodigestor. Una mezcla con bajo contenido de agua dificulta el funcionamiento de los microorganismos, resultando en poca producción de biogás. Por otro lado, una mezcla muy diluida implica una digestión limitada de materia orgánica y afecta la producción de biogás. Se recomienda mantener una razón de biomasa a agua entre 1:1 y 1:2 para excreta humana, estiércol y desechos agrícolas. Si la mezcla contiene residuos vegetales, se necesita más agua, en una proporción de 1:3 o 1:4. La mezcla debe ser adecuadamente mezclada en el tanque del biodigestor para una digestión efectiva (Olaya y Gonzáles, 2009).
- e) **Materiales orgánicos:** Las actividades agrícolas y pecuarias generan diversos materiales orgánicos que pueden tratarse mediante el proceso anaeróbico en el biodigestor. También se pueden emplear otros residuos de origen animal. Los residuos vegetales, como paja, pasto y desechos de verduras pueden fermentarse anaeróbicamente tras triturarse para evitar capas flotantes y seguir un tratamiento especial en ciertas plantas hasta que se descompongan (Ramón et al., 2013).

2.15.4 Tipo de biorreactores o biodigestores

-Digestor discontinuo BATCH

Es un tipo de sistema de digestor donde se implementa, solo una vez, un sustrato y microorganismos, al final del proceso de fermentación se descarga. Consiste en tanques herméticos con una sola salida y entrada de la materia. Este tipo de sistemas es ideal para la evaluación de parámetros en escala laboratorio. En un sistema intermitente, la curva temporal de producción de "biogás, biol y biosol" sigue la misma tendencia que la curva característica del crecimiento de microorganismos, que incluye fases de latencia, crecimiento exponencial, estacionalidad y disminución. En este contexto, el concepto de tiempo de retención carece de relevancia y se hace referencia al tiempo de digestión. Para lograr una producción de producto cercana a la continuidad, se requiere combinar varios reactores intermitentes con puestas en marcha en intervalos de tiempo. Estos reactores se han empleado en desechos con alta concentración de sólidos, donde resulta complicado implementar sistemas de bombeo, como en el caso de los residuos de ganado vacuno con cama de paja. (Vera y Cepis, 1996).

-Digestores de sistema semi-continuos o sistemas continuos: Son un tipo de sistema de digestión donde se puede introducir el sustrato inicialmente a través de una entrada y alimentar periódicamente el sistema mediante una segunda entrada. Estos digestores permiten depositar los residuos a través de una abertura de entrada y retirar el producto resultante a través de una salida diferente. Este tipo de sistemas son especialmente comunes en entornos rurales o domésticos (Vera y Cepis, 1996).

2.15.5 Ventajas de los biodigestores

La utilización de biodigestores ayuda a prevenir la contaminación de suelos por microorganismos patógenos y controlar la proliferación de insectos, facilitando su conversión en compost y fertilizantes orgánicos, lo que permite considerar un enfoque más ecológico en la agricultura. Otro beneficio de la biodigestión anaeróbica es la reducción del riesgo de transmisión de enfermedades, ya que el proceso destruye la mayoría de los huevos de parásitos, bacterias y protozoarios dañinos al operar a temperaturas internas específicas. Los residuos orgánicos resultantes de la biodegradación anaeróbica contienen una mayor riqueza nutricional en comparación

con los obtenidos mediante biodegradación aeróbica (Botero y Preston, 1987; IDAE, 2007).

2.15.6 Monitoreo de variables

La acidez se determina utilizando el método de titulación, que implica la medición de la cantidad de hidróxido de sodio requerida para neutralizar los grupos ácidos presentes. La medición precisa del pH se realiza potenciométricamente mediante un "pH-metro". Estos dispositivos se ajustan utilizando soluciones buffer de pH conocido, típicamente una solución de pH 7 para la región neutral y otra de pH 4 para la región ácida. También es factible medir el pH empleando tiras o papeles indicadores impregnados en soluciones coloreadas que cambian su tonalidad conforme al pH. Sin embargo, estos resultados son menos exactos. (Botero y Preston, 1987; Vera y Cepis, 1996).

2.15.7 Fermentador

a) Condiciones de fermentador

Las condiciones varían según el tipo de microorganismo empleado, el producto deseado y el proceso específico en marcha. Algunos de los parámetros clave que deben considerarse son: Temperatura, pH, concentración de oxígeno, agitación, entre otros (Botero y Preston, 1987; Vera y Cepis, 1996).

b) Temperatura

La temperatura es un factor crucial que afecta la velocidad de crecimiento y actividad metabólica de los microorganismos en la fermentación. Cada tipo de microorganismo tiene una temperatura óptima para su crecimiento y producción de metabolitos específicos. Para mantener una temperatura constante y precisa en el fermentador, se emplea un sistema de calefacción y enfriamiento controlado (Botero y Preston, 1987; Vera y Cepis, 1996).

c) Humedad

La humedad es un aspecto relevante en el fermentador, especialmente en fermentaciones sólidas o semisólidas. Es fundamental para proporcionar un ambiente propicio para el crecimiento y actividad de los microorganismos. En

el caso de fermentaciones sólidas, como la de residuos agrícolas o alimenticios, la humedad adecuada asegura el acceso de los microorganismos a los sustratos y nutrientes del medio. Una humedad baja puede limitar el crecimiento microbiano y afectar la producción de productos deseados, mientras que un exceso de humedad puede dificultar la oxigenación y generar productos indeseables.

En fermentaciones líquidas, el control de la humedad puede lograrse mediante el equilibrio de nutrientes y diluciones, por lo que su relevancia puede ser diferente (Botero y Preston, 1987; Vera y Cepis, 1996).

d) Agitación

La agitación adecuada evita la formación de zonas muertas en el fermentador, donde la concentración de oxígeno puede ser limitada y afectar negativamente el crecimiento y la actividad microbiana. También contribuye a una distribución uniforme de los microorganismos y evita la sedimentación de partículas sólidas en el fondo del fermentador (Botero y Preston, 1987; Vera y Cepis, 1996).

2.16 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Investigación realizado por Xiao et al. (2018) denominado "Proceso de conversión eficiente de estiércol de pollo en alimento proteico y fertilizante orgánico por larvas y bacterias funcionales de *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae)", donde establecieron un proceso eficiente de conversión de estiércol por mosca soldado negra y bacterias, obteniendo como resultados que el proceso de conversión podría acortar el tiempo de procesamiento del estiércol de pollo en comparación con el proceso de compostaje tradicional. Las bacterias intestinales podrían mejorar la conversión y la reducción del estiércol. Estableciendo un proceso eficiente de conversión de estiércol por mosca soldado negra y bacterias y cosechando una masa de larvas de alto valor agregado y biofertilizante.

Investigación realizado por Rehman et al. (2017) realizo un trabajo de investigación que lleva por título "Descomposición de celulosa y producción de biomasa larvaria a partir de la digestión de estiércol de lechería y estiércol de pollo (*Hermetia illucens* L.)", En este artículo se encontró que el proceso de digestión mejoró significativamente la producción de larvas, la reducción de la masa de desechos, la tasa de conversión de larvas, la tasa de conversión alimenticia, la reducción de nutrientes y la utilización de fibras. Mientras que el 40% de estiércol de leche y el 60% de estiércol de pollo muestran mejores resultados que otras mezclas de estiércol y tuvieron un aumento significativo del consumo de celulosa en un 61,19%, el consumo de hemicelulosa en un 53,22% y el consumo de lignina en un 42,23% en comparación con el 49,89%, 49,77% y 31,95 %, respectivamente, en el grupo de estiércol exclusivo para productos lácteos.

Quilliam R. et al. (2020) realizó una investigación titulado "Integración de biofertilizantes de excrementos de insectos en sistemas agroalimentarios periurbanos sostenibles" En general, los biofertilizantes de excrementos BSF funcionaron tan bien como la práctica local de modificar los pozos de siembra, con estiércol de pollo o incorporar fertilizantes al voleo uniforme. Para cultivos comerciales de ciclo corto como la guindilla y las chalotas, Los biofertilizantes de desechos de cervecería se desempeñaron mejor que los biofertilizantes de desechos de aves de corral, particularmente cuando se agregan en combinación con fertilizantes NPK inorgánicos. Para el maíz, el biofertilizante de desecho del mercado verde no mejoró significativamente el rendimiento en aplicaciones de 5 o 10 t / ha, incluso cuando se combinó con fertilizantes

inorgánicos. Sin embargo, la enmienda de biofertilizante de excremento redujo significativamente la pérdida de plantas de caupí debido a la enfermedad del marchitamiento por *Fusarium*. El beneficio de los excrementos como subproducto de la producción de larvas de insectos puede aumentar la rentabilidad de esta floreciente industria en los países en desarrollo.

Mejía Bermúdez et al. (2011) evaluaron la efectividad de las diferentes dosis de un biofertilizante foliar sobre el rendimiento del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en época de postrera, en la comunidad El Canal, Kukra River, Bluefields, en el ciclo productivo 2008- 2009. Se utilizó un diseño completo al azar, cuatro tratamientos con dos repeticiones, cada repetición consto de 63 plantas de frijol (n=126). Los tratamientos fueron: T1 (testigo); T2:0.25 litros de biofertilizante; T3: 0.37 y T4: 0.5 litros. En todos los tratamientos, incluyendo al testigo, se hizo deshierbe y en todos, excepto el testigo, se aplicó el biofertilizante disuelto en 10 litros de agua. Se realizaron tres mediciones (21, 36 y 51 días) después de la siembra. Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en la altura de las plantas, pero si en el porcentaje de afectación por herbívoros, así como en el número de vainas por planta y de granos por vaina. El tratamiento T4 registró el menor ataque por herbívoros, la mayor producción en función del número de vainas por planta, de granos por vaina y peso total de los granos de frijol, en cambio el testigo fue el que registro el menor rendimiento con respecto a todas estas variables. El uso del biofertilizante foliar aumentó el rendimiento del cultivo de frijol en todas las dosis.

Galbiatti et al. (2008) en su trabajo de investigación “Desarrollo de frijol con uso de fertilización mineral y biofertilizante” en condiciones de Brasil, cuyo experimento se llevó a cabo con seis tratamientos al azar distribuidos en cuatro bloques, con parcelas de 8,0 x 5,0 metros. Los tratamientos de experimentación fueron caracterizados como: con y sin biofertilizante y para fertilización mineral se utilizó la dosis recomendada en la plantación, ½ dosis de fertilización y sin fertilización mineral.

Fueron evaluados los parámetros masa de la materia seca acumulada en la parte aérea de la planta, área foliar y productividad del cultivo. Los resultados mostraron similitudes entre las características analizadas, obteniéndose mejor desarrollo el tratamiento que recibió biofertilizante. La masa de materia seca acumulada en las hojas, tallo y peciolo, en la parte aérea, y la zona foliar fueron mayores en los tratamientos que recibieron biofertilizante. La

mejor productividad fue obtenida en los tratamientos que recibieron el efluente de biodigestor a la base de estiércol bovino. La interacción entre el uso de biofertilizante y fertilizante mineral no fue significativa. Los tratamientos utilizando biofertilizante presentaron valores superiores en relación a los que no utilizaron para los cuatro parámetros evaluados, por la prueba de Tukey, al 5%.

Chiam et al. (2021) evaluó el potencial de las larvas de mosca de soldado negro derivadas del okara como enmienda del suelo” dicha investigación se realizó en Singapur. Las larvas de BSF fueron criadas en una dieta pura de okara logrando una reducción del 85% en el peso fresco de los residuos okara. Posteriormente, el frass se mezcló con el suelo en concentraciones de 10, 20 y 30%, se utilizaron para cultivar plantas de lechuga. Con una concentración del 10%, las plantas de lechuga tenían biomásas comparables. Las concentraciones más altas de frass atrofiaron el crecimiento de la lechuga, probablemente debido a la baja proporción de C:N. También se encontró que las larvas pueden proporcionar los nutrientes suficientes para el crecimiento de la lechuga como abono, solo es necesario después del primer ciclo de crecimiento, sugiriendo su idoneidad como enmienda del suelo. Se encontró que las larvas de mosca soldado negro eran altamente eficientes en bioconversión de okara (residuo de cuajada de soja) a frass logrando una reducción del 85%. Los nutrientes presentes en el frass fueron suficientes para apoyar el crecimiento de la lechuga y la aplicación de fertilizantes se requiere solo después del primer ciclo de crecimiento. El cultivo con 10% frass en el suelo de las plantas de lechuga producidas con una biomasa similar a la de los controles fue la concentración óptima para el cultivo de lechuga. A concentraciones más altas de 20% y 30% de frass, el crecimiento de lechuga se atrofia, probablemente causada por la rápida mineralización del frass en larvarios de BSF.

Lemes et al. (2016) realizó una investigación de un biofertilizante en la calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa L.*). El experimento se llevó a cabo en un invernadero con una cubierta de plástico transparente, el biofertilizante utilizado en este experimento se originó de estiércol de vaca después de ser fermentado en biodigestor. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con seis dosis de biofertilizante (0, 25, 50, 100, 200 y 400 m³ ha⁻¹) y cinco repeticiones por un total de 30 unidades experimentales. La aplicación se fraccionó en tres partes para evitar el remojo de las muestras de suelo con altas dosis de fertilizantes. Los valores de nutrientes aspirados en los brotes fueron probados para la normalidad de errores y homogeneidad de variaciones. Se realizaron análisis estadísticos, utilizaron ANOVA y Duncan, estas pruebas para múltiples comparaciones de promedios en un

nivel de significación del 5%. Se realizaron cortes, en promedio, cada 27 días, 10 cm por encima del suelo cuando el 10% de las plantas florecieron. La biofertilización tuvo una impresión significativo positivo en el nitrógeno foliar, potasio, calcio, concentraciones de magnesio, azufre y hierro en rama. La biofertilización dio efecto en resultados positivos en la composición nutricional de la alfalfa.

De Souza et al. (2019) realizó una investigación titulada “Agua salina y biofertilizante a partir de estiércol bovino y caprino en el cultivo de frijol de Lima” en la ciudad de Ceara; El diseño experimental fue un tratamiento completamente aleatorizado en un arreglo factorial de 5x3, con cinco réplicas. Los tratamientos fueron compuestos por cinco niveles de conductividad eléctrica del agua de riego 0.5; 1.5; 2.5; 3.5 y 4.5 dS m⁻¹, utilizó recipientes sin y con biofertilizante bovino y caprino. Se analizaron las siguientes variables: conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, longitud de la raíz, diámetro del tallo, número de hojas, área de la hoja, peso seco de los brotes y las raíces, fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática. El biofertilizante de cabra disminuyó el estrés salino con más eficiencia para las variables de crecimiento y peso seco. Se prepararon biofertilizantes bovinos y caprinos a partir de una mezcla de partes iguales de cada tipo de estiércol fresco y de agua no marina en fermentación anaeróbica durante 30 días, en un recipiente de plástico. Las plantas fertilizadas con biofertilizante bovino tienen valores más altos de tasa fotosintética, tasa de transpiración y conductancia estomática que las plantas con estiércol de cabra. El biofertilizante de estiércol de cabra promovió un mayor crecimiento biométrico y producción de biomasa de frijol lima que el biofertilizante de estiércol bovino. El biofertilizante de estiércol bovino fue más eficiente en fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática que el estiércol de cabra. Ambos biofertilizantes atenúan la salinidad del suelo inducida por la salinidad de las aguas de riego en relación con un suelo sin insumos orgánicos; sin embargo, hubo continuidad de los efectos de crecimiento en la fisiología vegetales.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES DE CAMPO

3.1.1 Localización del trabajo

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Católica de Santa María, Fundo la Banda Huasacache, ubicado en el distrito de Hunter, provincia y departamento de Arequipa, con una altitud de 2450 m.s.n.m.

Figura 1. Ubicación del campo experimental.



(Fuente: google earth)

3.1.2 Ubicación geográfica

- a) Latitud Sur: $16^{\circ}27'28.91''$
- b) Longitud Oeste: $71^{\circ}34'0.70''$
- c) Altitud: 2204 m.s.n.m.

3.1.3 Materiales biológicos

□ Frijol Canario

3.1.4 Material de laboratorio

- Bolsas de papel
- Etiquetas

- Agua desionizada
- Materiales de vidrio
- Contenedores □ Probeta de 100 ml y 200 ml.

3.1.5 MATERIALES DE CAMPO

- 48 maceteros de 8 kilos
- Microtubos de riego presurizado
- 1 termómetro de máxima y mínima
 - 48 letreros
- 1 cuaderno de campo
 - 1 lapicero
- 1 probeta de 250 ml
- 1 balde de 20 litros
- Fumigadoras de 5L TRUPER 10836.

3.1.6 PRODUCTOS DE CAMPO

- BENZOMIL® 500 (Desinfección de semilla)
- Biol
- Adherente □ Fertrilon- Combi 1 □ Delttox 2.5 EC.

3.1.7 EQUIPOS DE LABORATORIO

- pHmetro Hanna- HI98103
- Conductivímetro Horiba LAQUAtwin B-771 □ Clorofilómetro SPAD 502 PLUS.
- Densímetro
- Estufa Selecta
- Balanza de precisión

3.1.8 EQUIPO DE CAMPO

- Un biodigestor INNOVERGY comprendido por 3 tanques.

3.1.9 OTROS MATERIALES

- Envases de plástico
- Laptop
- 2 coladores
- Raphia
- 48 tutores de madera
- Tijeras
- Plumón
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Muestreo

El muestreo se realizó bajo invernadero en un área de 54.81 m², en el cual se estableció el biodigestor y el cultivo de frijol.

Tamaño de muestra

El tamaño de muestra estuvo definido por las unidades experimentales de cada tratamiento, constituido por dos macetas de 8 kilos y 10 plantas respectivamente. Se tuvo una combinación de 6 tratamientos, totalizando 24 unidades experimentales y con las siguientes dimensiones globales.

- Largo del invernadero: 8.70 m
- Ancho del invernadero: 6.30 m
- Área total: 54.81 m²

Procedimiento de muestreo

El cultivo de frijol se instaló en dos 2 camas bajo condiciones de invernadero y el procedimiento de muestreo se realizó según la etapa fenológica de las plantas en cada unidad experimental, como también del proceso de digestión del biofertilizante.

3.2.2 Recopilación de la información

a) En el campo

El biodigestor y sus tres tanques fue trasladado de la Universidad católica Santa María a el invernadero en Huasacache-Arequipa para elaboración del biol y su utilización de acuerdo con las dosis por tratamiento en el cultivo de frijol. En dicho equipo se recopilo la información tanto de pH, CE, T°. También en campo se recopilo informaciones biométricas del frijol

a) En la Biblioteca

Para la presente investigación se utilizó informaciones bibliográficas como: artículos científicos, libros, trabajos de investigación, formato de documento portátil, entre otros.

3.3 COMPONENTES DE ESTUDIO

3.3.1 Variables dependientes

Características biométricas del frijol variedad Canario

3.3.2 Variables independientes

Factor dosis suelo(S): Aplicación de biofertilizante al suelo.

Factor dosis foliar(F): Aplicación de biofertilizante al follaje.

3.4 EVALUACION ESTADISTICA

3.4.1 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Factorial 3x2 con 6 tratamientos o combinaciones y 4 repeticiones por tratamiento, totalizando 24 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente. Para la significancia se utilizó la Prueba Tukey ($p= 0.05$).

Se evaluó el efecto de la aplicación foliar de tres dosis de biofertilizante (F) a dosis de 0%; 5%; 10% y dos dosis de aplicación al suelo (S) de 0% y 10%.

Factor dosis foliar (F)

F1=Sin aplicación foliar de biofertilizante, (0%)

F2=Con aplicación foliar de biofertilizante, dosis 5%

F3=Con aplicación foliar de biofertilizante, dosis 10%

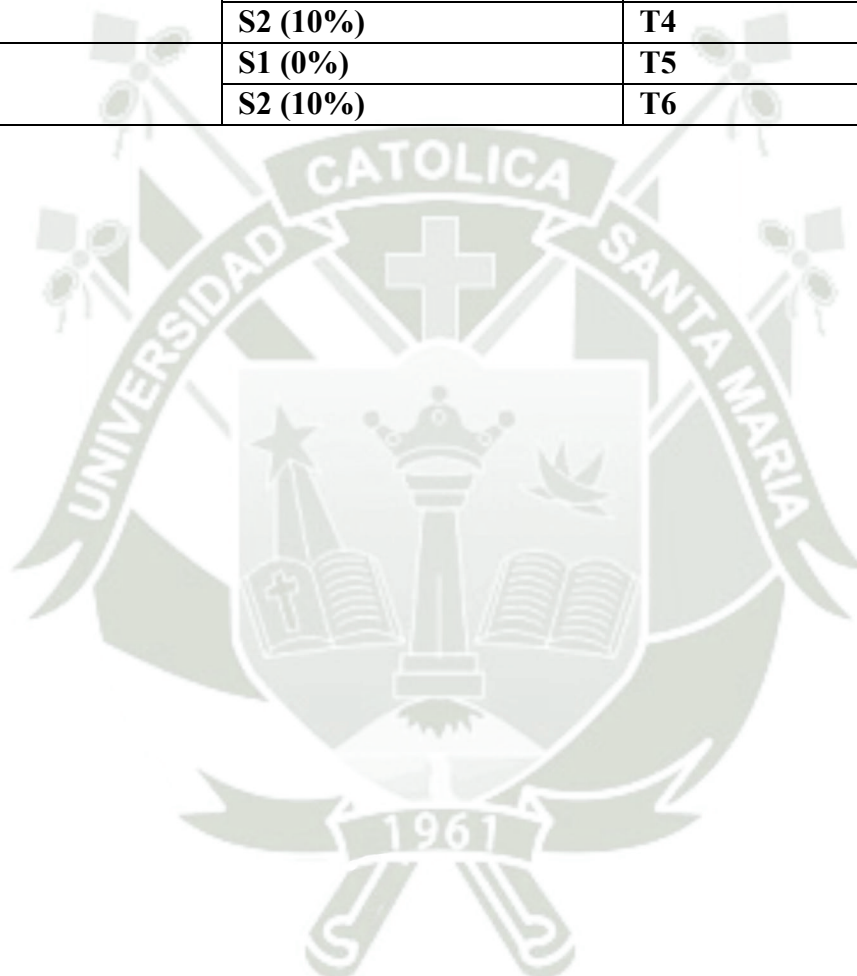
Factor dosis suelo (S)

S1=Sin aplicación de biofertilizante al suelo (0%)

S2= Con aplicación de biofertilizante al suelo, dosis 10%

Tabla 2. Descripción de factores y niveles de la investigación.

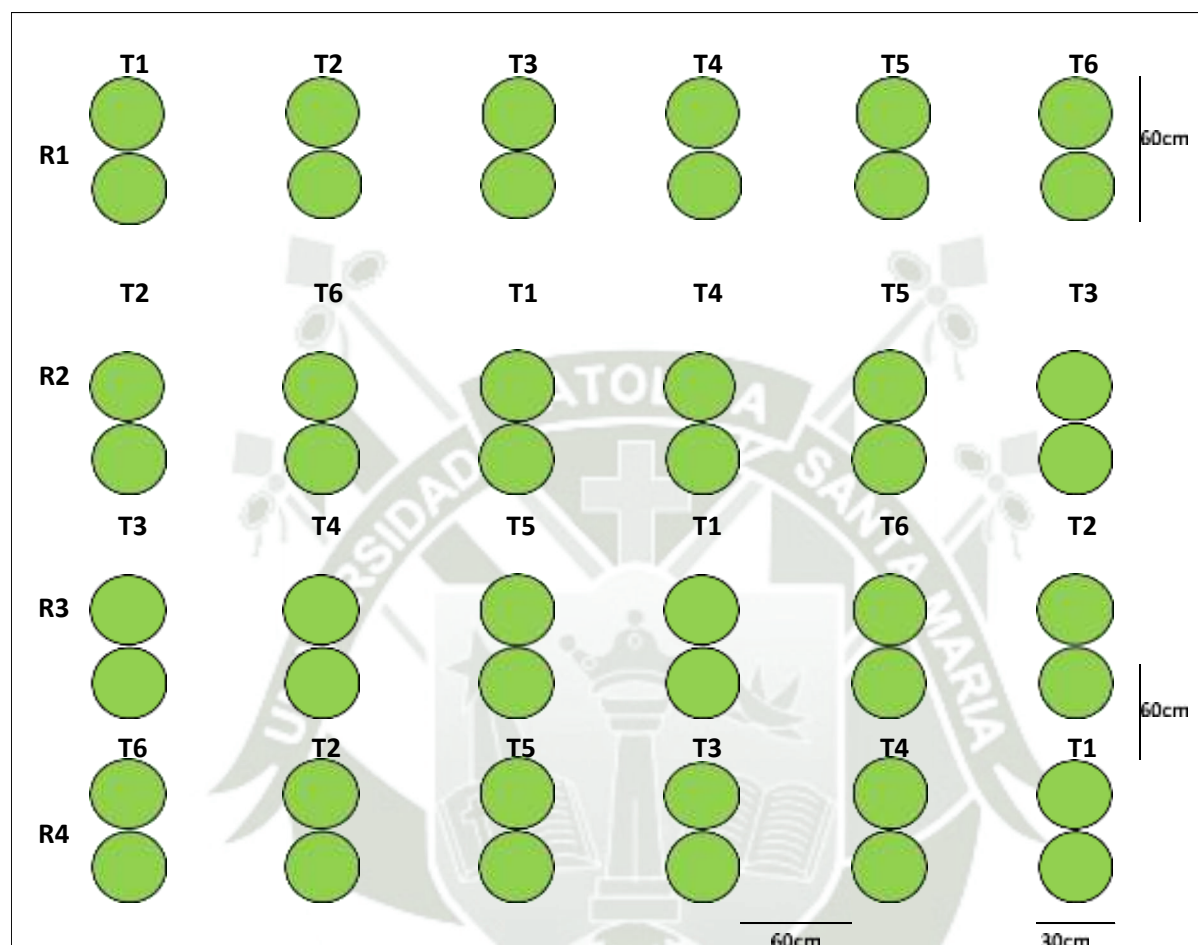
Factor dosis foliar (F)	Factor dosis suelo (S)	Tratamientos
F1 (0%)	S1 (0%)	T1
	S2 (10%)	T2
F2 (5%)	S1 (0%)	T3
	S2 (10%)	T4
F3 (10%)	S1 (0%)	T5
	S2 (10%)	T6



3.5 CROQUIS EXPERIMENTAL

Se detalla a continuación:

Figura 2. Distribución de tratamientos y unidades experimentales



3.6. METODOLOGÍA

3.6.1 Metodología de la instalación del cultivo de frijol

a) Limpieza de invernadero

Se realizó la limpieza de las dos camas que están acondicionados en el invernadero de Huasacache con un área de 54.81m², de material noble y vidrio.

Fotografía 1. Limpieza de camas en el invernadero.



b) Preparación de sustrato e instalación de macetas

Se realizó el lavado de la piedra pómez con agua potable para eliminar posibles sales existentes, así mismo se procedió a zarandear la tierra de chacra para eliminar presencia de agregados compactos.

Para el llenado del sustrato en las macetas previamente, se realizó el análisis de conductividad eléctrica de la piedra pómez, para ello se tomó 20gr de piedra pómez y se mezcló con 40 ml de agua destilada en un agitador durante 30 minutos. Se filtró la mezcla con ayuda de una bomba de vacío y se tomó la conductividad eléctrica.

La mezcla del sustrato para los maceteros consistió en una proporción igual de compost, piedra pómez y tierra de chacra.

Finalmente se realizó el llenado de las macetas con el sustrato preparado y se hizo un riego pesado con ayuda de una manguera.

Fotografía 2. Lavado de piedra pómez (A), Zarandeo de tierra (B), Preparación del sustrato (C).



c) Instalación de Sistema de riego

Se instaló el sistema de riego por goteo y microaspersión con un programador automático Grifo autónomo a pilas Rain Bird 1ZEHTMR para automatizar el riego. La programación para el sistema fue de 3 minutos turno mañana y turno noche.

Fotografía 3. Detalle del riego por goteo (A), detalle del riego por nebulización (B).



d) Desinfección y siembra semilla

Para la desinfección de semillas de frijol se utilizó el producto de Benomil 500. Luego de la desinfección se realizó la siembra a una profundidad de 5cm. En cada maceta se sembró 5 semillas con una distribución equidistante. La siembra se realizó el 21 de noviembre de 2022.

Fotografía 4. Desinfección de semillas y siembra.



e) Caudal de descarga de emisores

Se prendió el sistema de riego por tres minutos para poder calcular cuántos mililitros de agua gotea utilizando una probeta, al terminar el tiempo indicado se obtuvo un volumen de 200ml en tres minutos por maceta por día que fue programado. De acuerdo con esto se realizó dos riegos, en la mañana y en la tarde.

Fotografía 5. Registro del caudal del emisor en tres minutos.



f) Germinación de semillas y crecimiento de frijol

La germinación de semillas se registró a partir del 3 de diciembre del 2022 con un tiempo de 13 días desde la siembra. Luego de ello se efectuó el manejo respectivo para el adecuado crecimiento de las plantas hasta iniciar la aplicación de tratamientos, el cual correspondió 29 de diciembre del 2022.

Fotografía 6. Germinación de semilla de frijol.



3.6.2 Implementación del biodigestor

Se implementó un biodigestor metálico con tres tanques de 22 litros cada uno para el proceso de biodigestión y un tanque adición de agua para suministro de temperatura. Para ello se acoplaron los siguientes elementos:

- Acople de un sistema de rotación con su motor
- Acople de material planchado de 3 mm de Inox SAE 304
- Transferencia de calor por el tránsito de flujo de agua
- Resistencia eléctrica para elevarla temperatura del agua
- Acople del aislamiento térmico

- Cavidades de posicionamiento de los sensores e indicadores de variables a estudiar □ Bomba de agua para el circulamiento de agua en el panel.
- Depósito de agua.

Accesorios y actuadores:

- Residencia eléctrica
- Aislamiento térmico (aislante)
- Depósito de agua
- Bomba de agua sumergible
- Planchas y manufactura de plancha de aluminio de 3 mm

Fotografía 7. Sistema completo del biodigestor (A), Control de motores para la agitación (B), Tablero de control general (C), Tanque de agua (D), Sensor de Temperatura (E), Bomba de agua(F).



Elaboración del biol

Para preparar el biol se mezcló 10.8 kg de mosca soldado negro frass, 563.3 gr de roca fosfórica,

866 ml de suero de leche, 433.3 g de melaza, 39 litros de agua regadío proveniente de canal Sachaca esto con la finalidad de no utilizar agua potable el cual contiene cloro, poco favorable para las bacterias. Después de haber pesado con una balanza los materiales para la elaboración de biol se agregaron los ingredientes en un recipiente y se empezó a homogenizar la mezcla con ayuda de una vara de 1.4 metros, finalmente se agregó a los tres tanques del biodigestor. En cada deposito se dejó un espacio correspondiente a su 20 % de su volumen para favorecer la fermentación.

Las condiciones de operación del biodigestor fueron las siguientes:

Se reguló a una temperatura de 25°C y los agitadores en 5 RPM.

Este procedimiento duro 30 días.

Fotografía 8. Homogenización del preparado de biol (A), llenado de biol en los tanques (B).



Dosis de aplicación

Se presenta en las siguientes tablas las dosis para cada aplicación.

Tabla 3. Dosis de biofertilizante vía foliar.

Dosis foliar	Tratamiento	Biol (ml)	Agua (L)
--------------	-------------	-----------	----------

5%	T3 y T4	25	0.5
10%	T5 y T6	50	0.5

Tabla 4. Dosis del biofertilizante vía suelo.

Dosis suelo	Tratamiento	Biol (ml)	Agua (L)
10%	T2, T4 y T6	1200	12

Para las dosis foliares de 5% y 10% se agregó 0.5 ml de adherente para cada uno de los tratamientos correspondientes. El tratamiento 1 fue testigo del trabajo, no se aplicó ninguna dosis de biol durante el proceso de biodigestión.

Formas de aplicación del biol

Aplicación vía foliar: se asperjó el biol diluido sobre la parte aérea de la planta según las dosis planteadas con la ayuda de fumigadoras en las primeras horas de la mañana para evitar la evaporación del líquido.

Fotografía 9. Aplicación de biol vía foliar.



Aplicación vía suelo: Se aplicó el biol diluido según la dosis planteada al suelo en forma localizada (cerca a la raíz) como la cantidad de volumen era alta, la dosificación se homogenizó

en un balde de 15 litros y con la ayuda de una jarra pequeña se aplicó medio litro de biol diluido para cada maceta de los tratamientos correspondientes.

Fotografía 10. Aplicación de biol vía suelo.



Número y frecuencia de aplicaciones

Vía foliar y suelo: Se realizó 6 aplicaciones totales durante todo el proceso, la primera aplicación fue después de un mes de la siembra y se prosiguió hasta concluir las 5 aplicaciones restantes. La frecuencia de aplicación fue cada 15 días.

3.6.3 Cosecha

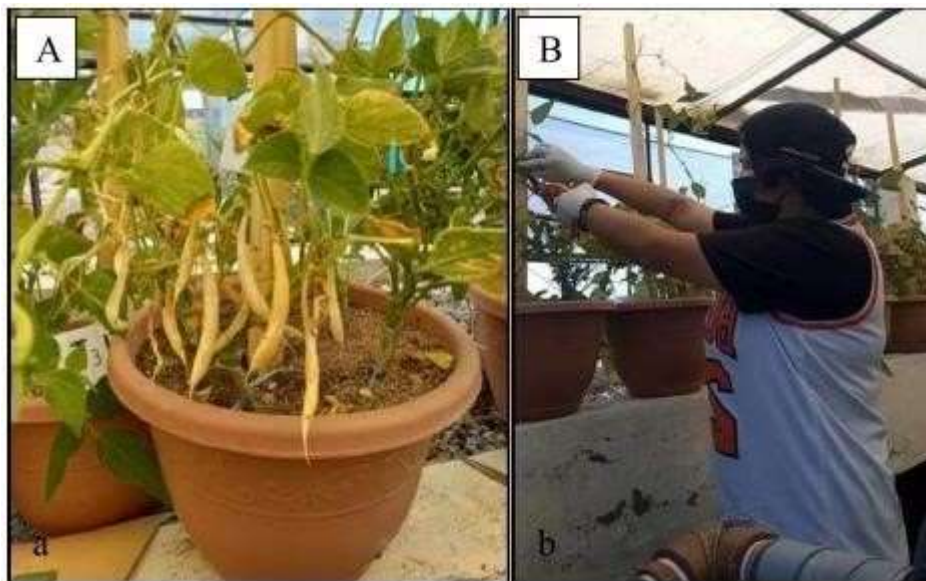
Se realizó la cosecha cuando las vainas estaban maduras y listas para ser recolectadas estos indicadores se determinó en el momento que hubo cambio de color en la vainas y aumento del grosor debido al desarrollo de las semillas.

Se utilizó tijera de podar y se procedió el corte en las primeras horas de la mañana para evitar la deshidratación de las vainas. Posterior se colocó en bolsas de papel separado por tratamientos.

Posterior a la cosecha de vainas, se procedió a sacar una planta entera (raíz, tallo y hojas) de cada unidad experimental por tratamientos para realizar las evaluaciones de materia fresca y materia seca.

Finalmente, las vainas, raíz, tallo y hojas fueron trasladados distribuidas por tratamientos a Laboratorio Fundo de Huasacache-Arequipa. El material utilizado para el traslado de la cosecha al laboratorio fue en bolsas de papel.

Fotografía 11. Vainas maduras en unidad experimental (A), Proceso de recolección (B)



3.7 EVALUACIONES

Caracterización física del residuo orgánico (Frass):

La caracterización física del residuo orgánico consistió en determinar el porcentaje de humedad, porcentaje de impurezas como restos de vegetales, otros y densidad aparente.

Fotografía 12. Residuo orgánico de mosca soldado (frass).



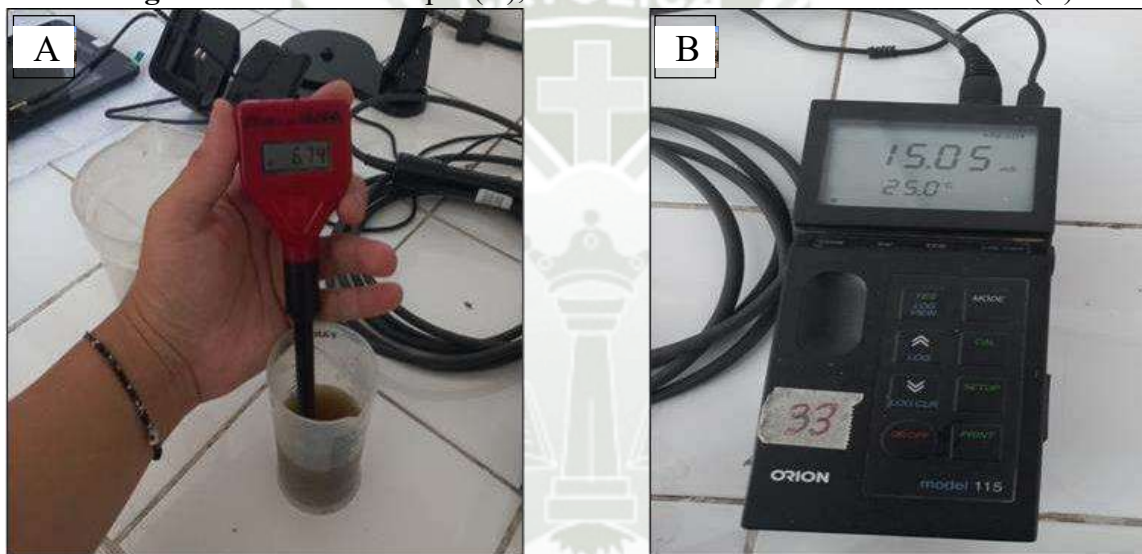
Caracterización química del residuo orgánico (Frass):

Se determinó el pH del residuo, conductividad eléctrica, % de materia orgánica, carbonato de calcio %, cenizas totales, relación C/N; % de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, S, Na, Cl. Contenido de micronutrientes como el Cu, Zn, Mn, Fe. B. Esta determinación fue realizada en el Laboratorio de Química Agrícola de Valle Grande (PROSIP de Cañete).

Evaluaciones del pH y CE del Biofertilizante durante el proceso de digestión:

Evaluación que se realizó 2 veces por semana desde el inicio del procesamiento hasta el final utilizando el pHmetro Hanna- HI98103 y conductivímetro Horiba LAQUAtwin B-771. Se tomó muestras del tanque para ser llevadas en una probeta para el laboratorio del Fundo de Huasacache-Arequipa.

Fotografía 13. Control de pH (A), Control de conductividad eléctrica CE (B).



Análisis químico nutricional y de metales pesados del biofertilizante:

Evaluación que se realizó sacando una muestra de 1 litro de biofertilizante para determinar el pH, CE, % de materia orgánica, %carbonato de calcio, % de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, S, Na, Cl; Contenido de micronutrientes como el Cu, Zn, Mn, Fe. B; metales pesados como el Plomo y Cadmio. La determinación nutricional fue realizada en el Laboratorio de Química Agrícola de Valle Grande (PROSIP de cañete) y los metales pesados en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

Análisis microbiológico:

El tamaño de muestra fue 200 ml para determinar la enumeración de coliformes totales; Coliformes fecales; Staphylococcus aureus; Salmonella Sp. Esta evaluación se realizó en Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

Fotografía 14. Muestra del biofertilizante para análisis microbiológico.



Presentación física del biofertilizante:

Se procedió tomando una muestra del biofertilizante con un tamaño de muestra de 200 ml para evaluar su aspecto de presentación expresado en términos de color(visual), olor (olfato); densidad líquida(peso/volumen). Se realizó en Laboratorio de Ensayo y control de Calidad en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

Fotografía 15. Muestra del biofertilizante para análisis de presentación física.



Análisis de Fertilidad de Sustrato empleado para contenedores del frijol:

Se realizó este análisis tomando una muestra de sustrato con el peso de 5 kilos para determinar el contenido de macro y micronutrientes; pH; CE; siendo realizada en el Laboratorio de Química Agrícola de Valle Grande (PROSIP de cañete).

Análisis químico del Agua:

Este análisis fue determinado con una muestra de un litro de aguade regadío proveniente de canal Sachaca para obtener los parámetros de calidad de agua de riego como el pH, CE, RAS, presencia de sales.

Humedad y temperatura Ambiental:

Se registro 3 veces a la semana las temperaturas y humedad ambiental, bajo condiciones de invernadero desde que inicio la siembra del frijol hasta la respectiva cosecha. Utilizando un termómetro de máxima y mínima Termohigrómetro Boeco Germany.

Fotografía 16. Registro de temperatura.



Contenido foliar de nutrientes del frijol

En la etapa de maduración se realizó la recolección de 80 hojas por tratamiento, para determinar el contenido de macronutrientes siendo realizada en el Laboratorio de Química Agrícola de Valle Grande. Se utilizó tijeras de podar para esta evaluación (PROSIP de Cañete).

Fotografía 17. Corte de hojas por tratamiento (A), Recolección de 80 hojas por tratamiento (B).

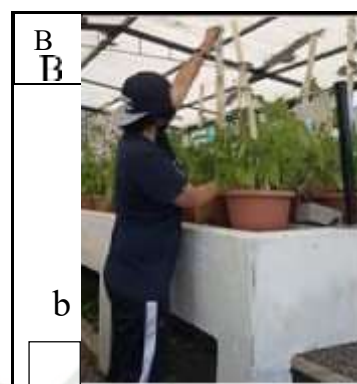


Altura de planta

Se procedió a medir la longitud de las plantas esta evaluación se realizó cada 15 días después de la siembra de semilla de frijol, inicialmente se hizo esta evaluación con una regla de 30 cm y posterior con una cinta métrica. Se consideró 6 tomas de datos durante toda la investigación.



Fotografía 18. Evaluación de altura de planta con regla (A), Evaluación de altura de planta con cinta métrica (B).



Peso materia seca por Planta de frijol

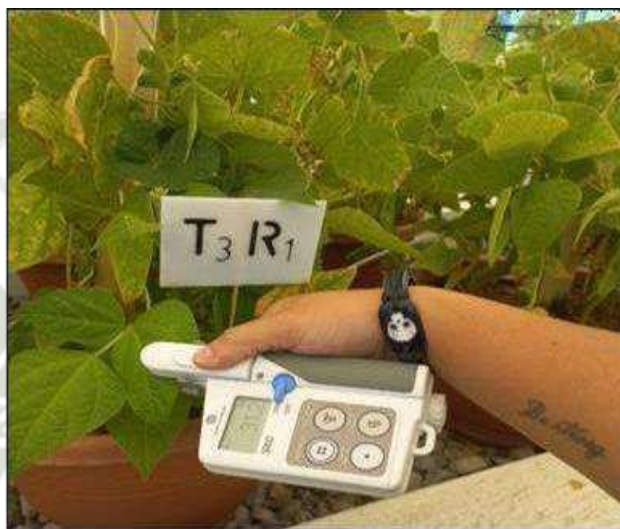
En la etapa de cosecha de frijol se efectuó esta evaluación y se determinó por separado el peso fresco y seco de raíz y follaje. Para el peso fresco se utilizó una balanza de precisión BH serie 600, los valores obtenidos de cada planta se expresan en gramos/planta. Luego de ser pesados para obtener el peso seco se llevó a una estufa- Selecta durante 48 horas a una temperatura de 65°C. Los pesos se realizaron en el Laboratorio Fundo de Huasacache-Arequipa.

Fotografía 19. Evaluación de peso fresco de la raíz (A), Evaluación de peso fresco parte aérea (B).



Intensidad fotosintética

Esta medición fue determinada después de los 33 días de la siembra y luego cada 15 días, el equipo utilizado fue un clorofilómetro SPAD 502 PLUS. Se realizó 6 toma de datos durante toda la investigación.



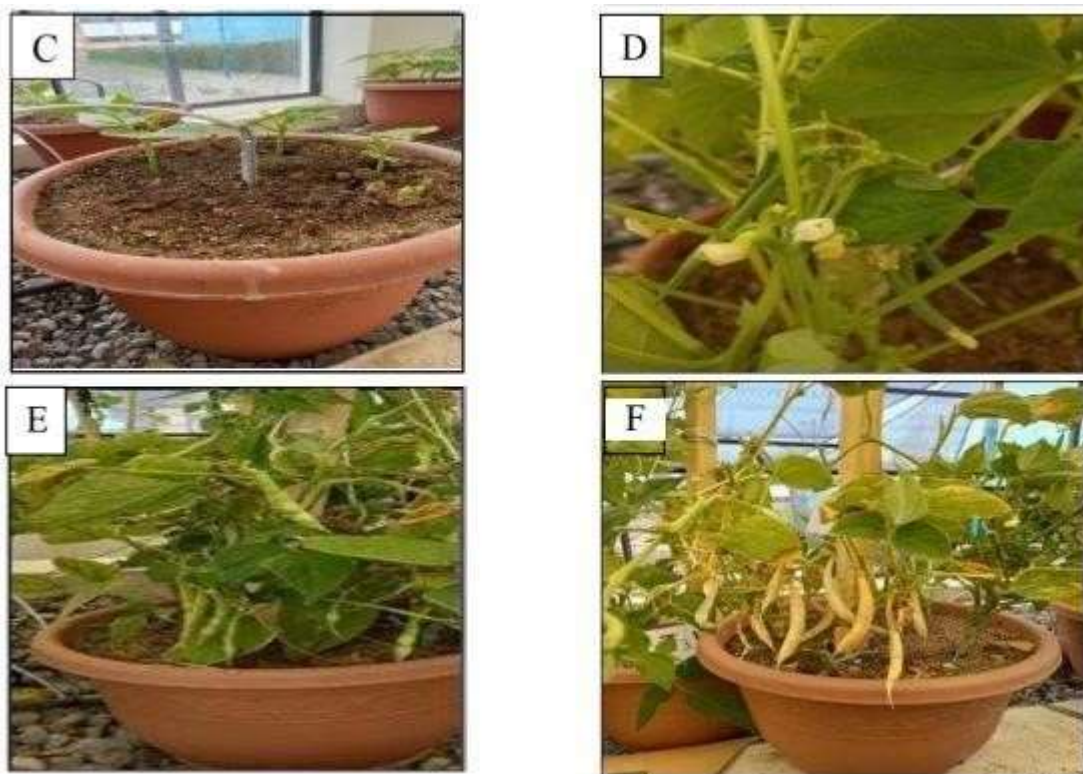
Fotografía 20. Evaluación de intensidad fotosintética.

Fenología del cultivo:

Mediante observaciones se registró las etapas fenológicas del frijol desde el momento de la siembra hasta la cosecha. Se utilizó un cuaderno de campo y una cámara.

Fotografía 21. Fenología del cultivo (Siembra (A), Germinación (B), Emergencia hojas primarias (C), Floración (D), Llenado devainas (E), Maduración (F)).





Número y peso de vainas por tratamiento

Se contó el número de vainas y peso por cada planta en las unidades experimentales luego de ser cosechadas. El equipo utilizado fue de una balanza de precisión BH serie 600, esta evaluación se realizó en Laboratorio Fundo de Huasacache-Arequipa.

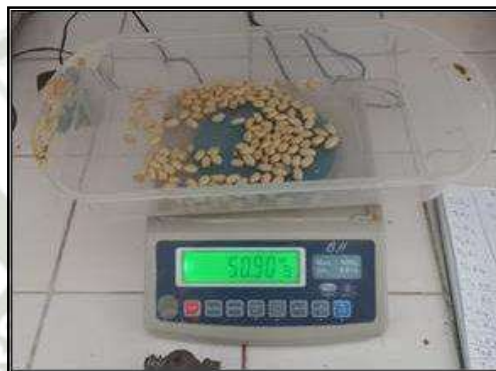
Fotografía 22. Evaluación de número y peso de vainas



Peso 100 semillas

Para esta evaluación se tomó de cada unidad experimental en la etapa de cosecha 25 semillas de frijol siendo pesadas para luego transformarlas al peso de 100 semillas. El equipo utilizado es una balanza de precisión BH serie 600. Esta evaluación se realizó en el Laboratorio del Fundo de Huasacache-Arequipa.

Fotografía 23. Evaluación de peso de 100 semillas.



Rendimiento de grano seco Kg/ha

Los datos tomados para este análisis se realizaron en la etapa de cosecha para determinar el rendimiento de granos secos por planta de cada unidad experimental y siendo llevadas kilos por hectárea.

Labores realizadas desde el inicio de siembra Síntomas visuales de toxicidad

Desde que se inició la siembra de frijol, cada semana se revisaba todas las unidades experimentales para detectar si estaba siendo atacado por alguna enfermedad o plaga o presentaba anomalías hacia el cultivo.

Se realizó fumigación para todos los tratamientos, se aplicó 5ml de Deltax 2.5 EC, 1.5 ml de Vigorfol (adherente) en 5 litros de agua. En esta labor se utilizó un fungicida y se aplicó solo una vez.

También se aplicó 5 g de Fertrilon Combi 1, 1.5 ml de Vigorfol (adherente) en 5 litros de agua. El material utilizado consta de un fungicida, se aplicó solo una vez. La aplicación se realizó a primeras horas de la mañana.

Fotografía 24. Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) en la hoja(A), Anomalías (B).



Riego pesado

Esta labor se realizó con el fin de eliminar las sales que quedan en el sustrato, la frecuencia fue quincenal desde que se inició la siembra del cultivo de frijol. Se utilizó una manguera de 6 metros. Se apagó el sistema de riego automático por dos días para evitar la asfixia de las raíces.

Fotografía 25. Riego pesado a todas las macetas.



Instalación de tutores

Se realizó esta labor para que permita que la planta del frijol se mantenga en forma vertical y su crecimiento sea hacia arriba de forma erguida.

Fotografía 26. Instalación de tutores en el cultivo de frijol.



CAPITULO IV

4. Resultados

4.1 Caracterización física y química del residuo orgánico (Frass).

Como se puede apreciar en el Cuadro 1, el residuo orgánico frass presenta una concentración de 90.5 % y con una densidad aparente de 0.2 g/cc, siendo muy baja. **Cuadro 1.** Características físicas de residuo orgánico frass.

EVALUACIONES	RESULTADO
Contenido de humedad %	58.9
Impurezas %	9.2
Densidad aparente g/cc	0.2
Presentación física	suelta
Larvas %	0.3
Frass limpio %	90.5

Cuadro 2. Características químicas del residuo orgánico frass.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Ph a T= 19.6°C (E.S)		6.80
Conductividad Electrica a 25°C (E.S)	dS/m	15.46
Carbonato de Calcio	%	0.05
Humedad	%	75.73
Materia Organica	%	20.47
Carbono Organico	%	11.87
Cenizas totales	%	2.49
Impurezas	%	0.27
Nitrogeno total	%	0.60
Fosforo Total	%	0.64
Potasio Total	%	0.54
Calcio Total	%	0.11
Magnesio Total	%	0.21
Azufre Total	%	0.03
Sodio Total	%	0.03
Cloro total	%	0.09
Cobre total	ppm	3.79
Zinc Total	ppm	27.54
Manganeso Total	ppm	20.25
Hierro Total	ppm	48.00
Boro Total	ppm	23.27
C/N		19.79

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande.

En el Cuadro 2 se puede observar un alto valor de conductividad eléctrica del residuo orgánico 15.46 dS/m; así mismo un valor de 20.47% de materia orgánica. El residuo Frass evaluado presenta valores bajos de calcio, magnesio y azufre, la relación carbono nitrógeno un valor de 19.79 En el Anexo 1, se observar el informe de análisis de enmienda orgánica solida (frass)de *Hermetia illucens*

4.2 Evaluación de pH, conductividad eléctrica y temperatura del biofertilizante durante el proceso.

Cuadro 3. Registros de la evaluación de pH, ce y temperatura durante el proceso de digestión del biofertilizante.

DIA	pH	CE ms	T°
1	7,33	2,32	22
7	5,28	15,77	23
14	5,08	15,09	22
18	6,24	9,59	25
20	5,08	15,09	31
28	5,2	14,94	28
33	5,1	17,39	27
37	5,16	16,18	25
41	5,3	13,85	24
45	5,28	15,55	22
49	5,5	14,75	20
52	5,98	14,48	23
56	6,7	12,25	21
59	6,56	12,55	28
63	6,56	15,05	26
65	6,61	14,65	29
68	6,24	13,17	25
70	6,77	12,26	27
74	6,37	13,14	26
78	6,21	13,8	29
82	6,33	13,58	28

El pH tuvo una variación de 5.1 hasta 7.3 en tanto que la conductividad eléctrica fluctuó desde 2.32 hasta 17.39. Para el caso de la temperatura durante el proceso las variaciones fueron más estables entre 22 y 31°C. Estos datos se registraron desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de frijol.

El Gráfico 1 y 2, muestra el registro de pH y CE durante la digestión del biofertilizante, desde el día 1 al día 82. El pH comenzó con 7.33 y durante todo el proceso se estabilizó entre 5 y 6. Mientras que

la CE empezó relativamente bajo con 2.32 y durante la digestión se mantuvo entre 9 y 15 ms.

Gráfico 1. Variación de pH, durante el proceso de digestión del biofertilizante.

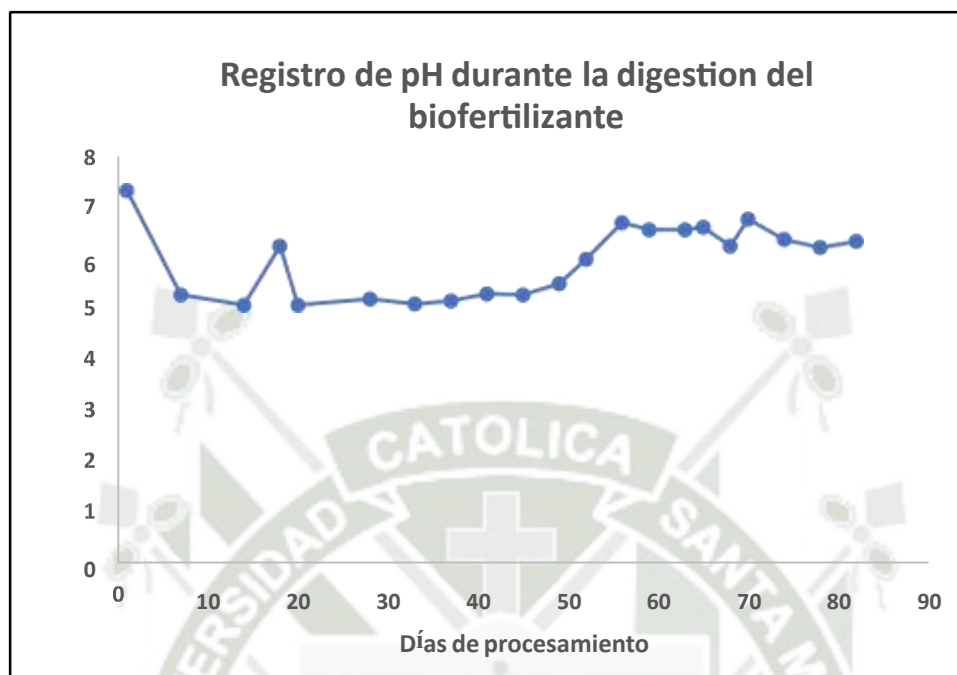
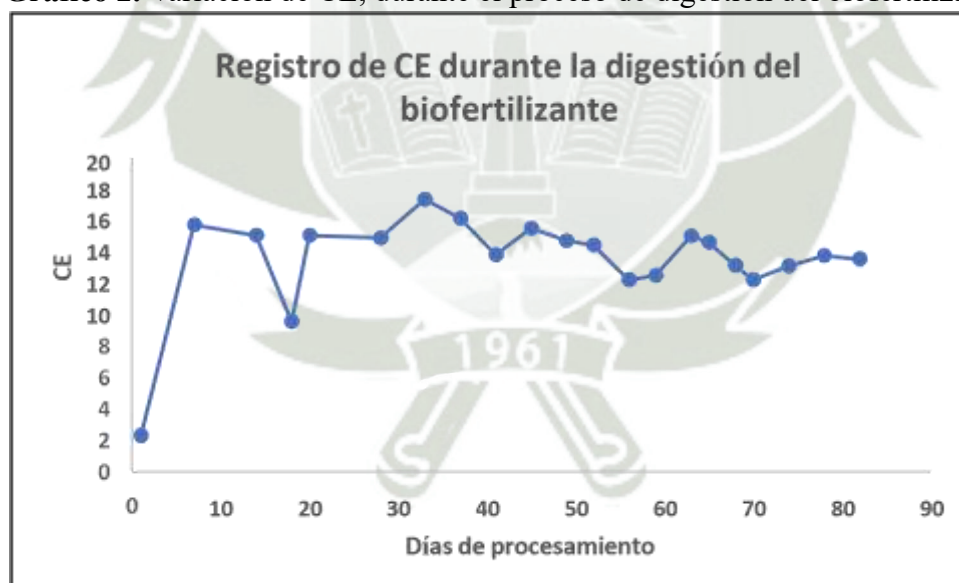
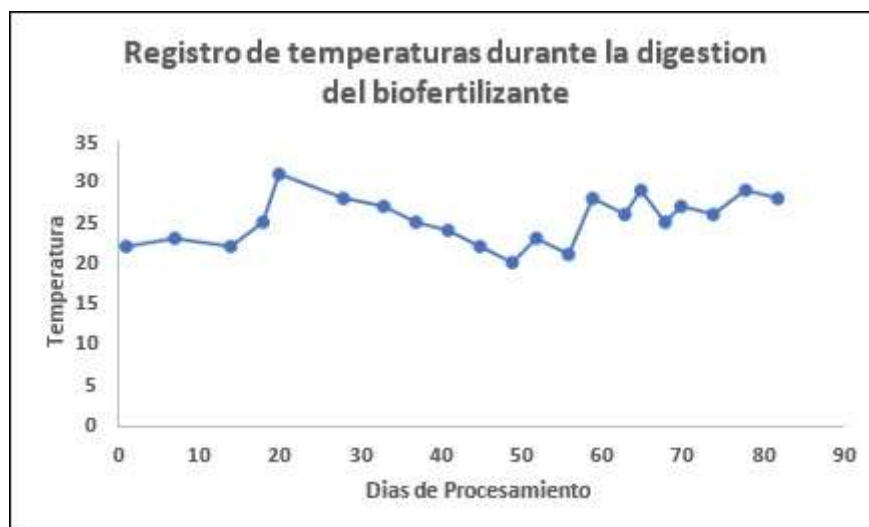


Gráfico 2. Variación de CE, durante el proceso de digestión del biofertilizante.



Se observa en el Gráfico 3 el registro de temperaturas durante la digestión del biofertilizante desde el primer día, presentando variaciones entre 20°C hasta 30°C durante los 82 días de procesamiento, valores que están dentro del rango del proceso de biodigestión de los residuos orgánicos.

Gráfico 3. Variación de T°, durante el proceso de digestión del biofertilizante del 05 De enero al 23 de marzo 2023.



4.3 Análisis físico, químico, nutricional y microbiológico del biofertilizante

En el cuadro 4 se reflejan los resultados del análisis físico del biofertilizante con las siguientes características: color marrón oscuro, olor desagradable y densidad líquida de 1,0 g/ml.

Cuadro 4. Presentación física del biofertilizante.

COLOR	Marrón oscuro
OLOR	desagradable
Densidad Líquida g/ml	1.009

Cuadro 5. Análisis fisicoquímico de metales pesados del biofertilizante.

METALES TOTALES	UNIDAD	RESULTADO S
Ag	mg/L	0
Al	mg/L	25
As	mg/L	0.55

B	mg/L	15.060
Ba	mg/L	0
Be	mg/L	0
Ca	mg/L	533
Cd	mg/L	0.02
Co	mg/L	0.10
Cr	mg/L	0
Cu	mg/L	1
Fe	mg/L	45.37
K	mg/L	9.27
Li	mg/L	5.03
Mg	mg/L	960.30
Mn	mg/L	6.63
Mo	mg/L	0.580
Na	mg/L	637
Ni	mg/L	0.57
P	mg/L	2.69
Pb	mg/L	0.10
Sb	mg/L	0.46
Se	mg/L	0.210
Si	mg/L	241.80
Sn	mg/L	0.48
Sr	mg/L	5.25
ti	mg/L	0
TL	mg/L	0
V	mg/L	0
Zn	mg/L	7.42

El Cuadro 5 presenta la concentración de los metales pesados totales expresados en mg/litro, Se encontró valores que superaron los límites aceptables para los elementos de aluminio, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, litio, níquel, plomo.

Cuadro 6. Análisis químico nutricional del biofertilizante.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH a Temperatura 24.9°C		6.40
Conductividad eléctrica a 25 °C	dS/m	16.55
Densidad a T° 24.9 °C	%	1.02
Sólidos totales	%	2.84
Materia orgánica	%	1.59
Carbono orgánico	%	0.92
Cenizas disueltas (*)	%	0.82
Impurezas	%	0.42
Nitrógeno total	ppm	1157.20
Fósforo total	ppm	1125.90
Potasio total	ppm	4508.39
Calcio total	ppm	268.42
Magnesio total	ppm	375.68
Azufre total	ppm	97.14
Sodio total	ppm	328.06
Cloro total	ppm	341.64
Cobre total	ppm	0.08
Zinc total	ppm	4.90
Manganeso total	ppm	2.58
Hierro total	ppm	28.61
Boro total	ppm	5.99

En el Cuadro 6 se observa el resultado de análisis nutricional del biofertilizante elaborado, mostrando diferentes concentraciones de macro y micronutrientes. El contenido de fósforo y potasio registraron valores muy superiores de acuerdo a los límites y se puede encontrar un menor valor para la materia orgánica y el sodio.

Cuadro 7. Análisis microbiológico del biofertilizante.

ANALISIS	UNIDADES	RESULTADOS
NUMERACION DE COLIFORMES TOTALES	NMP/100 Ml a 35°C	90 * 10 ³
NUMERACION DE COLIFORMES FECALIS	NMP/mL	80 * 10 ³
NUMERACION DE ESTAFILOCOCOS AUREUS	NMP/ml	< 3
DETECCION DE Salmonella sp	Ausencia/Presencia en 25 mL	Ausencia

El biol fue sometido análisis microbiológico donde se evaluó: Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Staphylococcus y Salmonella sp. Se observa los resultados en el Cuadro 7. Los resultados son altos excepto detección de Salmonella sp que presenta ausencia y cumple de acuerdo con los valores límites establecidos en Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua.

4.4 Resultados del contenido foliar promedio de nutrientes del frijol

Cuadro 8. Contenido promedio de nutrientes para el factor dosis foliar (f).

PARAMETRO	UNIDAD	F1	F2	F3
Nitrógeno	%	3,47 (B)	3,26 (B)	3,47 (B)
Fósforo	%	0,7 (N)	0,59 (N)	0,62 (N)
Potasio	%	3,26 (N)	3,84 (N)	3,5 (N)
Calcio	%	1,63 (N)	1,89 (N)	1,69 (N)
Magnesio	%	0,54 (N)	0,61 (N)	0,55 (N)
Azufre	%	0,19(B)	0,19 (B)	0,23 (B)
Cobre	ppm	10,37 (N)	9 (N)	8,85 (N)

Zinc	ppm	43,62 (N)	35,9 (N)	38,82 (N)
Manganeso	ppm	63,92 (N)	75,32 (N)	75,72 (N)
Hierro	ppm	142,42 (N)	152,8 (N)	131 (N)
Boro	ppm	191,5 (A)	158 (A)	146 (A)

Alto= (A); Bajo= (B); Normal =(N)

De acuerdo con el cuadro 8, se puede observar los diferentes resultados de los elementos en factor dosis foliar (F), donde se indica el contenido de los principales nutrientes que ofrece las hojas de frijol aplicado con diferentes dosis de biol.

Cuadro 9. Contenido promedio de nutrientes para el factor dosis suelo (S).

PARAMETRO	UNIDAD	S1	S2
Nitrógeno	%	3,51 (N)	3,29 (N)
Fósforo	%	0,61 (N)	0,65 (N)
Potasio	%	3,16 (N)	3,91 (N)
Calcio	%	1,89 (N)	1,58 (N)
Magnesio	%	0,56 (N)	0,55 (N)
Azufre	%	0,17 (B)	0,23 (B)
Cobre	ppm	9,06 (N)	9,75 (N)
Zinc	ppm	37,75 (N)	41,15 (N)
Manganeso	ppm	78,4 (N)	66,91 (N)
Hierro	ppm	140,58 (N)	143,63 (N)
Boro	ppm	148,33 (A)	182 (A)

Alto= (A); Bajo= (B); Normal =(N)

De acuerdo con el cuadro 9, se puede observar los diferentes resultados de los elementos en factor dosis suelo, donde se indica el contenido de los principales nutrientes que ofrece las hojas de frijol aplicado con diferentes dosis de biol.

En los Gráficos 4 al 14, se puede apreciar el contenido foliar de macro y microelementos de nitrógeno total, fósforo total, potasio total, calcio total, magnesio total, azufre total, cobre total, zinc total, manganeso total, hierro total, y boro total en función a los factores dosis de aplicación foliar (F) y dosis de aplicación vía suelo (S):

Gráfico 4. Contenido foliar de nitrógeno (%), factor dosis foliar (F).

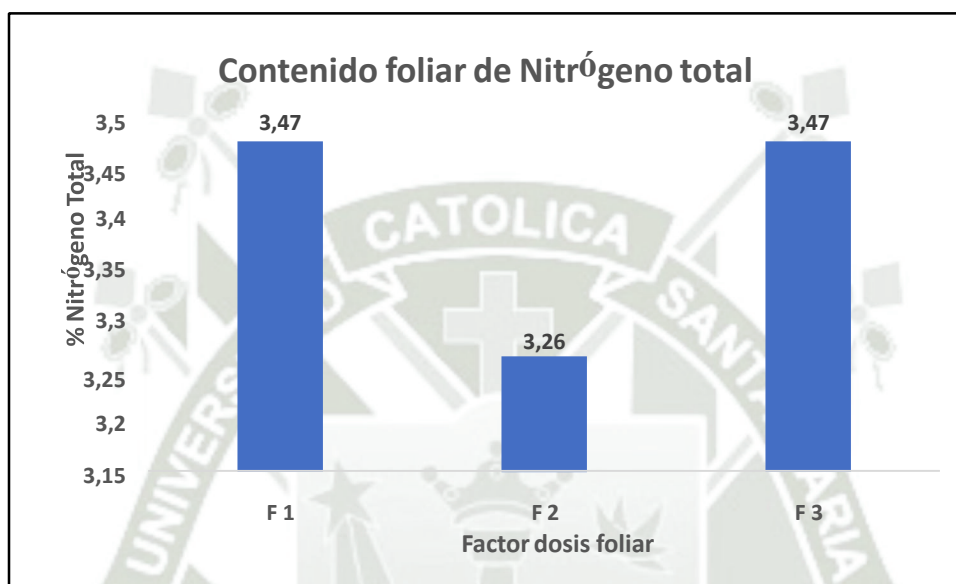


Gráfico 5. Contenido foliar de fósforo total, factor (S).

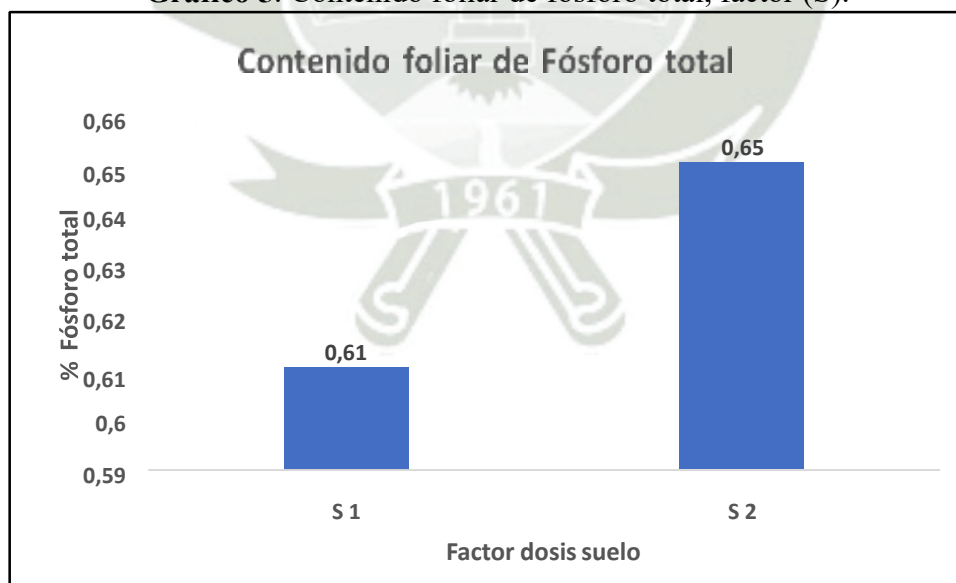


Gráfico 6. Contenido foliar de potasio, factor (S).

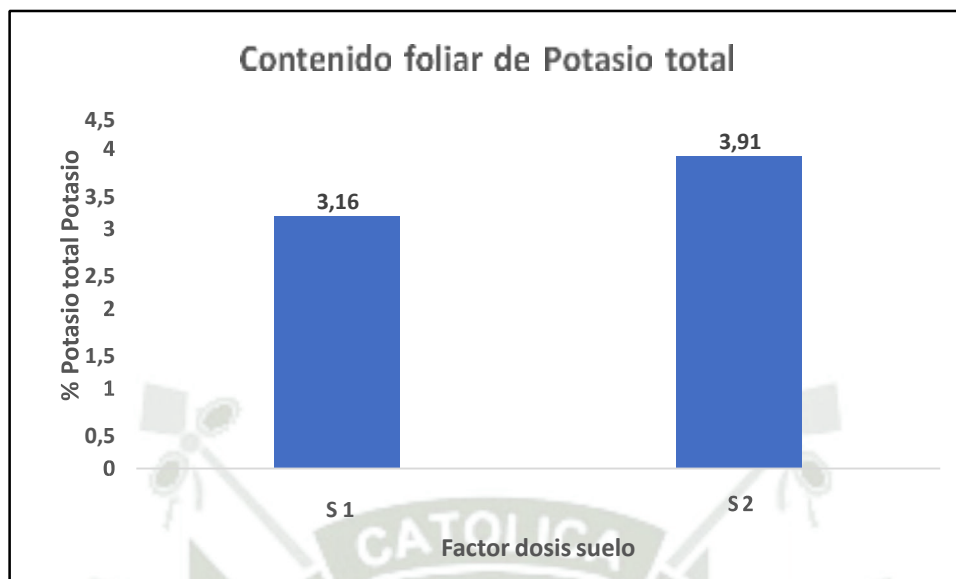


Gráfico 7. Contenido foliar de calcio, factor dosis foliar (F).

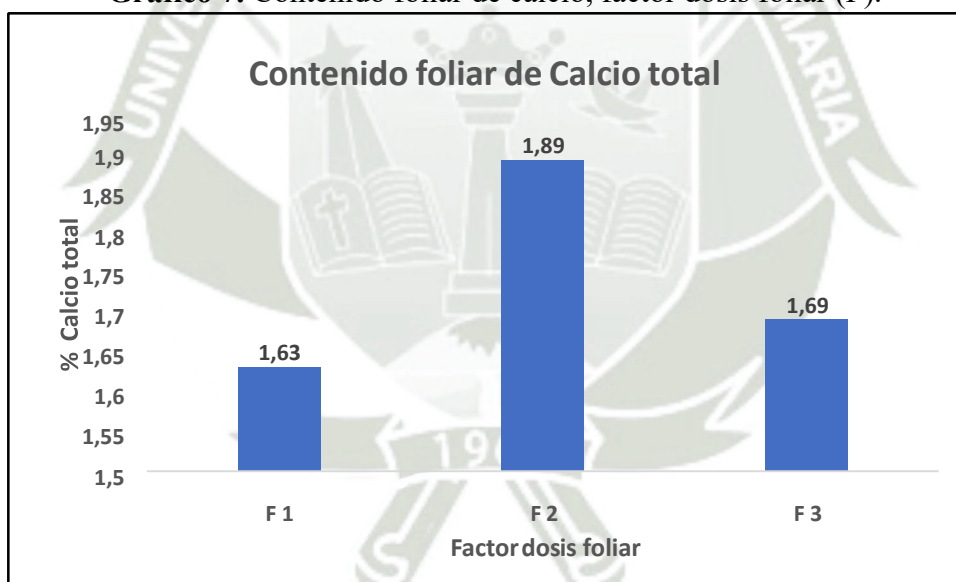


Gráfico 8. Contenido foliar de magnesio, Factor F.

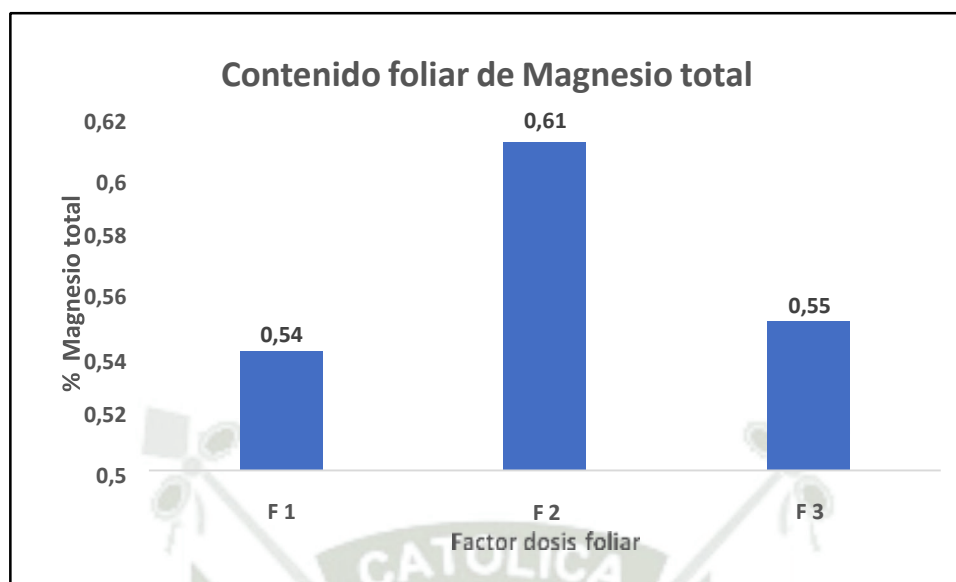


Gráfico 9. Contenido foliar de azufre total, Factor S.

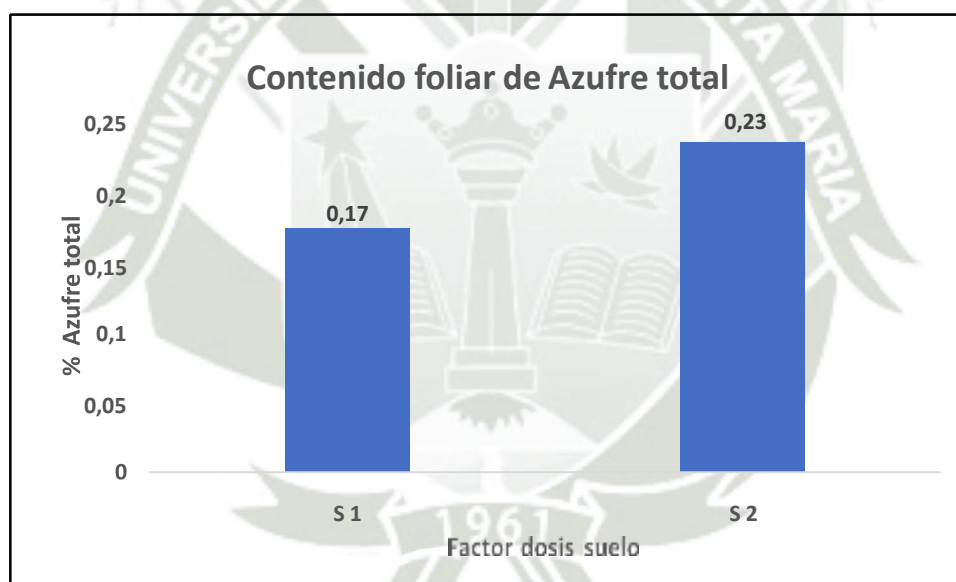


Gráfico 10. Contenido foliar de cobre total, factor S.

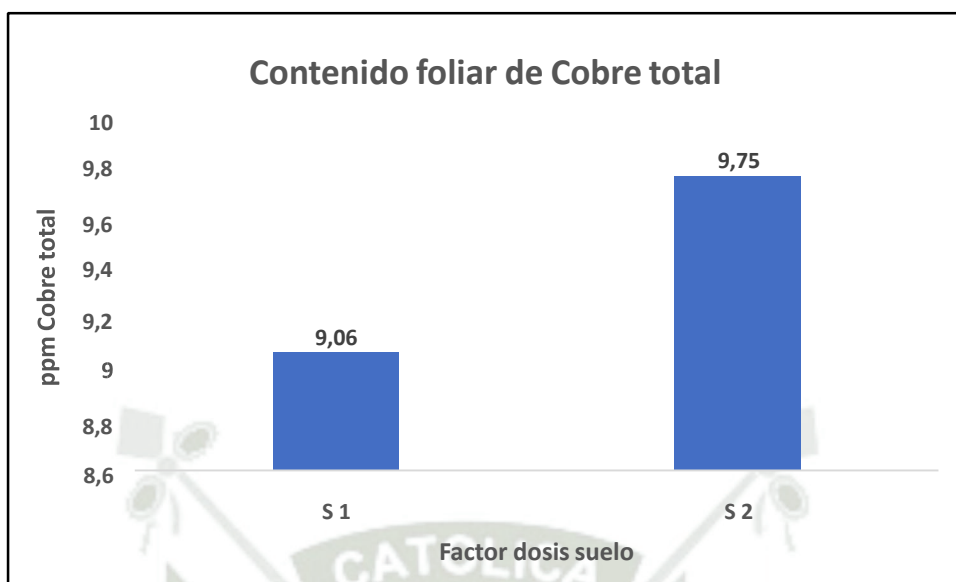


Gráfico 11. Contenido foliar de zinc total, factor S.

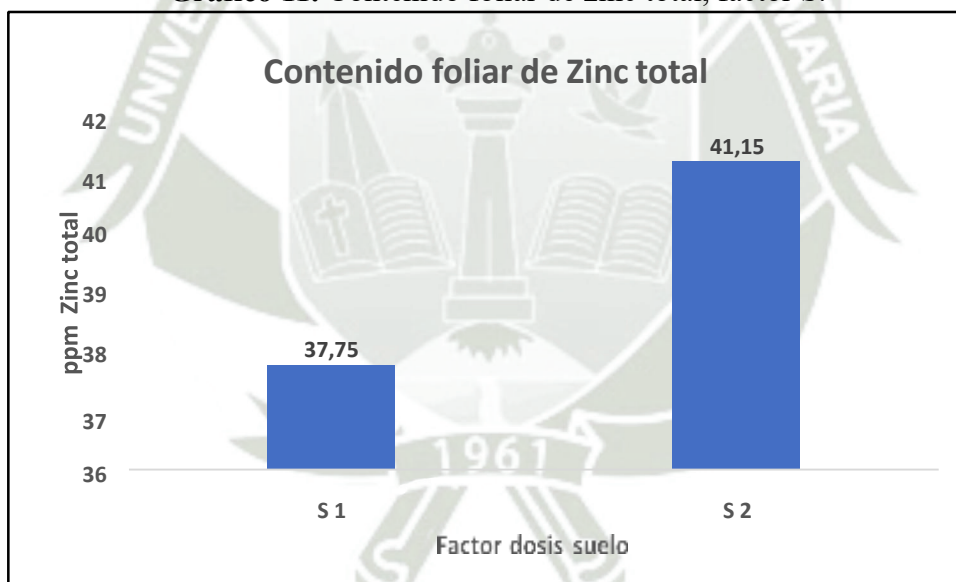


Gráfico 12. Contenido foliar de manganeso total, factor F.

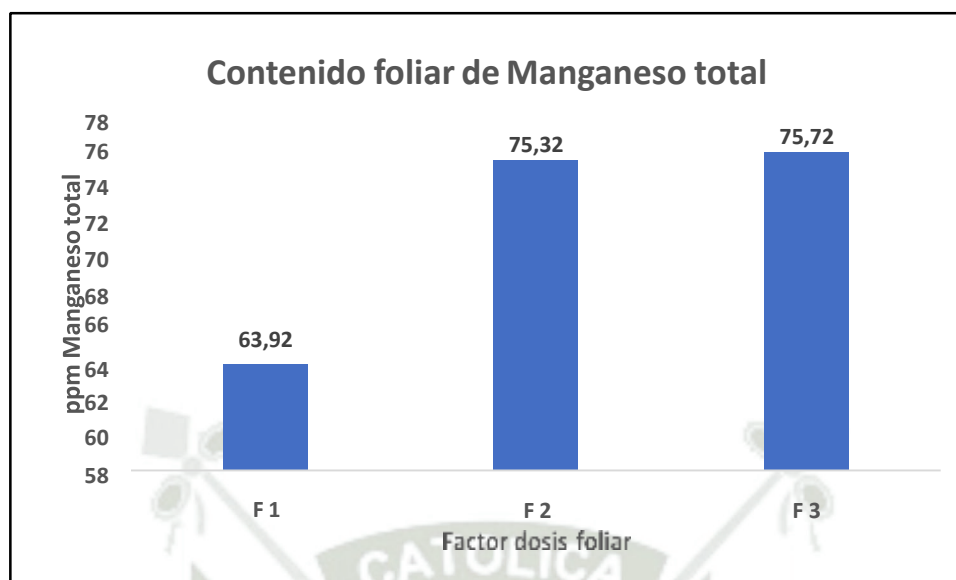


Gráfico 13. Contenido foliar de hierro total, factor S.

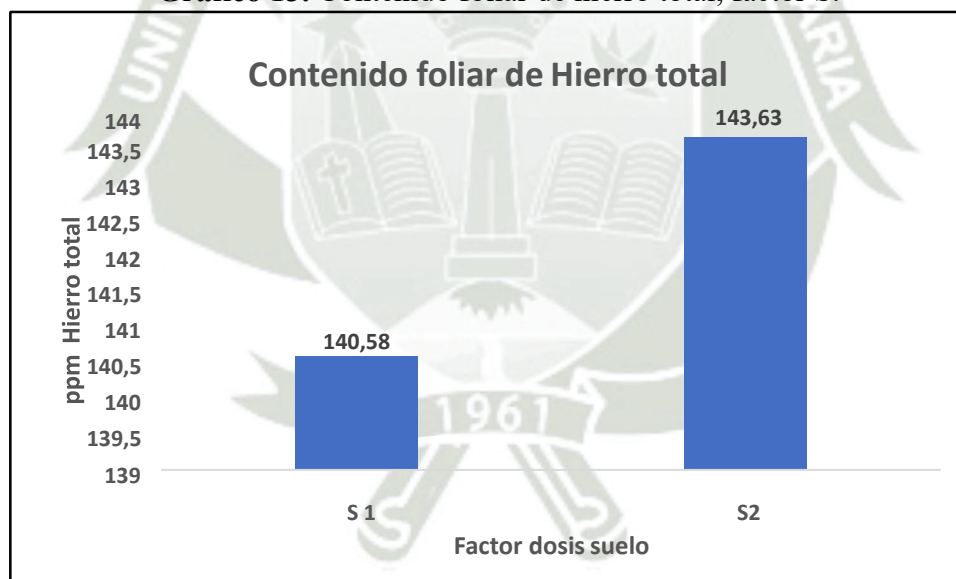
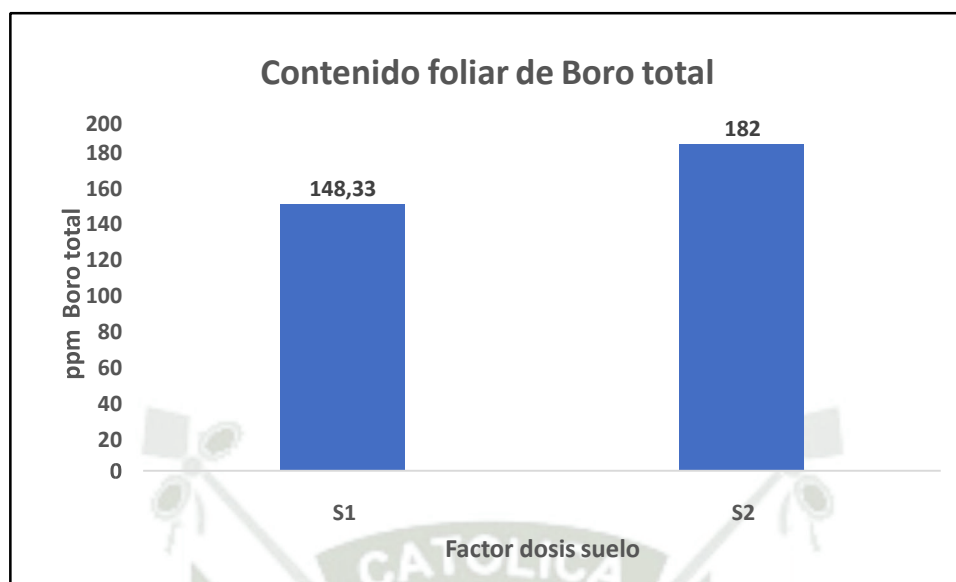


Gráfico 14. Contenido foliar de boro, factor S.



4.5 Intensidad fotosintética

En los Anexos 12 al 16 se presentan las tomas de datos de las evaluaciones del contenido de clorofila a los 33, 48, 65, 81, 96 días después de la siembra. En el cuadro 10 se muestra la evaluación realizada a los 112 días.

Cuadro 10. Evaluación del contenido de clorofila a los 112 días después de la siembra expresado en SPAD.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	27,8	27,8	24,2	28,35	21,2	26,35
R2	27,45	30,1	29,4	26,35	28,75	27,6
R3	28,3	28,4	28,65	28,6	27,05	29,1
R4	27,55	29,3	30	30,95	28,35	29,4
PROMEDIO	27,78	28,90	28,06	28,56	26,34	28,11

El Cuadro 10 muestra la última toma de datos que se realizó a las hojas de frijol a los 112 días después de la siembra, correspondiente a la última fecha de recolección de datos en el cual presenta valores con cierta similitud entre los tratamientos y repeticiones.

Cuadro 11. Análisis de varianza (ANVA) para el contenido de clorofila a los 112 días después de la siembra.

FV	GL	SC	CM	FC	Prob>F
F	2	6,45	3,22	0,74	0,48
S	1	7,7	7,7	1,78	0,19
F*S	2	1,62	0,81	0,18	0,82
Error	18	77,71	4,31		
Total	23	93,5			

$$CV = 7.2\%$$

El cuadro 11, no presentó diferencias significativas para los factores en estudio, tampoco se encontró interacciones. El coeficiente de variabilidad es bajo.

4.6 Evaluaciones Biométricas

4.6.1 Altura de planta

En los Anexo 17 al Anexo 21 se presentan las tomas de datos en evaluación de altura a los 33, 48, 65, 81, 96 días después de la siembra.

Cuadro 12. Evaluación de altura de planta a los 112 días después de la siembra (dds) (cm).

REPETICION	F1 0%		F2 5%		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6

R1	67.3	65.8	70.8	69.7	69.2	66.3
R2	70.9	73.1	78.6	66.5	69.0	74.4
R3	69.5	63.7	65.3	66.4	63.1	52.5
R4	64.0	61.2	63.4	68.7	62.4	63.9
PROMEDIO	67.9	65.9	69.5	67.8	65.9	64.3

De acuerdo, al cuadro 12 se observa la toma de datos que se realizó a los 112 días después de la siembra, correspondiente a la última fecha de recolección datos, obteniendo valores entre 64,25 cm y 69,51 cm.

Cuadro 13. Análisis de varianza para altura de planta a los 112 dds.

FV	GL	S C	CM	FC	Prob>F
F	2	18,15	9,07	0,43	0,65
S	1	1,44	1,44	0,06	0,79
F*S	2	8,92	4,46	0,21	0,81
Error	18	378,07	21		
Total	23	406,6			

$$CV = 6.2 \%$$

El cuadro anterior no presentó diferencias significativas para los factores en estudio, tampoco se encontró interacciones. El coeficiente de variabilidad de 6.2 % es bajo.

4.6.2 Pesos de materia seca total

Cuadro 14. Peso de materia seca total g/planta.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	29,44	44,43	30,7	30,72	37,17	39,95
R2	30,21	47,9	28,52	37,9	40,8	35,72
R3	22,75	33,1	21,85	38,16	35,84	34,57

R4	28,38	42,27	21,24	38,32	42,8	36,37
PROMEDIO	27,70	41,93	25,58	36,28	39,15	36,65

El cuadro 14, muestra el promedio de cada tratamiento entre 27.70 g como el valor más bajo y 41.93 g como el valor más alto, para T1 y T2 respectivamente.

Cuadro 15. Análisis de varianza para peso de materia seca total.

FV	GL	S C	CM	FC	Prob>F
F 2	195,5	97,75	5,67	0,012	S 1 335,32 335,32 19,45 3,37E-04
F*S	2	311,03	155,51	9,02	0,001
Error	18	310,18	17,23		
Total	23	1152,05			

$$CV = 20.5 \%$$

Del cuadro 15, se observa que existe significancia para el factor foliar (F), el factor dosis suelo (S) y también para la interacción (FxS). Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 20.5 % siendo aceptable.

En los siguientes gráficos, se presentan las interacciones de los factores de FxS y los efectos simples:

Gráfico 15. Interacción de factores para materia seca total por planta (g).

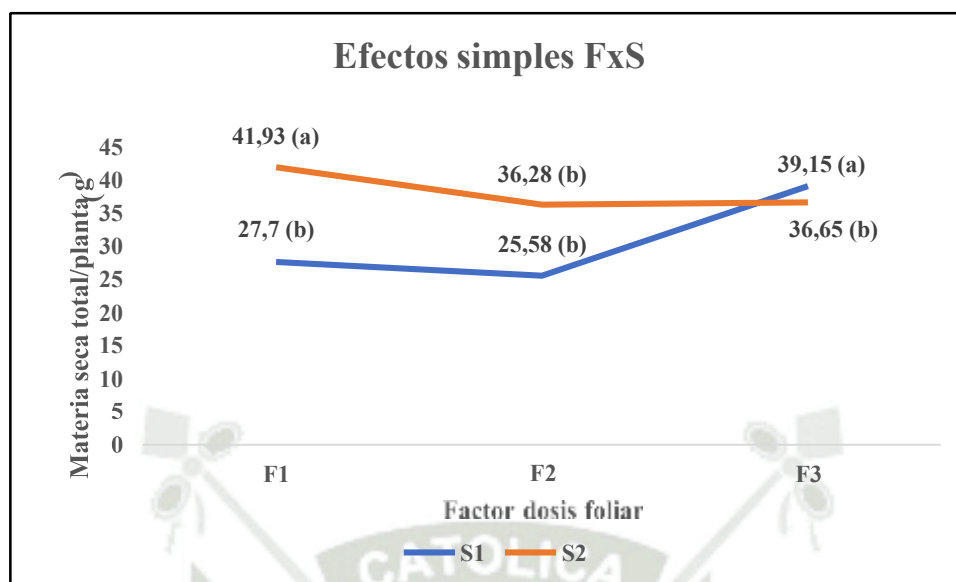
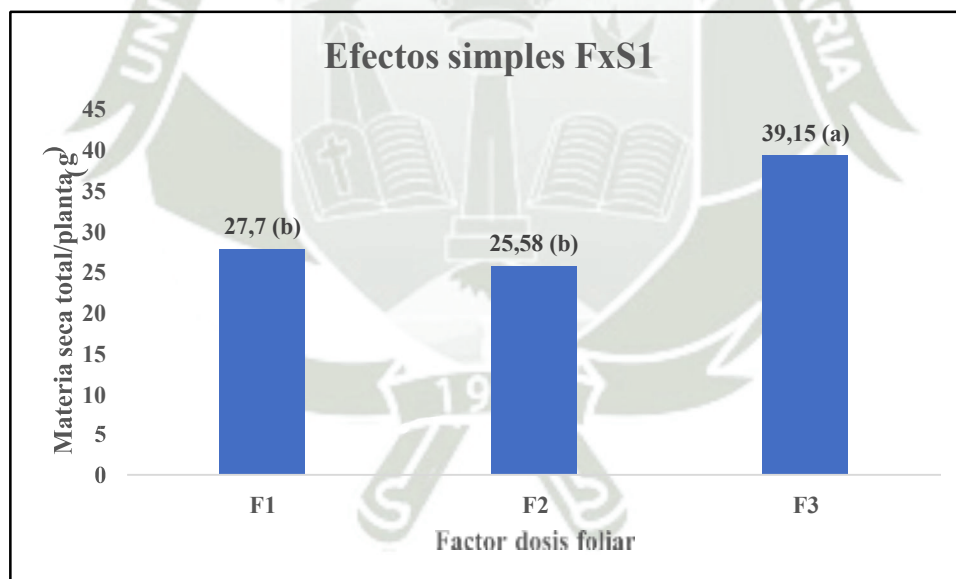
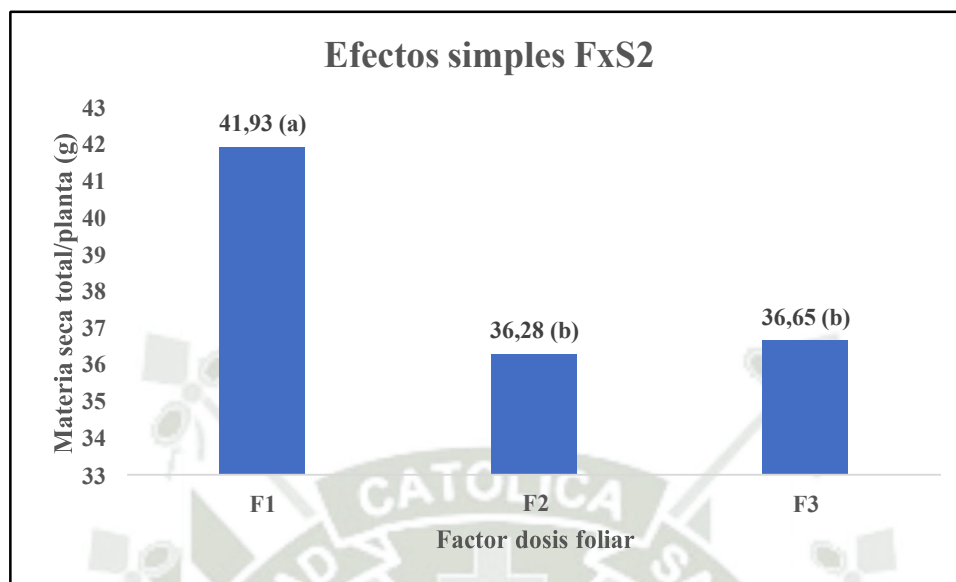


Gráfico 16. Interacción de efectos simples FxS1.



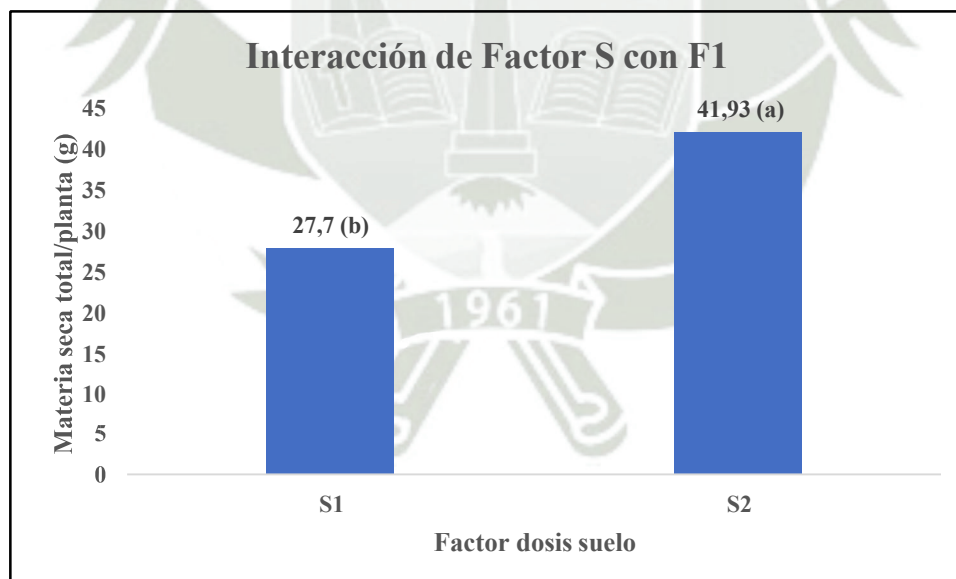
Del gráfico 16 se desprende que en la interacción de efectos simples FxS1, el factor dosis foliar (F3) a concentración de 10% de biofertilizante fue significativamente superior a las dosis factores foliar F1 y F2, con 0 y 5 % de concentración.

Gráfico 17. Interacción de efectos simples FxS2.



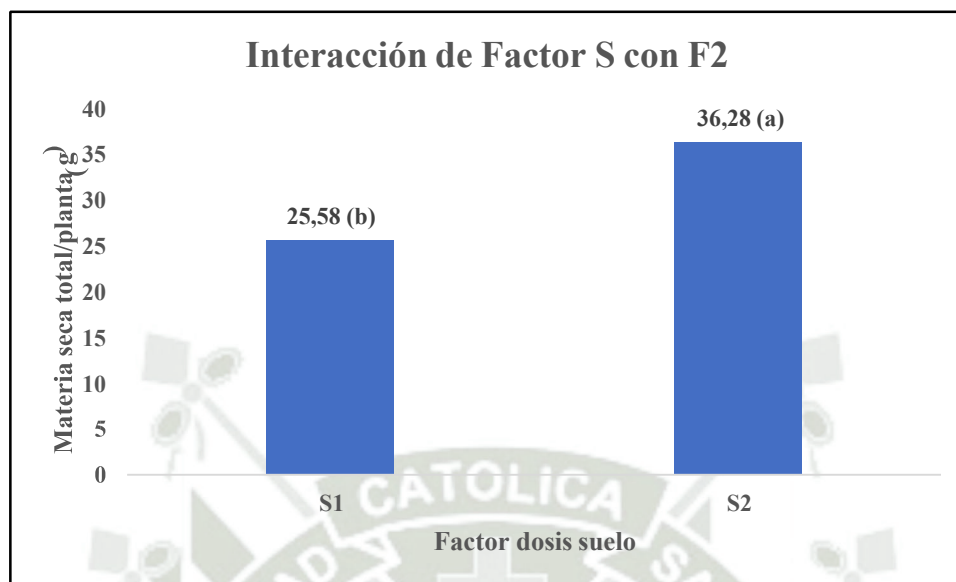
En el Gráfico 17 se aprecia la interacción de efectos simples FxS2, teniendo el factor dosis foliar (F1) significancia a comparación del factor foliar F2 y F3.

Gráfico 18. Interacción del factor S con F1.



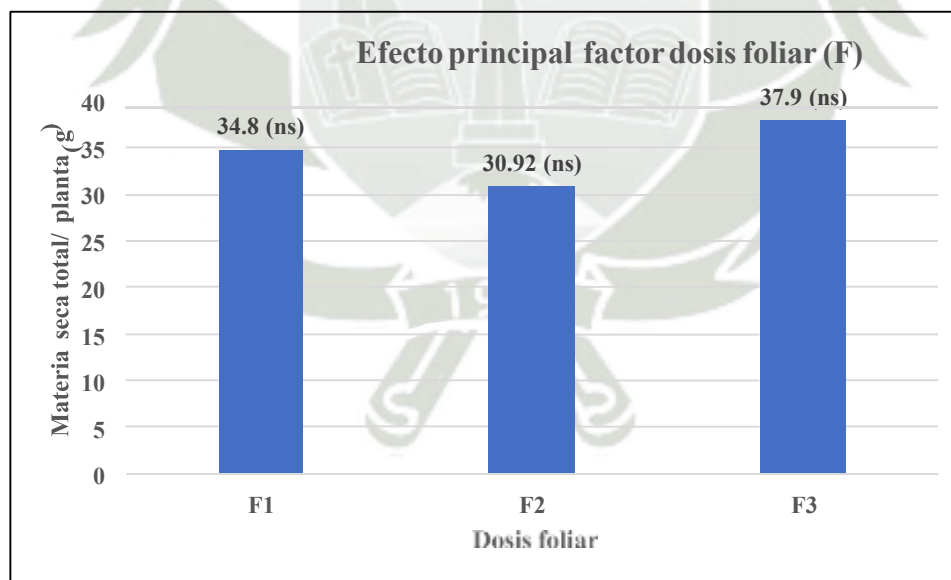
Se puede apreciar del Gráfico 18, en la interacción de factor S con F1, la dosis suelo (S2) a concentración de 10 % de biofertilizante fue significativamente superior al factor dosis suelo S1 sin biofertilizante

Gráfico 19. Interacción de factor S con F2.

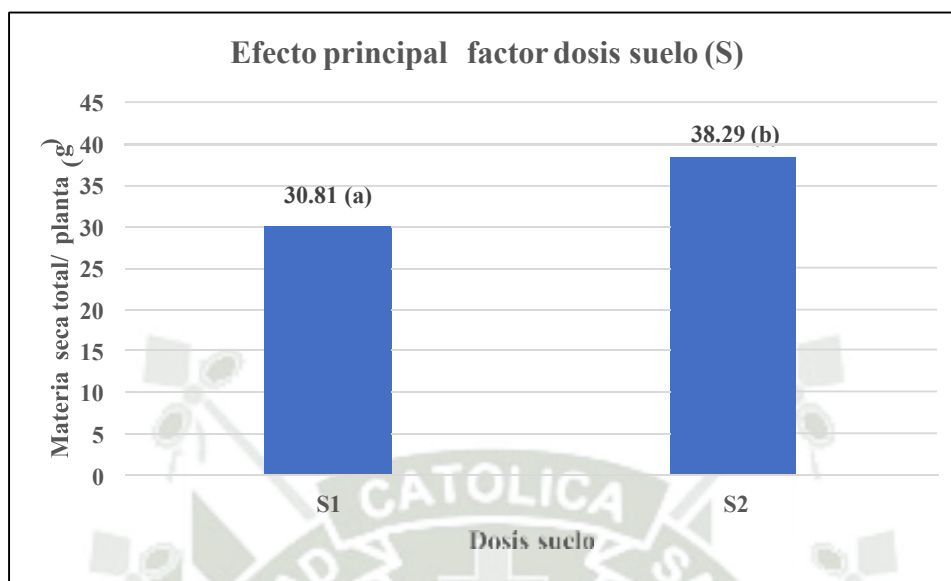


Se observa en el Gráfico 19 la interacción de factor S con F2. La dosis suelo (S2) a concentración de 10 % de biofertilizante fue significativamente superior al factor dosis suelo S1 sin biofertilizante.

Gráfico 20. Efecto principal Foliar.



En el Grafico 20, se puede apreciar que el efecto principal foliar (F), no muestra diferencia significativa para las dosis F1, F2 Y F3.

Gráfico 21. Efecto principal suelo.


De acuerdo al Gráfico 21, en efecto principal suelo (S), muestra diferencia significativa para el contenido de materia seca entre las dosis S1 y S2.

4.6.3 Número de vainas total por planta

Cuadro 16. Número de vainas por planta.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	6	8	5	8	6	5
R2	5	8	10	10	4	11
R3	5	5	6	4	8	8
R4	10	9	10	8	11	10

De acuerdo con el cuadro 16, se observa el registro de datos promedio de cada tratamiento entre 8.0 como el valor más bajo y 10.6 como el valor más alto correspondientes a la combinación de tratamientos T4 y T5.



FV
F

Prob>F

S

F*S

Error

Cuadro 17. Análisis de varianza para número de vainas por planta.

	GL	S C		CM	FC	
	2	0,07		0,03	0,22	0,79
1	0,05	0,0	0,34	0,56		
2	0,05	0,02	0,16	0,84		
	18	3,14	0,17	Total 23	3,33	

CV = 13.3 %

El cuadro 17 no presentó diferencias significativas para los factores en estudio, tampoco se encontró interacciones. El coeficiente de variabilidad fue 13.3 % considerándose bajo.

4.6.4 Peso de granos por planta a los 146 días después de la siembra.

Cuadro 18. Peso de granos por planta (g).

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	12,33	26,88	20,23	14,25	8,22	6,23

FV	Prob>F					
F						
S						
F*S						
Error						
R2	18,63	19,01	36,27	36,27	15,52	53,07
R3	15,69	31,88	16,67	20,51	21,63	21,79
R4	15,89	8,5	5,28	8,7	25,68	24,72
PROMEDIO	15,64	21,57	19,61	19,93	17,76	26,45

En el cuadro 18 muestra la toma de datos para el peso de granos por planta. El promedio varió entre 5.64 y 26.25 g correspondiente a la combinación de tratamientos T1 y T6.

Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso de granos.

GL	S C		CM		FC	
2	0,34	0,17	0,41	0,66	1 0,43	0,43
2		1,12	0,56		1,37	0,27
18	7,36	0,4	Total	23	9,26	

CV = 26.6 %

En el cuadro 19 de análisis de varianza para el peso de granos, no se encontró diferencias estadísticas entre los factores de estudio, tampoco se encontró interacción alguna. El coeficiente de variabilidad fue 26.6 % considerándose como un valor aceptable.

FV

F

S

F*S

Error

Prob>F

4.6.5 Peso de 100 semillas

Cuadro 20. Peso de 100 semillas expresado en gramos.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	44,12	40,84	45,23	38,07	32,92	31,15
R2	41,02	37,52	32,4	40,84	39,2	48,13
R3	44,2	45,84	40,27	44,01	44,08	50,12
R4	40,44	34	20,04	33,4	48,64	43,2
PROMEDIO	42,45	39,55	34,49	39,08	41,21	43,15

En el cuadro 20 se reflejan los resultados del peso de 100 semillas del frijol. El valor más alto corresponde a T6 con 43.15 g y el valor más bajo el T3 con 34.49 g.

Cuadro 21. Análisis de varianza para peso de 100 semillas.

	GL	S C	CM	FC	
	2	128,79	64,39	1,34	0,28
1	8,83	883	0,18	0,67	
2	57,68	28,84	0,6	0,55	
	18	864,28	48,01		
Total	23	1059,59			

FV

F

S

F*S

Error

Prob>F

CV = 16.9%

El cuadro 21 de ANVA se observa que no se hubo diferencias significativas entre los factores principales e interacciones, esto con un coeficiente de variabilidad de 16.9 % siendo aceptable.

4.6.6 Rendimiento de grano seco

Cuadro 22. Rendimiento de grano seco expresado en kilo por hectárea.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	342,5	840,0	459,8	712,5	513,8	311,5
R2	665,4	678,9	688,2	644,2	554,3	626,5
R3	560,4	664,2	520,9	732,5	887,5	680,9
R4	410,0	531,3	406,3	362,5	731,7	762,9
PROMEDIO	494,55	678,58	518,80	612,93	671,81	595,46

En el cuadro 22 se observa que el rendimiento tuvo valores fluctuantes entre 494.55 kg/ha para la combinación 0% dosis foliar (F1) y 0% vía suelo (S1) correspondiente al tratamiento 1 de aplicación de biofertilizante. Como el valor más alto con 678. 58 kg/ha correspondió a la combinación 0% dosis foliar (F1) y 10% dosis suelo (S2) para el tratamiento 2.

FV
F
S
F*S

Error

Cuadro 23. Análisis de varianza para el rendimiento del grano seco.

	GL	S C	CM	FC	Prob>F
	2	19297,73	9648,86	0,38	0,68
1	27150,84	27150,84	1,08	0,31	
2	6996,75	34981,37	1,39	0,27	
	18	450329,92	25018,32		
Total	23	566741,25			

CV = 26.3 %

En el cuadro 23 de ANVA para el rendimiento, se aprecia que no existió diferencias significativas entre los factores principales e interacciones. Coeficiente de variabilidad fue 26.3% considerado como aceptable.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1 Caracterización física y química del residuo orgánico (Frass)

De acuerdo con los datos obtenidos en el Cuadro 1, en cuanto a la caracterización física del residuo orgánico frass derivado de la mosca soldado, se obtuvo una densidad aparente de 0.2 g/cc siendo un valor bajo.

Con respecto a la evaluación química del frass (Cuadro 2) presentó un alto valor de conductividad eléctrica con 15.46 dS/m siendo elevado para los cultivos; así mismo se encontró 20.47% de materia orgánica; 0.60 % de nitrógeno, 0.64% de fósforo total y 0.54% de potasio total. Al respecto (ICA, 1972) presentan un reporte para estiércol de vacuno con 3.4% en nitrógeno, 1.3% para fósforo y 3.5% para potasio. Esto indica que el residuo Frass evaluado ha presentado valores bastante bajos de estos 3 elementos; también se registró valores bajos de calcio, magnesio y azufre en comparación con lo reportado por (ICA, 1972)

En la presente investigación, en la evaluación química del frass se obtuvo valores de pH 6.8, potasio 0.39 ppm y contenido de materia orgánica 20.47%. Comparando estos valores con la investigación de M. del Pozo et al. (2008) realizado sobre residuos de lombriz, encontró un pH 7.0; contenido de M.O 21.8% y potasio 0.39 ppm, siendo próximos a la investigación realizada en Fundo La banda Huasacache.

En un trabajo desarrollado por Nandayure (2010) en mosca soldado, encontró carbono orgánico con un valor de 47.64%, N de 3.92%, P de 0.85%, K de 2.76%, Ca de 2.08, Mg de 0.28, Fe de 1260.47 ppm, Cu de 16.66, Zn de 4737.81 %, Mn de 80.78 ppm, valores superiores a la investigación hecha en Huasacache, sin embargo, la relación carbono nitrógeno fue superior alcanzando 19.79 (Cuadro 2). De igual manera Soto (2003) en un trabajo de investigación, realizó análisis de residuos para el gusano de la especie de *Tenebrio molitor* presentando contenido inferior en humedad 58.02% y cenizas 1 % frente a los resultados del Cuadro 2.

5.2.1 Evaluación de pH y CE y temperatura del biofertilizante durante el procesamiento

La elaboración del biofertilizante se ha realizado en un biodigestor construido con tres depósitos metálicos además de control de temperatura y agitación. Un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia de las bacterias que habitan en un residuo, para transformar éste en dos subproductos: el biogás y el biol (CEPIS, 1996).

En la presente investigación se elaboró el biofertilizante a base de 563.3 g roca fosfórica, 10.8 kg de residuos de mosca soldado negro (Frass), 866.6 ml de suero de leche, 433.3 g melaza y 39 litros de agua. Sin embargo; existen muchas formas de elaborar los biofertilizantes así, en una investigación realizada en el Perú utilizaron 10 kg Col fresca, 10 litros de agua hervida, 1 kg sal, 3 kg Melaza, 3 kg de hígado de res, estos ingredientes se mezclaron y se homogenizaron en un bidón de 20 galones (Torres T. et al., 2015). De igual manera en un tratamiento de pre-compostaje de vacuno se comenzó con pH 7.1; a las 3 semanas fue 6.8 y a las 9 semanas se registró 7.1. Estos resultados tienen similitud a lo obtenido en la presente investigación, así el día uno se obtuvo pH 7.3, a los 20 días pH 5.1, a los cuarenta días se mantuvo 5.3 y finalmente a los 80 días 6.3 de pH (Cuadro 3).

En una investigación realizada Torres T. et al. (2015)., con respecto a la temperatura promedio interna en los reactores se registraron valores promedios en el procesamiento de 26.5°C, 26.9°C y 26.8°C en tres de los tratamientos. Al respecto en la presente investigación en condiciones de Huasacache las temperaturas variaron entre 20°C y 31°C y con un promedio total de 25.29°C (Cuadro 3) valores que están dentro del rango del proceso de biodigestión de los residuos orgánicos.

En un trabajo desarrollado por Cárdenas C. (2013) se registró 16.03 dS/m de conductividad eléctrica. En el trabajo de investigación realizado en Huasacache, en el proceso de biodigestión se registró valores de conductividad eléctrica desde 2.32 hasta 17.39 dS/m con un valor promedio de 13.50 dS/m bastante próximo a la bibliografía anteriormente consultada. Cabe resaltar que este valor de conductividad eléctrica puede representar riesgos de quemaduras al follaje de no ser diluida para su aplicación.

5.2.2 Evaluaciones físicas, químicas, nutricionales y microbiológicas del biofertilizante culminado

Se define como biol al abono orgánico líquido, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales como el guano y rastros en ausencia de oxígeno. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes (INIA, 2008).

Con respecto al análisis químico de metales pesados del biofertilizante elaborado (Cuadro 5), los resultados se compararon con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua, según el decreto supremo 002-2008-MINAM. Se encontró valores que superaron los límites aceptables para los elementos de aluminio, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, litio, níquel, plomo. Esto en parte puede tener explicación a consecuencia del biodigestor utilizado, el mismo que ha sido fabricado en material metálico y puede haber aportado estos elementos al biofertilizante.

En un trabajo desarrollado por Erick et al. (2016) en los análisis realizados a un biofertilizante encontraron un pH de 7,13 nitrógeno total 8.45 ppm, fósforo 3.5 ppm, potasio 665.25 ppm, sólidos totales 1.59. Comparando estos valores con la investigación realizada se obtuvo un pH menor (6.4) pero el contenido de fósforo y potasio registraron valores muy superiores con 1157.20 y 1125.9ppm. Con respecto al contenido de potasio se alcanzó 4508.39 ppm bastante superiores a lo reportado. El contenido de sólidos totales tuvo un valor más próximo en este caso con 2.84% (Cuadro 6).

En una investigación de biofertilizantes Siura et al. (2009) reporta características de CE=15.3 dS/m, materia orgánica 5.4%, calcio 220.4 ppm, magnesio total 53.40 ppm, y sodio 542 ppm. Relacionando estos resultados con el Cuadro 7, se puede encontrar un menor valor para la materia orgánica y el sodio con 1.59 % y 328.06 ppm, mientras que para el magnesio se tiene un valor superior con 375.68 ppm. En cambio, para la conductividad eléctrica y el calcio se tuvo similitud con los resultados encontrados de 16.55 dS/m y 268.42 ppm (Cuadro 6).

De acuerdo con su tabla de composición nutricional del biol Morales G. (2023) aplicó también en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* encontrando una concentración de 5 ppm de zinc y 3 ppm de manganeso, datos similares a la investigación realizada en el Fundo la Banda Huasacache con 4.90 ppm de Zinc y 2.58 ppm de manganeso (Cuadro 6). En cuanto los valores de azufre

con 0.005 ppm, hierro 13 ppm, boro 2 ppm estos fueron inferiores a los valores de la investigación realizada, tal como presenta el Cuadro 6, con 97.14 ppm en azufre, 28.61 en hierro y 5.99 ppm en boro. El cobre encontrado tuvo un valor alto de 6 ppm a diferencia de 0.08 ppm de la investigación.

En un trabajo realizado por Cárdenas (2012) sobre evaluación de la calidad de biogás y biol en digestores utilizando estiércol de vaca y residuos orgánicos con la técnica del bocashi, obtuvo valores de 50×10 NMP/100ml para numeración de coliformes totales y 50×10 NMP/ml para numeración de coliformes fecales. Estos datos son inferiores a lo encontrado en la investigación, cuyo resultado se observa en el Cuadro 7 con 90×10^3 NMP/100ml para numeración de coliformes totales y 80×10^3 NMP/ml para numeración de coliformes fecales.

En un trabajo desarrollado por Torres T. et al. (2015) muestra en uno de sus tratamientos a base de estiércol de vacuno un valor de 61.7×10 NMP/100ml para numeración de coliformes totales y 13 NMP/ml para numeración de coliformes fecales y en el tratamiento de pre- compostaje de estiércol de vacuno fue 41.67×10 NMP/100ml para numeración de coliformes totales y 24.7×10 NMP/ml para numeración de coliformes fecales, cuyos valores son inferiores a los resultados obtenidos en la investigación bajo condiciones de Huasacache (Cuadro 7).

Según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (D.S. 002-2008- MINAM) en la investigación realizada, los análisis determinaron ausencia de Salmonella spp. cumpliendo con lo que establece dicho decreto.

5.3 Contenido foliar de nutrientes del frijol

El contenido promedio foliar para el factor dosis (F) presentó en los tres niveles un bajo porcentaje de nitrógeno así: 3.47 % (F1), 3.26 % (F2) y 3.47 % (F3) de igual manera para el azufre 0.19% (F1), 0.19% (F2), 0.23% (F3) mientras que el contenido de boro fue 191.5 ppm (F1), 158 ppm (F2), 146 ppm (F3) siendo alto para los tres niveles (Cuadro 8), esto en comparación con los rangos máximos y mínimos del contenido foliar de nutrientes en la tabla de interpretación de Aldana José Manuel (2011). Con respecto a los elementos nutritivos de fosforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, manganeso y hierro se encontró valores normales del contenido foliar del frijol (Cuadro 8). Esto indica que el

biofertilizante aplicado de manera foliar ha podido suministrar adecuadamente estos nutrientes tanto macro como microelementos indicados. Desde una observación de valores numéricos la dosis foliar (F2) favoreció un mayor contenido de calcio total (Grafico 7) y también contenido foliar de magnesio total (Grafico 8), así mismo un incremento representativo del manganeso total en este caso tanto con la dosis F2 Y F3 (Grafico 12).

Con respecto al contenido promedio foliar de nutrientes como respuesta a la aplicación vía suelo, descontando el efecto de aplicación dosis foliar, de acuerdo con los resultados encontrados (Cuadro 9), solamente el azufre presentó valores bajos con 0.17% para el nivel S1 (sin aplicación del biofertilizante al suelo) y 0.23% para el nivel S2 (con aplicación del biofertilizante al suelo) siendo este último de mayor concentración. Así mismo; en referencia al boro, en ambos niveles (S1 y S2) se mantuvo una alta concentración foliar con valores de 148.33 ppm y 182 ppm siendo superior siempre el correspondiente a la aplicación vía suelo. En los demás nutrientes los contenidos foliares estuvieron en una concentración normal (Cuadro 9) y según los estándares que presenta (Aldana José Manuel, 2011).

Se puede indicar que existe un incremento de los contenidos foliares en el nivel S2, tanto para el fósforo total (Grafico 5), potasio total (Grafico 6), azufre total (Grafico 9), cobre total (Grafico 10), zinc total (Grafico 11), hierro total (Grafico 13) y boro total (Grafico 14). Esto significa que la aplicación del biofertilizante al suelo ha mostrado un incremento foliar representativo en los elementos detallados.

5.4 Intensidad fotosintética

Con respecto al contenido de clorofila evaluado a los 112 días después de la siembra, no se encontró diferencias significativas para los factores principales (F, S) y la interacción. Los valores fluctuaron desde 26.34 SPAD hasta 28.90 SPAD esto con un coeficiente de variabilidad de 7.2% considerado bajo (Cuadro 10). Similar respuesta se encontró para las evaluaciones realizadas a los 33 días después de la siembra, 48 días, 65 días, 81 días y 96 días después de la siembra (Anexos 10 al 14).

La unidad SPAD evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja, midiendo las transmisiones de luz a 650 nm, donde ocurre absorción de luz por la molécula de clorofila

y a 940 nm, donde no ocurre absorción. Estas mediciones son instantáneas y permiten registrar el valor correspondiente al contenido en la hoja, sin destruirla. Con el equipo utilizado para esta medición (Clorofilometro SPAD 502 PLUS) se tiene una regresión donde $Y = 0.079 X - 0.154$ con un valor de $r = 0.908$, siendo X= valor SPAD y Y=porcentaje de nitrógeno. La clorofila presente en las hojas de las plantas está estrechamente relacionada con el estado nutricional de las mismas, así el contenido de clorofila (representado por el valor SPAD medido) se incrementa en proporción con la cantidad de nitrógeno presente en la hoja. (Minolta Konica, 2009)

Según García Mendivil Helio Adán et al. (2013) en su trabajo de investigación Efecto de abono en el rendimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* obtuvo valores entre 40 y 51 SPAD en la toma de datos entre la siembra y cosecha. Sin embargo; estos valores son superiores a lo reportado en el Cuadro 10, donde se puede observar que los datos oscilan entre 26.34 a 28 SPAD.

Considerando los datos reportados en los Anexos 10 al 14 se puede observar que, en las 6 evaluaciones realizadas en distintas etapas fenológicas, el contenido de clorofila ha sido una variable que ha tenido un comportamiento estable en valores numéricos en cada etapay también sin ninguna significancia para los factores principales e interacciones.

5.5 Evaluaciones Biométricas

5.5.1 Altura de planta

Para la evaluación de altura de planta de frijol, se puede observar en el Cuadro 12 que los datos recopilados a los 112 días después de la siembra no tuvieron diferencias significativas para los factores principales (F, S) y la interacción. Estos valores alternaron desde 64.25 cm y 69.51 cm con un coeficiente de variabilidad de 6.2% considerado bajo. De igual manera las alturas de plantas evaluadas a los 33 días después de la siembra, 48 días, 65 días, 81 días y 96 días después de la siembra no tuvieron diferencias significativas en ningún de los casos (Anexos 12 al 16).

En su trabajo de investigación sobre efecto de dos tratamientos con la aplicación de biofertilizantes sobre el rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) Kaya et al.

(2005) obtuvo un valor de altura máxima de la planta, en uno de sus tratamientos, con 77,86cm siendo similar al resultado de la investigación que se muestra en el Cuadro 12.

De acuerdo con su investigación sobre Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo Lara Capistrán Liliana (2019) aplicó ocho tratamientos obteniendo las siguientes alturas de plantas con valores correspondientes a 37.86 cm, 57.7 cm, 74.53 cm, 91 cm, 69.3 cm, 65.8 cm, 65.13 cm y 59.43 cm, teniendo también similitud con los resultados encontrados en la investigación realizada (Cuadro 12).

Se puede afirmar que la altura de planta ha tenido un comportamiento estable en cada una de las fechas evaluadas y no habiéndose encontrado efectos de las dosis foliares del biofertilizante aplicado ni tampoco de las aplicaciones de biofertilizantes aplicadas al suelo, como también las interacciones.

5.5.2 Peso materia seca

Referente a la evaluación del peso de materia seca/ planta se encontró diferencias significativas para el factor dosis foliar de biofertilizante (F), dosis de biofertilizante aplicado al suelo (S) y la interacción FxS con un coeficiente de variabilidad de 20.5% (Cuadro 15). El análisis de la interacción FxS1 determinó que el factor F3 (Dosis foliar 10%) fue significativamente superior a los factores F1 y F2, con un peso de materia seca por planta de 39.15 g/planta, indicando que esta aplicación foliar a una concentración del 10% del biofertilizante realizado en 6 oportunidades a tenido efectos positivos en el incremento de la materia seca/planta (Grafico 16). La interacción de SxF1 también presentó diferencias significativas para el factor S2 con un promedio de materia seca de 41.93 g/planta siendo este superior al factor S1 que alcanzó 27.7 g/planta. Esta tendencia también se mantuvo para la interacción del factor SxF2 (Gráfico 19) con un valor de 36.28 g/planta para S2 siendo estadísticamente superior a S1 que alcanzó un promedio de 25.58 g/planta. Como se puede apreciar la dosis de biofertilizante aplicado al suelo (10 %) tuvo efectos positivos en el incremento de la materia seca en comparación con aquellas plantas que no tuvieron aplicación de biofertilizante al suelo (S1)

El trabajo realizado por Ramana (2010) sobre el efecto de los biofertilizantes en el crecimiento, atributos del rendimiento y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) reportó materia seca/planta con promedios de 18.12 g ;19.60g, 20.03 g y 18.67 g, valores inferiores a los que se muestra en el Cuadro 14.

5.5.3 Numero de vainas por planta

Los resultados para esta variable no presentaron diferencias significativas para los factores principales en estudio (FxS)y la interacción, alcanzando un coeficiente de variabilidad de 13.3% siendo aceptable. Los valores tuvieron una variación de promedios entre 8.0 hasta 10.6 vainas/plantas correspondientes a la combinación de tratamientos T4 y T5. Esto demuestra que las aplicaciones del biofertilizante realizados tanto vía foliar como vía suelo, no tuvieron ninguna influencia sobre el número de vainas/planta (Cuadro 16). Al respecto la investigación realizada por Santin et al. (2017) quien aplicó diferentes tratamientos de biol y fertilizantes en el cultivo de frijol, el peso de vainas promedio registrado con el tratamiento de biol fue 33.8 gramos/planta siendo valor superior a lo reportado en el Cuadro 16.

5.5.5 Peso 100 semillas

Los resultados para el peso de 100 semillas (Cuadro 18) no presentaron diferencias significativas para los factores principales en estudio (F, S) y la interacción, alcanzando un coeficiente de variabilidad de 16.9% siendo aceptable. Los valores tuvieron una variación de promedios entre 34.49 hasta 43.15 g/100 semillas. En su trabajo de investigación Sueiro G. Alejandro et al. (2011) referido al uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol común evaluando cuatro tratamientos, encontró que el peso de 100 semillas tuvoun valor promedio de 21 g. siendo inferior a lo reportado en el Cuadro 18.

5.5.6 Rendimiento grano seco

La aplicación de las respectivas dosis foliares de biofertilizante (F) y aplicaciones de biofertilizante al suelo (S) y sus interacciones, no tuvieron influencia en los rendimientos ya que no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los factores, esto con un coeficiente de variabilidad de 26.3 % (Cuadro 21). Estos rendimientos tuvieron valores

promedios entre 494.55 Kg/ha y 678.58 kg/ha para la combinación de factores o tratamientos (Cuadro 20). Al respecto los resultados de García R. (2018) en el rendimiento de grano con cultivo de frijol, utilizando tres dosis de biol obtuvo valores de 691.52, 756.89, 767.30, 705.77 kg/ha presentado similitud con los datos de la presente investigación realizada (Cuadro 20).



CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Al respecto se presentan las siguientes conclusiones:

1. El residuo orgánico frass derivado de la mosca soldado (*Hermethia illucens*) presentó una baja densidad aparente 0.2 g/cc, conductividad eléctrica alta (15.46 dS/m), bajo aporte de macronutrientes y un representativo aporte de microelementos entre ellos cobre y zinc. El pH registrado fue 6.8 considerado un valor aceptable.
2. El biofertilizante elaborado a base del residuo orgánico frass presentó una densidad de 1.0g/cc con un valor alto de conductividad eléctrica 16.55 dS; alto aporte de nitrógeno, fósforo y potasio como también aportes representativos de microelementos. Se encontró alta concentración de elementos pesados como aluminio cadmio, cobalto, litio, plomo y zinc. No se detectó la presencia de Salmonella spp.
3. La aplicación del biofertilizante vía suelo favoreció el aumento de fósforo, potasio, azufre, cobre, zinc, hierro y boro en las hojas de frijol. Así mismo; la aplicación foliar del biofertilizante incrementó la concentración de calcio, magnesio y manganeso en dichas hojas. La materia seca total se favoreció significativamente con la dosis de biofertilizante vía suelo al 10%, en tanto que las dosis foliares no promovieron el incremento de materia seca

CAPTULO VII

RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones de ejecución de la presente investigación se recomienda lo siguiente:

1. Efectuar aplicaciones de biofertilizante vía suelo a la concentración de 10% con la finalidad de favorecer el incremento de materia seca del cultivo de frijol.

2. Para las aplicaciones foliares del biofertilizante, que en el presente trabajo de investigación fue 5 y 10 %, se recomienda realizar otras investigaciones incrementando las dosis de aspersión foliar.
3. Se recomienda realizar nuevas evaluaciones con respecto al contenido de elementos pesados del biofertilizante, detectados como altos en la presente investigación, ya que todo el proceso de digestión se realizó en depósitos metálicos que pudo haber influido en la concentración final.



REFERENCIAS

- Aldana José Manuel. (2011). *Manual de Agronomía, Laboratorios A-L de México*.
- Aliaga Nelly. (2007). *PRODUCCIÓN DE BIOL SUPERMAGRO*.
- Bazán, León, Ling, Alarcón, Linares, Zuiko, Pérez, Canales, Valer, & Mora. (2014). *Producción y uso de abonos orgánicos: Biol, compost y humus Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social-FONCODES 2*.
- Biobolsa®, S., & Biol, M. De. (2015). *Sistema BIOBOLSA*. www.sistemabiobolsa.com
- Botero, & Preston. (1987). *BIODIGESTOR DE BAJO COSTO PARA LA PRODUCCION DE COMBUSTIBLE Y FERTILIZANTE A PARTIR DE EXCRETAS*.
- Cárdenas C, J. Q. U. L. M. C. V. (2013). *Calidad de biogás y biol obtenidos a partir residuos orgánicos domésticos pretratados con la técnica del bocashi*.
- Cárdenas, J. (2012). *Evaluación de la calidad de biogás y biol en digestores utilizando estiércol de vaca y residuos orgánicos del comedor pre-tratados con la técnica del bocashi en la UNALM*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cendales, & Jiménez. (2014). Modelamiento computacional de la producción de energía renovable a partir del biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino. *Revista EAN*, 77, 42–63. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- CEPIS. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales*.
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 35, 68–80. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2014.09.026>
- Corrales, L. C., Romero, D. M. A., Macías, J. A. B., & Vargas, A. M. C. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *NOVA*, 13(24), 55–82. <https://doi.org/10.22490/24629448.1717>
- De Ron, A. M., & Santalla, M. (2013). *Phaseolus vulgaris (Beans)*. *Brenner's Encyclopedia of Genetics: Second Edition*, 290–292. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374984-0.01145-1>
- Erick, D., Ochoa, R., Rivera, R. C., Antonio, M., & Quezada, E. (2016). *APLICACIÓN DE BIOL Y RIEGO POR GOTEO EN DIFERENTES CULTIVARES DE CAÑAHUA (Chenopodium pallidicaule Aellen) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA Application of Biol and drip irrigation in different crops of cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen) at the Experimental Station Choquenaira*. 1–9.
- García Mendivil Helio Adán, B. C. P. J. C. E. L., Mungarro Ibarra Catalina, A. G. M. M. J., & Gutiérrez Coronado Marco Antonio. (2013). *Effect of Fertilization with Used Mushroom Substrate Based Compost on Phaseolus vulgaris L. Yield*. 1–8.

- García R.Jarol E.;Umanzor L., A. V. (2018). *Efecto de tres dosis de Biol en el cultivo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.), cv. INTA Fuerte Sequía en la finca El Plantel, Masaya.*
- Gärttling, D., & Schulz, H. (2022). Compilation of Black Soldier Fly Frass Analyses. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 937–943. <https://doi.org/10.1007/S42729-021-00703-W/TABLES/2>
- Huerto. (2022). *Características y cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris) | BosqueVirgen.com.* <https://bosquevirgen.com/huerto/caracteristicas-y-cultivo-del-frijol-phaseolus-vulgaris/>
- Hujanen, M., Linko, S., Linko, Y. Y., & Leisola, M. (2001). Optimisation of media and cultivation conditions for L(+)(S)-lactic acid production by *Lactobacillus casei* NRRL B-441. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56(1–2), 126–130. <https://doi.org/10.1007/S002530000501>
- METRIS ICA. (1972). *COMPOSICION DE LOS ESTIERCOLES.*
- IDAE. (2007). *Biomasa: Digestores anaerobios.*
- INIA. (2008). *El Biol.* 1–11.
- Kaya, M., Atak, M., Khawar, M., Çiftçi, C. Y., & Özcan, S. (2005). *Effect of Pre-Sowing Seed Treatment with Zinc and Foliar Spray of Humic Acids on Yield of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.).* <http://www.ijab.org>
- Khaemba, B. M., & Ogenga-Latigo, M. W. (1985). Effects of the interaction of two levels of the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Homoptera: Aphididae), and four stages of plant growth and development on the performance of the common bean, *Phaseolus vulgaris* L., under greenhouse conditions in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 6(06), 645–648. <https://doi.org/10.1017/S1742758400002824>
- Lara Capistrán Liliana, H. M. L. G. R. J. J. P. R. P. Z. R. R. (2019). *Respuesta agronómica de Phaseolus vulgaris a la biofertilización en campo.*
- Li, L., Feng, L., Zhang, R., He, Y., Wang, W., Chen, C., & Liu, G. (2015). Anaerobic digestion performance of vinegar residue in continuously stirred tank reactor. *Bioresource Technology*, 186, 338–342. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2015.03.086>
- M. del Pozo Yanelly, D. Álvarez Maximino E., & V. León Eneida E. (2008). *Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.* 1–5. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93217106>
- Manrique, S., Ojeda, M., Sánchez, J., & Curbelo, A. (2021). Sistemas de Biomasa y Bioenergía: Casos Ejemplares En Iberoamérica. Hacia la sustentabilidad bioenergética territorial. *National Scientific and Technical Research Council.* https://www.researchgate.net/publication/353924493_Sistemas_de_Biomasa_y_Bioenergia_Casos_Ejemplares_En_Iberoamerica_Hacia_la_sustentabilidad_bioenergetica_territorial
- Martí, H. (2019). *Biodigestores Tobulares Guía de diseño y Manual de Instalación.* 0, 2–20. <https://www.ideassonline.org/public/pdf/BiodigestoresTubularesManual-ESP.pdf>

- Mejía Bermúdez, Y. , Á. A. M. , & L. B. G. (2011). *EFFECTIVIDAD DE UN BIOFERTILIZANTE FOLIAR SOBRE EL CULTIVO DE FRIJOL COMÚN (PHASEOLUS VULGARIS), BLUEFIELDS, R.A.A.S.* 128–140.
- Minolta Konica. (2009). *Un medidor ligero y manejable para medir el contenido de clorofila de las hojas sin causar daño a las plantas.*
- Mojeda, Bertolí, & Zaffaroni. (1999). *EVALUACIONES DE PLAGAS INSECTILES EN AGROECOSISTEMAS DE INTERCALAMIENTO DE MAÍZ (Zea mays, L) Y FRIJOL (Phaseolus vulgaris, L) CON YUCA (Manihot esculenta, Crantz) | Current Agricultural Science and Technology.* <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/297>
- Morales G., A. A. ; T. B. G. B. (2023). *EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOL DE FORMA EDÁFICA Y FOLIAR CON DOS CONCENTRACIONES EN EL CULTIVO DE FRÉJOL (PHASELOUS VULGARIS L.).* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ.
- Morrison, L. A. (2004). *TAXONOMIC CLASSIFICATION OF GRAIN SPECIES.*
- Nandayure, M. (2010). *Uso de larvas de mosca soldado negro(hermetia illusens)para el manejo de residuos municipales organicos .* Universidad Earth.
- Olaya, & Gonzáles. (2009). *FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE BIODIGESTORES.*
- Pérez. (2016). *Evaluación de cinco cultivares de frijol común (Phaseolus vulgaris L).* 27. https://books.google.com/books/about/Evaluaci%C3%B3n_de_cinco_cultivares_de_frijo.html?hl=es&id=IJX5DwAAQBAJ
- QUILLIAM R, N.-A. C. M. P. L. D. N. R. & M. F. (2020). *Integrating insect frass biofertilisers into sustainable peri-urban agro-food systems. Journal of Insects as Food and Feed.* 315–322.
- Ramirez, H. Q., Cadillo, W. T., & Morales, J. J. (2016). Evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca. *Ecología Aplicada*, 15(2), 133–142. <https://doi.org/10.21704/REA.V15I2.753>
- Ramón, Romero, & Simanca. (2013). *DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE CANECAS EN SERIE PARA OBTENER GAS METANO Y FERTILIZANTE A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN DE EXCREMENTOS DE CERDO.*
- Rehman, K. U. , C. M. , X. X. , Z. L. , W. H. , S. A. A. , Z. Y. , L. W. , Y. Z. , & Z. J. (2017). *Cellulose decomposition and larval biomass production from the co-digestion of dairy manure and chicken manure by mini-livestock (Hermetia illucens L.).* 458–465.
- Rivas, Faith, & Guillén. (2009). *Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad.*
- Santin, E. B., Escuela, C., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2017). *Efecto de la aplicación del Biol en el cultivo del Frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano Honduras.*
- Sathe, S. K. (2016). Beans: Overview. *Encyclopedia of Food Grains: Second Edition*, 1–4, 297–306. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00033-4>

- Schmitt, E., & de Vries, W. (2020). Potential benefits of using *Hermetia illucens* frass as a soil amendment on food production and for environmental impact reduction. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 25, 100335. <https://doi.org/10.1016/J.COGSC.2020.03.005>
- Singh, A., & Kumari, K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251, 109569. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.109569>
- Siura, S., Montes, I., & Dávila, S. (2009). Efecto del biol y la rotación con abono verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea*) bajo cultivo orgánico. *Anales Científicos UNALM*, 70(1), 1–8.
- Smetana, S., Schmitt, E., & Mathys, A. (2019). Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 285–296. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.01.042>
- Soto, H. (2003). *GUSANOS DE LA HARINA (Tenebrio Molitor)*.
- Sueiro G. Alejandro, Rodríguez P. Miriela, & de la Cruz M. Solande. (2011). *EL USO DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DEL FRIJOL: UNA ALTERNATIVA PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN SAGUA LA GRANDE*.
- Torres T., A., Quipuzco U., L., & Meza C., V. (2015a). INFLUENCIA DE LA FERMENTACIÓN LÁCTICA (ABONO BOKASHI) EN EL PRE-COMPOST PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y BIOL EN BIODIGESTORES TIPO BATCH. *Anales Científicos*, 76(2), 269. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.791>
- Torres T., A., Quipuzco U., L., & Meza C., V. (2015b). INFLUENCIA DE LA FERMENTACIÓN LÁCTICA (ABONO BOKASHI) EN EL PRE-COMPOST PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y BIOL EN BIODIGESTORES TIPO BATCH. *Anales Científicos*, 76(2), 269. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.791>
- V. Ramana, M. R. K. P. K. B. R. (2010). *EFFECT OF BIO-FERTILIZERS ON GROWTH, YIELD ATTRIBUTES AND YIELD OF FRENCH BEAN (PHASEOLUS VULGARIS L.)*.
- Van Looveren, N., Vandeweyer, D., & Van Campenhout, L. (2022). Impact of heat treatment on the microbiological quality of frass originating from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Insects*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/insects13010022>
- Vera, A., & Cepis. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales: producción de gas y saneamiento de efluentes*.
- Warnars, & Oppenoorth. (2014). *Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad*.
- White, J. W. (1988). CONCEPTOS BASICOS DE FISIOLOGIA DEL FRIJOL. In 1988.
- Xiao, X. , M. L. , Y. Y. , C. M. , Z. L. , T. J. K. , Y. J. , van H. A. , Y. Z. , F. S. , & Z. J. (2018). *Efficient co-conversion process of chicken manure into protein feed and organic fertilizer by Hermetia illucens L. (Diptera: Stratiomyidae) larvae and functional bacteria*. 668–676.

- Xu, F., Khalaf, A., Sheets, J., Ge, X., Keener, H., & Li, Y. (2018a). Phosphorus Removal and Recovery From Anaerobic Digestion Residues. In *Advances in Bioenergy* (Vol. 3, pp. 77–136). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.aibe.2018.02.003>
- Xu, F., Khalaf, A., Sheets, J., Ge, X., Keener, H., & Li, Y. (2018b). Phosphorus Removal and Recovery From Anaerobic Digestion Residues. *Advances in Bioenergy*, 3, 77–136. <https://doi.org/10.1016/BS.AIBE.2018.02.003>
- Chiam, Z., Lee, J. T. E., Tan, J. K. N., Song, S., Arora, S., Tong, Y. W., & Tan, H. T. W. (2021). Evaluating the potential of okara-derived black soldier fly larval frass as a soil amendment. *Journal of Environmental Management*, 286, 112163.



ANEXOS

ANEXO 1. Características químicas del residuo orgánico frass.



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

ANÁLISIS N° : 732-01E05 -2022

LUGAR : AREQUIPA

FECHA DE RECEP. : 07/07/2022

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PREDIO : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MATRIZ : ENMIENDA ORGANICA SOLIDA

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA SÓLIDA - NUTRICIONAL
MUESTRA : FRASS DE HERMETIA ILLUCENS - MATERIA ORGÁNICA SÓLIDA

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a T = 19.6 °C (E.S)	6.80		MEOS - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C (E.S.)	15.46	dS/m	MEOS - 002	Electrométrico
Carbonato de Calcio	0.05	%	MEOS - 003	Gravimétrico
Humedad	75.73	%	MEOS - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica	20.47	%	MEOS - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico	11.87	%		
Cenizas Totales	2.49	%	MEOS - 006	Gravimétrico
Impurezas	0.27	%	MEOS - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total (N _T)	0.60	%	MEOS - 008	Dumas
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	0.64	%	MEOS - 009	Colorimétrico
Potasio Total (K ₂ O)	0.54	%	MEOS - 010	FAAS
Calcio Total (CaO)	0.11	%	MEOS - 011	FAAS
Magnesio Total (MgO)	0.21	%	MEOS - 012	FAAS
Azufre Total (S)	0.03	%	MEOS - 013	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.03	%	MEOS - 014	FAAS
Cloro Total (Cl)	0.09	%	MEOS - 015	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	3.79	ppm	MEOS - 016	FAAS
Zinc Total (Zn)	27.54	ppm	MEOS - 017	FAAS
Manganeso Total (Mn)	20.25	ppm	MEOS - 018	FAAS
Hierro Total (Fe)	48.00	ppm	MEOS - 019	FAAS
Boro Total (B)	23.27	ppm	MEOS - 020	Colorimétrico
C / N	19.70			

Los resultados están expresados en muestra original.

UNITS:

g : Masa / Masa

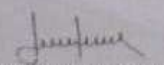
ppm : mg / Kg

(E.S.) : Extracto de Saturación

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

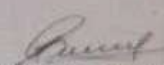
MEOS : Método Propio del Laboratorio

NOTA:
 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.



MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO





MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

ANEXO Análisis

2.

físicoquímico de
metales pesados
del
biofertilizante.



ANEXO Análisis



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Calle San José 1075 Urb. San José, Cusco 08002 Perú
Tel: 052 222 222 222 Fax: 052 222 222 222
E-mail: laboratorio@ucsm.edu.pe Web: www.ucsm.edu.pe
Año 2023 - 11111



INFORME DE ENSAYO N° ANA28D23.004829

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Universidad Católica de Santa María
Dirección del cliente : Urb. San José s/n Umacollo
RUC : 20141637941
Identificación del contacto : Dana Ramos
Descripción de la muestra : Biol

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
Tamaño de muestra : 1000 mL
Fecha de recepción : 28/04/2023
Fecha de ejecución de ensayo : 28/04/2023 al 04/05/2023
Fecha de emisión de informe : 05/05/2023
Página : 1 de 2

I. ANÁLISIS FISICOQUIMICO:

ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7		UNIDADES	RESULTADO
Ag		mg/L	0,000
Al		mg/L	25,070
As		mg/L	0,550
B		mg/L	15,060
Ba		mg/L	0,000
Be		mg/L	0,000
Ca		mg/L	532,800
Cd		mg/L	0,020
Co		mg/L	0,100
Cr		mg/L	0,000
Cu		mg/L	1,440
Fe		mg/L	45,370
K		mg/L	9278,000
Li		mg/L	5,030
Mg		mg/L	960,300
Mn		mg/L	6,630
Mo		mg/L	0,580
Na		mg/L	637,000
Ni		mg/L	0,570
P		mg/L	2692,000
Pb		mg/L	0,100
Sb		mg/L	0,460
Se		mg/L	0,210
Si		mg/L	241,800
Sn		mg/L	0,480
Sr		mg/L	5,250
Ti		mg/L	0,000

Código: LECC-15INF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-06-16 Aprobación por: DT

3. químico
nutricional del
biofertilizante.

ANEXO Análisis



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 414-01EOL -2023

PREDIO : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : BIOL

FECHA DE RECEP. : 13/04/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA LÍQUIDA - NUTRICIONAL

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - BIOL

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a Tem. 24.9 °C	8.45		MEOL - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C	16.55	µS/m	MEOL - 002	Electrométrico
Densidad a Tem. 24.9 °C	1.02	%	MEOL - 003	Gravimétrico
Sólidos Totales	2.84	%	MEOL - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica	1.59	%	MEOL - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico	0.92	%	MEOS - 025	Cálculo
Cenizas Disueltas (*)	0.82	%	MEOL - 006	Gravimétrico
Impurezas	0.42	%	MEOL - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total (N _T)	1157.20	ppm	MEOL - 008	Kjeldahl
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	1125.90	ppm	MEOL - 009	Colorimétrico
Potasio Total (K ₂ O)	4508.39	ppm	MEOL - 010	FAAS
Calcio Total (CaO)	268.42	ppm	MEOL - 011	FAAS
Magnesio Total (MgO)	375.68	ppm	MEOL - 012	FAAS
Azufre Total (S)	97.14	ppm	MEOL - 013	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	328.06	ppm	MEOL - 014	FAAS
Cloro Total (Cl)	341.64	ppm	MEOL - 015	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	0.08	ppm	MEOL - 016	FAAS
Zinc Total (Zn)	4.90	ppm	MEOL - 017	FAAS
Manganeso Total (Mn)	2.58	ppm	MEOL - 018	FAAS
Hierro Total (Fe)	28.61	ppm	MEOL - 019	FAAS
Boro Total (B)	5.99	ppm	MEOL - 020	Colorimétrico

Los resultados están expresados en muestra original.

DONDE:

(*) : Cenizas disueltas en HCl 50 % (v/v)
% : Masa / Volumen
ppm : mg / L
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEOL : Método Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

4. microbiológico
del
biofertilizante.

ANEXO Análisis

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Av. San José 2700, Urb. San José, s/n Umachillo, Arequipa - Perú
 20141637941
 Teléfono: 052 222 222 222

INFORME DE ENSAYO N° ANA20C23.004803

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente : Universidad Católica de Santa María
 Dirección del cliente : Urb. San José s/n Umachillo
 RUC : 20141637941
 Identificación del contacto : Dana Ramos
 Descripción de la muestra : Biol

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo : Por el cliente
 Tamaño de muestra : 200 mL
 Fecha de recepción : 20/03/2023
 Fecha de ejecución de ensayo : 20/03/2023 al 27/03/2023
 Fecha de emisión de informe : 27/03/2023
 Página : 1 de 1

I. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
NUMERACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, 9221 Método B Pag 9-80	NMP/100 mL a 35 °C	90 x 10 ³
NUMERACIÓN DE COLIFORMES FECALES Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, 9221 Método C Pag 9-87	NMP/mL	80 x 10 ³
NUMERACIÓN DE ESTAFILOCOCCOS AUREUS ICMSF Vol I Ed. II Met 5 pag 235-238 (Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acritbia)	NMP/mL	< 3
DETECCION DE Salmonella sp ICMSF Vol I Ed. II Met 1 pag 172-178 (Trad. 1978) Reimp 2000, Ed Acritbia)	AUSENCIA/ PRESENCIA en 25 mL	Ausencia

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

G.F. Ricardo A. Abril Ramirez
 COPIA 00524
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

Código: LECC-15NF-002F ED:01 Fecha de Aprobación: 2022-08-15 Aprobación por: DT

ANEXO Contenido foliar

5.

total del
Tratamiento 1.



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 333-06F -2023

PREDIO : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : HOJAS DE FRIJOL

FECHA DE RECEP. : 29/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL

MUESTRA : T1 - DANA

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	3.45	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.72	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	2.87	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.81	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.55	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.19	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.03	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	0.72	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	10.50	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	41.50	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	73.70	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	140.80	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	132.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	15.11	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 65°C.

DONDE:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Método Propio del Laboratorio

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Joffre Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Comitente de Obras Sociales y de Instrucción Popular

América Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Mail: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

6.

2

ANEXO Contenido foliar del Tratamiento



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 333-07F -2023

PREDIO : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : HOJAS DE FRIJOL

FECHA DE RECEP. : 26/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL

MUESTRA : T2 - DANA

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	3.50	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.68	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	3.66	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.45	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.54	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.20	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.03	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	1.17	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	10.25	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	45.75	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	60.15	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	144.25	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	251.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	15.70	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 65°C.

DONDE:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MET : Método Propio del Laboratorio

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Comitente de Obras Sociales y de Instrucción Popular

América Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

7.

3.

ANEXO Contenido foliar del Tratamiento



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
PREDIO : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
MATRIZ : HOJAS DE FRIJOL

ANÁLISIS N° : 333-08F -2023
LUGAR : Arequipa
FECHA DE RECEP. : 20/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL

MUESTRA : T3 - DANA

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	3.32	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.46	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	3.93	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	2.12	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.63	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.15	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.04	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	1.56	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	7.80	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	30.05	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	86.20	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	168.30	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	183.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	18.20	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 55°C.

CONDICIONES:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Comitad de Obras Sociales y de Instrucción Popular

avenida Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
mail: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

ANEXO Contenido foliar del Tratamiento



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 333-09F -2023

PREDIO : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : HOJAS DE FRIJOL

FECHA DE RECEP. : 20/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL
MUESTRA : T4 - DANA

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	3.21	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.72	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	3.75	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.67	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.59	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.23	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.03	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	1.09	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	10.20	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	41.75	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	64.45	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	137.30	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	133.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	17.71	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 65°C.

DONDE:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexia Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Comitadora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

9.

5.

ANEXO Contenido foliar del Tratamiento



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS Nº : 333-10F -2023

PREDIO : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : HOJAS DE FRIJOL

FECHA DE RECEP. : 20/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL

MUESTRA : T5 - DANA

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	3.77	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.67	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	2.69	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.74	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.50	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.18	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.03	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	0.66	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	8.90	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	41.70	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	75.30	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	112.55	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	130.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	15.94	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 65°C.

DONDE:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Comitente de Obras Sociales y de Instrucción Popular

América Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

ANEXO

10.

Contenido
foliar del
Tratamiento
6.



ANEXO



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 333-11F -2023

PREDIO : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : HOJAS DE FRIJOL

FECHA DE RECEP. : 20/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR - NUTRICIONAL

MUESTRA : T6 - DANA

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Nitrógeno Total (N _T)	3.17	%	MEF - 001	Dumas
Fósforo Total (P)	0.57	%	MEF - 002	Colorimétrico
Potasio Total (K)	4.32	%	MEF - 003	FAAS
Calcio Total (Ca)	1.64	%	MEF - 004	FAAS
Magnesio Total (Mg)	0.53	%	MEF - 005	FAAS
Azufre Total (S)	0.28	%	MEF - 006	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.04	%	MEF - 007	FAAS
Cloro Total (Cl)	2.02	%	MEF - 008	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	8.80	ppm	MEF - 009	FAAS
Zinc Total (Zn)	35.95	ppm	MEF - 010	FAAS
Manganeso Total (Mn)	76.15	ppm	MEF - 011	FAAS
Hierro Total (Fe)	149.35	ppm	MEF - 012	FAAS
Boro Total (B)	162.00	ppm	MEF - 013	Colorimétrico
Materia Seca	14.19	%	MEF - 014	Gravimétrico

Los resultados están expresados en muestra seca a 65°C.

DONDE:

% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEF : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Comitente de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Americana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

ANEXO

11.

Número de
plantas por
unidad
experiment
al al 15 de
abril del
2023.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	9	8	11	5	4	5
R2	7	7	6	7	7	8
R3	7	12	8	7	6	8
R4	4	4	6	6	5	5
PROMEDIO	6,75	7,75	7,75	6,25	5,5	6,5

ANEXO 12. Evaluación del contenido de clorofila a los 33 días después de la siembra.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10 %
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	24,25	24	21,9	22,95	24,35	24,05
R2	25,2	24,8	25	25,7	25,3	25,2
R3	28,25	27,9	29,7	29,5	29,3	26,3
R4	30,8	31,55	31,45	30,5	31,8	32,55
PROMEDIO	27,13	27,06	27,01	27,16	27,69	27,03

13. Evaluación del contenido de clorofila a los 48 días después de la siembra.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%

ANEXO

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	26,2	25,75	24,5	26,3	23	21,2
R2	28,05	27,75	27,5	22,9	28,35	27,95
R3	29,75	26,3	26,3	27,25	28,5	30
R4	31,5	28,85	29,2	32,05	31,8	33,15
PROMEDIO	28,88	27,16	26,88	27,13	27,91	28,08

ANEXO 14. Evaluación del contenido de clorofila a los 65 días después de la siembra.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	28,5	26,05	29,1	32,85	28	33,5
R2	27,3	29,2	34,3	31,75	30,15	30
R3	27,75	30,9	27,85	34,35	27,86	29,25
R4	29,55	32,4	28,2	28,15	28,5	33
PROMEDIO	28,28	29,64	29,86	31,78	28,63	31,44

15. Evaluación del contenido de clorofila a los 81 días después de la siembra.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	28,5	26,05	29,1	32,85	28	33,5
R2	26,9	29,2	34,3	31,75	30,15	29,60
R3	27,75	30,9	27,85	29,35	27,95	29,25
R4	29,55	32,4	28,2	28,15	28,5	33
PROMEDIO	28,18	29,64	29,86	30,53	28,65	31,34

ANEXO

ANEXO 16. Evaluación del contenido de clorofila a los 96 días después de la siembra.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10 %
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	27,9	23,85	23,3	28,15	21,2	27,25
R2	28,8	30,8	28,85	27,55	29,8	28,9
R3	28,95	30	28,2	28,2	27,95	30
R4	28,75	29,65	29,75	31,15	28,85	30
PROMEDIO	28,60	28,58	27,53	28,76	26,95	29,04

ANEXO 17. Evaluación de altura a los 33 días después de la siembra.

REPETICION	F1 0%		F2 5%		F3 10%	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
R1	6,05	4,57	3,60	3,70	4,05	5,30
R2	6,80	6,40	6,75	7,00	6,43	7,15
R3	10,10	12,17	12,67	14,87	13,27	12,90
R4	13,37	14,33	13,37	13,67	14,47	13,93
PROMEDIO	9,08	9,37	9,10	9,81	9,55	9,82

ANEXO 18. Evaluación de altura a los 48 días después de la siembra. (cm)

REPETICION	F1 0%		F2 5%		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	11,63	12,40	13,58	11,18	11,18	12,10
R2	12,70	13,45	11,33	12,33	12,60	13,20

R3	15,45	16,23	16,78	18,70	17,85	16,45
R4	20,18	21,45	22,03	24,23	22,18	23,30
PROMEDIO	14,99	15,88	15,93	16,61	15,95	16,26

ANEXO 19. Evaluación de altura a los 65 días después de la siembra (cm).

REPETICION	F1 0%		F2 5%		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	25,17	30,28	27,63	24,15	23,78	26,65
R2	29,20	30,35	26,70	27,53	25,65	29,75
R3	33,40	31,43	33,90	32,10	29,80	29,13
R4	36,20	36,43	34,00	34,40	32,93	32,55
PROMEDIO	30,99	32,12	30,56	29,54	28,04	29,52

ANEXO 20. Evaluación de altura a los 81 días después de la siembra (cm).

REPETICION	F1 0%		F2 5%		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6

R1	35,07	35,37	36,78	36,93	34,93	37,23
R2	35,45	41,38	36,35	37,18	36,48	40,53
R3	42,28	41,33	44,40	41,63	39,85	33,75
R4	43,00	43,68	43,78	40,73	41,10	42,10
PROMEDIO	38,95	40,44	40,33	39,11	38,09	38,40

ANEXO 21. Evaluación de altura a los 96 días después de la siembra (cm).



REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	6,45	24,07	11,19	3,55	13,92	19,67
R2	20,7	30,29	10,4	17,65	6,99	15,1
R3	8,9	2,9	8,1	21,97	8,47	9,1
R4	15,8	8,9	12,77	12,62	22,25	14,75

PROMEDIO	12,96	16,54	10,62	13,95	12,91	14,66
REPETICION	F1 0%		F2 5%		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	46,80	46,45	49,05	47,15	47,05	49,43
R2	51,10	54,25	52,60	49,35	46,65	53,08
R3	55,88	52,03	55,38	55,73	50,75	45,50
R4	54,08	51,00	52,15	54,23	51,60	53,95
PROMEDIO	51,96	50,93	52,29	51,61	49,01	50,49

ANEXO 22. Peso seco radicular por tratamiento al 05 de abril de 2023 (gr).

ANEXO 23. Peso seco aérea por tratamiento al 05 de abril de 2023 (gr).

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	10,35	20,36	19,51	27,17	23,25	20,28
R2	25,12	17,61	33,92	30,78	9,87	20,62

R3	13,85	12,01	13,75	16,19	15,57	15,63
R4	12,58	11,85	8,47	25,7	20,55	21,62
PROMEDIO	15,48	15,46	18,91	24,96	17,31	19,54

ANEXO 24. Peso de vainas por unidad experimental al 05 de abril de 2023 (gr).

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	15,86	42,2	40,87	20,47	14,61	15,13
R2	29,12	30,47	28,31	55,81	20,39	87,25
R3	20,44	55,67	25,39	31,96	38,98	31,33
R4	29,66	17,86	11,02	7,46	41,8	24,16
PROMEDIO	23,77	36,55	26,40	28,93	28,95	39,47

25. Número de granos por unidad experimental al 15 de abril del 2023.

REPETICION	F1 0 %		F2 5 %		F3 10%	
	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%	S1 0%	S2 10%
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1	79	99	76	58	29	20
R2	51	76	113	103	36	154
R3	66	117	67	45	73	82
R4	68	25	27	28	76	55
PROMEDIO	66	79,25	70,75	58,5	53,5	77,75



ANEXO 26. Primer análisis de
suelo.



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 328-01EOS -2023

PREDIO : ALEXANDRA CORRALES CENTENO

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : COMPOST

FECHA DE RECEP. : 17/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA SÓLIDA - NUTRICIONAL
MUESTRA : MUESTRA A - ANTES - 01-01-23

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a Tem 27 °C (E.S)	7.25		MEOS - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C.(E.S.)	22.41	dS/m	MEOS - 002	Electrométrico
Carbonato de Calcio	1.06	%	MEOS - 003	Gravimétrico
Humedad	29.15	%	MEOS - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica	7.57	%	MEOS - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico	4.39	%	MEOS - 005	Cálculo
Cenizas Solubles (*)	4.12	%	MEOS - 006	Gravimétrico
Impurezas	58.11	%	MEOS - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total (N _t)	0.58	%	MEOS - 008	Dumas
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	0.42	%	MEOS - 009	Colorimétrico
Potasio Total (K ₂ O)	0.37	%	MEOS - 010	FAAS
Calcio Total (CaO)	1.20	%	MEOS - 011	FAAS
Magnesio Total (MgO)	0.26	%	MEOS - 012	FAAS
Azufre Total (S)	0.17	%	MEOS - 013	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.19	%	MEOS - 014	FAAS
Cloro Total (Cl)	0.14	%	MEOS - 015	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	10.90	ppm	MEOS - 016	FAAS
Zinc Total (Zn)	47.35	ppm	MEOS - 017	FAAS
Manganeso Total (Mn)	150.55	ppm	MEOS - 018	FAAS
Hierro Total (Fe)	1349.00	ppm	MEOS - 019	FAAS
Boro Total (B)	80.00	ppm	MEOS - 020	Colorimétrico
C / N	7.57		MEOS - 020	Cálculo

Los resultados están expresados en muestra original.

DONDE:

(*) : Cenizas disueltas en H₂O 50 % (v/v)

% : Masa / Masa

ppm : mg / Kg

(E.S) : Extracto de Solución

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

MEOS : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

27. Segundo análisis de suelo.



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 328-02EOS -2023

PREDIO : ALEXANDRA CORRALES CENTENO

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : COMPOST

FECHA DE RECEP. : 17/03/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA SÓLIDA - NUTRICIONAL
MUESTRA : MUESTRA A - DESPUES - 08-03-23

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a Tem. 27 °C (E.S.)	7.34		MEOS - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C.(E.S.)	3.07	dS/m	MEOS - 002	Electrométrico
Carbonato de Calcio	0.80	%	MEOS - 003	Gravimétrico
Humedad	30.00	%	MEOS - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica	6.72	%	MEOS - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico	3.90	%	MEOS - 025	Cálculo
Cenizas Solubles (*)	2.83	%	MEOS - 006	Gravimétrico
Impurezas	59.65	%	MEOS - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total (N _T)	0.45	%	MEOS - 008	Dumas
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	0.41	%	MEOS - 009	Colorimétrico
Potasio Total (K ₂ O)	0.15	%	MEOS - 010	FAAS
Calcio Total (CaO)	1.25	%	MEOS - 011	FAAS
Magnesio Total (MgO)	0.23	%	MEOS - 012	FAAS
Azufre Total (S)	0.09	%	MEOS - 013	Turbidimétrico
Sodio Total (Na)	0.06	%	MEOS - 014	FAAS
Cloro Total (Cl)	0.02	%	MEOS - 015	Argentométrico
Cobre Total (Cu)	7.05	ppm	MEOS - 016	FAAS
Zinc Total (Zn)	41.70	ppm	MEOS - 017	FAAS
Manganeso Total (Mn)	125.60	ppm	MEOS - 018	FAAS
Hierro Total (Fe)	1172.25	ppm	MEOS - 019	FAAS
Boro Total (B)	69.00	ppm	MEOS - 020	Colorimétrico
C / N	8.67		MEOS - 026	Cálculo

Los resultados están expresados en muestra original.

DONDE:

(*) : Cenizas disueltas en H₂O 50 % (v/v)

% : Masa / Masa

ppm : mg / Kg

(E.S.) : Extracto de Saturación

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

MEOS : Método Propio del Laboratorio

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

28. Análisis de agua.





VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 437 - 01A - 2023

PREDIO : TESIISTA DANA RAMOS

LUGAR : Arequipa

MATRIZ : AGUA DE POZO

FECHA DE RECEP. : 22/04/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA - NUTRICIONAL

MUESTRA : MUESTRA N. 01

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a 24.6 °C	6.92		EPA 150.1	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C	0.27	mS / cm	EPA 120.1	Electrométrico
Calcio (Ca)	1.04	mEq-g / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio (Mg)	0.55	mEq-g / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio (Na)	1.15	mEq-g / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio (K)	0.09	mEq-g / L	EPA 250.1	FAAS
Amonio (NH ₄ ⁺)	< 0.01	mEq-g / L	UNE 77028:1983	Volumétrico
Cloruro (Cl)	0.97	mEq-g / L	SM 4500 Cl- B	Argentométrico
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	1.40	mEq-g / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato (NO ₃ ⁻)	< 0.02	mEq-g / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	< 0.02	mEq-g / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	0.52	mEq-g / L	SM 2320 B	Volumétrico
Fósforo (H ₃ PO ₄)	< < 0.01	mEq-g / L	SM 4500-P B,E	Colorimétrico
Cobre (Cu)	< 0.01	ppm	EPA 220.1	FAAS
Zinc (Zn)	< 0.01	ppm	EPA 289.1	FAAS
Manganeso (Mn)	< 0.01	ppm	EPA 243.1	FAAS
Hierro (Fe)	< 0.01	ppm	EPA 236.1	FAAS
Boro (B)	0.26	ppm	ISO 9350 : 1990	Colorimétrico
R. A. S.	1.29		MEA - 002	Cálculo Matemático

DONDE:

R.A.S. Reacción de Adsorción de Sodio
ppm mg / L
MEA Método propio del Laboratorio
FAAS Espectrometría de Absorción Atómica

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

29. Temperatura ambiente en invernadero.

FECHA	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA %
10/11/2022	27.9	25
12/11/2022	24.7	45
15/11/2022	27.6	27
18/11/2022	24.8	28
21/11/2022	27.9	30
23/11/2022	29.1	29
25/11/2022	21.2	27
28/11/2022	20.8	25
30/11/2022	24.2	26
02/12/2022	23.7	23
04/12/2022	21.8	24
06/12/2022	26.8	31
09/12/2022	28	30
13/12/2022	29.3	28
15/12/2022	34.1	23
18/12/2022	28.1	21
20/12/2022	27.6	30
23/12/2022	28.7	23
27/12/2022	24.5	48
29/12/2022	32.8	21
30/12/2022	27	23
02/01/2023	27.5	26
04/01/2023	28.8	24
07/01/2023	29	22
09/01/2023	27	23
12/01/2023	32	23
14/01/2023	28.3	24
16/01/2023	27.7	22
18/01/2023	26.1	27
21/01/2023	21.6	26
24/01/2023	19.8	20
27/01/2023	17.1	28
28/01/2023	32.5	35
30/01/2023	26.8	37
01/02/2023	23.7	48
05/02/2023	25.1	54
07/02/2023	26.7	33
09/02/2023	20.9	31
13/02/2023	27	38
18/02/2023	24.1	39
21/02/2023	27.4	33
25/02/2023	25.2	41
28/02/2023	30.5	39
04/03/2023	26.8	37
07/03/2023	31.1	27

08/03/2023	32.3	29
10/03/2023	34.3	37
14/03/2023	30.1	35
15/03/2023	34.3	37
16/03/2023	29.8	40
20/03/2023	36.4	34

