

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“FERTILIZACIÓN EN VAINITA (*Phaseolus vulgaris* L.) CV. COSMOS
EMPLEANDO ENMIENDAS ORGÁNICAS BAJO CONDICIONES DE
LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÓNOMA**

YERALDINE VANESSA VIVANCO VIZARRETA

LIMA – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	VIVANCO VIZARRETA REV.pdf (D163327305)
Submitted	4/6/2023 3:13:00 PM
Submitted by	Isabel
Submitter email	imontes@lamolina.edu.pe
Similarity	6%
Analysis address	isabel.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Informe_pr%C3%A1ctica_1.pdf Document Informe_pr%C3%A1ctica_1.pdf (D141730993)		1
SA	Enraizamineto.pdf Document Enraizamineto.pdf (D128706690)		1
W	URL: https://www.slideshare.net/consultoriauniversidad/boletin-epidemiologico-05 Fetched: 11/6/2021 3:40:19 PM		1
SA	Molina_Soledad_INFORME.pdf Document Molina_Soledad_INFORME.pdf (D35757392)		1
SA	TESIS VERA ALCIVAR ALVARO MAURICIO .docx Document TESIS VERA ALCIVAR ALVARO MAURICIO .docx (D13718525)		1

Entire Document

RESUMEN La vainita es un alimento con un alto valor nutritivo e importante para el consumo humano. Además, es capaz de fijar nitrógeno simbióticamente. En su manejo de fertilización la utilización de enmiendas orgánicas es una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo, evitar problemas ambientales por el uso excesivo de fertilizantes minerales y los escasos recursos. Por este motivo, en la presente investigación se evaluó la calidad, rendimiento, concentración de nitrógeno en la vaina y adicionalmente el pH y C.E. del suelo después de la aplicación de las diferentes enmiendas orgánicas de biochar y compost en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos. El experimento se realizó en La Molina-Lima en el año 2018. El suelo es un Franco Arcilloso Arenoso, con pH de 7.81 y una C.E. de 1.93 dS m⁻¹. El experimento consistió en un testigo y tratamientos con biochar (0.5 Mg ha⁻¹), compost (5 Mg ha⁻¹) y biochar más compost (0.25 + 2.5 Mg ha⁻¹). Con la instalación de un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). En los resultados la aplicación de biochar y compost no presentó diferencias estadísticas en el rendimiento, obteniéndose 4.6, 4.7, 4.5 y 3.7 Mg ha⁻¹ en los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost, respectivamente. En la calidad de la vainita resultó un valor promedio de 12.7 y 0.85 cm de largo y diámetro de la vaina. En la concentración de nitrógeno en la vaina resultó 42.91, 40.18, 38.99 y 42.63 g kg⁻¹ en los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost, respectivamente. No presentó diferencias estadísticas. En la evaluación del suelo a los 97 DDS

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“FERTILIZACIÓN EN VAINITA (*Phaseolus vulgaris* L.) CV. COSMOS
EMPLEANDO ENMIENDAS ORGÁNICAS BAJO CONDICIONES DE
LA MOLINA”**

YERALDINE VANESSA VIVANCO VIZARRETA

**Tesis para optar el Título de:
INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....

Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto

PRESIDENTE

.....

Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Diaz

ASESOR

.....

Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vílchez

MIEMBRO

.....

Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Jaulis Cancho

MIEMBRO

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios, por la familia que me otorgó, quienes han creído en mí siempre, aun cuando yo misma no lo hacía.

A mis padres, Aldo y Noelia, por sus consejos, apoyo, dedicación y motivación para poder seguir mis metas profesionales y personales. A mis hermanos Italo y Thiago, por acompañarme siempre.

A Pierre, por ser y sobre todo por estar

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, Ing. Mg. Sc. Andrés Virgilio Casas Díaz, por su conocimiento, colaboración, confianza y paciencia, así como su constante seguimiento para desarrollar y hacer posible la presente tesis.

Al programa El Huerto, por su valioso apoyo en la elaboración de la parte experimental del presente proyecto.

Al personal técnico del Laboratorio de Fertilidad del Suelo y del laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía.

Al CONSAS: Taller de Conservación de Suelos y Agricultura Sostenible de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por proporcionarme el compost que fue utilizado en el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. ORIGEN.....	3
2.2. TAXONOMÍA.....	3
2.3. IMPORTANCIA NUTRICIONAL.....	4
2.4. CULTIVO DE VAINITA.....	4
2.5. CULTIVAR COSMOS.....	7
2.6. BIOCHAR.....	8
2.7. COMPOST.....	9
2.8. APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGANICAS EN EL CULTIVO DE VAINITA.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	12
3.1.1. Ubicación geográfica.....	12
3.2. CLIMA.....	12
3.3. SUELO.....	13
3.4. MATERIALES.....	13
3.5. PROCEDIMIENTOS.....	14
3.6. TRATAMIENTOS.....	15
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
3.7.1. Características del campo experimental.....	17
3.8. EVALUACIONES.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. RENDIMIENTO.....	20
4.2. CALIDAD.....	21
4.3. BIOMASA.....	22
4.4. CONCENTRACIÓN DE NITROGENO.....	23
4.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y pH.....	25

V. CONCLUSIONES	28
VI. RECOMENDACIONES	29
VII. BIBLIOGRAFÍA	30
VIII. ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación botánica	3
Tabla 2: Composición nutricional de vainita en 100 g de alimento	4
Tabla 3: Datos de producción del cultivo de vainita	7
Tabla 4: Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento (2018)	12
Tabla 5: Características físicoquímicas del suelo del campo experimental	13
Tabla 6: Actividades realizadas	15
Tabla 7: Tratamientos del campo experimental	16
Tabla 8: Características de las fuentes orgánicas	16
Tabla 9: Rendimiento de vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas	21
Tabla 10: Calidad de producción de vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas.....	22
Tabla 11: Materia seca (%) en tallo, hoja y fruto en vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas	23
Tabla 12: Concentración de nitrógeno en hojas y fruto de vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas	24
Tabla 13: Conductividad eléctrica y pH del suelo a los 97 DDS empleando fuentes orgánicas.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Formas de la vaina	5
Figura 2: Precio promedio en chacra del cultivo de vainita	6
Figura 3: Mejora de la fertilidad mediante la adición de biochar.....	9
Figura 4: Esquema de distribución de tratamientos.....	17
Figura 5: C.E. en el suelo a los 47, 77 y 97 DDS empleando fuentes orgánicas.....	26
Figura 6: pH en el suelo a los 47, 77 y 97 DDS empleando fuentes orgánicas.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: ANOVA de la materia seca en hojas (%)	36
Anexo 2: ANOVA de la materia seca en tallos (%)	36
Anexo 3: ANOVA de la materia seca en fruto (%)	37
Anexo 4: ANOVA de la conductividad eléctrica del suelo (dS m^{-1}) a los 47 DDS	37
Anexo 5: ANOVA de la conductividad eléctrica del suelo (dS m^{-1}) a los 77 DDS	37
Anexo 6: ANOVA de la conductividad eléctrica del suelo (dS m^{-1}) a los 97 DDS	38
Anexo 7: ANOVA del pH en el suelo a los 47 DDS	38
Anexo 8: ANOVA del pH en el suelo a los 77 DDS	38
Anexo 9: ANOVA del pH en el suelo a los 77 DDS	39
Anexo 10: ANOVA de la concentración de N en las hojas	39
Anexo 11: ANOVA de la concentración de N en el fruto	39
Anexo 12: ANOVA del N extraído por vainas (kg ha^{-1})	40
Anexo 13: ANOVA de la longitud de fruto	40
Anexo 14: ANOVA del diámetro de fruto	40
Anexo 15: ANOVA de cantidad de vainitas	41
Anexo 16: ANOVA del rendimiento de vainitas	41
Anexo 17: Análisis de suelo	42
Anexo 18: Análisis de biochar y compost	43
Anexo 19: Campo experimental del cultivo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Cosmos	44
Anexo 20: Utilización de equipos	45
Anexo 21: Presencia de problemas fitosanitarios	46
Anexo 22: Molienda de la materia seca	46
Anexo 23: Análisis del contenido de nitrógeno	47

RESUMEN

La vainita es un alimento con un alto valor nutritivo e importante para el consumo humano. Además, es capaz de fijar nitrógeno simbióticamente. En su manejo de fertilización la utilización de enmiendas orgánicas es una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo, evitar problemas ambientales por el uso excesivo de fertilizantes minerales y los escasos recursos. Por este motivo, en la presente investigación se evaluó la calidad, rendimiento, concentración de nitrógeno en la vaina y adicionalmente el pH y C.E. del suelo después de la aplicación de las diferentes enmiendas orgánicas de biochar y compost en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos. El experimento se realizó en La Molina-Lima en el año 2018. El suelo es un Franco Arcilloso Arenoso, con pH de 7.81 y una C.E. de 1.93 dS m⁻¹. El experimento consistió en un testigo y tratamientos con biochar (0.5 Mg ha⁻¹), compost (5 Mg ha⁻¹) y biochar más compost (0.25 + 2.5 Mg ha⁻¹). Con la instalación de un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). En los resultados la aplicación de biochar y compost no presentó diferencias estadísticas en el rendimiento, obteniéndose 4.6, 4.7, 4.5 y 3.7 Mg ha⁻¹ en los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost, respectivamente. En la calidad de la vainita resultó un valor promedio de 12.7 y 0.85 cm de largo y diámetro de la vaina. En la concentración de nitrógeno en la vaina resultó 42.91, 40.18, 38.99 y 42.63 g kg⁻¹ en los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost, respectivamente. No presentó diferencias estadísticas. En la evaluación del suelo a los 97 DDS la C.E. y pH no mostraron diferencias significativas en respuesta a los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost. Sin embargo, presenta un incremento del 3.2% en el pH y 13 % en la C.E. del suelo del tratamiento biochar más compost con respecto al testigo.

Palabras clave: Biochar, Compost, Rendimiento, Calidad.

ABSTRACT

The vainita is a food with a high nutritional value and important for human consumption. In addition, it is capable of fixing nitrogen symbiotically. In its fertilization management, the use of organic amendments is an alternative to improve soil fertility, avoid environmental problems due to the excessive use of mineral fertilizers and the scarcity of resources. For this reason, in the present investigation the quality, yield, nitrogen concentration in the pod and additionally the pH and C.E. of the soil after the application of the different organic amendments of biochar and compost in the cultivation of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos. The experiment was carried out in La Molina-Lima in 2018. The soil is a Sandy Clay Loam, with a pH of 7.81 and an E.C. of 1.93 dS m⁻¹. The experiment consisted of a control and treatments with biochar (0.5 Mg ha⁻¹), compost (5 Mg ha⁻¹) and biochar plus compost (0.25 + 2.5 Mg ha⁻¹). With the installation of a Completely Random Block Design (DBCA). In the results, the application of biochar and compost did not present statistical differences in yield, obtaining 4.6, 4.7, 4.5 and 3.7 Mg ha⁻¹ in the control treatments, biochar, compost and biochar plus compost, respectively. In the quality of the pod, an average value of 12.7 and 0.85 cm in length and diameter of the pod resulted. In the concentration of nitrogen in the pod, it was 42.91, 40.18, 38.99 and 42.63 g kg⁻¹ in the control treatments, biochar, compost and biochar plus compost, respectively. I do not present statistical differences. In the evaluation of the soil at 97 DDS, the C.E. and pH did not show significant differences in response to the treatments of control, biochar, compost and biochar plus compost. However, it presents an increase of 3.2% in pH and 13% in C.E. of the soil of the biochar plus compost treatment with respect to the control.

Keywords: Biochar, Compost, Yield, Quality.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los alimentos importantes para el consumo humano es el *Phaseolus vulgaris* L. una leguminosa capaz de fijar nitrógeno simbióticamente y son cruciales en la producción de cultivos agrícolas (Remans *et al.*, 2007). Tienen un alto valor nutritivo debido al equilibrio de carbohidratos a proteínas y una alta diversidad de aminoácidos en comparación con los cereales, adicionalmente contienen vitaminas, fibra dietética y altas concentraciones de micronutrientes (Huertas *et al.*, 2022). Una forma mejorada de frijol en la que el producto comestible está constituido por las vainas inmaduras es la vainita, siendo un cultivo de origen americano (Toledo, 2003). En el Perú la superficie sembrada de vainita a nivel nacional es de 2180.3 ha y entre las regiones con mayor superficie sembrada se tiene a Lima, Arequipa y Tacna con los valores de 1149, 445 y 192 ha respectivamente en el año 2019 (MIDAGRI, 2022), presentando un incremento de 18.6% y una disminución de 38% en la región de Arequipa y Lima respectivamente respecto al año 2017 (MIDAGRI, 2017; MIDAGRI, 2022).

Para el manejo de cultivos la eficiencia económica de los fertilizantes minerales se ha reducido drásticamente a medida que la subida de precios de los fertilizantes se ha vuelto más cara que la de los alimentos (Randive, Raut, y Jawadand, 2021). Con el objetivo de mejorar el rendimiento de los cultivos, se tiene dependencia de los fertilizantes químicos sintéticos por el soporte directo a aumentar los elementos necesarios en el suelo (Vandana *et al.*, 2017). A pesar de que a los fertilizantes minerales se consideran ampliamente como una opción importante para abordar la crisis del agotamiento de los nutrientes, su uso entre los pequeños agricultores no es adecuado debido a un costo cada vez mayor (Elka y Laekemariam, 2020). Por los recursos geológicos limitados de materia prima para la fabricación de fertilizantes y las fluctuaciones del mercado de minerales fertilizantes inician una competencia de gran alcance y plantean un desafío para la seguridad alimentaria (Randive, Raut, y Jawadand, 2021).

El uso de fuentes de nutrientes orgánicos derivados del ganado o de las plantas ha recibido apoyo en todo el mundo, influyendo en las propiedades físicas del suelo, así como en la actividad microbiana del suelo y la productividad de los cultivos (Elka y Laekemariam, 2020). Desempeñando un papel clave en la calidad del suelo y el crecimiento de las plantas es el uso de enmiendas orgánicas (Chen *et al.*, 2021), como el biochar usado para mejorar la fertilidad del suelo al retener los nutrientes y, potencialmente, mejorar la biodisponibilidad de los nutrientes (El *et al.*, 2019). Aunque, el recurso de biochar, el proceso de producción, el tipo de cultivo, el tipo y la condición del suelo pueden influir en su eficacia (Oni *et al.*, 2020). También, como una práctica agrícola en la agricultura, la silvicultura y la horticultura, se utiliza el compost para mantener la materia orgánica, la labranza y la fertilidad de los suelos agrícolas (Wei *et al.*, 2000). Es por ese motivo en el presente trabajo se investigó el efecto de las enmiendas de biochar y compost en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de enmiendas orgánicas sobre la productividad del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos bajo condiciones de La Molina.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos en respuesta a las enmiendas orgánicas de biochar y compost.
- Evaluar la concentración de nitrógeno en la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos.
- Evaluar la C.E. y pH del suelo, en respuesta a las enmiendas orgánicas de biochar y compost

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN

El género *Phaseolus* es de origen americano y un gran número de sus especies son encontrados en Mesoamérica y en el lado oriental de los andes de Sudamérica, de lo cual el origen del frijol vainita sería el sur de México, Guatemala, Honduras y Costa Rica. (Camarena *et al.*, 2012). Además, el frijol común ha evolucionado desde tipos trepadores indeterminados hasta tipos arbustivos determinados, desde sensibilidad al fotoperíodo largo hasta insensibilidad, desde formas de semillas pequeñas a grandes, desde latencia e impermeabilidad al agua de la semilla hasta la falta de latencia y la permeabilidad al agua (Singh, 2001), concentración de agrupamiento de vainas, poca fibra en la vaina o sin fibra, sección de corte de vaina redondo, vainas derechas, color externo e interno verde oscuro, capacidad interocular reducido y resistencia a enfermedades, al calor y frío (Camarena *et al.*, 2012).

2.2. TAXONOMÍA

Los frijoles *Phaseolus* se originaron en las Américas y solo cinco especies, *P. acutifolius* A. Gray, *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Greenman y *P. vulgaris* L. fueron domesticados (Singh, 2001). La vainita pertenece a la especie *Phaseolus vulgaris* L. (Camarena *et al.*, 2012) y se clasifica de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1: Clasificación botánica

CATEGORÍA	DESIGNACIÓN
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Phaseoleae
Género	Phaseolus
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i>

FUENTE: Adaptado de Mori (2017).

2.3. IMPORTANCIA NUTRICIONAL

El frijol verde tiene un valor nutricional similar cuando se compara con el frijol seco, las vainas verdes son una fuente superior de calcio, hierro y vitamina C (Koutsika y Traka, 2008). Presentando un alto valor nutritivo en la alimentación con equilibrio de carbohidratos con proteínas, una alta diversidad de aminoácidos en comparación con los cereales, vitaminas, fibra dietética y altas concentraciones de micronutrientes (Huertas *et al.*, 2022). Los frijoles proporcionan proteínas dietéticas que desempeñan un papel esencial en la nutrición humana al complementar otros alimentos (Broughton *et al.*, 2003). En el cultivo de vainita presenta 2.4, 8.1, 0.3 g en 100 g de alimento de contenido de proteínas, carbohidratos totales y grasa total respectivamente (Tabla 2) (MINSa, 2009).

Tabla 2: Composición nutricional de vainita en 100 g de alimento

COMPONENTE	UNIDADES	CANTIDAD
Energía	kcal	37
Energía	kJ	155
Agua	g	88.2
Proteínas	g	2.4
Grasa total	g	0.3
Carbohidratos totales	g	8.1
Carbohidratos disponibles	g	4.7
Fibra cruda	g	2.3
Fibra dietaría	g	3.4
Cenizas	g	1
Calcio	mg	88
Fosforo	mg	49
Zinc	mg	0.24
Hierro	mg	1.4
Retinol	µg	28
Vitamina A equivalentes totales	µg	35
Tiamina	mg	0.07
Riboflavina	mg	0.2
Niacina	mg	0.71
Vitamina C	mg	9.6

FUENTE: Adaptado de MINSa (2009).

2.4. CULTIVO DE VAINITA

El frijol común es un cultivo no céntrico, con múltiples sitios de domesticación a lo largo del rango de distribución en América del Sur Central y Andina (Singh, 2001). La morfología de los órganos de la planta de vainita ayuda a comprender el comportamiento de la planta de manera integral, con respecto al sistema radicular tiende a ser fasciculado y fibroso (Toledo, 2003). Acerca del tallo, es herbáceo y de sección cilíndrica o levemente angular, tiene

generalmente un diámetro más grande que las ramas laterales. Puede ser erecto, semiprostrado o prostrado, de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad (Camarena *et al.*, 2012). Koutsika y Traka (2008) mencionan la clasificación en cuatro clases principales como el tipo I (determinado erguido o matorral), tipo II (indeterminado erguido matorral), tipo III (indeterminado, prostrado, no trepador o semitrepador vinífico) y tipo IV (indeterminado, trepador fuerte) y la clasificación común como frijoles arbustivos y trepadores; o frijol arbustivo, semitrepador y trepador. Para las hojas de la vainita son de dos tipos (simples y compuestas), están insertadas en los nudos de los tallos y ramas laterales mediante sus pecíolos (Toledo, 2003). Las características de la vaina es un aspecto importante, incluyen el color (color interno y externo relativo y uniformidad del color), forma de la vaina, longitud, forma de la sección transversal, rectitud, suavidad, contenido de fibra, tasa de desarrollo de la semilla y punto de desprendimiento (Myers y Baggett, 1999). La longitud de las vainas depende del cultivar, fluctuando entre 7 y 20 cm o más (Toledo, 2003) y las formas de la vaina (Figura 1) pueden ser rectas, curvadas y ligeramente curvadas; la terminación del ápice. de la vaina, a su vez, puede ser curva o recta y la forma de la vaina en sección transversal, puede ser aplanada o redondeada (Camarena *et al.*, 2012). La calidad en vainas con diámetro superior a 10.5 mm disminuye y un nivel de 13 % de contenido de semilla se considera el valor máximo de aceptación para vainita fresca (Toledo, 2003).

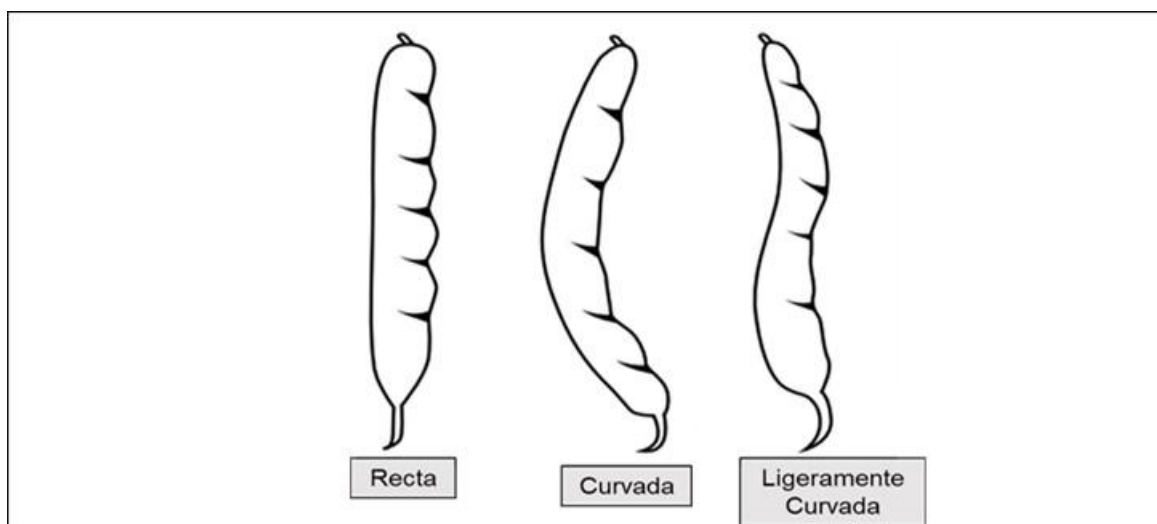


Figura 1: Formas de la vaina

FUENTE: Adaptado de Camarena *et al.* (2012).

En la consideración del manejo el rango óptimo de pH es de 5.5 a 6.5 y con los niveles de salinidad de 1.5, 2 y 4 mmhos cm^{-1} a 25 °C en el suelo reducen el rendimiento del cultivo en 10 %, 25 % y 50 % respectivamente, siendo sensible a la salinidad (Toledo, 2003). Además, se considera que este cultivo requiere como mínimo de 10 °C a 12 °C para el proceso de germinación. De 15 °C a 18 °C para la floración, y de 18 °C a 20 °C para el llenado de vainas que es la formación de granos (Camarena *et al.*, 2012).

Una gran parte de la producción de frijol en América Latina tiene lugar en pequeñas fincas que varían de 1 a 10 ha, a menudo en terrenos en pendiente de baja fertilidad (Broughton *et al.*, 2003). En el Perú la superficie sembrada de vainita a nivel nacional (Tabla 3) en el año 2019 presento una disminución de 15.3% a nivel nacional respecto al año 2017, las regiones con mayor superficie sembrada son Lima, Arequipa y Tacna con los valores de 1149, 445 y 192 ha respectivamente en el año 2019 (MIDAGRI, 2017; MIDAGRI, 2022). Además, el precio promedio en chacra del cultivo de vainita a nivel nacional es de 1.8 soles por kg para el año 2019 (Figura 2) teniendo un incremento en precio de 10% respecto al año 2017 (MIDAGRI, 2017; MIDAGRI, 2022).

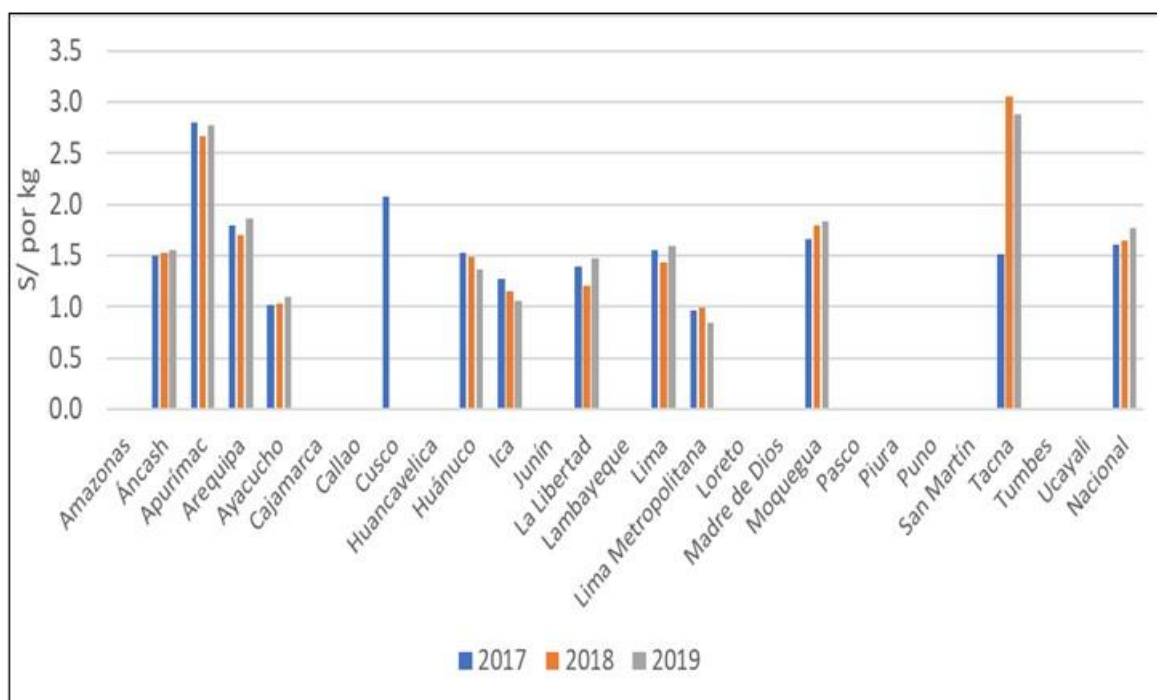


Figura 2: Precio promedio en chacra del cultivo de vainita

FUENTE: Adaptado de MIDAGRI (2017); MIDAGRI (2018); MIDAGRI (2022).

Tabla 3: Datos de producción del cultivo de vainita

Región	Superficie sembrada			Producción			Rendimiento Promedio		
	(ha)			(Mg)			(kg ha ⁻¹)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Amazonas	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Áncash	18	16	33	57	81	113	3581	4040	3645
Apurímac	62	84	79	283	329	410	3870	4768	5000
Arequipa	375	404	445	4666	4956	5830	12410	12138	12485
Ayacucho	45	42	45	235	226	237	5109	5512	5152
Cajamarca	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Callao	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Cusco	14	0	0	47	0	0	4273	-	0
Huancavelica	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Huánuco	32	21	23	218	143	171	6365	6729	7200
Ica	16	10	16	66	30	61	3666	3748	3909
Junín	0	0	0	0	0	0	-	-	0
La Libertad	19	24	15	288	242	241	13070	13062	13389
Lambayeque	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Lima	1589	1497	1149	12070	10766	8566	7492	7476	7724
Lima Metropolitana	82	94	92	508	563	555	6371	6053	5899
Loreto	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Madre de Dios	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Moquegua	88	119	92	311	432	331	3500	3538	3449
Pasco	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Piura	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Puno	0	0	0	0	0	0	-	-	0
San Martín	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Tacna	244	231	192	2026	1582	1183	8303	6484	6609
Tumbes	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Ucayali	0	0	0	0	0	0	-	-	0
Nacional	2584	2542	2180	20775	19345	17698	7929	7786	8189

FUENTE: Adaptado de MIDAGRI (2017); MIDAGRI (2018); MIDAGRI (2022).

2.5. CULTIVAR COSMOS

Mori (2017) en su investigación de comparación de cultivares de vainitas presentó en el cultivar de Cosmos los resultados en el porcentaje de germinación un valor de 99% y en el rendimiento 8.42 Mg ha⁻¹. Además, en la calidad de la vaina valores en cuanto peso 8.04 g, diámetro 9.52 mm y longitud de vaina 15.41 cm.

Meena *et al.* (2017a) mencionan en su investigación con base de 2 años sobre el contenido de materia seca de las vainas es el componente importante que determina la calidad, observando en el cultivar Cosmos 8.35%. Adicionalmente, resultados en el contenido azúcar, proteínas y fibras con valores 0.66, 6.01 y 0.005% respectivamente.

Meena *et al.* (2017b) estudiaron el cultivar Cosmos en condiciones de invernadero respecto al rendimiento de vaina verde por planta, número de vainas por planta y peso promedio de vaina (g) resultando 329.86 g 43.605 y 6.11 g respectivamente. También, evaluaron el largo de la vaina (cm), ancho de la vaina (cm) y altura de planta (cm), concluyendo los valores de medición en 15.67, 0.9 y 44.5 cm, respectivamente.

2.6. BIOCHAR

El biochar como enmienda del suelo se promueve debido a su rentabilidad y respeto al medio ambiente, ya que puede afectar la absorción de nutrientes por parte de las plantas al proporcionar nutrientes esenciales a las plantas y los microbios del suelo, además de mejorar las propiedades del suelo al inducir varias reacciones químicas (Hou *et al.*, 2022). También, mejorar el pH y la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) (Figura 3) (Pandit *et al.*, 2019). Dado que el biochar se puede producir a partir de diferentes materias primas (desechos agrícolas, residuos forestales, estiércol animal, biomasa de algas, desechos municipales, etc.), representa un método sostenible (Kumari *et al.*, 2022). Además, el contenido de nutrientes del biochar y su influencia en la absorción de nutrientes por parte de las plantas depende del tipo de materia prima o materia prima aplicada y de la condición de pirólisis (Hou *et al.*, 2022), debido a que el biochar es un residuo orgánico sólido que se obtiene de la pirólisis de biomasa (Oni *et al.*, 2020). Algunos elementos, como el P o K se conservan durante la pirólisis y su concentración es mayor en el biochar que en la materia prima, para el C, N, H, O y S, se transforman en parte en sustancias volátiles y se pierden durante la pirólisis, dependiendo de la temperatura y el tiempo de pirólisis (Siedt *et al.*, 2020).

Los biochar producidos a partir de materias primas ricas en nutrientes contienen nutrientes fácilmente disponibles comparativamente (Igalavithana *et al.*, 2016). Una capa de composición orgánica con una rica existencia de grupos funcionales C-O y C-N se forma gradualmente alrededor de los poros exteriores e interiores del biochar con capacidad de absorber cationes, aniones, varios compuestos orgánicos, minerales en nanopartículas y metales pesados (Hou *et al.*, 2022). Al aplicar al suelo podría disminuir la lixiviación de N inorgánico, las emisiones de N₂O y la volatilización de NH₃, así como para aumentar la fijación biológica de N (Igalavithana *et al.*, 2016). Además, el biochar se caracteriza por su mayor contenido de compuestos orgánicos de carbono más estables en comparación con el

compost, por lo que se descompone lentamente en el suelo y se vuelve más efectivo para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo (Liu *et al.*, 2021). La enmienda puede aumentar o disminuir la retención de agua, dependiendo de la textura del suelo, como en la aplicación del biochar en el suelo rico en arcilla puede aumentar la conductividad del agua, pero aumenta la capacidad de retención de agua en un suelo arenoso (Siedt *et al.*, 2020).



Figura 3: Mejora de la fertilidad mediante la adición de biochar

Nota: a: pirólisis, b: adsorción, c: mejorador, d: fertilizante, e: materia prima

FUENTE: Adaptado de Kamali *et al.* (2022).

2.7. COMPOST

Las enmiendas orgánicas como los residuos de cultivos, el estiércol animal o el compost han sido ampliamente reconocidos como un recurso fertilizante agrícola vital para mejorar la salud del suelo y el rendimiento del grano en un agroecosistema (Hasnain *et al.*, 2020). Además, las enmiendas orgánicas pueden aumentar la calidad del suelo aumentando la disponibilidad de nutrientes del suelo, la actividad de microbios y enzimas y las propiedades fisicoquímicas (Liu *et al.*, 2021). Sin embargo, los materiales involucrados y sus parámetros físicos, como el contenido de humedad, la densidad aparente y varias propiedades mecánicas, influyen en el proceso y el producto de varias maneras, desde la efectividad de

la aireación hasta las interacciones entre el suelo y el compost (Agnew y Leonard, 2003). La incorporación de compost al suelo puede alterar significativamente las propiedades físicas del suelo, la dinámica de nutrientes y el establecimiento de la vegetación (Kranz *et al.*, 2020). También promueve la frecuencia de transformación biológica de N en el suelo, lo que mejora aún más los nutrientes orgánicos e inorgánicos del suelo (Hasnain *et al.*, 2020).

Los materiales compostados difieren según el material de alimentación y su grado de descomposición, a medida que aumenta la estabilidad biológica del material durante el compostaje, los materiales compostados pueden contribuir a la materia húmica de los suelos (Siedt *et al.*, 2020). El compost terminado sin fitotoxinas puede considerarse una fuente de nutrientes para mejorar las propiedades estructurales del suelo y acelerar la germinación (Radziemska *et al.*, 2018). La aplicación de compost en tierras agrícolas ha sido reconocida como una forma confiable de mejorar las propiedades físicas de la mayoría de los suelos, especialmente los suelos con estructura pobre y bajos niveles de MO (Kranz *et al.*, 2020). En consecuencia, uno de los efectos más beneficiosos de la aplicación de compost en los suelos es el aumento del contenido de materia orgánica y la acumulación de carbono (Hasnain *et al.*, 2020). Los cambios documentados en las propiedades físicas de los suelos modificados con compost han incluido la densidad aparente, la tasa de infiltración, la conductividad hidráulica, contenido de agua, estabilidad de los agregados y porosidad (Kranz *et al.*, 2020). Los nutrientes suministrados por fertilizantes orgánicos se liberan lentamente en comparación con los fertilizantes químicos, lo que resulta en una menor pérdida de fertilizante y una mejor conservación de los nutrientes del suelo (Hasnain *et al.*, 2020). La cantidad de N y C que se liberará en el suelo a corto y largo plazo dependerá de múltiples factores, como el propio suelo y el clima predominante (Siedt *et al.*, 2020).

2.8. APLICACIÓN DE ENMIENDAS ORGANICAS EN EL CULTIVO DE VAINITA

Con el fin de frenar el agotamiento de los nutrientes del suelo, se utilizan fertilizantes orgánicos e inorgánicos o su integración como fuente de nutrientes esenciales para las plantas (Elka y Laekemariam, 2020). Sin embargo, la aplicación de fertilizantes químicos afecta negativamente a la fertilidad de suelos en todo el mundo, para resolver este problema es importante aplicar prácticas integradas y así lograr un manejo sustentable en la agricultura (Chipana *et al.*, 2017). Una parte importante es el abastecimiento del nitrógeno requerido

por el cultivo de Vainita, el 60-70 % se obtiene a través de la fijación simbiótica de este elemento, realizada por las bacterias nitrificantes (Toledo, 2003) y P es el segundo después del N como el factor más limitante para el crecimiento de las plantas (Remans *et al.*, 2007). Mendoza (2019) en su investigación del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade empleó enmiendas orgánicas como biochar y compost. En sus resultados del rendimiento total presento los siguientes valores 10.0, 7.8, 6.3 y 10.1 Mg ha⁻¹ para los tratamientos testigo, biochar, compost y biochar con compost respectivamente. Adicionalmente realizo evaluaciones de pH y C.E. del suelo a los 0 y 77 DDS en los tratamientos de testigo (pH: 7.8 y 7.6; C.E.: 1.15 y 0.6 dS m⁻¹), biochar (pH: 7.9 y 7.7; C.E.: 1 y 0.6 dS m⁻¹), compost (pH: 7.6 y 7.7 C.E.: 1.2 y 0.6 dS m⁻¹) y biochar con compost (pH: 7.8 y 7.7; C.E.: 1.2 y 0.6 dS m⁻¹).

Almonte (2017) realizó un estudio sobre el abonamiento orgánico en base de compost y sustancias húmicas, teniendo un efecto en el rendimiento de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad venus en zonas áridas un valor de 17.1, 15.7 y 14.4 Mg ha⁻¹ con los tratamientos de 6,8 y 10 Mg ha⁻¹ de compost aplicado respectivamente.

Carita (2016) observó el comportamiento agronómico de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Bush Blue Lake con el efecto del compost en Bolivia. Los tratamientos que tuvieron mejor rendimiento fueron el tratamiento 2 (Estiércol de Cuy) que obtuvo el valor de 2.94 kg m⁻², seguido por el tratamiento 3 (Estiércol de ovino) con 2.58 kg m⁻² y por último los tratamientos 4 y 1 (Compost y testigo) que lograron resultados de 1.20 kg m⁻² y 0.87 kg m⁻², respectivamente.

Kumari *et al.* (2022) aplicaron en su investigación diferentes tratamientos de biochar en French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) resultando un orden de eficiencia, biochar de estiércol de caballo > carbón > biochar de residuos de algas 1 > biochar de residuos de algas 2 > biochar de cascarilla de arroz > control. Respecto a la altura de la planta (43.63 ± 2.17 cm), número de hojas (27.00 ± 2.00), longitud de la vaina (19.58 ± 3.17 cm) y rendimiento de vaina por planta (65.32 ± 2.56 g) se observó usando tratamiento con biochar de estiércol de caballo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado al frente del laboratorio de Suelos.

3.1.1. Ubicación geográfica

Distrito	:	La Molina
Provincia	:	Lima
Departamento	:	Lima
Latitud	:	12° 05°S
Longitud	:	76°57°O
Altitud	:	243.7 m.s.n.m

3.2. CLIMA

En la Tabla 4 se muestra los datos meteorológicos durante la ejecución del ensayo. Se puede apreciar la temperatura promedio para siembra fue de 21.84 con una humedad relativa de 70.67 % y para la cosecha la temperatura promedio fue de 15.73 con una humedad relativa de 84.87 %.

Tabla 4: Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento (2018)

Mes	Temperatura °C			% Humedad Relativa
	Media	Máx.	Mín.	
Abril	21.84	27.43	17.55	70.67
Mayo	18.59	23.83	15.14	78.57
Junio	15.74	17.95	14.05	85.81
Julio	15.73	18.50	14.30	84.87

FUENTE: Datos del observatorio Alexander Von Humboldt – UNALM

3.3. SUELO

El suelo del campo experimental presento una textura Franco arcillo arenoso, con pH moderadamente alcalino, suelo muy ligeramente salino, con categoría de media de carbonato de calcio, bajo contenido de materia orgánica, el nivel de fósforo disponible es medio y el de potasio disponible es alto (Tabla 5). Las relaciones catiónicas del suelo resultan un valor ideal para el calcio en relación con el magnesio, un valor aceptable del magnesio relacionado con el potasio y un valor apto en relación del calcio con el potasio.

Tabla 5: Características físicoquímicas del suelo del campo experimental

Características	Unidad	Valor	Método de análisis
pH (1:1)	---	7.81	Potenciómetro 1:1
C.E. (es)	dS m ⁻¹	1.93	Extracto acuoso con
CaCO ₃	%	4.80	relación suelo agua 1:1
M.O.	%	1.64	Gas volumétrico
P	mg kg ⁻¹	10.40	Walkley y Black
K	mg kg ⁻¹	274	Olsen modificado
CIC	meq 100g ⁻¹	13.12	Extracción con acetato
Ca ⁺²	meq 100g ⁻¹	9.42	de amonio
Mg ⁺²	meq 100g ⁻¹	2.93	Saturación con acetato
K ⁺	meq 100g ⁻¹	0.56	de amonio
Na ⁺	meq 100g ⁻¹	0.21	Absorción atómica
Al ⁺³ + H ⁺	meq 100g ⁻¹	0.00	Absorción atómica
SUMA DE CATIONES	meq 100g ⁻¹	13.12	Absorción atómica
SUMA DE BASES	meq 100g ⁻¹	13.12	Absorción atómica
SAT. DE BASES	%	100	Yuan
Arena	%	52	
Limo	%	24	
Arcilla	%	24	
Clase textural	---	Fr. Ar. A.	

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF)-UNALM.

3.4. MATERIALES

- **Materiales de campo**

Bolsas de papel de 13 x 20 cm, bolsas tipo ziploc, bolsas plásticas grandes, rotuladores, etiquetas, palas, escarda, wincha, cal, semillas de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Cosmos, biochar y compost.

- **Materiales de laboratorio**

Set de tamices N° 20 (850 μm), N° 80 (180 μm), N° 100 (150 μm), tabla de picar, cuchillo, reactivos (Solución de ácido clorhídrico al 0.03 N, solución buffer de pH 4.00, 7.00 y 10.00), agua desionizada y destilada.

- **Equipos de laboratorio**

Molino eléctrico, balanza analítica de 100 g de capacidad y 0.1 mg de precisión, pH-metro digital con una precisión de ± 0.05 .

3.5. PROCEDIMIENTOS

- **Preparación del terreno**

Se realizó las actividades de riego por machaco, aradura, pasada de rastra y surcado. El cultivo antes de la preparación del campo experimental fue el brócoli.

- **Muestreo de suelo y marcado del campo experimental**

Se delimitó el área experimental con cal. Luego se realizó el muestreo de suelo aleatoriamente con una profundidad de 0.2 m, se combinó y homogenizó para el análisis en laboratorio.

- **Siembra**

Se sembró las semillas de vainita cv. Cosmos, con el distanciamiento de siembra de 0.2 m entre plantas a doble hilera y 0.7 m entre surcos, con 3 semillas por golpe y 25 golpes de siembra por hilera. Posteriormente se dejó una planta por golpe. La densidad de siembra fue de 142857 plantas ha^{-1} .

- **Aplicación de materiales orgánicos**

Se aplicó biochar previamente tamizado, utilizando las partículas con menos de 1.4 mm de diámetro. La aplicación de biochar y compost se realizó a los 27 DDS (Días después de la siembra). Para los tratamientos con fuentes de biochar, compost y biochar más compost se aplicó 5, 50 y 27.5 g por planta, respectivamente.

- **Desmalezado**

Se desmalezo manualmente el campo experimental se realizó cada 3 semanas aproximadamente con la utilización de la herramienta de escarda.

- **Control Fitosanitario**

En el campo experimental se presenciaron plantas con micelio blanco, localizándose en focos, dependiendo del nivel de infección se realizó el control cultural con el retiro de plantas para evitar su diseminación.

- **Cosecha**

Se realizó 5 cosechas en los días después de siembra de 77, 82, 88, 92 y 97 (Tabla 6).

Tabla 6: Actividades realizadas

Actividad	Días después de la siembra	Fecha
Siembra	0	19 de abril
Resiembra	8	27 de abril
Aplicación de biochar y compost.	27	16 de mayo
Desmalezado		
Medición de C.E. y pH	47	5 de junio
1era cosecha. Toma de muestras para materia seca. Medición de C.E. y pH	77	5 de julio
2da cosecha	82	10 de julio
3era cosecha	88	16 de julio
4ta cosecha	92	20 de julio
5ta cosecha. Medición de C.E. y pH	97	25 de julio

FUENTE: Elaboración propia.

3.6. TRATAMIENTOS

Se instaló 4 tratamientos por bloque (Tabla 7). Aplicando las fuentes de biochar, compost, biochar más compost y sin aplicación de una fuente de enmienda orgánica. El biochar con fuentes de poda de especies arbustivas y arbóreas de los parques de la UNALM fue proporcionado por el Centro Modelo de Tratamiento de Residuos (CEMTRAR)-UNALM. Además, el compost con fuentes de rastrojos de cosecha y estiércol de vacuno, fue proporcionado por el taller de Conservación de Suelos y Agricultura Sostenible (CONSAS)-UNALM (Tabla 8).

Tabla 7: Tratamientos del campo experimental

TRATAMIENTOS	FUENTE	DOSIS (Mg ha ⁻¹)
T1	CONTROL	0
T2	BIOCHAR	0.5
T3	COMPOST	5
T4	BIOCHAR + COMPOST	0.25 + 2.5

Tabla 8: Características de las fuentes orgánicas

TRATAMIENTOS	BIOCHAR	COMPOST	BIOCHAR + COMPOST
Hd (%)	7.18	30.48	30.61
pH	10.67	7.04	7.67
C.E. (dS m ⁻¹)	28.4	9.15	9.58
M.O (%)	28.23	34.31	33.33
N (%)	0.36	1.55	1.2
P ₂ O ₅ (%)	1.74	0.87	1.19
K ₂ O (%)	3.72	1.02	1.25

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF)-UNALM.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el experimento se empleó un diseño de bloques completos al azar, con un total de 3 tratamientos más un testigo con 4 repeticiones por cada tratamiento para el cultivo de vainita. El análisis estadístico se realizó con la programación de RStudio, versión 4.0.2.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} : valor de la variable

μ : Efecto de la media total.

α_i : Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j : Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} : Error experimental en el nivel i del tratamiento y nivel j del bloque

Para: $i = 1,2,3$; $j = 1,2,3,4$

Para: $i=1,2,3$; $j=1,2,3,4$

3.7.1. Características del campo experimental

La unidad experimental con área de 14 m² tenía cuatro surcos de 0.7 m de distancia entre surco y 5 m de largo, con dos hileras por surco y con el distanciamiento entre plantas 0.2 m. En los 4 bloques hubo un camino de separación de 1 m. Área total de unidades experimentales fue de 224 m².

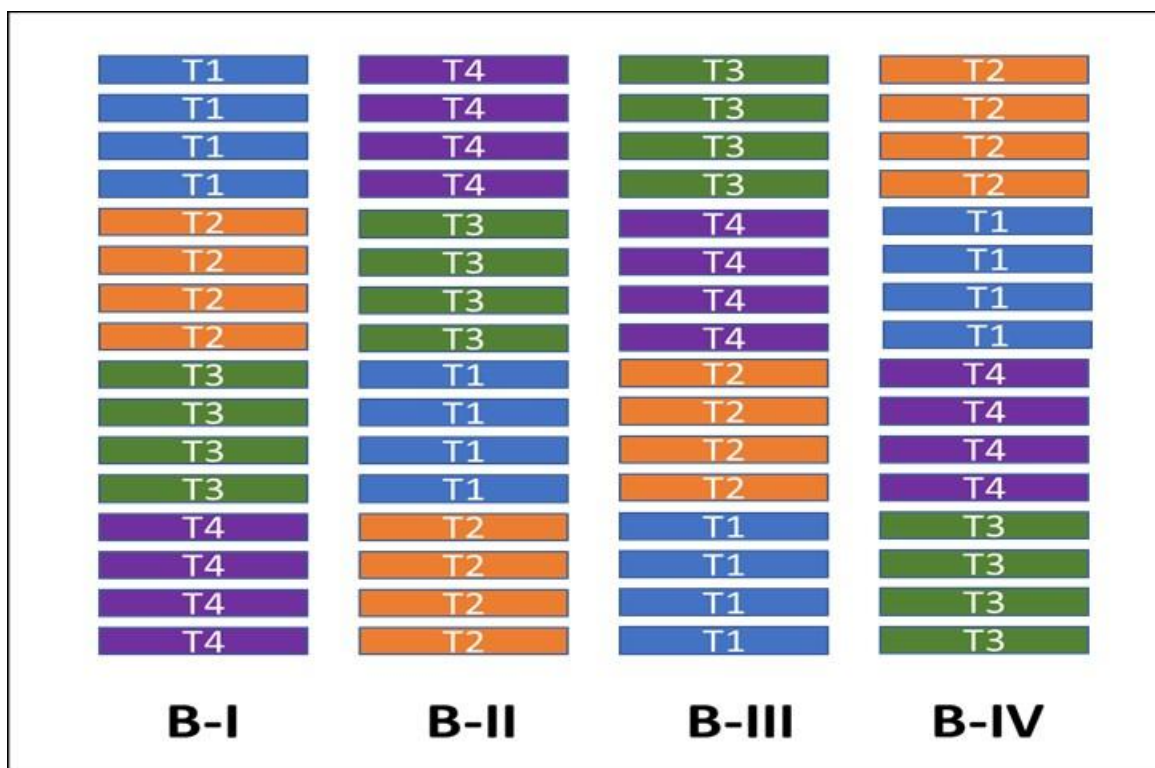


Figura 4: Esquema de distribución de tratamientos

3.8. EVALUACIONES

- **Rendimiento de vainita**

Se realizó 5 cosechas de cada unidad experimental, se pesó los 2 surcos centrales y se transformó los datos obtenidos a rendimiento total por hectárea (Mg ha⁻¹).

- **Calidad**

Se tomó muestras de los dos surcos centrales y descontando 0.5 m los bordes longitudinales de cada hilera sembrada. Se retiró 10 muestras al azar por parcela

midiendo la longitud y espesor de vaina. Además, se pesó un kilogramo de vainas y se contabilizó el número de vainas.

- **pH y Conductividad eléctrica**

En ambos casos, se realizó 3 evaluaciones en diferentes fechas (47, 77 y 97 DDS) por cada una de las 16 parcelas. La toma de muestra se realizó de los dos surcos centrales y descontando 0.5 m los bordes longitudinales de cada hilera sembrada, sacando 4 muestras de suelo al azar con el tornillo sinfín a 10 cm del cuello de planta y se colocó en bolsa de papel. Luego se dejó secar al aire libre, por dos días aproximadamente y luego colocarlo en la estufa, para poder retirar el agua que contenga. Luego se tomó muestras de 20 g de suelo completamos hasta los 100 ml de agua desionizada. Estas muestras, se sometieron a una agitación leve durante 30 minutos y se dejó reposar. Tras la agitación, se procedió a medir el pH y C.E. de la suspensión.

El pHmetro con electrodo de vidrio antes de las mediciones se calibró, primero a pH = 7 y luego se calibra a pH = 14. Para la conductividad eléctrica el conductivímetro se calibró este equipo sumergiendo los electrodos en una solución de KCl.

- **Materia Seca**

La toma de muestra se realizó de los dos surcos céntrales y descontando 0.5 m los bordes longitudinales de cada hilera sembrada. Se retiró dos plantas al azar por parcela, cortando al ras del suelo y en la primera cosecha. Luego, se separó tallos, hojas y vainas en bolsas de papel una cantidad de 150 g de cada órgano, procediendo a secar en la estufa a 70°C por 48 horas. Las muestras secas se molieron y pesaron.

$$\% \text{ Materia seca} = \frac{\text{Peso seco} \times 100}{\text{Peso fresco}}$$

- **Determinación del Nitrógeno de las hojas y vainas**

Con las muestras de materia seca se pasó a la fase de laboratorio para la determinación del nitrógeno total. Con el método Kjeldahl en un balón tipo micro Kjeldahl de 100 ml, se puso 100 mg de muestra vegetal molida. Luego, se adicionó

7 ml de la mezcla ácido sulfúrico. Se dejó en reacción 30 minutos. Para adicionar 0.5g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ agitándolo y dejando en reposo 15 minutos. Posteriormente se adiciono 200 mg de catalizador mixto. Luego, se calentó, al inicio en forma suave y luego fuerte, hasta que el contenido del balón se aclare. Después se dejó enfriar y se adiciono agua destilada para dar volumen (10-20 ml). Seguidamente se destilo, previa neutralización de la acidez mediante adición de NaOH al 40% con un indicador como el rojo de metilo. Luego, se recibió el destilado en 10 ml de H_3BO_3 al 2% que contiene el indicador mixto. Terminado la destilación, se tituló con H_2SO_4 0.02N hasta el cambio de color de verde a rojo.

Se calculó el V ml de 0.02N de H_2SO_4 para la titulación y 0.1 g de material fueron utilizados; la concentración de N en la muestra es:

$$\%N = \frac{V \times 0.002 \times 0.014 \times 100}{0.1}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO

En la evaluación del rendimiento total no se encontró diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos aplicados (Tabla 9). El tratamiento de biochar más compost presentó el menor rendimiento con un valor de 3.68 Mg ha⁻¹ y el tratamiento de biochar presentó el mayor valor con 4.65 Mg ha⁻¹. En investigaciones con el mismo cultivar en costa peruana Mori (2017) presentó un rendimiento de 8.42 Mg ha⁻¹ con una aplicación de compost de 10 Mg ha⁻¹ en el periodo de manejo de cultivo de junio a septiembre, siendo la vainita un cultivo de corto periodo de crecimiento. En comparación con la dosis de compost de 5 Mg ha⁻¹ de la investigación, se observa una disminución del 56%. El efecto de la aplicación del biochar o del compost sobre el rendimiento de las plantas es muy variable y depende de la materia prima, la dosis, el tipo de suelo y la fertilidad de la planta a la que se aplica (Seehausen *et al.*, 2017). Además, los nutrientes disponibles por la aplicación del compost se liberan lentamente (Hasnain *et al.*, 2020). Por ello en la investigación no se mostró diferencias significativas entre tratamientos.

En otras investigaciones con diferentes cultivares como el de Mendoza (2019) con *Phaseolus vulgaris* L. cv. Jade obtuvo un rendimiento total de 10.0, 7.8, 6.3 y 10.1 Mg ha⁻¹ con las mismas dosis y tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar con compost, respectivamente. Con el mismo cultivar Jade, Gutiérrez (2016) observó en su experimento para un tratamiento con compost de dosis de 1 Mg ha⁻¹ un rendimiento total de 8.60 Mg ha⁻¹. Además, Espinoza (2021) con una aplicación de compost con dosis de 10 Mg ha⁻¹, obtuvo diferentes resultados de rendimientos con un rango de 2.96 a 8 Mg ha⁻¹ con 7 diferentes cultivares. Presentando el cultivar Cosmos un menor rendimiento a comparación de otros cultivares. Si bien, los rendimientos son variables va a depender del cultivar, época de siembra, condiciones agronómicas y sistema de cosecha (Toledo, 2003). Otros autores han encontrado efectos interactivos neutrales o antagónicos en varios rasgos de plantas a partir de mezclas de biochar y compost (Sánchez, *et al.*, 2019). Adicionalmente, en las zonas de la

costa generalmente los mejores rendimientos se obtienen con las siembras de primavera porque durante el invierno la alta humedad relativa favorece el desarrollo de patógenos (Toledo, 2003), mostrándose así la presencia de patógenos en la investigación.

Tabla 9: Rendimiento de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas

Tratamiento	Rendimiento (Mg ha ⁻¹)
Testigo	4.61 a*
Biochar	4.65 a
Compost	4.51 a
Biochar+Compost	3.68 a
Significancia	N.S.
CV (%)	24.61

*: Medias con letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey

4.2. CALIDAD

El número de vainas por kilogramo no presentó diferencias significativas, resultando el valor más alto de 127 vainas kg⁻¹ con el tratamiento de biochar más compost (Tabla 10). Además, en los parámetros de evaluación de la longitud y diámetro de la vaina no se encontró diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos. La vaina presentó un valor promedio de 12.74 y 0.85 cm en la longitud (Tabla 10) y diámetro (Tabla 10), respectivamente. Mori (2017) estudió la vainita de cultivar Cosmos en la costa peruana presentó un valor promedio de 15.41 y 0.952 cm en la longitud y diámetro de la vaina respectivamente, con una aplicación de compost de 10 Mg ha⁻¹. Mendoza (2019) con el cultivar Jade con los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost no encontró diferencias significativas, obtuvo un valor promedio de 16.29 y 0.71 cm en la longitud y diámetro de la vaina, respectivamente. También, con el mismo cultivar Gutiérrez (2016) obtuvo un valor promedio de 17.05 y 0.849 cm en la longitud y diámetro de la vaina respectivamente, con un tratamiento de compost de dosis de 1 Mg ha⁻¹. Adicionalmente, Espinoza (2021) realizó una investigación con 7 diferentes cultivares con una aplicación de compost con dosis de 10 Mg ha⁻¹, obteniendo un valor promedio de 13.77 y 0.7 cm en la longitud y diámetro de la vaina, respectivamente. El diámetro y longitud de la vaina es un índice de calidad, las vainas con diámetro superior a 10.5 mm disminuye rápidamente su calidad en debido al incremento en tamaño de las semillas, aumento del contenido de fibra y a la pérdida de agua y textura del producto (Toledo, 2003). Encontrándose el cultivar

Cosmos menor al diámetro de 10.5 mm y valores cercanos a las otras investigaciones.

Tabla 10: Calidad de producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas

Tratamiento	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	N° de vainas (Unidades kg ⁻¹)
Testigo	129.8 a*	8.47 a	125 a
Biochar	127.28 a	8.44 a	121 a
Compost	126.71 a	8.76 a	121 a
Biochar+Compost	125.79 a	8.33 a	127 a
Significancia	N.S.	N.S.	N.S.
CV (%)	5.72	4.65	18.71

*: Medias con letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey

4.3. BIOMASA

La evaluación de materia seca se realizó con las muestras recolectadas a los 77 DDS al inicio de la cosecha. El porcentaje de materia seca de tallo, hoja y fruto, no mostraron diferencias significativas en los diferentes tratamientos estudiados (Tabla 11). Resultando para la materia seca del tallo valores que oscilan de 7.78 a 10.70 % con los tratamientos de testigo y biochar más compost, respectivamente. Mori (2017) con una aplicación de compost de 10 Mg ha⁻¹, presentó resultados de 22.02, 21.36 y 6.34 % de materia seca del tallo, hojas y fruto, respectivamente. Para otros cultivares como Jade, Mendoza (2019) obtuvo resultados de 17.60, 15.99, 16.72 y 17.20 % de materia seca del tallo para los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost, respectivamente. Además, Gutiérrez (2016) con un tratamiento con compost de dosis de 1 Mg ha⁻¹ obtuvo 18.44 % de materia seca del tallo. Para otros cultivares los valores tienen un rango de 12.32 a 18.12 % en la materia seca del tallo (Espinoza, 2021). Teniendo a la variedad Cosmos con los menores valores en materia seca del tallo con respecto a las diferentes investigaciones en vainita.

Para la materia seca de la hoja presentó un valor promedio de 18.33 %. Mendoza (2019) con su estudio con el cultivar Jade obtuvo resultados de 14.34, 14.54, 14.62 y 15.60 % para los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost, respectivamente. También, Gutiérrez (2016) observo en el tratamiento con compost de dosis de 1 Mg ha⁻¹ un resultado de 17.46 % de materia seca de hojas. En otros cultivares los valores oscilan entre 14.52 a 18.90 % de materia seca de hojas (Espinoza, 2021). Se observa para el cultivar Cosmos un valor más alto de los resultados del experimento realizado respecto a las

investigaciones mencionadas.

Con respecto al porcentaje de materia seca del fruto los valores oscilan de 5.67 a 6.26 % con los tratamientos de compost y biochar, respectivamente. De la misma manera Mendoza (2019) analizó el cultivar Jade concluyendo los valores de 5.28, 5.62, 5.23 y 5.55 % para los tratamientos de testigo, biochar, compost y biochar más compost, respectivamente. Asimismo, Gutiérrez (2016) determinó en el tratamiento con compost de dosis de 1 Mg ha⁻¹ un resultado de 7.21 % de materia seca de fruto. Espinoza (2021) estudió diferentes cultivares resultando un rango de valores de 4.5 a 7.18 % de materia seca de fruto. Los resultados de los diferentes experimentos realizados en la costa peruana muestra similar resultado a la investigación estudiada con el cultivar Cosmos.

Tabla 11: Materia seca (%) en tallo, hoja y fruto en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas

Tratamiento	Tallo	Hoja	Fruto
Testigo	7.78 a*	18.91 a	6.01 a
Biochar	9.60 a	18.46 a	6.26 a
Compost	10.18 a	17.89 a	5.67 a
Biochar+Compost	10.70 a	18.06 a	5.93 a
Significancia	N.S.	N.S.	N.S.
CV (%)	33.74	14.81	10.24

*: Medias con letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey

4.4. CONCENTRACIÓN DE NITROGENO

En las variables de concentración de nitrógeno en hojas y fruto no presentó diferencias significativas entre las medias de los diferentes tratamientos aplicados (Tabla 12). Para el tratamiento de biochar resultó el valor más alto con 34.6 g kg⁻¹ de concentración de nitrógeno en hojas. Sin embargo, para la concentración de nitrógeno en fruto el testigo presenta un mayor valor con 42.91 g kg⁻¹. Gutiérrez (2016) en su experimento con compost de dosis de 1 Mg ha⁻¹ en el cultivo de vainita observó un resultado de 34.3 y 35.1 g kg⁻¹ de nitrógeno en hojas y fruto, respectivamente. También, Bayona (2018) investigó sobre la concentración de nitrógeno foliar en vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade, obteniendo de resultado promedio de 34 g kg⁻¹ de nitrógeno en hojas. El nivel de nutriente de nitrógeno recomendados para tejidos vegetales de *Phaseolus vulgaris* L. varía de 30 a 60 g kg⁻¹ (Silva y Uchida, 2000). Los resultados de concentración de nitrógeno en las hojas de la

investigación se encuentran de igual valor los tratamientos de biochar y biochar más compost. Sin embargo, el promedio de los tratamientos con un valor de 32.2 g kg⁻¹ de N en hojas se encuentra dentro del rango de las investigaciones mencionadas. Para la concentración de N en el fruto el valor resultante se encuentra por encima de la investigación mencionada.

Tabla 12: Concentración de nitrógeno en hojas y fruto de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos empleando fuentes orgánicas

Tratamiento	N en hojas (g kg ⁻¹)	N en fruto (g kg ⁻¹)	N extraído por fruto (kg ha ⁻¹)
Testigo	33.5 a*	42.91 a	11.85 a
Biochar	34.6 a	40.18 a	11.88 a
Compost	26.3 a	38.99 a	9.99 a
Biochar+Compost	34.4 a	42.63 a	9.28 a
Significancia	N.S.	N.S.	N.S.
CV (%)	39.25	12.20	28.77

*: Medias con letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey

El nitrógeno extraído por fruto no presentó diferencia significativa en los resultados. Sin embargo, el tratamiento de biochar presenta el valor más alto con un valor de 11.88 kg ha⁻¹ en comparación con los demás tratamientos (Tabla 12). La extracción de nitrógeno aproximadamente es de 12.27 kg Mg de fruto cosechado (Toledo, 2003). En el experimento realizado se obtuvo un rendimiento total promedio de 4.36 Mg ha⁻¹ y la cantidad extraída de nitrógeno en promedio fue de 2.47 kg Mg de fruto cosechado, presentando un valor muy bajo respecto a otras investigaciones. El potencial de suministro de nutrientes del biochar se ve afectado por muchos factores, incluida la materia prima, la temperatura de producción y las propiedades fisicoquímicas del propio suelo (Piash *et al.*, 2021). Las enmiendas orgánicas por sí solas no pueden ofrecer suficiente suministro de nutrientes para satisfacer la demanda de producción agrícola (Hasnain *et al.*, 2020). Si bien la mayoría de los fertilizantes orgánicos, como el estiércol, sufren una descomposición microbiana rápida, el biochar con una gran proporción de carbono recalcitrante permanece en el suelo durante un período considerablemente más largo (Piash *et al.*, 2021).

4.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y pH

La C.E. del suelo a los 97 DDS no presento diferencias significativas en los diferentes tratamientos. Así mismo, el tratamiento de biochar más compost presento la C.E. de 1.93 dS m⁻¹ (Tabla 13), observándose ser un mayor valor respecto a los otros tratamientos en estudio. Mendoza (2019) en su experimento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade realizó evaluaciones de C.E. a los 77 DDS, resultando la C.E. 0.6 dS m⁻¹ para todos los tratamientos de biochar, compost y biochar más compost. La vainita es un cultivo muy sensible y no tolera la salinidad del suelo (Toledo, 2003; FAO, 2018), si se tiene los niveles de salinidad de 1.5, 2 y 4 mmhos cm⁻¹ a 25 °C en el suelo reducen el rendimiento del cultivo en aproximadamente 10 %, 25 % y 50 %, respectivamente (Toledo, 2003). A los 97 DDS se observa (Tabla 13) un alto valor de C.E. del suelo para el tratamiento biochar más compost, con respecto al rendimiento con el mismo tratamiento de biochar más compost presentó un valor de 2.58 Mg ha⁻¹ siendo el valor más bajo con respecto a los otros tratamientos.

Tabla 13: Conductividad eléctrica y pH del suelo a los 97 DDS empleando fuentes orgánicas

Tratamiento	C,E. 1:1 (dS m ⁻¹)	pH 1:1
Testigo	1.69 a*	7.92 a
Biochar	1.36 a	8.10 a
Compost	1.57 a	8.12 a
Biochar+Compost	1.93 a	8.16 a
Significancia	N.S.	N.S.
CV (%)	27.96	1.67

*: Medias con letras iguales no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey

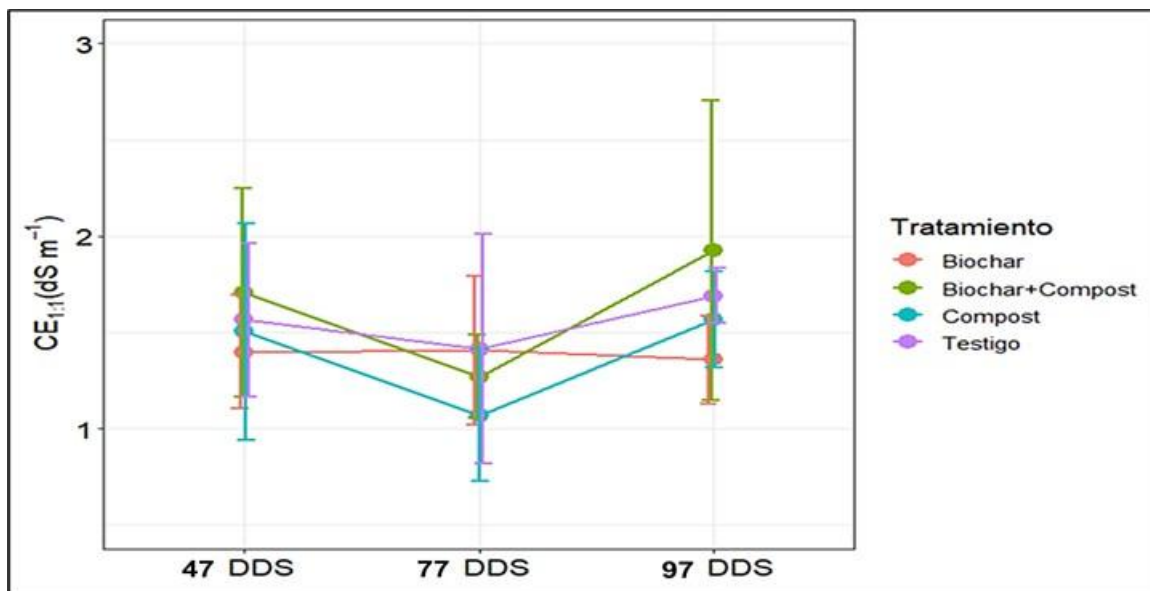


Figura 5: C.E. en el suelo a los 47, 77 y 97 DDS empleando fuentes orgánicas

El pH del suelo a los 97 DDS no presentó diferencias significativas en los diferentes tratamientos. Sin embargo, el tratamiento de biochar más compost presentó un pH de 8.16 siendo un mayor valor respecto a los otros tratamientos en estudio. Mendoza (2019) en su investigación del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade realizó evaluaciones de pH a los 77 DDS, los cuales no mostraron diferencias significativas en los tratamientos de testigo (pH: 7.6), biochar (pH: 7.7), compost (pH: 7.7) y biochar con compost (pH: 7.7). Los valores de pH más apropiados para su cultivo varían de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, entre 6 y 7.5. Toledo (2003) menciona que el rango óptimo de pH es de 5.5 a 6.5 lo cual indica que esta hortaliza es medianamente tolerante a la acidez del suelo; asimismo, excelentes cosechas se obtienen en suelos de reacción alcalina como los de nuestra costa. El biochar puede aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y cambiar el pH del suelo (Glaser y Lehr, 2019). En la figura 16, se observa el incremento del pH en los tratamientos de biochar, compost y biochar más compost.

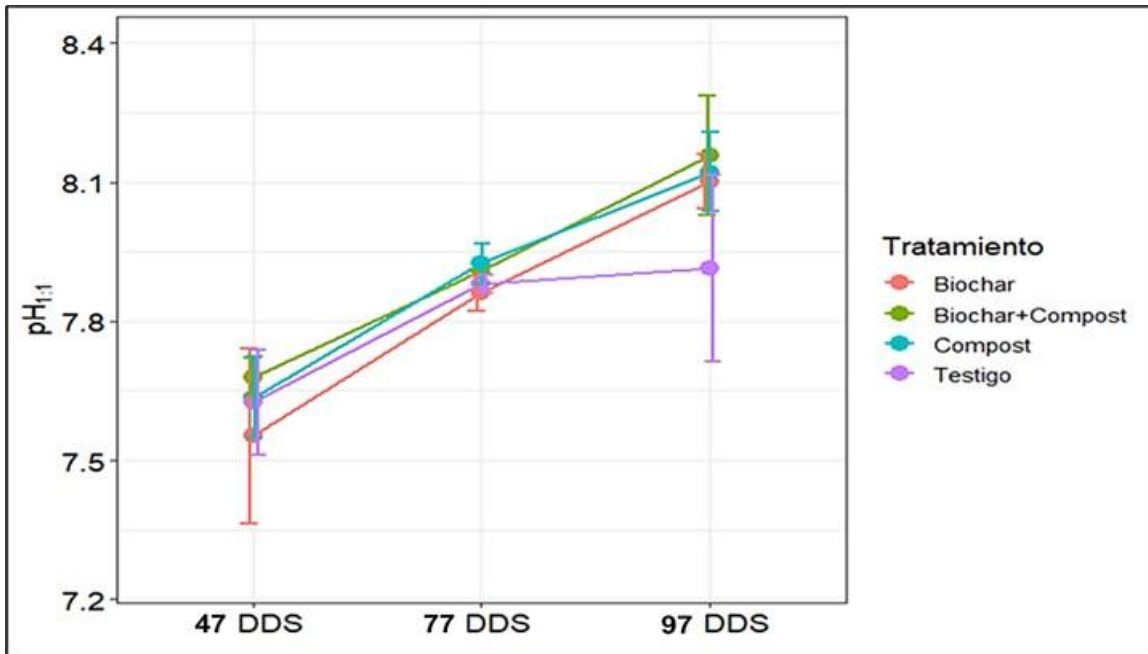


Figura 6: pH en el suelo a los 47, 77 y 97 DDS empleando fuentes orgánicas

V. CONCLUSIONES

- Las enmiendas orgánicas no presentaron efectos sobre la calidad de la producción del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos.
- El rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos en respuesta a las enmiendas orgánicas de biochar y compost, no presentó un incremento respecto al testigo.
- La concentración de nitrógeno en la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos, no se obtuvo un incremento del nitrógeno respecto al testigo.
- La C.E. y pH del suelo a los 97 DDS no mostraron diferencias significativas en respuesta a las enmiendas orgánicas de biochar y compost. Sin embargo, se observa un leve incremento del 3.2% de pH y 13 % en la C.E. del suelo del tratamiento biochar más compost respecto al testigo.

VI. RECOMENDACIONES

- Incorporar las enmiendas orgánicas al suelo antes de la instalación del cultivo.
- Co-compostaje de la mezcla de biochar y compost, para observar su efecto en el rendimiento.
- Ensayos de aplicación de biochar y compost en suelos ácidos, para observar su efecto en el suelo.
- Ensayos de aplicación de biochar con estiércol de cuy o guano de isla.
- Análisis de mercado sobre un fertilizante orgánico en base a la mezcla de biochar y estiércoles peletizados, como una alternativa ante la problemática de fertilizantes inorgánicos.
- Investigaciones en cultivos de largo periodo de crecimiento.
- Investigaciones de dosis de fertilización orgánica e inorgánica y su combinación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agnew, J. y Leonard, J. (2003). The Physical Properties of Compost. *Compost Science. and Utilization*, 11(3), 238–264. DOI:10.1080/1065657x.2003.10702132
- Almonte, E. (2017). Abonamiento orgánico en base a sustancias húmicas y compost y su efecto en el rendimiento de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Venus en zonas áridas. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5684>
- Bayona, A. (2018). Aminoácidos en el rendimiento y calidad de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade bajo condiciones del valle de Cañete. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3138/F04-B396-T.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Broughton, W., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., y Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus spp.*) – model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55-128. DOI:10.1023/a:1024146710611
- Camarena, F., Huaranga A., Mostacero, J.; Patricio, M. (2012) Tecnología para el incremento de la producción del frijol vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) para la exportación. Universidad Nacional Agraria La Molina. ISBN: N° 978-612-4147-00-5. Recuperado de <https://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/TECNOLOGIAS-PARA-EL-INCREMENTO-DE-LA-PRODUCCION.pdf>
- Carita, L. (2016). Comportamiento agronómico de la vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres abonos orgánicos en ambiente protegido en la zona vino tinto del departamento de la paz – Bolivia. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10539/T-2355.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Chen, M., Zhang, S., Liu, L., Wu, L. y Ding, X. (2021). Combined organic amendments and mineral fertilizer application increase rice yield by improving soil structure, P availability and root growth in saline-alkaline soil. *Soil and Tillage Research*, 212, 105060. DOI: 10.1016/j.still.2021.105060
- Chipana, V., Clavijo, C., Medina, P. y Castillo, D. (2017). Inoculación de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de *Rhizobium etli* y su influencia sobre el rendimiento del cultivo. *Ecología Aplicada*, 16(2). DOI: 10.21704/rea.v16i2.1012
- El, A., Lee, S., Rinklebe, J., Farooq, M., Song, H., Sarmah, A., Zimmerman, A., Ahmad, M., Shaheen, S. y Ok, Y. (2019). Biochar application to low fertility soils: A review of current status, and future prospects. *Geoderma*, 337, 536–554. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.09.034
- Elka, E. y Laekemariam, F. (2020). Effects of Organic Nutrient Sources and NPS Fertilizer on the Agronomic and Economic Performance of Haricot Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2020, 1–9. DOI:10.1155/2020/8853552
- Espinoza, V. (2021). Rendimiento y calidad de siete cultivares de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de la Molina. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4895/espinoza-barrera-victor-jason.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2018). Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de Panamá. ISBN 978-92-5-131129-5. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- Glaser, B. y Lehr, V. (2019). Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta-analysis. *Scientific Reports*, 9(1). DOI:10.1038/s41598-019-45693-z
- Gutiérrez, Y. (2017). Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de la Molina. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2590/F04-G8834-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hasnain, M., Chen, J., Ahmed, N., Memon, S., Wang, L., Wang, Y. y Wang, P. (2020). The Effects of Fertilizer Type and Application Time on Soil Properties, Plant Traits, Yield and Quality of Tomato. *Sustainability*, 12(21), 9065. DOI:10.3390/su12219065

- Hou, J., Pugazhendhi, A., Sindhu, R., Vinayak, V., Chi, N., Brindhadevi, K., Thuy, N. y Yuan, D. (2022). An assessment of biochar as a potential amendment to enhance plant nutrient uptake. *Environmental Research*, Volume 214, Part 2, 113909. DOI.org/10.1016/j.envres.2022.113909
- Huertas, R., Karpinska B., Ngala, S., Mkandawire, B., Maling'a, J., Wajenkeche, E., Kimani, P., Boesch, C., Stewart, D., Hancock, R. y Foyer, C. (2022). Biofortification of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with iron and zinc: Achievements and challenges. *Food and Energy Security*. DOI: 10.1002/fes3.406
- Igalavithana, A., Ok, Y., Usman, A., Al, M., Oleszczuk, P., Lee, S., Guo, M., He, Z. y Uchimiya, S. (2016). *The Effects of Biochar Amendment on Soil Fertility*. SSSA Special Publication. DOI:10.2136/sssaspecpub63.2014.0040
- Kamali, M., Sweyggers, N., Al, S., Appels, L., Aminabhavi, T. y Dewil, R. (2022). Biochar for soil applications-sustainability aspects, challenges and future prospects. *Chemical Engineering Journal*, 428, 131189. DOI: 10.1016/j.cej.2021.131189
- Koutsika, M. y Traka, E. (2008). Snap Bean. *Vegetables II*, 27–83. DOI:10.1007/978-0-387-74110-9_2
- Kranz, C., McLaughlin, R., Johnson, A., Miller, G. y Heitman, J. (2020). The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils – A concise review. *Journal of Environmental Management*, 261, 110209. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110209
- Kumari, S., Kumar, V., Kothari, R. y Kumar, P. (2022). Effect of supplementing biochar obtained from different wastes on biochemical and yield response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.): An experimental study. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 43, 102432. DOI.org/10.1016/j.bcab.2022.102432
- Liu, D., Ding, Z., Ali, E., Kheir, A., Eissa, M. y Ibrahim, O. (2021). Biochar and compost enhance soil quality and growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under saline conditions. *Scientific Reports*, 11(1). DOI:10.1038/s41598-021-88293-6
- Meena J, Dhillon, T. y Meena, A. (2017b). Studies on yield and quality of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes, under net- house conditions. *Journal of Plant Development Sciences Vol. 9 (12): 1101-1106*. Recuperado de <http://jpds.co.in/wp-content/uploads/2019/07/06.-Jitendra-Meena-1143.pdf>
- Meena J, Dhillon, T., Meena, A. y Singh, K. (2017a). Studies on performance of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for yield and quality traits under protected conditions. *Plant Archives Vol. 17 No. 1, pp. 615-619*. ISSN 0972-5210. Recuperado

de https://www.researchgate.net/profile/Krishan-Singh-7/publication/343821343_STUDIES_ON_PERFORMANCE_OF_FRENCH_BEAN_PHASEOLUS_VULGARIS_L_GENOTYPES_FOR_YIELD_AND_QUALITY_TRAITS_UNDER_PROTECTED_CONDITIONS/links/5f42a84c92851cd30220d0da/STUDIES-ON-PERFORMANCE-OF-FRENCH-BEAN-PHASEOLUS-VULGARIS-L-GENOTYPES-FOR-YIELD-AND-QUALITY-TRAITS-UNDER-PROTECTED-CONDITIONS.pdf

- Mendoza, A. (2019). Compost y biochar en la producción y calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Jade en la molina. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4140>
- MIDAGRI. (2017). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2803227/Compendio%20del%20anuario%20%22PRODUCCI%C3%93N%20AGR%C3%8DCOLA%22%202017.pdf>
- MIDAGRI. (2018). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2018. Recuperado de https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2018.pdf
- MIDAGRI. (2022). Compendio anual de producción agrícola. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2730325-compendio-anual-de-produccion-agricola>
- MINSA. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. Recuperado de http://bvs.minsa.gob.pe/local/INS/843_MS-INS77.pdf
- Mori, B. (2017). Comparativo de seis cultivares de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de La Molina. (Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3063/F01-M675-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Myers, J. y Baggett, J. (1999). Improvement of Snap Bean. *Common Bean Improvement in the Twenty-First Century*, 289–329. DOI:10.1007/978-94-015-9211-6_12
- Oni, B., Oziegbe, O. y Olawole, O. (2020). Significance of biochar application to the environment and economy. *Annals of Agricultural Sciences*. DOI: 10.1016/j.aogas.2019.12.006
- Pandit, N., Schmidt, H., Mulder, J., Hale, S., Husson, O. y Cornelissen, G. (2019). Nutrient effect of various composting methods with and without biochar on soil fertility and

- maize growth. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1–16. DOI:10.1080/03650340.2019.1610168
- Piash, M., Iwabuchi, K., Itoh, T. y Uemura, K. (2021). Release of essential plant nutrients from manure- and wood-based biochars. *Geoderma*, 397, 115100. DOI:10.1016/j.geoderma.2021.115100
- Radziemska, M., Vaverková, M., Adamcová, D., Brtnický, M., y Mazur, Z. (2018). Valorization of Fish Waste Compost as a Fertilizer for Agricultural Use. *Waste and Biomass Valorization*. DOI:10.1007/s12649-018-0288-8
- Randive, K., Raut, T. y Jawadand, S. (2021). An overview of the global fertilizer trends and India's position in 2020. *Mineral Economics*. DOI:10.1007/s13563-020-00246-z
- Remans, R., Croonenborghs, A., Torres, R., Michiels, J. y Vanderleyden, J. (2007). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on nodulation of *Phaseolus vulgaris* L. are dependent on plant P nutrition. *New Perspectives and Approaches in Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Research*, 341–351. DOI:10.1007/978-1-4020-6776-1_9
- Sánchez, M., Cayuela, M. L., Sánchez, M., Vandecasteele, B., D'Hose, T., López, G., Martínez, C., Kuikman, P., Sinicco, T. y Mondini, C. (2019). Agronomic Evaluation of Biochar, Compost and Biochar-Blended Compost across Different Cropping Systems: Perspective from the European Project FERTIPLUS. *Agronomy*, 9(5), 225. DOI:10.3390/agronomy9050225
- Seehausen, M., Gale, N., Dranga, S., Hudson, V., Liu, N., Michener, J., Thurston, E., Williams, C., Smith, S. y Thomas, S. (2017). Is There a Positive Synergistic Effect of Biochar and Compost Soil Amendments on Plant Growth and Physiological Performance? *Agronomy*, 7(1), 13. DOI:10.3390/agronomy7010013
- Siedt, M., Schäffer, A., Smith, K., Nabel, M., Roß, M. y Van, J. (2020). Comparing straw, compost, and biochar regarding their suitability as agricultural soil amendments to affect soil structure, nutrient leaching, microbial communities, and the fate of pesticides. *Science of The Total Environment*, 141607. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141607
- Silva, J. y Uchida, R. (2000). Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. Recuperado de <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm4.pdf>
- Singh, S. (2001). Broadening the Genetic Base of Common Bean Cultivars. *Crop Science*, 41(6), 1659–1675. DOI: 10.2135/cropsci2001.1659

- Toledo, J. (2003). Cultivo de vainita. Recuperado de https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/276/1/Cultivo_vainita.pdf
- Vandana, U., Chopra, A., Bhattacharjee, S. y Mazumder, P. (2017). Microbial Biofertilizer: A Potential Tool for Sustainable Agriculture. *Microorganisms for Green Revolution*, 25–52. DOI:10.1007/978-981-10-6241-4_2
- Wei, Y., Fan, Y., Wang, M. y Wang, J. (2000). Composting and compost application in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 30(4), 277–300. DOI:10.1016/s0921-3449(00)00066-5

VIII. ANEXOS

Anexo 1: ANOVA de la materia seca en hojas (%)

Materia seca en hojas (%)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	2.5	0.834	0.113	0.95
Bloque	3	13.22	4.406	0.598	0.632
Error	9	66.35	7.372		
CV (%)	14.811				

Tratamiento	Materia seca en hojas (%)	Significancia
Testigo	18.914	a
Biochar	18.46475	a
Biochar+Compost	18.055	a
Compost	17.89375	a

Anexo 2: ANOVA de la materia seca en tallos (%)

Materia seca en tallos (%)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	19.42	6.473	0.621	0.619
Bloque	3	11.35	3.784	0.363	0.781
Error	9	93.75	10.417		
CV (%)	33.74541				

Tratamiento	Materia seca en tallos (%)	Significancia
Biochar+Compost	10.69825	a
Compost	10.179	a
Biochar	9.60175	a
Testigo	7.77825	a

Anexo 3: ANOVA de la materia seca en fruto (%)

Materia seca en hojas (%)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.712	0.2373	0.635	0.6112
Bloque	3	3.159	1.0531	2.817	0.0997.
Error	9	3.365	0.3739		
CV (%)	10.24436				

Tratamiento	Materia seca en fruto (%)	Significancia
Biochar	6.26325	a
Testigo	6.01325	a
Biochar+Compost	5.925	a
Compost	5.67325	a

Anexo 4: ANOVA de la conductividad eléctrica del suelo (dS m⁻¹) a los 47 DDS

C.E. (dS m ⁻¹)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.2018	0.0673	0.394	0.761
Bloque	3	1.0329	0.3443	2.016	0.182
Error	9	1.5371	0.1708		
CV (%)	26.78311				

Tratamiento	C.E. (dS m ⁻¹)	Significancia
Biochar+Compost	1.7075	a
Testigo	1.5645	a
Compost	1.503	a
Biochar	1.397	a

Anexo 5: ANOVA de la conductividad eléctrica del suelo (dS m⁻¹) a los 77 DDS

C.E. (dS m ⁻¹)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.3121	0.104	0.904	0.476
Bloque	3	0.9692	0.3231	2.808	0.1
Error	9	1.0356	0.1151		
CV (%)	26.29524				

Tratamiento	C.E. (dS m ⁻¹)	Significancia
Testigo	1.4135	a
Biochar	1.4065	a
Biochar+Compost	1.271	a
Compost	1.069	a

Anexo 6: ANOVA de la conductividad eléctrica del suelo (dS m⁻¹) a los 97 DDS

C.E. (dS m ⁻¹)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.6748	0.2249	1.076	0.407
Bloque	3	0.3325	0.1108	0.53	0.673
Error	9	1.8812	0.209		
CV (%)	27.96229				

Tratamiento	C.E. (dS m ⁻¹)	Significancia
Biochar + Compost	1.925	a
Testigo	1.69	a
Compost	1.5675	a
Biochar	1.3575	a

Anexo 7: ANOVA del pH en el suelo a los 47 DDS

pH	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.03347	0.011156	0.688	0.582
Bloque	3	0.02782	0.009273	0.572	0.647
Error	9	0.14586	0.016206		
CV (%)	1.669968				

Tratamiento	pH	Significancia
Biochar+Compost	7.68	a
Compost	7.635	a
Testigo	7.625	a
Biochar	7.5525	a

Anexo 8: ANOVA del pH en el suelo a los 77 DDS

pH	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.010275	0.003425	2.783	0.102
Bloque	3	0.000225	0.000075	0.061	0.979
Error	9	0.011075	0.001231		
CV (%)	0.444393				

Tratamiento	pH	Significancia
Compost	7.925	a
Biochar+Compost	7.91	a
Testigo	7.88	a
Biochar	7.86	a

Anexo 9: ANOVA del pH en el suelo a los 77 DDS

pH	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.14167	0.04722	2.593	0.117
Bloque	3	0.04042	0.01347	0.74	0.555
Error	9	0.16391	0.01821		
CV (%)	1.671351				

Tratamiento	pH	Significancia
Biochar+Compost	8.1575	a
Compost	8.1225	a
Biochar	8.1025	a
Testigo	7.915	a

Anexo 10: ANOVA de la concentración de N en las hojas

N - hojas (g kg⁻¹)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	186.1	62.05	0.389	0.764
Bloque	3	94.7	31.56	0.198	0.895
Error	9	1436.1	159.56		
CV (%)	39.25047				

Tratamiento	N - hojas (g kg⁻¹)	Significancia
Biochar	34.58	a
Biochar+Compost	34.37	a
Testigo	33.46	a
Compost	26.32	a

Anexo 11: ANOVA de la concentración de N en el fruto

N - hojas (g kg⁻¹)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	43.57	14.522	0.576	0.645
Bloque	3	16.99	5.663	0.224	0.877
Error	9	227.09	25.232		
CV (%)	12.19883				

Tratamiento	N - hojas (g kg⁻¹)	Significancia
Testigo	42.91	a
Biochar+Compost	42.63	a
Biochar	40.18	a
Compost	38.99	a

Anexo 12: ANOVA del N extraído por vainas (kg ha⁻¹)

N extraído por vainas (kg ha⁻¹)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	20.87	6.955	0.727	0.561
Bloque	3	34.86	11.619	1.214	0.359
Error	9	86.12	9.569		
CV (%)	28.77265				

Tratamiento	N extraído por vainas (kg ha⁻¹)	Significancia
Biochar	11.8839	a
Testigo	11.8455	a
Compost	9.9944	a
Biochar+Compost	9.2804	a

Anexo 13: ANOVA de la longitud de fruto

Longitud	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	35.3	11.78	0.222	0.879
Bloque	3	90.5	30.16	0.568	0.65
Error	9	477.8	53.09		
CV (%)	5.719537				

Tratamiento	Longitud (mm)	Significancia
Compost	129.8	a
Biochar	127.2825	a
Testigo	126.7075	a
Biochar+Compost	125.7925	a

Anexo 14: ANOVA del diámetro de fruto

Diámetro	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	0.4121	0.1374	0.88	0.487
Bloque	3	0.3516	0.1172	0.751	0.549
Error	9	1.4054	0.1562		
CV (%)	4.65				

Tratamiento	Longitud (mm)	Significancia
Compost	8.763	a
Testigo	8.46825	a
Biochar	8.43925	a
Biochar+Compost	8.32925	a

Anexo 15: ANOVA de cantidad de vainitas

Cantidad de vainitas	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	99	33	0.062	0.979
Bloque	3	885	294.9	0.552	0.66
Error	9	4809	534.4		
CV (%)	18.71421				


Tratamiento	Cantidad de vainitas (unidades kg⁻¹)	Significancia
Biochar+Compost	127	a
Testigo	125	a
Compost	121	a
Biochar	121	a

Anexo 16: ANOVA del rendimiento de vainitas

N - hojas (g kg⁻¹)	GL	SDC	SDCM	F-valor	p-valor
Tratamiento	3	2.54	0.8466	0.734	0.557
Bloque	3	1.397	0.4658	0.404	0.754
Error	9	10.38	1.1533		
CV (%)	24.61206				


Tratamiento	N - hojas (g kg⁻¹)	Significancia
Biochar	4.6542	a
Testigo	4.6075	a
Compost	4.5126	a
Biochar+Compost	3.6789	a

Anexo 17: Análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION



Solicitante : PEDRO GUTIERREZ VILCHEZ

Departamento : LIMA


Distrito :

Referencia : H R. 63502-063C-18

Provincia :
 Predio :
 Fecha : 25/05/18

Número de Muestra		pH (1:1)	C E (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
5978	Suelo vainita	7.81	1.93	4.80	1.64	10.4	274	52	24	24	Fr Ar A	13.12	9.42	2.93	0.56	0.21	0.00	13.12	13.12	100
5979	Suelo brocoli	7.90	1.56	5.20	1.85	25.2	259	50	24	26	Fr Ar A	12.00	8.91	2.30	0.53	0.26	0.00	12.00	12.00	100

A = Arena , A Fr = Arena Franca , Fr A = Franco Arenoso , Fr = Franco , Fr L = Franco Limoso , L = Limoso , Fr Ar A = Franco Arcillo Arenoso , Fr Ar = Franco Arcilloso ,
 Fr Ar L = Franco Arcillo Limoso , Ar A = Arcillo Arenoso , Ar L = Arcillo Limoso , Ar = Arcilloso



Dr. Sandy García Bendezo
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 18: Análisis de biochar y compost



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : PEDRO PABLO GUTIERREZ VILCHEZ
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
 REFERENCIA : H.R. 63693
 FECHA : 11/06/18

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
531	Compost solo	7.04	9.15	34.31	1.55	0.87	1.02
532	Mezcla B+C	7.67	9.58	33.33	1.20	1.19	1.25
533	Biochar solo	10.67	28.40	28.23	0.36	1.74	3.72

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
531	Compost solo	4.95	1.49	30.48	0.27
532	Mezcla B+C	5.54	1.33	30.61	0.30
533	Biochar solo	14.56	2.02	7.18	0.65

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
531	Compost solo	8925	70	204	304	84
532	Mezcla B+C	7675	75	246	298	51
533	Biochar solo	3900	123	274	299	92

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
531	Compost solo	66.65	2.20	20.90
532	Mezcla B+C	63.15	3.25	25.10
533	Biochar solo	99.50	3.25	30.25



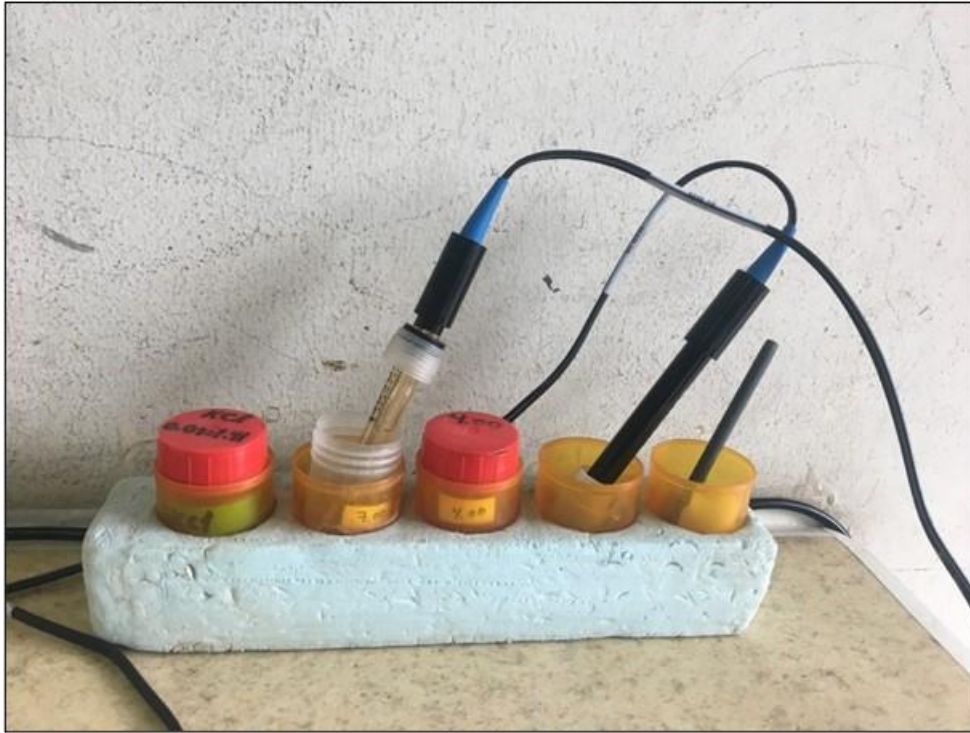
Dr. Sady García Bendejé
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Tel.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 19: Campo experimental del cultivo (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Cosmos



Anexo 20: Utilización de equipos



Anexo 21: Presencia de problemas fitosanitarios



Anexo 22: Molienda de la materia seca



Anexo 23: Análisis del contenido de nitrógeno

